

SEMILLAS DE ESPECIES FORESTALES

Dante Arturo Rodríguez Trejo (Coordinador)



SEMILLAS DE ESPECIES FORESTALES

Dante Arturo Rodríguez Trejo (Coordinador)

**División de Ciencias Forestales
Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales
Maestría en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible
Universidad Autónoma Chapingo
Academia Nacional de Ciencias Forestales**

Título de la obra:
Semillas de Especies Forestales
© División de Ciencias Forestales, UACH
© Dante Arturo Rodríguez Trejo
1ª ed. Abril, 2021

Universidad Autónoma Chapingo
División de Ciencias Forestales
Dr. Ángel Leyva Ovalle, Director
M.C. Miguel Ángel Pérez Torres, Subdirector de Extensión y Servicio

ISBN: en trámite
© Reservados todos los derechos

Esta versión electrónica del libro es gratuita y de distribución libre.
No se permite su venta.

Sugerencia para citar el libro:

Rodríguez-Trejo, D. A. (Coord.). 2021. Semillas de Especies Forestales. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. 505 p.

Sugerencia para citar un capítulo del libro (ejemplo):

Loayza-Cabezas S., D. A. Rodríguez-Trejo, E. Hernández-Acosta, Juan José Almaraz-Juárez, y J. Alatorre-Cobos. 2021. *Myroxylon balsamum* (L.) Harms (Fabaceae). *In*: Rodríguez-Trejo, D. A. (Coord.). Semillas de Especies Forestales. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. pp. 201-207.

Dedicado a:

Dr. Aníbal Niembro Rocas, pionero de la investigación sobre ontogenia y morfología de semillas forestales en México.

La memoria del Dr. Basilio Bermejo Velázquez, uno de los primeros especialistas e impulsores de la genética forestal en el país.

La memoria del M. Sc. Abel Aguilera Aguilera, quien fuera corresponsable del Laboratorio de Semillas y experto en dasonomía urbana.

La memoria de mis amados padres, Lolita y Maximino.
A los soles de mi vida: Lety, Emi y Dante.
(Dante)

AGRADECIMIENTOS

Por el amable y firme apoyo que proporcionaron para que la presente publicación viera la luz a:

Dr. Ángel Leyva Ovalle, Director de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo,

M.C. Miguel Ángel Pérez Torres (q.e.p.d.), ex Subdirector de Extensión y Servicio, UACH,

Dra. María Amparo Borja de la Rosa, Coordinadora de la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales,

Dra. María Edna Álvarez Sánchez, ex Coordinadora de la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, UACH,

Dr. Ranferi Maldonado Torres, Coordinador de la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, UACH,

Dr. Hugo Ramírez Maldonado, Presidente de la Academia Nacional de Ciencias Forestales.

Muchas gracias a la Maestra Leticia Arango Caballero, por facilitar y autorizar el uso de varias de sus ilustraciones científicas. Los créditos aparecen en tales imágenes.

Nuestra gratitud por la autorización para el uso de diversas fotografías de su Banco de Imágenes a la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, así como a la Comisión Nacional Forestal/Instituto de Biología, UNAM, Proyecto Irekani; los créditos específicos aparecen al pie de cada una de las fotografías utilizadas.

AUTORES

Coordinador del libro y autor de capítulos

Dante Arturo Rodríguez Trejo, Dr. División de Ciencias Forestales; Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales; Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Autores de capítulos

Jeanette Acosta Percástegui, Dr. (C). Egresada de la División de Ciencias Forestales y de la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Abel Aguilera Aguilera, M. Sc. (q.e.p.d.). División de Ciencias Forestales, Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Javier Alarcón Segura, Biól. Vivero San Luis Tlaxialtemalco, Gobierno de la Ciudad de México.

Jorge Alatorre Cobos, Dr. (C). Egresado de la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible y de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Juan José Almaraz Suárez, Dr. Programa de Edafología, Colegio de Postgraduados.

María Edna Álvarez Sánchez, Dr. Departamento de Suelos y Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible.

Marisela Aparicio Lechuga, M. C. Egresada de la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

José Antonio Arreola Palacios, Ing. Egresado de la Dificio, UACH.

Baldemar Arteaga Martínez, Dr. Departamento de Suelos, División de Ciencias Forestales, Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Teresa Avilez López, M. C. Egresada de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Reyes Bonilla Beas, Ing. (q.e.p.d.). División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

María Amparo Borja de la Rosa, Dr. División de Ciencias Forestales y Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Violeta Carrasco Hernández, Dr. Posdoctorante en la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, UACH.

Salvador Castro Zavala, Ing. Retirado, ex Gerente del Vivero San Luis Tlaxialtemalco, Gobierno de la Ciudad de México.

Pascual Cruz Sánchez, M. C. Egresado de la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible.

Francisco Alberto Domínguez Álvarez, Dr. (C). (q.e.p.d.). Profesor-Investigador, División de Ciencias Forestales y Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Sebastián Escobar Alonso, M. C. Estudiante de Doctorado en Ciencias, Programa de Posgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados. Egresado de la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Diodoro Granados Sánchez, Dr. División de Ciencias Forestales; Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales; Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, todas de la Universidad Autónoma Chapingo.

Esperanza García Pascual, Ing. Ex integrante de Profoni, egresada de la Dicifo, UACH.

Enrique Guízar Nolazco, Dr. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Gabriela Galindo Tenorio, M. C. Egresada de la División de Ciencias Forestales y de la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

José Luis García Martínez, Ing. Egresado de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Yasmín Garduño Hernández, M. C. Egresada de la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Elizabeth Hernández Acosta, Dr. Departamento de Suelos, Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Daniel Hernández Archundia, M. C. Egresado de la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Francisco Javier Hernández Archundia, M. C. Egresado de la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Sonia Hernández Epigmenio, M. C. Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales. Egresada de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Raquel Herrera Hernández, Ing. Estudiante de Maestría en Ciencias, Programa de Posgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados.

Rubén Huerta Paniagua, Ing. Consultor forestal. Egresado de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Everardo Illescas Gallegos, M. C. Egresado de la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Alejandro Lara Bueno, Dr. Departamento de Zootecnia; Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Sophía Loayza Cabezas, Dr. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Central del Ecuador. Egresada de la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Georgina López Ríos, M. C. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Javier López Upton, Dr. Postgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados.

Araceli Lucatero Birrueta, M. C. Egresada de la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Manuel Mápula Larreta, M. C. Egresado de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Pedro Arturo Martínez Hernández, Dr. Departamento de Zootecnia, Posgrado en Producción Animal, Universidad Autónoma Chapingo.

Martín Martínez José, Ing. Comisión Nacional Forestal. Egresado de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Luis Antonio Martínez Yáñez, Ing. Egresado de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Ranferi Maldonado Torres, Dr. Departamento de Suelos, Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible.

Gerardo Mendoza Ángeles. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Sergio Mendoza Celino, Ing. Programa Sembrando Vida, Secretaría de Bienestar. Egresado de la Dicifo, UACH.

Leopoldo Mohedano Caballero, Dr. División de Ciencias Forestales, Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Ana Jéssica Moreno Rupit, Ing. Egresada de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Miguel Ángel Musálem Santiago, Dr. (q.e.p.d.). Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, División de Ciencias Forestales, Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Víctor Rubén Ordóñez Candelaria, Dr. Instituto de Ecología A.C.

Casimiro Ordóñez Prado, M. C. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, egresado de la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales.

Luis Alejandro Ortega Aragón, Dr. Laboratorio Nacional de Investigación y Servicio Agroalimentario y Forestal. Universidad Autónoma Chapingo.

Juan Francisco Perera Lumbí, M. C. Egresado de la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Luis Pimentel Bribiesca, M. C. División de Ciencias Forestales, Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Marín Pompa-García, Dr. Profesor-Investigador. Universidad Juárez del Estado de Durango.

Leticia Quiahua Barrera, Ing. Ex integrante de Profoni, egresada de la Dicifo, UACH.

Luis Quinto, Dr. Egresado de la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Laura Ramírez Castell, Biól. Ex Prestadora de Servicio Social en el Laboratorio de Semillas Forestales de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Pablo Ramírez Castell, estudiante, Profoni, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Carlos Ramírez Herrera, Dr. Programa de Posgrado en Ciencias Forestales, Colegio de Postgraduados.

Hugo Ramírez Maldonado, Dr. Profesor-Investigador, División de Ciencias Forestales y Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Zenaida Reyes Bautista, Ing. Egresada de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Erandi Yunuén Reyes Valdovinos, Ing. Ex integrante de Profoni, egresada de la Dicifo, UACH.

Carlos Rojo Zenil, Ing. Egresado de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Arturo Salgado Cordero, Ing. Consultor Forestal, egresado de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Eliseo Sosa Montes, Dr. Departamento de Zootecnia, Posgrado en Producción Animal, Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Hubert Tchikoué. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Manuel Teodoro Tenango, M. C. Egresado de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Jorge Antonio Torres Pérez, Dr. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Miguel Uribe Gómez, Dr. Departamento de Suelos, Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Mateo Vargas Hernández, Dr. Departamento de Suelos, Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma Chapingo.

Edgar Fernando Vázquez Soto, Ing. Egresado de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Miguel Ángel Vega Zeferino, Ing. Egresado de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

J. Manuel Velázquez Ramírez, Ing. Consultor forestal. Egresado de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

José A. Gil Vera Castillo, Dr. División de Ciencias Forestales, Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Antonio Villanueva Morales, Dr. Departamento de Estadística y Cómputo y Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo.

Introducción

Dante Arturo Rodríguez Trejo

Este libro da cuenta de una parte central de la actividad de investigación, docencia y servicio a lo largo de los últimos 30 años de actividades del Laboratorio de Semillas Forestales de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. También representa un testimonio desde la fundación del laboratorio, hacia los 1970s hasta 2020. En tal periodo, más de 200 investigaciones se han realizado ahí, las cuales se han reportado como tesis profesionales, de posgrado, artículos científicos, ponencias en congresos y libros como el presente, principalmente.

Este trabajo busca dejar testimonio escrito y hacer un homenaje a quienes han dado vida al laboratorio referido, estudiantes, técnicos y profesores-investigadores, y también da cabida a investigadores y profesionales de instituciones hermanas o aliadas. Todos tienen como común denominador el ser analistas de semillas forestales.

Gracias a esa pléyade de 73 autores participantes, se han logrado conformar 63 capítulos, los cuales abordan principalmente una primera parte con monografías de semillas de especies forestales, la mayoría con investigaciones realizadas en el laboratorio.

En la segunda parte se abordan algunos temas, incluyendo un pequeño capítulo con la historia del laboratorio y otro sobre el análisis de semillas forestales.

Se incluyeron especies de distintos tipos de vegetación, principalmente: bosques de encino, pino, pino-encino, oyamel, bosque de *Cupressus*, de *Pseudotsuga*, bosque de galería, bosque espinoso, diversas clases de matorral xerófilo, así como selva alta y mediana, selva baja caducifolia, además del bosque mesófilo de montaña.

Las especies están representadas principalmente por formas de vida arbóreas y arborescentes, pero también se incluyeron arbustivas (como *Agave cupreata*); especies nativas principalmente, pero también algunas

introducidas y una invitada de América del Sur, *Tipuana tipu*. Se incluyeron especies de amplia distribución, pero otras de distribución restringida, algunas especies endémicas y unas en riesgo.

Son cinco las revisiones de género que se llevaron a cabo: *Abies*, *Cupressus*, *Juniperus*, *Pinus* y *Quercus*; posiblemente un primer intento para integrar la información de semillas sobre sus especies, excepto por *Pinus*.

Incluyendo las monografías por especie y las de género, se proporciona información, en mayor o menor medida, sobre 174 taxa.

Cada capítulo fue organizado para presentar, información sintética de la especie o género, tal como: nombres comunes, descripción, distribución, importancia, descripción de frutos y semillas, resultados de análisis de semillas (información sobre pureza, peso, contenido de humedad, capacidad germinativa y sus factores ambientales, energía germinativa y viabilidad), regeneración natural (tolerancia, latencia, bancos de semilla, tipo de germinación, producción de semilla) e implicaciones de la información para la producción de la especie en cuestión en viveros forestales (beneficio, almacenamiento, tratamientos previos a la germinación, siembra).

Se considera que este libro puede ser útil para el estudiante de licenciatura y posgrado, para el profesor, el

investigador, pero también para el profesional que se dedica a las semillas forestales, a los viveros forestales y a plantar árboles, sea como parte de la restauración de ecosistemas forestales, de actividades de dasonomía urbana, en el establecimiento de plantaciones comerciales (si bien en ésta una parte total es la propagación clonal) o para establecer sistemas agroforestales.

Los resultados aquí mostrados proceden de estudiantes y profesores-investigadores de la División de Ciencias Forestales, así como de las Maestrías en Ciencias: en Ciencias Forestales y en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, del Programa para la Formación de Nuevos Investigadores (Profoni), de la Universidad Autónoma Chapingo y algunos son de invitados de otras instituciones, como el Programa Forestal del Colegio de Postgraduados, la Universidad Juárez del Estado de Durango, el Vivero San Luis Tlaxialtemalco del Gobierno de la Ciudad de México y del Instituto de Ecología.

Los autores y el coordinador de este libro se congratulan por integrar la información ofrecida, un modesto esfuerzo que confían resultará de utilidad para los usuarios. También agradecen la oportunidad para ligar, a través de este trabajo, a compañeros de muy distintas generaciones que tenemos como común denominador las semillas forestales.

CONTENIDO

Dedicatoria iii
Agradecimientos v

Autores vii

Introducción xi

SECCIÓN 1: MONOGRAFÍAS 1

| | |
|--------------------------------|----|
| <i>Abies</i> | 3 |
| <i>Agave cupreata</i> | 15 |
| <i>Beaucarnea gracilis</i> | 23 |
| <i>Caesalpinia eriostachys</i> | 30 |
| <i>Cassia fistula</i> | 36 |
| <i>Cecropia obtusifolia</i> | 42 |
| <i>Cedrela odorata</i> | 50 |
| <i>Cercis canadensis</i> | 56 |
| <i>Chamaedorea elegans</i> | 62 |
| <i>Chloroleucon mangense</i> | 72 |
| <i>Cupressus</i> | 78 |
| <i>Dasyllirion lucidum</i> | 88 |
| <i>Delonix regia</i> | 95 |

| | |
|---------------------------------|-----|
| <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | 101 |
| <i>Eysenhardtia polystachya</i> | 109 |
| <i>Garrya laurifolia</i> | 117 |
| <i>Gliricidia sepium</i> | 127 |
| <i>Guazuma ulmifolia</i> | 132 |
| <i>Jatropha curcas</i> | 140 |
| <i>Juniperus</i> | 146 |
| <i>Lippia myriocephala</i> | 158 |
| <i>Lupinus bilineatus</i> | 162 |
| <i>Lupinus campestris</i> | 170 |
| <i>Lupinus exaltatus</i> | 174 |
| <i>Lupinus montanus</i> | 180 |
| <i>Malacomeles denticulata</i> | 188 |
| <i>Mimosa lacerata</i> | 195 |
| <i>Myroxylon balsamum</i> | 201 |
| <i>Nicotiana glauca</i> | 208 |
| <i>Nolina cespitifera</i> | 212 |
| <i>Nolina parviflora</i> | 217 |
| <i>Pinus</i> | 223 |
| <i>Pinus caribaea</i> | 246 |
| <i>Pinus greggii</i> | 250 |
| <i>Pinus leiophylla</i> | 256 |
| <i>Pinus montezumae</i> | 261 |
| <i>Pinus pseudostrobus</i> | 266 |
| <i>Pinus teocote</i> | 271 |
| <i>Piranhea mexicana</i> | 275 |
| <i>Prosopis glandulosa</i> | 280 |
| <i>Prosopis laevigata</i> | 285 |
| <i>Pseudotsuga menziesii</i> | 294 |
| <i>Quercus</i> | 298 |
| <i>Quercus crassipes</i> | 329 |
| <i>Quercus deserticola</i> | 337 |
| <i>Quercus glaucescens</i> | 345 |

| | |
|------------------------------------|-----|
| <i>Quercus rugosa</i> | 348 |
| <i>Salix bonplandiana</i> | 357 |
| <i>Swietenia humilis</i> | 363 |
| <i>Swietenia macrophylla</i> | 369 |
| <i>Symphoricarpos microphyllus</i> | 375 |
| <i>Tabebuia rosea</i> | 381 |
| <i>Taxodium huegelii</i> | 386 |
| <i>Tipuana tipu</i> | 393 |
| <i>Vachellia farnesiana</i> | 401 |
| <i>Vachellia pennatula</i> | 407 |
| <i>Vachellia schaffneri</i> | 412 |
| <i>Yucca schidigera</i> | 417 |

SECCIÓN 2: ALGUNOS TEMAS 425

| | |
|---|-----|
| Reseña del Laboratorio de Semillas Forestales de la Dificio, UACH | 427 |
| Análisis de semillas forestales | 432 |
| El origen de las semillas | 462 |
| Tipos de frutos | 468 |
| Dispersión de semillas | 483 |

SECCIÓN 1:
MONOGRAFÍAS

Abies Mill. (Pinaceae)

Dante Arturo Rodríguez Trejo, Marisela Aparicio Lechuga, Alejandro Lara Bueno, Miguel Uribe Gómez, Pablo Ramírez Castell

Nombres comunes

El nombre común más frecuente para las especies de este género es oyamel, pero también se les conoce como abetos, romerillos y pinabetes (Miranda y Hernández-X., 2014).

Breve descripción

La siguiente descripción se hace para *A. religiosa*, con base en Espinosa (1981). Árboles siempre verdes de 30 a 40 m de altura, corteza lisa en árboles jóvenes y gruesa con placas escamosas, grisácea, en adultos; ramas horizontales; hojas alternas, lineares, sésiles, rectas, de 19 a 70 mm de longitud; ápice agudo, truncado, redondeado o emarginado, borde entero, gruesas o delgadas, tíasas o algo coriáceas; yemas oblongas, redondeadas, protegidas por resina; plantas monoicas; flores masculinas con amentos ovados de 5 a 15 mm, color púrpura o amarillentos, protegidos por una envoltura escamosa, cada escama con cuatro saquitos de polen, estas inflorescencias abundan en la cara inferior de las ramillas; inflorescencias femeninas oblongas, color violáceo, con grandes brácteas, localizadas casi exclusivamente en las últimas ramillas de la cima de la copa (Figura 1.1).

Distribución y ecología

Distribución dispersa y localizada en el territorio nacional. Las áreas continuas de mayor extensión son las que rodean al valle de México y le siguen otras montañas del Eje Volcánico Transversal, como el Pico de Orizaba, el Cofre de Perote, el Nevado de Toluca, el Tancítaro y otros. También hay manchones en la Sierra Madre del Sur, como el Cerro Teotepec, Gro., Sierra de Juárez y otras prominencias en Oax., en el Tacaná, y cerca de San Cristóbal de las Casas, Chis. El género habita en la Sierra Madre Occidental (Dgo. y Chih.) y en la Sierra Madre Oriental, en el Cerro del Potosí, N. L., y el de San Antonio Peña Nevada, Tamps. (Madrigal, 1967; Rzedowski, 1978). La especie *A. colimensis*, está en peligro de extinción por su exigua distribución en el Nevado de Colima (del Castillo, 2020).

El género se ubica en alta montaña, entre 2400 y 3600 m de altitud generalmente. Los bosques de *Abies* con frecuencia habitan laderas protegidas de vientos fuertes y de insolación intensa, a veces limitados a cañadas o barrancas. Generalmente la precipitación media anual supera 1000 mm, distribuida por lo menos en 100 días y con unos cuatro meses de

sequía. Suelos profundos, bien drenados, húmedos todo el año, bien desarrollados, con abundante materia orgánica. También su sotobosque se mantiene verde siempre o casi siempre

y la floración de muchas especies herbáceas y arbustivas se da en invierno. Hay abundancia de líquenes y musgos (Madrigal, 1967, Rzedowski, 1978).



Figura 1.1. A) *Abies hickelii* en el Parque Nacional Pico de Orizaba, Ver., B) frutos en la punta de la copa de la misma especie y localidad, 2015, C) Bosque de *A. religiosa* en el Parque Nacional El Chico, Hgo., 2015, D) Mariposas monarca sobre *A. religiosa* y cono con semillas, La Mesa, Edo. de Méx., 2013. Fotos: DART.

Cuadro 1.1. Algunas características de las semillas y conos de siete de las especies de *Abies* que hay en México.

| Especie | Algunas características de los conos | Descripción de las semillas | Germinación, condiciones para germinación, tratamiento pregerminativo | Viabilidad | Peso (semillas kg ⁻¹) | Contenido de humedad de la semilla, temp. almacenamiento, longevidad esperada | Fuentes |
|---|--|---|---|--|-----------------------------------|---|--|
| <i>A. concolor</i> (EE. UU.) | Cilíndricos, 7-12 X 3-4.5 cm, café-oscuros, sésiles. Maduración en Baja California a fines oto.-inv. | 0.8-1.2 X 3 cm, cafés, con el ala del doble de ancho que la longitud de la semilla, café. | Estratificación entre 0 a 80 días, dependiendo de procedencia, época y tecnología de propagación. | 20-50% | 18 960 a 39 070. | 5 a 8%, 0 a -18 °C, 7 años. | Patiño <i>et al.</i> (1983), Laacke (1990), Hunt (1993), Edwards (2008). |
| <i>A. durangensis</i> | Cafés, de 10 X 4 cm, con ligero pezón en el ápice. | Longitud de 6-8 mm, ala de 10 mm de longitud. | | | | | Farjon (1990). |
| <i>A. guatemalensis</i> (Centroamérica) | Sésiles, de 8-12 cm. Maduración de dic. a ene. en Chiapas. | 2-2.2 X 3 cm, cuneadas, obovoides, café claro, alas obovadas oblicuas, café claro, de 1-2.3 X 2-2.1 cm. | 0.8 a 15%, con diferencias entre procedencias (a temperaturas de 13 a 32 °C en invernadero) y 25 a 46 días para la germinación. | 23.9% (por revisión de existencia de embrión). | 30 000 a 43 000. | 6 a 8%, 3 a 4 °C, <1 año. | Patiño <i>et al.</i> (1983), Andersen <i>et al.</i> (2006), Edwards (2008), Strandby <i>et al.</i> (2008). |
| <i>A. hickelii</i> | 6-8 cm, pedúnculo corto. | Longitud, 0.6 cm-1.5 cm; ancho, 0.3-0.6 cm (1.8-2 cm ala); semilla obovoide, testa café claro, ala cuneada de márgenes enteros a repandos, cubriendo toda la semilla. Embrión cilíndrico, semicurvado, amarillo-cremoso, 6 cotiledones, megagametofito blanquecino. | 40%, asciende a 70% con remojo en agua por 12 h y a 91% con remojo y 15 min en solución con rizobacterias. | 30% (sales de tetrazolio). | 27 233. | 11.9%. | Farjon (1990), Andersen <i>et al.</i> (2006), Zulueta <i>et al.</i> (2015), Aparicio (2016). |

Continúa...

Cuadro 1.1. Continuación.

| Especie | Algunas características de los conos | Descripción de la semilla | Germinación, condiciones para germinación, tratamiento pregerminativo | Viabilidad | Peso (semillas kg ⁻¹) | Contenido de humedad de la semilla, temp. almacenamiento, longevidad esperada | Fuentes |
|-----------------------|--|---|--|------------------------------------|-----------------------------------|---|--|
| <i>A. hidalgensis</i> | Laterales erectos, pedúnculo de 0.4 a 1 cm de largo, cilíndricos, 6.5 a 8 cm de long, 3.5 a 4 cm de ancho, verdes en la madurez. | Semillas angostamente triangulares, con vesículas de resina y alas angostas y amarillentas (no totalmente desarrolladas al momento de la descripción). | | | | | Farjon (1990). |
| <i>A. religiosa</i> | 7 a 16 cm de longitud, resinosos, maduración de dic. a ene. (Montañas valle de México). | Cuneado-oblongas a oblongo-elípticas, 6-10 mm X 3-4 mm, color castaño, con un ala lateral adnada, pajiza, quebradiza, ensanchada en el ápice, de 22-25 mm de largo incluyendo a la semilla. La cubierta es de color amarillo paja, coriáceo-leñosa con vesículas llenas de una resina balsámica. El gametofito femenino compuestos de lípidos principalmente. Embrión lineal, blanco con 5-6 hojas cotiledonares. | 4.9 a 96.8% (el último valor con remojo en agua de coco por 7 días), otros tratamientos para obtener 70% o más: estratificación 1-5 °C por 14 a 28 días. 7-12 días para iniciar germinación. | 33.7 a 100% (sales de tetrazolio). | 19 114 a 35 137. | 11.9% Con 6-8%, a 4 °C, duran viables hasta 5 años. | Espinosa (1981), Patiño <i>et al.</i> (1983), Nieto <i>et al.</i> (2003), Niembro <i>et al.</i> (2010), Arriola <i>et al.</i> (2015), Pineda <i>et al.</i> (2015), Ortiz <i>et al.</i> (2019). |
| <i>A. vejarii</i> | Laterales erectos, ovoides oblongos, 6-12 X 4-6 cm, púrpura oscuros a café oscuros. | 0.8-1 cm long. X 1.2-1.5 cm ancho, ala café-violácea. | | | 37 192 a 43 478 | | Patiño <i>et al.</i> (1983), Farjon (1990). |

Importancia

Se trata de la vegetación clímax típica de varias zonas templado-frías. La belleza de sus bosques atrae paseantes y turistas, por ejemplo, varios en parques nacionales. En Michoacán y Edo. de Méx., estos bosques alojan a la mariposa monarca en invierno, un atractivo ecoturístico que beneficia a las comunidades que poseen esos bosques. La madera es materia prima para la industria de la celulosa y el papel. A escala local, se usa como combustible, en la construcción y para aserrar. *A. religiosa* es una de las especies que se cultivan como árbol de navidad.

Los bosques *A. religiosa* del Parque Desierto de los Leones, CDMX fueron afectados fuertemente por un fenómeno declinatorio hacia los 1980, disparado por contaminantes del aire, procedentes de la Ciudad de México y culminado por insectos descortezadores, que en la época de mayor afectación implicaron una mortalidad del orden de 50%.

Para México se refieren trece taxa de *Abies* (Gernandt y Pérez de la Rosa, 2014), se incluye además *A. colimensis*:

A. colimensis Rushforth and Narave F., H.

A. concolor (Gordon & Glend.) Hildebr.

A. durangensis Martínez var. *durangensis*

A. durangensis var. *coahuilensis* (J. M. Johnst.) Martínez

A. flinckii Rushforth

A. guatemalensis Rehd var. *guatemalensis*

A. guatemalensis Rehd var. *jaliscana* Martínez

A. hickelii Flous & Gausson var. *hickelii*

A. hickelii Flous & Gausson var. *oaxacana* (Martínez) Farjon et Silva

A. hidalguensis Debreczy, Rác et Guizar

A religiosa (Kunth) Schldl. & Cham.

A. vejarii Martínez var. *vejarii*

A. vejarii Martínez var. *macrocarpa* Martínez

A. vejarii Martínez var. *mexicana* (Martínez) T.S. Liu

Siete taxa de este género están en diferentes niveles de riesgo: *A. concolor*, *A. flinckii*, *A. guatemalensis*, *A. hickelii*, *A. vejarii* y *A. vejarii* ssp. *mexicana* (NOM-059, Semarnat, 2010), así como *A. colimensis*, recientemente agregada a dicha lista (del Castillo, 2020).

Fructificación

La maduración de conos se da de fines de otoño a invierno. Por ejemplo: *A. concolor* de B. C. y *A. oaxacana* (ambos en nov.), *A. guatemalensis* de Chis. y *A. religiosa* de CDMX, Edo. Méx., Pue. y Tlax. (ambos en dic.-ene.) y *A. vejarii* de Coah. (nov.-dic.) (Patiño et al., 1983), si bien en los últimos años se han visto alteraciones en la fenología de oyameles y otras especies. De

acuerdo con Edwards (2008), los intervalos para la producción de semilla en *A. guatemalensis*, son de 2-3 años.

Descripción de fruto y semilla

Aquí también se da la descripción para *A. religiosa*, con base en Espinosa (1981), y en el cuadro 1.1 se proporciona la de varias especies. Conos femeninos maduros erguidos, cilíndricos, de 7 a 16 cm de longitud, sésiles o subsésiles, solitarios y muy próximos entre sí, formando grupos, color moreno oscuro, más o menos violáceo o amarillento, generalmente muy resinosos; las escamas se insertan en un eje central, cada escama con dos semillas en su cara interna y una bráctea adherida en su cara dorsal, como las escamas y brácteas son caedizas cuando se desprende el cono se fragmenta. Semillas angulosas o vagamente triangulares, con ala delgada, papirácea, truncada y generalmente auriculada (Figura 1.2). Las semillas tienen vesículas con resina. En la especie europea *A. alba*, se determinó que 20% del peso fresco de la semilla es resina, 90 a 95% consiste de monoterpenos, principalmente limoneno (Cermak, 1987, Edwards, 2008) (Figuras 1.2 y 1.3).

Análisis de semillas

La especie más estudiada es la más extendida también, *A. religiosa*.

Pureza. En una muestra de *A. hickelii* se registró una pureza de 94% (Aparicio, 2016).

Peso. Como extremo inferior, en *A. concolor* (de EE. UU.), se tuvieron 18 960 semillas kg⁻¹ (52.74 g por 1000 semillas) (Laacke, 1990), y 43 478 semillas kg⁻¹ (23 g por 1000 semillas) en *A. vejarii* de Oax., como extremo superior (Patiño *et al.*, 1983).

Contenido de humedad. De 6 a 8% para *A. religiosa* (Niembro *et al.*, 2010). Arriola *et al.* (2015) hallaron 11.9% para *A. religiosa* estratificado 8 meses.

Germinación y factores ambientales.

La mayoría de las especies norteamericanas del género germinan bien a 20/30 °C (Young y Young, 1992). Algunas especies y procedencias de *Abies* son difíciles de hacer germinar. Se sabe de experiencias fallidas para germinar *A. hickelii* de una procedencia del Pico de Orizaba y Arriola *et al.* (2015) señalan 3.2% de germinación para una procedencia de *A. religiosa* estratificada por 8 meses, hasta 96.8% en semilla de *A. religiosa* remojada en agua de coco por una semana.

Energía germinativa. No se localizó información específica, pero se ha reportado que *A. religiosa* tarda de 7 a 11 días para iniciar su germinación (Nieto *et al.*, 2003; Ortiz *et al.*, 2019).

Viabilidad. Valores bajos de viabilidad refuerzan la baja capacidad germinativa que se ha encontrado en varias procedencias. Por ejemplo, Nieto *et al.* (2003) y Ortiz *et al.* (2019), refieren 37.3 y 57% de viabilidad para diferentes procedencias de *A. religiosa*.

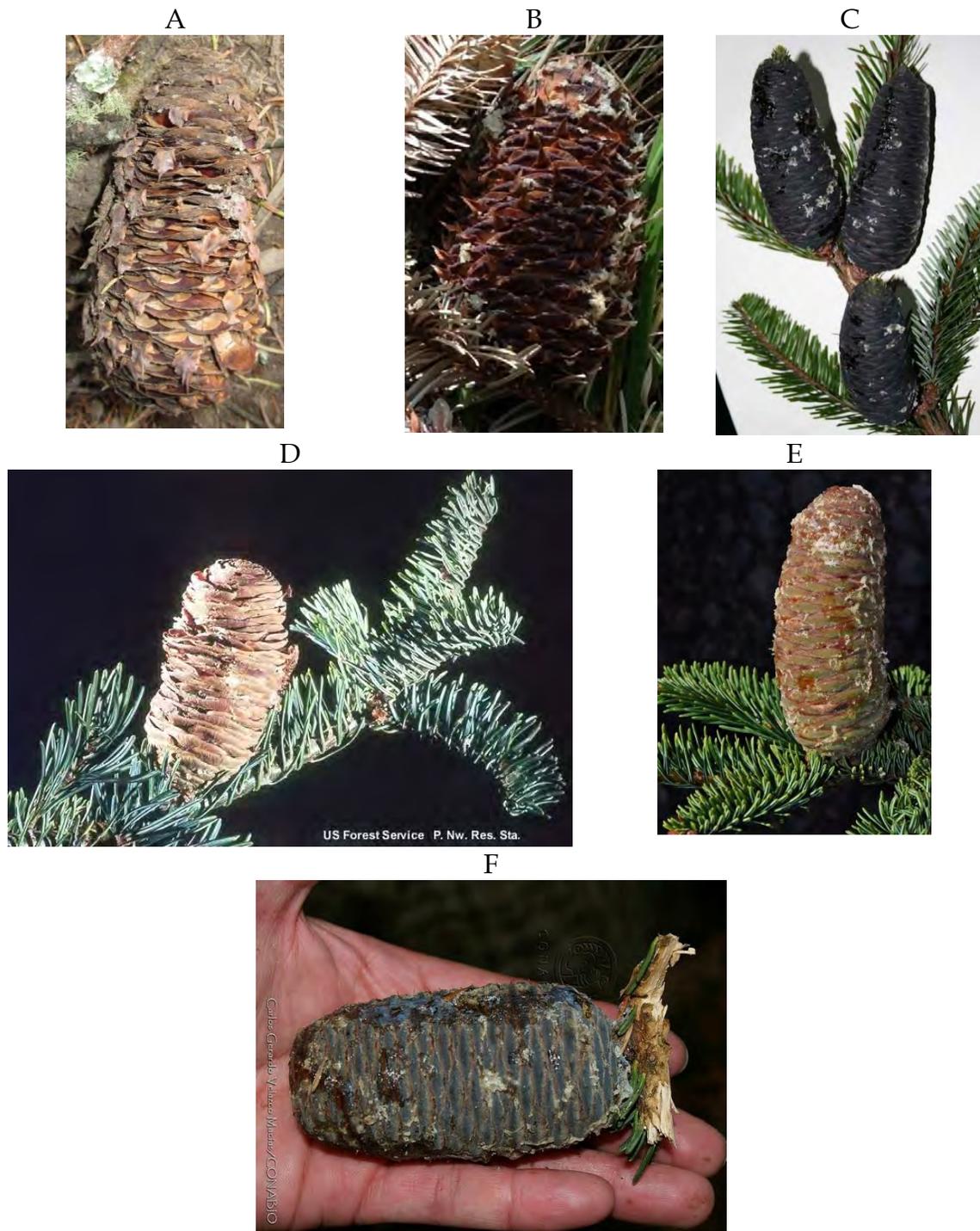


Figura 1.2. Conos de A) *A. religiosa*, B) *A. hickelii*, C) *A. guatemalensis*, D) *A. concolor*, E) *A. durangensis* var. *coahuilensis*, F) *A. vejarii*. Fotos: A y B, DART, en el Tlálloc, Edo. de Méx., 2013, y Pico de Orizaba, 2015, respectivamente, C, de Tobar, 2009 (The Gymnosperm Database, 2021), D) USDA Forest Service (Pacific Northwest Research Station), E, Jeff Besbee, 2014, The Gymnosperm Database (2021), F, Carlos Gerardo Velazco Macías/Conabio.

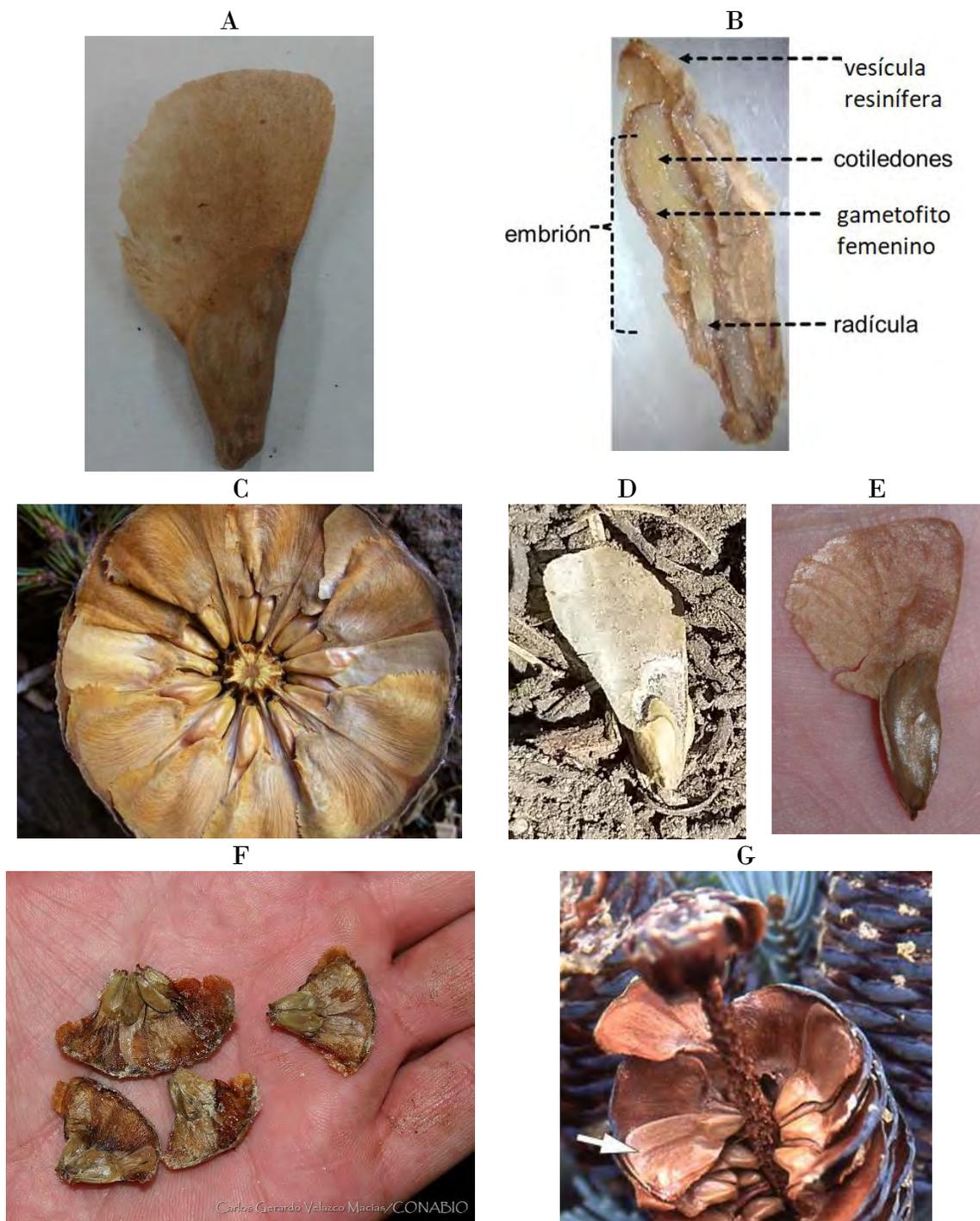


Figura 1.3. Semillas de: A) *A. hickelii*, B) corte y partes de *A. hickelii*, C) *A. religiosa*, D) *A. religiosa*, E) *A. guatemalensis*, F) *A. vejarii*, G) *A. concolor*. Fotos: A y B, Marisela Aparicio Lechuga (Aparicio, 2016), C, Bob Van Pelt, 2005, D, DART, 2019, E, F. de Tobar (The Gymnosperm Database, 2021), F, Carlos Gerardo Velazco Macías/Conabio, G, Oregon State University.

Latencia

Posible presencia de latencia fisiológica en algunas procedencias, como las de mayores altitud y latitud.

Regeneración natural

Dispersión. Por el viento.

Años semilleros. *A. concolor* de EE. UU., tiene año semillero cada 3 a 9 años, pero hay una buena producción cada 2 a 5 años (Laacke, 1990).

Tolerancia a la sombra. La sombra parcial favorece la regeneración de *A. religiosa* en campo. En Ver., la densidad de plántulas de *A. religiosa* fue menor bajo dosel (983 ha⁻¹), que en claros pequeños (de hasta 88 m²) (4240 ha⁻¹), con 7.6 años de edad de claros promedio (Lara *et al.*, 2009).

Tipo de germinación. Epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar semilla. Debido a que los conos se hallan en las partes altas de las copas su recolección es difícil. También se pueden obtener del piso, aunque varios estarán rotos. En cualquier recolección hay que usar guantes, máxime en la de conos de oyameles, que son resinosos. Niembro *et al.* (2010), anotan que la recolección de conos de *A. religiosa* se debe hacer antes que estos se desintegren.

Almacenamiento. La semilla de especies norteamericanas se almacena a -15 °C, en contenedores sin sellar, con contenidos de humedad de 9 a

12%. Así, luego de 5 años casi no pierden viabilidad (Young y Young, 1992). *A. religiosa* es microbiótica, en condiciones no controladas su viabilidad dura 3 a 4 meses; almacenada en cuarto frío a 4 °C, con un contenido de humedad de 6 a 8%, conserva su capacidad germinativa hasta por 5 años (Niembro *et al.*, 2010).

Tratamiento previo a la semilla. El desalado mecánico excesivo daña y reduce la viabilidad de la semilla de *Abies* norteamericanos (Young y Young, 1992) y de *A. religiosa* en México (com. pers. Ing. Salvador Castro Zavala, 2014). Las semillas de muchas especies norteamericanas tienen dos fases de maduración: una involucra el paso de sustancias de la escama a la semilla y, la segunda, cambios metabólicos en esta última. Por ello no se deben extraer las semillas inmediatamente después de ser recolectadas, sino dejarlas madurar por semanas en sacos aireados para prevenir pudriciones. Los conos son secados en horno (a 30 a 38 °C) o con corriente de aire por 1 a 3 semanas a 22 a 30 °C. Entonces los conos parcialmente rotos son desintegrados, agitados y la semilla es separada manual o mecánicamente (Young y Young, 1992). En México, los conos de *A. religiosa* deben transportarse en sacos de yute al vivero para colocarlos en harneros de madera o esparcirlos sobre lonas en patios de secado. Se dejan al sol 2-4 días, hasta que las escamas se desprenden con facilidad

con todo y semillas. Éstas se desalan mecánicamente (p. ej., con tambor rotatorio) y se limpian en tamices o sopladoras de columna vertical (Niembro *et al.*, 2010). Se trata de semillas frágiles que deben ser tratadas cuidadosamente durante la extracción (Young y Young, 1992). La mayoría de las especies

norteamericanas requieren luz para germinar, y estratificación por tres semanas a 3-5 °C, lo que sugiere la presencia de latencia fisiológica.

Siembra. Sembrar a 1-2 cm de profundidad y usar una malla para proporcionar sombra parcial.

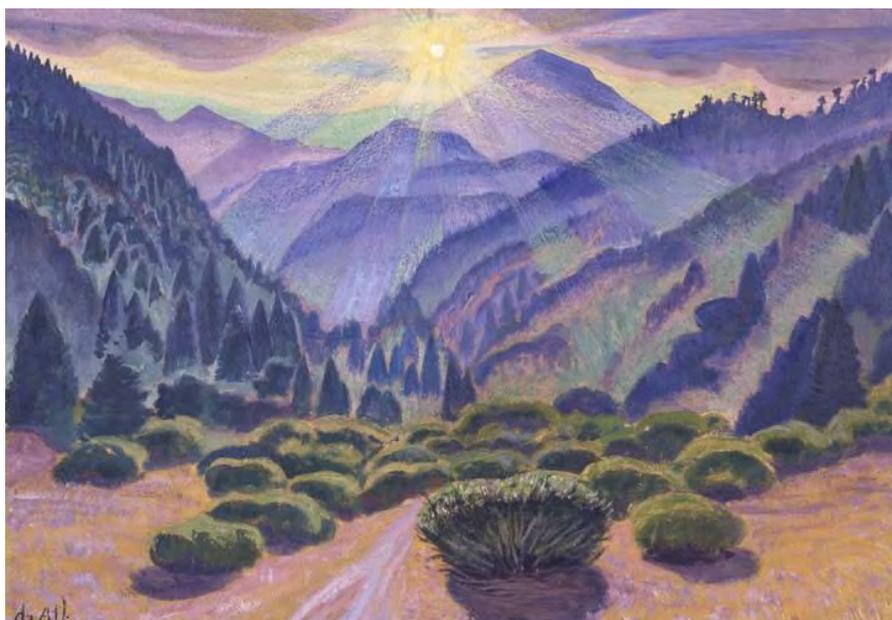


Figura 1.4. Oyameles en el plano medio de esta obra del Dr. Atl. (Rayos de sol entre montes, Gerardo Murillo -Dr. Atl-, óleo y Atl-color sobre masonite, Grupo SURAMERICANA, México).

Literatura Citada

Andersen, U. S., J. P. Prado C., M. Sorensen, and J. Kollmann. 2006. Conservation and utilisation of *Abies guatemalensis* Rehder (Pinaceae) - an endangered endemic conifer in Central America. *Biodiversity and Conservation* 15: 3131-3151.

Aparicio L., M. 2016. Efecto del silvopastoreo con ovinos sobre los brinzales de *Abies hickelii*. Tesis de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Suelos, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. 59 p.

Arriola, V. J., A. Flores, A. R. Grijón, T. Pineda, V. Jacob, y C. Nieto de Pascual. 2015. Producción de planta de *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. & Cham. en vivero. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Consultado en:

https://www.researchgate.net/publication/325578817_PRODUCCION_DE_PLANTA_DE_Abies_religiosa_Kunth_Schltdl_Cham_EN_VIVERO?enrichId=rgreq-b3455433a1bf8aaf0fd996b56e490ab5-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMyNTU3ODgxNztBUzo2MzQyMTU3NTQzNzEwNzNAMTUyODIyMDIyNzM0OA%3D%3D&el=1_x_2&_esc=publicationCoverPdf. (febrero, 2021).

Cermak, J. 1987. Monoterpene hydrocarbon contents of the resin from seeds of silver fir (*Abies alba* Mill.). *Trees: Structure and Function* 1: 94-101.

del Castillo, A. 2020. México: salvar a un bosque de abetos con la ayuda de las comunidades. Mongabay Latam. Periodismo Ambiental Independiente. Consultado en: <https://es.mongabay.com/2020/04/mexico-conservacion-de-bosques-en-el-sur-de-jalisco/> (febrero, 2021).

Edwards, D. G. W. 2008. *Abies*. P. Mill. In: Bonner, F. T., and R. P. Karrfalt (eds.). *The Woody Plant Seed Manual. Agriculture Handbook 727*. USDA Forest Service. pp. 149-198.

Espinosa de G. R., J. 1981. Gymnospermae. In: Rzedowski, J., y G. C. de Rzedowski (eds.). *Flora Fanerogámica del Valle de México*. Vol. 1. CECSA. México. pp. 63-76.

Farjon, A. 1990. Pinaceae: drawings and descriptions of the genera *Abies*, *Cedrus*, *Pseudolarix*, *Keteleeria*, *Nothotsuga*, *Tsuga*, *Cathaya*, *Pseudotsuga*, *Larix* and *Picea*. Königstein: Koeltz Scientific Books.

Gernandt, D. S., y J. A. Pérez de la Rosa. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* supl. 85: S126-S133.

Hunt, R. 1993. *Abies*. In: Editorial Committe (eds.). *Flora of North America. North of Mexico*. Vol. 2. Oxford University Press.

Laacke, R. J. 1990. *Abies concolor* (Gord. & Glend.) ex Hildebr. White Fir. In: Burns, R., and Honkala, B. (eds.). *Silvics of North America*. Vol. 1, Conifers. *Agriculture Handbook 654*. USDA Forest Service. United States Department of Agriculture. Washington, DC. pp. 36-46.

Lara G., R., L. R. Sánchez V, y J. Corral A. 2009. Regeneration of *Abies religiosa* in canopy gaps versus understory, Cofre de Perote National Park, Mexico. *Agrociencia* 43(7): 739-747.

Madrigal S., X. 1967. Contribución al conocimiento de la ecología de los bosques de oyamel (*Abies religiosa* (HBK.) Schl. & Cham.) en el Valle de México. *Boletín Técnico* 18. INIF. México. 94 p.

Miranda, F., y E. Hernández-X. 2014. *Los Tipos de Vegetación de México y su Clasificación*. Sociedad Botánica de México, Conabio, FCE, ECU. México. 211 p.

Niembro R., A., M. Vázquez T., y O. Sánchez S. 2010. *Árboles de Veracruz*. 100 Especies para la Reforestación Estratégica. Gobierno de Veracruz. Xalapa, Ver. 256 p.

Nieto de P., C., M. Á. Musálem S., y J. Ortega. 2003. Estudio de algunas características de conos y semillas de *Abies religiosa*. *Agrociencia* 37(5): 521-531.

Ortiz, M. A., D. Castellanos, M. Gómez, R. Lindig, M. A. Silva, y C. Sáenz. 2019. Variación entre poblaciones de *Abies religiosa* (H.B.K.) Schl. et Cham a lo largo de un gradiente altitudinal. I. capacidad germinativa de la semilla. *Revista Fitotecnica Mexicana* 42(3): 301-308.

Patiño V., F., P. de la Garza, Y. Villagómez A., I. Talavera A., y F. Camacho M. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Boletín divulgativo no. 63. INIF. México. 181 p.

Pineda, M. R., L. Sánchez, y J. C. Noa. 2015. Ecología, biotecnología y conservación del género *Abies* en México. Estudio de *Abies* en México. Académica Española. Consultado en: https://www.researchgate.net/publication/282651969_Ecologia_biotecnologia_y_conservacion_de_l_genero_Abies_en_Mexico_Estudios_de_Abies_en_Mexico/link/5e4eb125a6fdccd965b4248b/download (febrero, 2021).

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT, 2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres -Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

Strandby A., U., J. P. Prado Córdova, U. Bräuner Nielsen, and J. Kollmann. 2008. Provenance variation in germination and seedling growth of *Abies guatemalensis* Rehder. *Forest Ecology and Management* 255(5-6): 1831-1840.

The Gymnosperm Database. Consultado en: <https://www.conifers.org/pi/> (Consultado en febrero de 2021).

Young, J. A., and C. G. Young. 1992. *Seeds of Woody Plants in North America*. Dioscorides Press. Portland, OR. 407 p.

Zulueta R., R., L. G. Hernández M., B. Murillo A., E. O. Rueda P., L. Lara C., E. Troyo D., and M. V. Córdoba M. 2015. Effect of hydropriming and bioprimering on seed germination and growth of two Mexican fir tree species in danger of extinction. *Forests* 6: 3109-3122.

Agave cupreata (Trel. & A. Berger) (Asparagaceae)

Sergio Mendoza Celino, Dante Arturo Rodríguez-Trejo, Diodoro Granados Sánchez, V. Carrasco Hernández, L. Mohedano Caballero, y H. Tchikoué

Nombres comunes

Maguey de hoja ancha, maguey mezcalero, maguey de penca ancha.

Breve descripción

Roseta simple acaulescente, altura media de 0.70 a 1.5 m, verde claro brillante, expandida. Hojas ligeramente lanceoladas u ovaladas, 40 - 80 X 18 - 20 cm, angostas en la base, verde brillante, denso-carnosas, de planas a ligeramente cóncavas, el margen craneado tardíamente mamilado, dientes dimórficos, liso aplanados, de recto a curvadas, color cobrizo a gris, sobre prominentes mamilas de 10 a 15 mm, separadas de 3 a 6 cm, los dientes más pequeños en hoyos del margen de tamaño variable, espinas de 3 a 5 cm de largo, tenues, sinuosas, de café claro a gris, encima de una ranura, con bordes agudos decurrentes en la parte superior de los dientes. Panícula de 4 a 7 m de alto, más bien extensa, con 14 a 25 pedúnculos laterales en la mitad superior del eje, renuevos en collar. Flores en umbelas difusivas, de naranja a amarillo intenso y 55 a 65 mm de largo, en pedicelos oscuros-bracteolados., ovario de 30 a 35 mm de largo, verde olivo, fusiforme, con tres

ranuras dobles que constriñen el cuello, tubo de 6 a 7 mm de profundidad y 14 a 15 mm de ancho, ampliamente funeliforme, protuberante, rasgado, denso-amurallado. Tépalos subiguales, erectos, linear, lanceolados, agudos, los externos de 20 a 21 mm de largo, ápice cobrizo, amplio, más grueso en el interior, interiormente con una quilla estrecha y delgada que envuelve los márgenes, filamentos de 35 a 40 mm de largo, delgados hacia la base, insertado en la parte media del tubo, 3 a 5 mm encima de la base del tubo, anteras de 23 a 24 mm de largo, amarillas, excéntricas, curvadas (Figura 2.1). Los frutos son cápsulas café oscuras cuando maduros (Cervantes *et al.*, 2001).

Distribución

Se distribuye en los estados de Gro. y Mich., en las áreas montañosas, sobre pendientes abruptas, a lo largo del Río Balsas. Se establece en selva baja caducifolia, zonas de transición de la selva baja y el bosque de encino-pino, 1200 a 1800 m s.n.m.

Importancia

El género *Agave* agrupa a 206 especies, 159 de ellas presentes en México, y 119

son endémicas (García, 2011). Rzedowski (2006) señala que la mayor variabilidad de este grupo se encuentra dentro del matorral xerófilo, principalmente del N de México, cubriendo una superficie mayor al 40% del territorio nacional.

La utilidad de los agaves es amplia y se remonta a culturas prehispánicas. Algunos usos aún persisten: alimento, medicina, combustible, cobijo, ornato, fibras duras extraídas de las hojas (ixtle), abono, fibra para construir paredes de arcilla en viviendas rurales, estructura para techos de palma empleando el escapo floral, cercas vivas, retención de suelo y bebidas espirituosas (pulque), entre otros usos (Granados, 1999). Actualmente el uso más conocido de los agaves es para elaborar mezcal, en Dgo., Zac., S. L. P.,

Oax., Tamps., Gto. y Gro.; estados que cuentan con denominación de origen incluidos en la NOM-070-SCFI-1994. En Gro. hay 21 municipios productores de mezcal, entre ellos Mártir de Cuilapan. Todos los municipios sustentan su producción de mezcal a partir de *Agave cupreata*, recolectado en su medio natural; esto ha implicado una disminución de las poblaciones silvestres de la especie, debido a una sobre extracción (Cárcamo, 2006). Las consecuencias de esta actividad se extienden más allá de la economía, afectando principalmente a los polinizadores nocturnos como los murciélagos nectarívoros (Rojas *et al.*, 1999).

A



B



Figura 2.1. A) *Agave cupreata*. B) Escapo de la especie. Fotos: Sergio Mendoza Celino, en el Mipio. Mártir de Cuilapan, Guerrero, 2015.

Floración y fructificación

Es una especie semélpara, es decir, se reproduce una sola vez en la vida cuando produce su escapo. Casi no se reproduce vegetativamente, de ahí la importancia de su reproducción por semilla. La floración se observa en febrero y marzo. En condiciones naturales, tarda de 7 a 15 años en alcanzar su madurez reproductiva.

Descripción de las semillas

La semilla es plana y presenta forma de medio círculo; la testa que cubre la semilla es de color negro con una textura rugosa. El hilo se ubica en el lado recto sobre el vértice agudo; ahí se prolonga una franja al centro, dicha franja representa el embrión. En promedio, la semilla tiene 6.1 mm de

longitud y 4.4 mm de ancho, con extremos de 4.9 a 8 mm de longitud y 3.3 a 6 mm de anchura (Figura 2.2).

Análisis de semilla

Procedencia. La semilla fue recolectada de individuos con escapo duro y con escapo más blando, que los productores de mezcal identifican como mayor y menor productores de mezcal, respectivamente. La semilla de los primeros y los segundos se recolectó, en el mismo orden, del paraje La Escalera, sobre el antiguo camino Apango-Ahuexotitlán, en Apango, así como en paraje Ajacatla, camino Aixcualco-Ahuexotitlán, ambos en el Mipio. Mártir de Cuilapan, Gro.

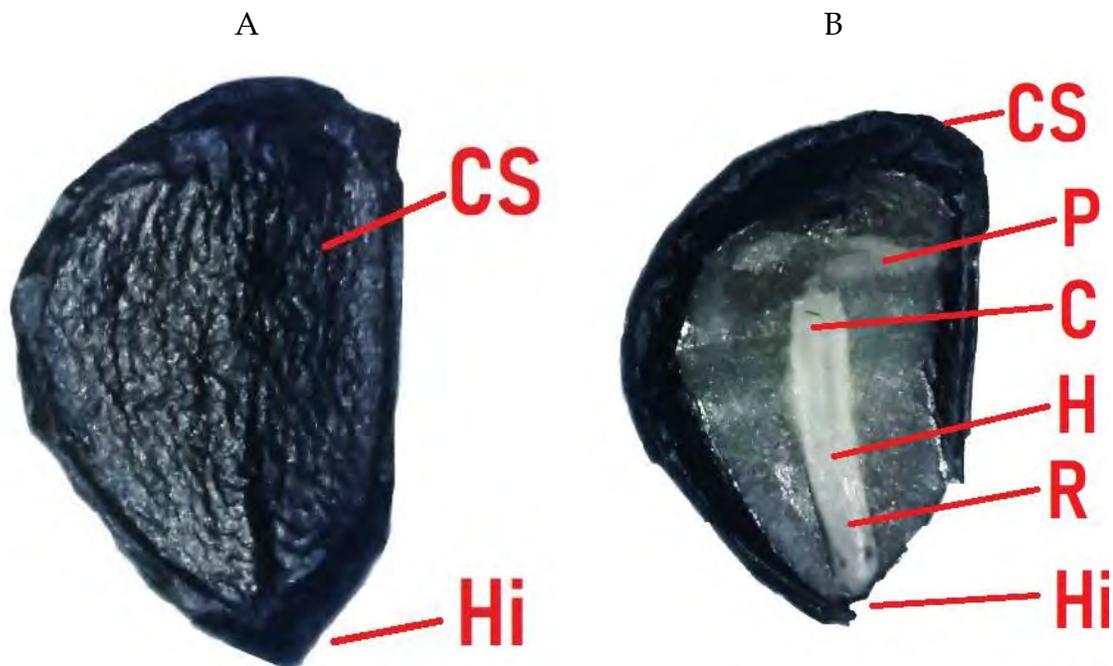


Figura 2.2. A) Exterior y B) interior de la semilla de *A. cupreata*. CS=cubierta seminal, Hi=hilo, P=tejido de reserva, C=cotiledón, H=hipocótilo, R=radícula.

Pureza. La procedencia con fenotipo escapo duro tuvo una pureza igual a 87.9%, mientras que la procedencia con escapo suave, 81%. Estos datos son sin considerar las abundantes semillas vanas (con cubierta seminal café claro) que produce la especie.

Peso. El peso de 1000 semillas para la procedencia con escapo duro, fue 7.17 g, igual a 139 470 semillas kg⁻¹. Para la otra procedencia y fenotipo, 1000 semillas pesaron 7.515 g, con 133 067 semillas kg⁻¹.

Contenido de humedad. Esta variable, con base en peso fresco, fue igual a 7 y 10% para las procedencias con escapo duro y suave, respectivamente. En el mismo orden, los contenidos de humedad base en peso seco, alcanzaron 7.9 y 10.7%.

Germinación y factores ambientales. Se probaron tres factores (cada uno con dos niveles): régimen día/noche (20/16 y 23/29 °C, fotoperiodo 10 h, luz fluorescente), escapo del que procedió la semilla (duro y suave) y tamaño de semilla (grande -más de 6 mm de longitud y de 4 mm de anchura- y pequeña -menos de 6 mm de longitud y de 4 mm de ancho-).

No hubo efecto de ningún factor individualmente. Sin embargo, la interacción de los tres factores sí fue significativa ($P=0.0239$) (Figuras 2.3 a 2.5).

Como la mayor germinación (92.5%) se logró con semilla de plantas con escapo duro, semilla grande y a alta temperatura, tales factores pueden considerarse para la producción comercial. Sin embargo, en aras de la

diversidad genética intrínseca a programas de conservación y restauración, todas las características deben ser contempladas. Asimismo, escapos duros, semilla pequeña y menor contenido de humedad de la semilla, parecen ser características relacionadas a sitios de recolección más secos (Mendoza *et al.*, 2017).

Energía germinativa. En régimen de temperatura alto y escapo duro, la semilla grande alcanzó una energía germinativa (número de días para alcanzar 70% de la germinación final) igual a 14 días; y la semilla pequeña en 9 días. En el mismo régimen térmico pero con escapo suave, la energía germinativa para la semilla grande fue de 10 días y de 12 días para la semilla pequeña.

Para el régimen de temperatura bajo y escapo duro, la energía germinativa de la semilla grande fue de 14 días, y 15 días para la semilla pequeña. El fenotipo suave bajo el mismo régimen térmico, en semilla grande, alcanzó una energía germinativa de 15 días, y de 16 días para la semilla pequeña.

Viabilidad. Con el método de tinción con sales de tetrazolio, se tuvieron viabilidades de 95 y 89%, para las procedencias con escapo duro y suave.

Latencia

No se observó latencia en esta especie.

Regeneración natural

Dispersión. La ligereza y forma plana de la semilla facilitan su dispersión por el viento. Fauna como roedores también puede contribuir a dispersarla.

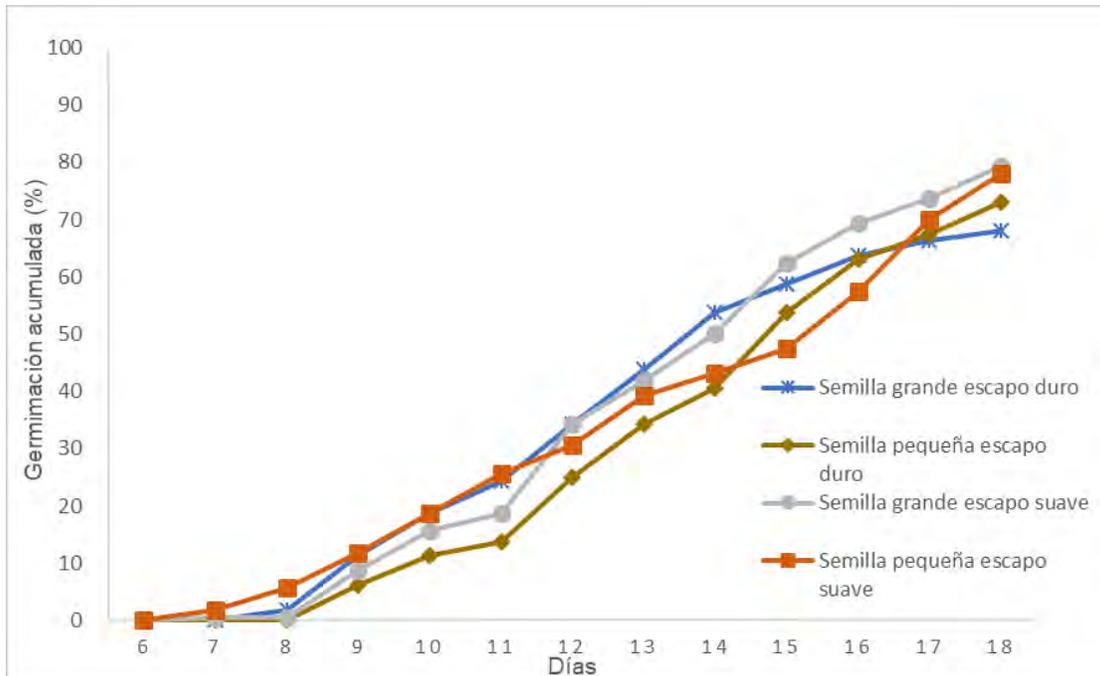
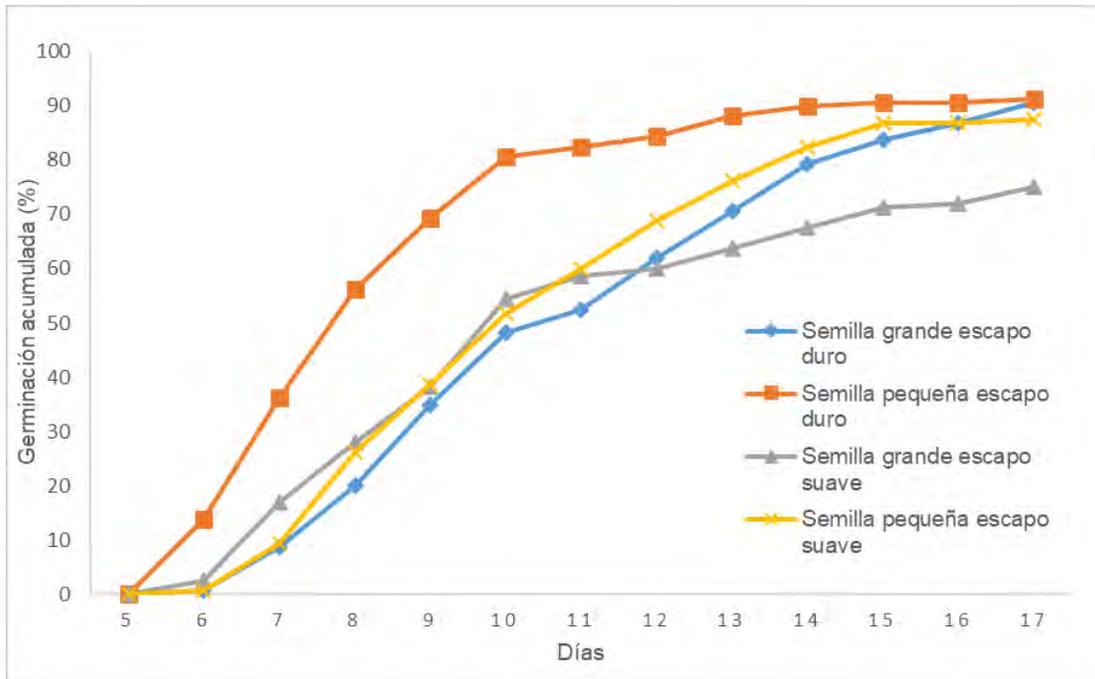


Figura 2.3. Germinación acumulada de *A. cupreata*. Arriba, régimen de temperatura alto (23/19 °C), abajo, régimen de temperatura bajo (20/16 °C), para ambos tipos de escapo (duro y suave) y los dos tipos de semilla (grande y pequeña) (Mendoza *et al.*, 2017).

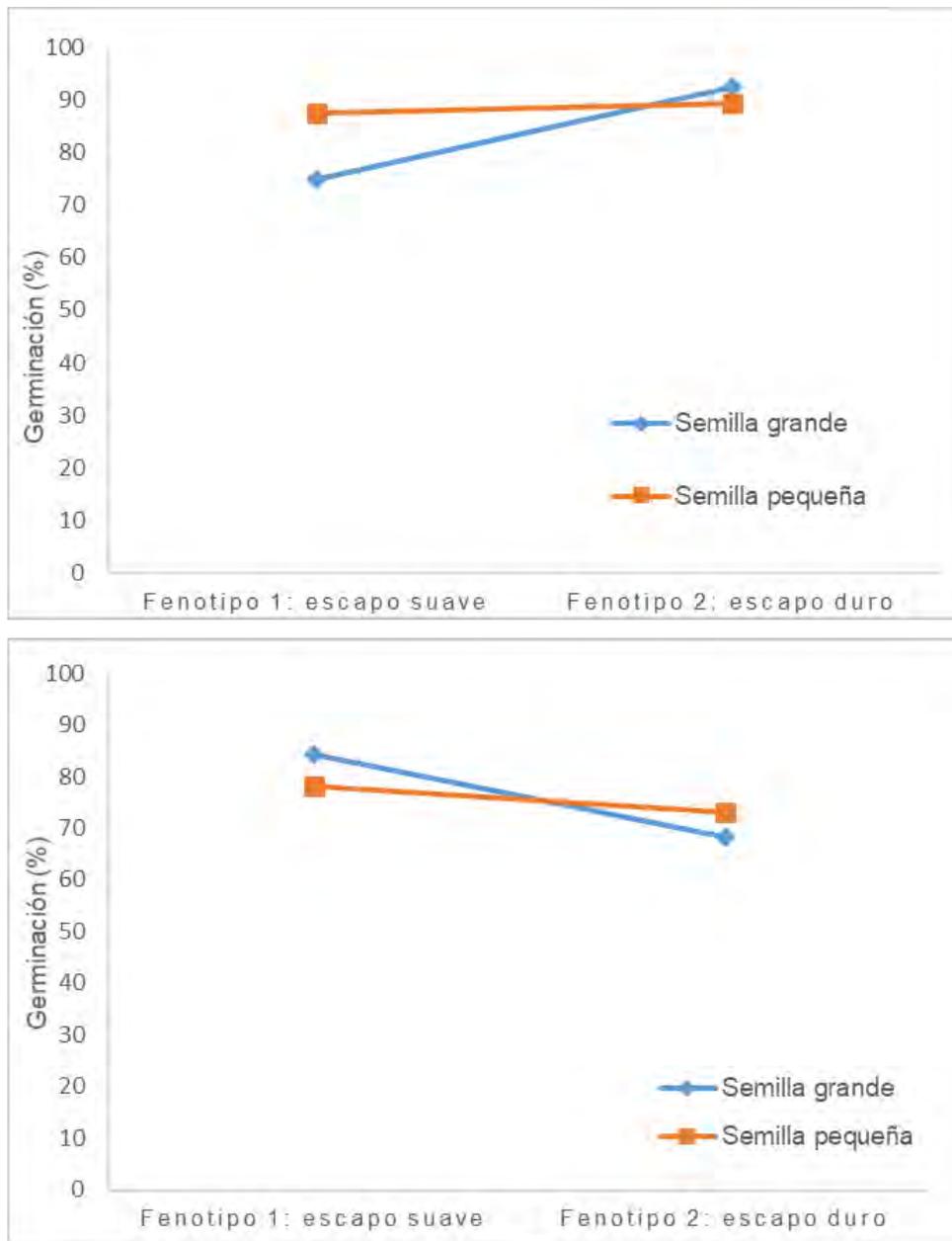


Figura 2.4. Interacción entre régimen de temperatura (arriba, 23/19 °C, abajo 20/16 °C), tamaño de semilla (grande y pequeña) y fenotipo (escapos duro y suave) en la germinación de *A. cupreata* (Mendoza, 2016).



Figura 2.5. Semillas de *A. cupreta* en proceso de germinación.

Banco de semillas. Pueden formarse bancos con esta semilla, donde cae o se deposita por el viento, o en madrigueras donde puede ser olvidada o dejada por pequeños animales silvestres.

Tolerancia a la sombra. Aunque la especie crece bien a pleno sol, como diversas especies del desierto es posible que una sombra parcial prevenga deshidratación y le favorezca durante su establecimiento.

Tipo de germinación. Epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Se dobla el escapo, sin romperlo, y se recolectan las cápsulas manualmente, para dejarlas secar si es necesario y extraer las semillas a mano.

Almacenamiento. La semilla dura viable varios años en condiciones de cuarto fresco y más en refrigeración. Después de dos años de almacenamiento a 2 °C, su capacidad germinativa no fue afectada.

Tratamiento previo a la germinación. No requiere de tratamiento previo.

Siembra. Se recomienda sembrar entre 0.5 y 1 cm de profundidad.

Literatura citada

Cárcamo, R. B. 2006. Evaluación técnica, económica y financiera de la agroindustria tradicional de mezcal en la zona centro de Guerrero. Tesis, Lic. en Administración. Universidad Autónoma del Estado de México, Texcoco, Edo. de Méx.

- Cervantes, V. M. López, N. Salas, y G. Hernández. 2001. Técnicas para Propagar Especies Nativas de la Selva Baja Caducifolia y Criterios para Establecer Áreas de Reforestación. Laboratorio de Ecología. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. 174 p.
- García, M.A. 2011. Agavaceae: Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. México. 95 p.
- Granados, S., D. 1999. Los Agaves de México. Universidad Autónoma Chapingo. México. 252 p.
- Rojas M., A., A. Valiente, B., M. del Coro A., A. Alcántara E., y H. T. Arita. 1999. Seasonal distribution of the long-nosed bat (*Leptonycteris curasoae*) in North America: does a generalized migration pattern really exist? *Journal of Biogeography* 26: 1065-1077.
- Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México. 1a. Ed. Digital. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. 432 p.
- Mendoza C., S. 2016. Estudio de la semilla de dos fenotipos de *Agave cupreata* (Trel. & A. Berger). Tesis Profesional. Carrera Ingeniería en Restauración Forestal. Dicofo, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 32 p.
- Mendoza C., S. D. A. Rodríguez-Trejo, D. Granados S., V. Carrasco H., L. Mohedano C., and H. Tchikoué. 2017. The interaction phenotype, seed size and temperature affect the germinative capacity of *Agave cupreata*. *Seed Science and Technology* 45(3): 1-6.

Beaucarnea gracilis Lemaire (Asparagaceae)

Dante Arturo Rodríguez Trejo, Esperanza García Pascual, Leticia Quiahua Barrera, Erandi Yunuén Reyes Valdovinos

Nombres comunes

Esta especie tiene como nombres comunes: pata de elefante, sotolín, barrigón, sollate barrigón o palma petacona (Rivera y Solano, 2012; Hernández *et al.*, 2012; Conanp, 2013).

Breve descripción de la planta

El sotolín, es una planta rosetófila arborescente, que alcanza entre 6 y 12 m de altura y sus tallos de 1.5 a 3 m de diámetro en la base, marcadamente ensanchados, globosos, hasta 2.5 m de altura. Corteza gruesa, gris a parda. Las hojas en rosetas apicales, con láminas de 24 a 68 cm de longitud y 0.3 a 0.8 cm de anchura. Plantas dioicas a poligamodioicas (dioicas con algunas flores hermafroditas). Inflorescencias en panículas largamente ovoides, de 0.6 a 1.5 m de longitud, color anaranjado a amarillo pálido (Figura 3.1). Cuatro a seis flores masculinas por nudo, igual número de flores femeninas por nudo (Rivera y Solano, 2012; Hernández *et al.*, 2012).

Distribución y ecología

Se trata de una especie endémica y amenazada (de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010) (SEMARNAT, 2010), que solamente se encuentra en el Valle de Tehuacán-Cuicatlán, México (Conanp, 2013; Rivera y

Solano, 2012), donde representa un elemento prominente dentro del matorral xerófilo (Rzedowski, 1998).

Entre las adaptaciones a limitación de humedad con que cuenta, está el almacenamiento de agua en sus abultados troncos (del Coro y Dávila, 2001).

Importancia y problemática para su conservación

El género *Beaucarnea* cuenta con 11 especies; 10 de ellas se encuentran en México y por lo menos ocho son endémicas (Hernández y Zamudio, 2003; Hernández *et al.*, 2012). La supervivencia de semillas y plántulas es muy baja, pues estas últimas son comidas por cabras o mueren por la sequía, mientras que las semillas son comidas por roedores o arrastradas por el agua de lluvia. El bajo reclutamiento, natural o antropógena, la extracción de individuos jóvenes o adultos para el comercio, el pastoreo y la destrucción del hábitat por la construcción de caminos y la urbanización, representan una amenaza para la especie (Cardel *et al.*, 1997; Flores, 2003).

A



B



C



Figura 3.1. A) Individuos masculino y femenino del sotolín. B) Detalles de la corteza y de C) una infrutescencia. Fotos: Dante Arturo Rodríguez Trejo, 2016 y 2017, San Juan Raya, Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

Las flores de algunas especies del género son comestibles, con las hojas se elaboran sombreros, artesanías y adornos ceremoniales. Algunos estudios las consideran como posibles fuentes de precursores de hormonas esteroidales. En los últimos 30 años, los sotolines han alcanzado una alta cotización en el mercado nacional e internacional como ornamentales (Hernández *et al.*, 2012). *Beaucarnea gracilis* también se emplea, en algunas zonas, como puesto para vigilar rebaños de chivos, así como en la construcción (Conanp, 2013; Hernández *et al.*, 2012).

La explotación y forma de uso de las especies del género en la actualidad, con extracción desde individuos juveniles hasta adultos y semillas, ha llevado a reducciones en las poblaciones, en la tasa de sexos y en la diversidad genética (Hernández *et al.*, 2012). Inclusive hay presión por extracción ilegal en algunas partes de su área de distribución natural.

Floración y Fructificación

B. gracilis florece anualmente y las semillas maduran en la época de lluvias (Hernández *et al.*, 2012). Cardel *et al.* (1997) señalan 35 inflorescencias por individuo en promedio, así como 2600 semillas por inflorescencia.

Descripción de fruto y semilla

Los frutos son cápsulas de 0.7 a 1.0 cm de longitud y 0.6 a 0.9 cm de anchura, constituidos por brácteas y tres alas longitudinales más o menos

equidistantes (Figura 3.2A). Semilla esferoidal a elipsoidal, de 3.5 a 4 mm de longitud y 3 a 4 mm de anchura, con cubierta seminal pardo-rojiza y tres lóbulos (Rivera y Solano, 2012; Hernández *et al.*, 2012) en toda la longitud de la semilla. Semilla con endospermo blanco (Missouri Botanical Garden (2019), refiere que la semilla tiene como tejido de reserva el endospermo), embrión en el centro, recto, delgado, blanco, abarcando casi todo el eje central de la semilla en una cavidad embrionaria, con un cotiledón, hipocótilo y radícula (Figura 3.2B-D).

Análisis de semillas y latencia

Procedencia. Se trabajó con semilla de dos pequeñas recolectas en las inmediaciones de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán.

Peso. Se obtuvieron 33 251.1 frutos limpios/kg, así como 46 152.2 semillas/kg.

Germinación y factores ambientales.

La semilla germinó bien (entre 88 y 90.5%) a 25/20 °C (termo y fotoperiodo de 12 h) y a 30 °C constantes, en ese orden (Rodríguez *et al.*, 2019) (Figura 3.3). Temperaturas constantes de 20 °C o menos reducen marcadamente la germinación (a 2% o menos) (Flores y Briones, 2001). Se observaron diferencias en la capacidad germinativa entre lotes (Rodríguez *et al.*, 2019).

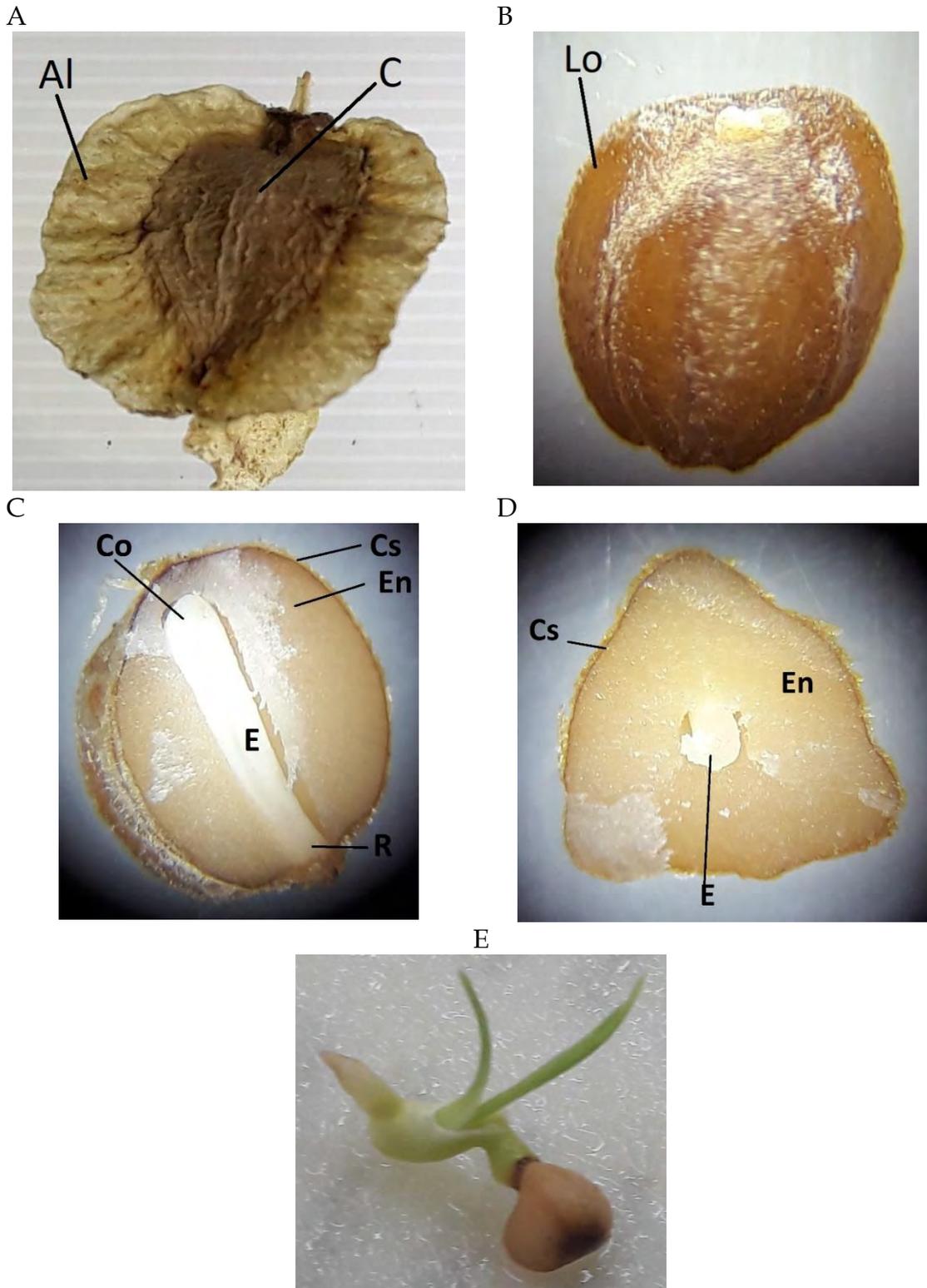


Figura 3.2. A) Fruto y B) semilla de *B. gracilis*. C) Corte longitudinal y D) corte transversal. E) Semilla en germinación. C=cápsula, Al=ala, Lo=lóbulo. Cs=cubierta seminal, En=endospermo, E=embrión, Co=cotiledón, R=radícula. Fuente: adaptado de Rodríguez *et al.* (2019).

Latencia. Si bien algunas fuentes consideran que la semilla de esta especie carece de latencia, el fruto puede imponer latencia química a la semilla, pues en un lote con baja germinación se registró 20.5% de ella cuando este se removió, pero nula germinación cuando se dejó. Esto puede obedecer a la presencia de sustancias químicas que inhiben la germinación (aunque también a una cubierta dura que se reblandece con el remojo). La latencia química se

observa en algunas especies del desierto, en espera de la breve temporada de lluvias, cuya agua solubiliza los inhibidores químicos (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2019).

En otras especies del género, la remoción del fruto también mejora la germinación. Esta aumentó de 37 a 60% en *B. recurvata* Lem. con tal práctica (Stevenson, 1980). En *B. gracilis* el remojo previo llevó la germinación hasta 100% (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2019).

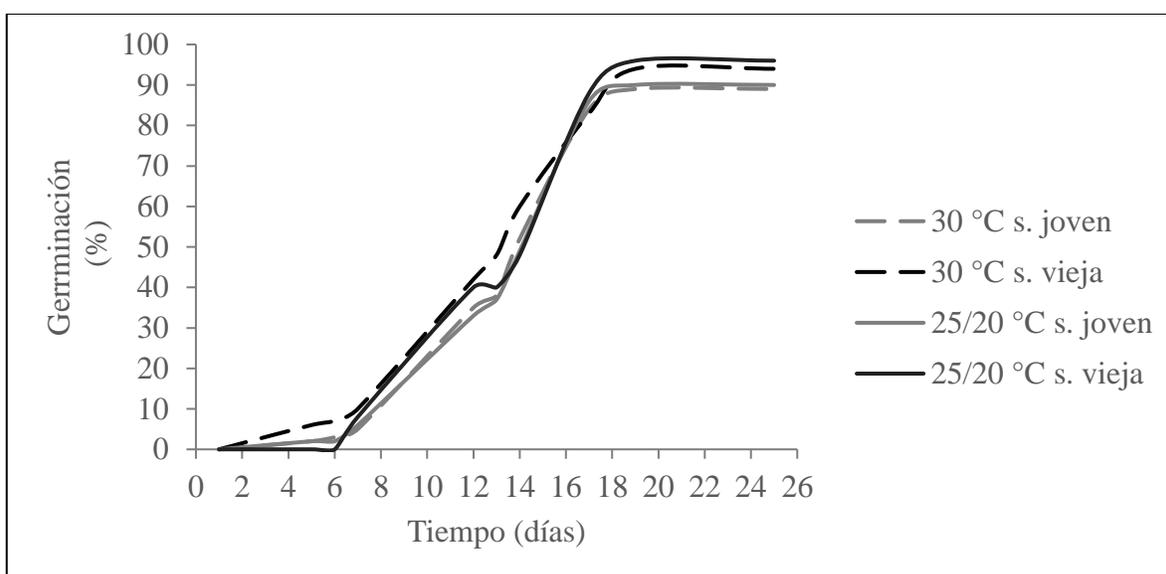


Figura 3.3. Germinación acumulada de *B. gracilis* (Rodríguez *et al.*, 2019) en dos regímenes térmicos, semilla joven (2 meses) y vieja (6 meses).

Regeneración natural

Dispersión. Los frutos tienen alas que permiten la dispersión por el viento, directamente de las infrutescencias o rodando por el piso.

Banco de semillas. Al parecer las semillas pueden permanecer con cierta viabilidad por lo menos después de un año en condiciones de campo.

Tolerancia a la sombra. Como muchas especies del desierto, posiblemente la

semilla y la plántula requieren de algo de sombra durante germinación y establecimiento para prevenir deshidratación.

Tipo de germinación. Epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Consideraciones. La propagación por semilla es relevante porque contribuye a la conservación de la riqueza

genética. Así mismo, Stevenson (1980) señala que las plantas de *B. recurvata* Lem. procedentes de semilla, forman el ensanchamiento en la base del tallo, que no se observa si las plantas son propagadas vegetativamente. Como se trata de una especie en riesgo, se deben obtener permisos para recolectar la semilla. **Recolección de semilla.** Se recomienda recolectar al inicio de la primavera, fines de marzo o abril,

cuando los frutos estén maduros (secos), pero antes de ser liberados de las infrutescencias. También se pueden recolectar del piso, pero en la medida que tengan más tiempo ahí, la germinación puede ser menor. **Tratamiento previo a la semilla.** Como es posible que la semilla cuente con latencia química, se recomienda remojar los frutos por 24 h, o bien remover la semilla de los frutos.



Figura 3.4. Artesanía de sotolín, hecha por artesanos de San Juan Raya, Pue., Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Foto: DART.

Literatura Citada

- Baskin, C. C., and J. M. Baskin. 2001. *Seeds*. Academic Press. San Diego. 666 p.
- Cardel, Y., V. Rico Gray, J. J. García Franco, and L. B. Thien. 1997. Ecological status of *Beaucarnea gracilis*, an endemic species of the semiarid Tehuacán Valley, México. *Conservation Biology* 11(2): 367-374.
- Conanp (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2013. Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Programa de Manejo. Semarnat, Conanp. México. 329 p.
- del Coro, M., y Dávila, P. 2001. Sed, espinas y adaptaciones a una vida difícil. In: El Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fundación ICA, Fomento Cultural Banamex, A. C., Fundación Cuicatlán. México. pp. 53-70.
- Flores, J., and O. Briones. 2001. Plant-life form and germination in a Mexican inter-tropical desert: effects of soil water potential and temperature. *Journal of Arid Environments* 47: 485-497.
- Flores, J. 2003. Natural seedling establishment of *Beaucarnea gracilis* a threatened species of the Tehuacán valley, Mexico. *Cactáceas y Suculentas Mexicanas* 48(3): 85-89.
- Hernández, L., S. Zamudio. 2003. Two new remarkable Nolinaceae from Central Mexico. *Brittonia* 55(3): 226-232.
- Hernández Sandoval, L., M. L. Osorio Rosales, R. Orellana Lanza, M. Martínez, M. Á. Pérez Farrera, A. Contreras Hernández, G. Malda Barrera, C. Espadas Manrique, K. E. Almanza Rodríguez, H. A. Castillo Gómez, A. Félix. 2012. Manejo y Conservación de las Especies con Valor Comercial de Pata de Elefante (*Beaucarnea*). UAQ, CICY, INE, UNACH. México. 116 p.
- Rivera Lugo, M., E. Solano. 2012. Nolinaceae Nakai. Flora del Valle de Tehuacán Cuicatlán. Fascículo 99. UNAM. México. 26 p.
- Rodríguez Trejo, D. A. E. García Pascual, L. Quiahua Barrera, y E. Y. Reyes Valdovinos. 2019. Germinación de semillas de *Dasyllirion lucidum* Rose y *Beaucarnea gracilis* Lemaire de matorral xerófilo. *Entreciencias* 7(20): 1-12.
- Rzedowski, J. 1998. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 p.
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana Lista de Especies en Riesgo. Semarnat. México.
- Stevenson, D. W. 1980. Radial growth in *Beaucarnea recurvata*. *American Journal of Botany* 67(4): 476-489.

Caesalpinia eriostachys Benth (Fabaceae)

Dante Arturo Rodríguez Trejo y Enrique Guízar Nolazco

Nombres comunes

Debido al mal olor de su follaje recibe nombres como hediondilla (Sin., Chis.) o palo puerco (Chis.). Otros nombres comunes son: iguanero (Jal.), casaiguana (Sin.), guano casagua, casa iguana, iguano blanco, carahuata, casaguata, vera, umaga, umago y pichanchuelo (Barajas y León, 1989; Pennington y Sarukhán, 2005; Miranda, 2015).

Breve descripción

Árbol de hasta 10-15 m de altura y 50-60 cm de diámetro normal (Figura 4.1A), cuyo tronco fenestrado (Figura 4.1B) es característico a causa de la gran cantidad de oquedades que presenta, lo cual lo hace parecer muy acanalado y de forma sinuosa. Corteza escamosa y rugosa, con escamas rectangulares o alargadas muy irregulares y que solamente se desprenden en algunas áreas del tronco, de color café rojizo oscuro a grisáceo, con 3 mm de grosor. Hojas pinnadas con 5 a 8 pares de pinnas, folíolos de 7 a 12 pares, suborbiculares a rómbico-oblongos, con 5 a 15 mm de longitud, muy oscuros, base oblicua (Figura 4.1C); racimos elongados, a menudo con muchas flores, raquis y pedicelo estrellado-tomentoso; pétalos amarillos dorados, con 1.5 cm de longitud (Figura 4.1D) (Barajas y

Pérez, 1990; Pennington y Sarukhán, 2005; Miranda, 2015).

Distribución y ecología

Forma parte del bosque tropical caducifolio, sobre terrenos de lomerío y laderas de los cerros con sustrato de origen ígneo, terrenos pedregosos y de suelo somero, también en vegas de ríos con suelos arenosos y profundos. Además, se puede observar como parte del bosque espinoso. Se distribuye a lo largo de la costa del Pacífico, desde Sinaloa hasta Chiapas, Guatemala y El Salvador. (Rzedowski, 1978; Barajas y Pérez, 1990; Pennington y Sarukhán, 2005; Miranda, 2015).

Importancia

Aunque la madera es dura y resistente, la forma hueca y fenestrada del tronco sólo permite usarla para la fabricación de objetos pequeños y mangos para herramientas de campo (Pennington y Sarukhán, 2005). La madera no es fácil de ser labrada ni pulida. Localmente se utiliza para leña raja y carbón y para postes de cercos alumbrados. Su madera tiene la albura de color amarillo claro y el duramen color café grisáceo, muy homogéneo, figura difícilmente perceptible.



Figura 4.1. A) *C. eriostachys*. B) Tronco, C) hojas, D) flores, E) frutos.
 Fuentes: A) C. E. Hughes, URL: <http://herbaria.plants.ox.ac.uk/vfh/image/index.php?item=4766>. B) Francisco Miguel Farriols Estrada, Naturalista, URL: <https://www.naturalista.mx/photos/3723379>. C) Francisco Amador, Naturalista (URL: <https://www.naturalista.mx/taxa/209883-Caesalpinia-eriostachys>), D) Francisco Farriols Sarabia, Naturalista <https://www.naturalista.mx/photos/6526702>. E) Francisco Miguel Farriols Estrada, Naturalista, URL: <https://www.naturalista.mx/taxa/209883-Caesalpinia-eriostachys>.

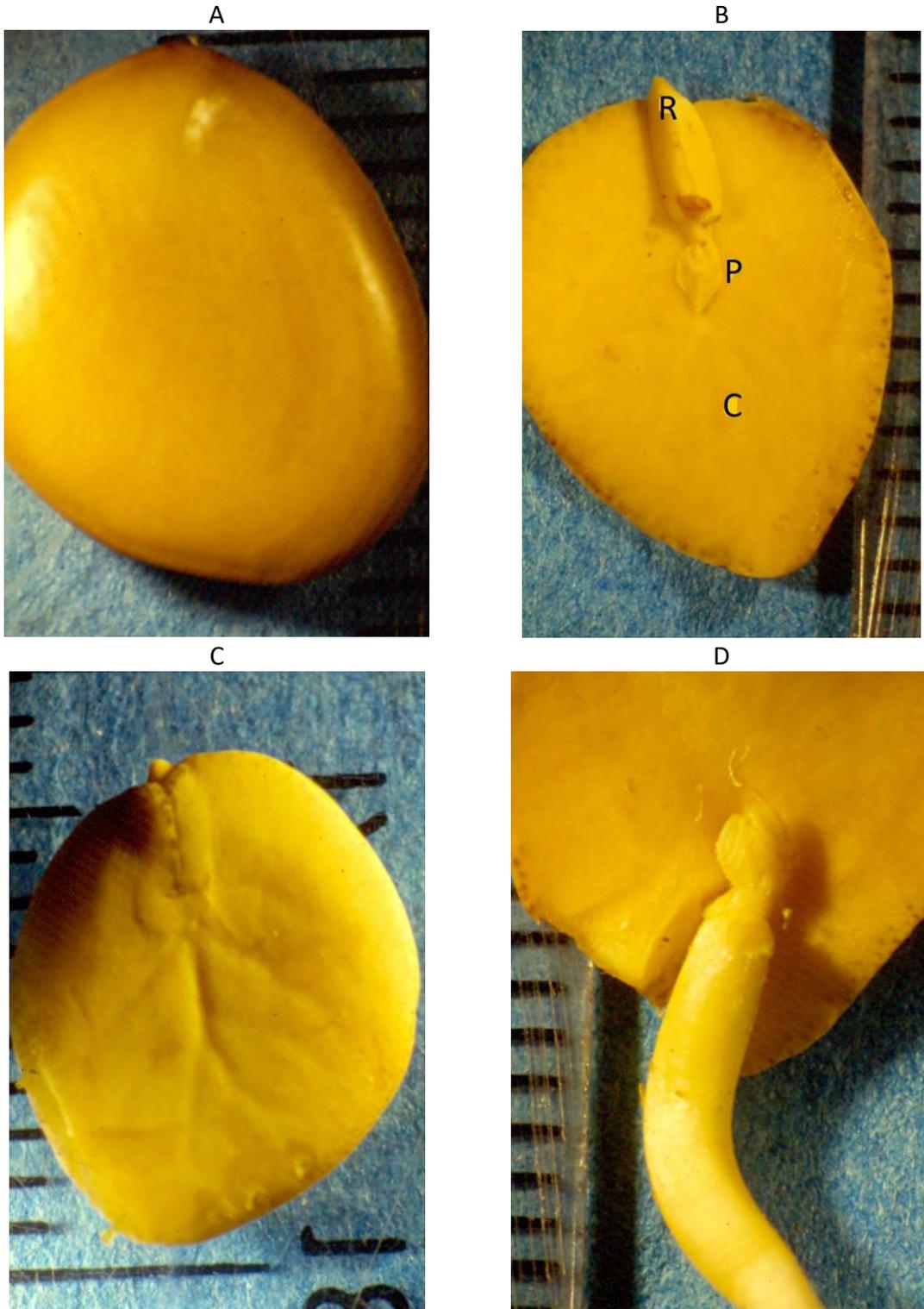


Figura 4.2. A) Cubierta seminal crustácea y lustrosa de *C. eriostachys*. B) Interior de la semilla: cotiledón (C), plúmula (P) y radícula (R). C) Vista exterior del cotiledón con nervaduras. D) Semilla en germinación. Fotos: Dante Arturo Rodríguez Trejo (1994).

Frecuentemente el duramen se encuentra dañado hasta su desaparición casi absoluta; sin olor, con sabor ligeramente agrio, lustre mediano, textura fina y grano ligeramente entrecruzado, madera muy dura y pesada, con 0.74 de gravedad específica (Barajas y León, 1989). Por su dominancia en algunas selvas bajas y por tratarse de una especie común en varias de ellas, tiene relevancia como especie para la restauración de tales ecosistemas; de hecho, ya se le ha usado con ese propósito.

Fructificación

En los meses de marzo y abril se cuenta con frutos maduros en Sinaloa, si bien Pennington y Sarukhán (2005) refieren que las semillas maduran de enero a junio.

Descripción de fruto y semilla

Sus frutos son vainas coriáceas, elásticas, dehiscentes, con 8 a 15 cm de longitud, 2 a 3 cm de ancho, semileñosas, aplanadas, ápice agudo y asimétrico, verde amarillento, pubescentes y pegajosas al tacto (Figura 4.1E) (Pennington y Sarukhán, 2005).

La semilla de *C. eriostachys* tiene una forma redondeada tendiente a triangular y aplanada, asimétrica bilateralmente en el plano paralelo a los cotiledones, con la cubierta seminal muy lisa y lustrosa, crustácea, color café claro-crema verdoso y un color verdoso más intenso en el borde. El hilo casi en la punta, sobre un lado, el micrópilo junto al hilo (Figura 4.2A y

B). La longitud de la semilla es de 0.75 a 1.25 cm, su ancho de 0.55 a 1.15 cm y su grosor de 0.18 a 0.30 cm.

La semilla es no endospermica, el embrión es de color crema-amarillo, total (4/4), pues ocupa prácticamente toda la cavidad seminal, es folial, axial e inverso (está entre ambos cotiledones). Consta de radícula, hipocótilo y plúmula con hojas embrionarias. Los cotiledones gruesos y carnosos están marcados con nervaduras sobre su superficie. Son rectos y tienen una vernación obtusa. Cuando están cerrados sólo sobresale una pequeña porción de la radícula. Cordados en la base (Figura 4.2C y D).

Análisis de semillas

Procedencia. Estos análisis fueron llevados a cabo con semilla recolectada de bosque tropical caducifolio en la presa Los Horcones, cerca de Tecamate, Mipio. de Mazatlán, Sinaloa, a 110 m s.n.m., sobre suelos someros y rojizos, en lomeríos, en marzo de 1994.

Pureza. Igual a 96.9%.

Peso. Se registraron 6127 semillas kg^{-1} , equivalentes a 160.85 g por 1000 semillas.

Contenido de humedad. Los contenidos de humedad, base anhidra y base en fresco, fueron 8.7 y 8.0%, respectivamente.

Germinación y factores ambientales. Las pruebas de germinación fueron conducidas en el Laboratorio de Semillas Forestales de la DICIFO, UACH, en cámaras de ambiente

controlado, a 30 °C constantes, con fotoperiodo de 10 h. La luz procedió de lámparas fluorescentes, con una radiación fotosintéticamente activa de entre 13.8 a 66.7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, medida con fotómetro portátil. Las siembras se hicieron en cajas de Petri, con agrolita como sustrato y fueron regadas con agua destilada. En un experimento al azar, con cuatro repeticiones, con 16 semillas por unidad experimental, fueron probados los tratamientos remojo en agua caliente (94 °C) por 72, 48 y 24 h, remojo en agua fría durante los mismos tiempos y un testigo. En total se usaron 448 semillas. Al día tres de instalado el experimento inició la germinación y la última se observó el día 10. La germinación promedio entre

los tratamientos fue 81.0%, no se hallaron diferencias significativas entre ellos. Las curvas de germinación acumulada se muestran en la figura 4.3. Al hidratarse la semilla cuando comienza la germinación, la testa externa se expande y arruga, y se aprecia translúcida. La testa interna mantiene su color, pero su consistencia se hace un tanto plástica.

Energía germinativa. Este indicador alcanzó tres días para obtenerse el 70% del porcentaje de germinación final.

Viabilidad. La viabilidad fue obtenida con una placa de rayos X de alto contraste a 144 semillas, registrándose 95.1%.

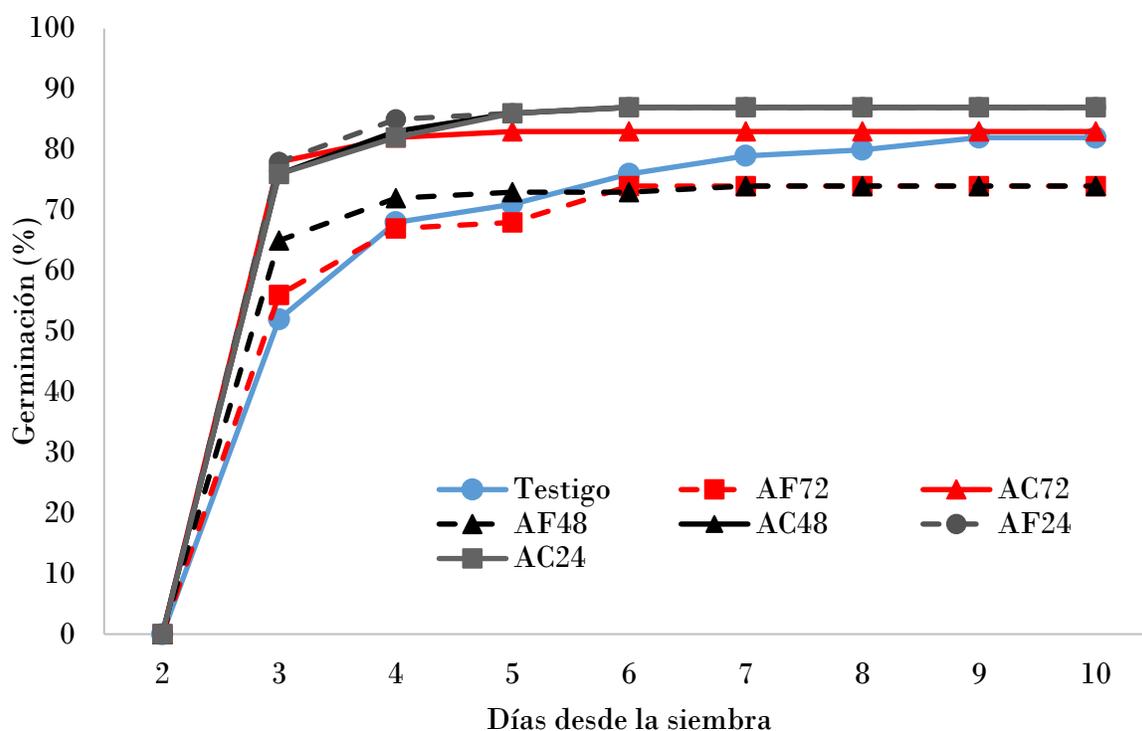


Figura 4.3. Germinación acumulada de *C. eriostachys*. AC, agua caliente; AF, agua al tiempo; los números son horas de remojo. Sin diferencias entre tratamientos.

Latencia

A pesar de lo coriáceo de la cubierta seminal y que se trata de una leguminosa, no hay latencia física en la semilla. No se descarta la posible presencia de dicha latencia en procedencias diferentes, pues Baskin y Baskin (2001) refieren que sí la hay en otras especies del planeta (*C. spinosa* (Molina) Kuntze, de América del Sur y África, y *C. decapetala* (Roth) Alson, de Asia y naturalizada en África), y que se rompe con ácido sulfúrico y aplicación de calor, respectivamente.

Regeneración natural

Dispersión. La principal dispersión es por gravedad y por roedores que se alimentan de las semillas.

Banco de semillas. Puede formarse cerca del árbol donde caen las semillas o en almacenes de animales, dado que las semillas son ortodoxas.

Tolerancia a la sombra. Las pruebas de germinación fueron realizadas sin sombra, por lo que la especie puede

ser intolerante a la sombra, pero no se descarta que tolere sombra ligera.

Tipo de germinación. Epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Recolectar semilla madura de las vainas antes que abran, en los meses de marzo y abril.

Almacenamiento. El contenido de humedad indica que se trata de una semilla ortodoxa. Por ello y por tener una cubierta seminal dura, aunque no tiene latencia física, puede ser almacenada en un cuarto. Desde luego, el mantenerla en refrigeración incrementará su longevidad.

Tratamiento previo a la siembra. No es necesario proporcionar tratamiento alguno. No se descarta la presencia de latencia física en otras poblaciones, en cuyo caso serán útiles los tratamientos escarificatorios con lija, térmicos o con ácido sulfúrico.

Siembra. Sembrar la semilla a una profundidad no mayor a su anchura.

Literatura Citada

- Barajas M., J., y C. León G. 1989. Anatomía de Maderas de México: Especies de Una Selva Baja Caducifolia. Publicaciones Especiales del Instituto de Biología no. 1. UNAM. México, D. F. 161 p.
- Baskin, C. C., and J. M. Baskin. 2001. Seeds. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. A. P. SanDiego. 666 p.
- Barajas M., J., y L. A. Pérez J. 1990. Manual de Identificación de Árboles de Selva Baja Mediante Cortezas. Cuadernos del Instituto de Biología no. 6. UNAM. México, D. F. 83 p.
- Miranda, F. 2015. La Vegetación de Chiapas. Tomo 2. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. México. 381 p.
- Pennington, T. D., y J. Sarukhán K. 2005. Árboles Tropicales de México. UNAM, FCE. México. 523 p.
- Rodríguez T., D. A., y E. Guízar N. 1997. La semilla de dos árboles del bosque tropical caducifolio sinaloense. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales III(1): 55-66.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 431 p.

Cassia fistula L. (Fabaceae)

José Antonio Arreola Palacios, Luis Pimentel Bribiesca, Dante Arturo Rodríguez Trejo, Baldemar Arteaga Martínez, Enrique Guízar Nolazco, Abel Aguilera Aguilera

Nombres comunes

Lluvia de oro, rizos de oro, caña fístula.

Breve descripción

Árbol de entre 10 a 15 m de altura y hasta 45 cm de diámetro, caducifolio, corteza lisa, gris o castaño rojiza, escamosa. Ramillas color verde oscuro, cubiertas de pelillos. Hojas grandes paripinadas, de 15 a 30 cm de largo. Flores color amarillo dorado, que forman racimos largos y colgantes. Vainas de 37.5 a 60 cm de longitud y 1.0 a 2.5 cm de diámetro, cilíndricas, negruzcas. (Niembro, 1986) (Figura 5.1).

Distribución

Árbol nativo de la India, ha sido ampliamente cultivado y se ha naturalizado en las costas de México (Marrero *et al.*, 1967; Niembro, 1986; Orwa *et al.*, 2009).

Importancia

Se utiliza principalmente en dasonomía urbana, como planta de sombra y ornato, debido a la belleza de sus flores, en calles, avenidas, parques y jardines. La madera, dura y pesada, se emplea en ebanistería y para chapa, postes, mangos para herramientas,

incrustaciones y construcción en general. La pulpa dulce del fruto se usa en medicina tradicional como laxante. La corteza contiene taninos, por lo cual se aprovecha para curtir pieles (Marrero *et al.*, 1967; Niembro, 1986). En México también se la emplea como combustible, y en su lugar de origen las flores se usan como alimento por comunidades rurales. La especie se utiliza en apicultura (Orwa *et al.*, 2009).

Floración y fructificación

Esta especie florece y fructifica casi todo el año.

Descripción de la semilla

Las semillas están cubiertas por una pulpa dulce y pegajosa (Marrero *et al.*, 1967), color castaño oscuro. Semilla de 8 a 10 mm de longitud y 4 a 6 mm de ancho, semiovada, plana; cubierta seminal dura, impermeable, lisa, lustrosa de color castaño claro; marcada por una línea longitudinal en la superficie; endospermo abundante, blanquesino, duro, vidrioso, presente en la cara lateral de los cotiledones y alrededor de la base del embrión, uniforme, mucilaginoso al entrar en contacto con el agua; embrión recto, central, espatulado, provisto de dos cotiledones ligeramente curvos,

radícula recta, corta y gruesa (Niembro, 1980, Arreola, 1995) (Figura 5.2).

Análisis de semillas

Procedencia. La semilla con la cual se llevó a cabo el siguiente análisis y experimento, fue recolectada en los municipios de La Unión y José Azueta, en Guerrero. El área de recolecta estaba a 5 m s.n.m. Se trabajó a partir de una muestra de 2 kg. Antes de hacer los análisis, la semilla estuvo almacenada en bolsas de tela de manta a 4 °C durante siete meses.

Pureza. Se trabajó con muestras limpias, por lo que en este caso la pureza del lote fue muy alta, prácticamente 100%.

Peso. Fueron calculadas 6 579 semillas kg^{-1} , es decir, 1000 semillas pesan 152 g.

Contenido de humedad. El contenido de humedad, base en peso fresco, fue 13.2%, mientras que, con base en peso seco, alcanzó 15.3%. El bajo contenido de humedad y la latencia física posicionan a esta semilla como ortodoxa.



Figura 5.1 *Cassia fistula*. Foto: Christian Dreckmann/Conabio.

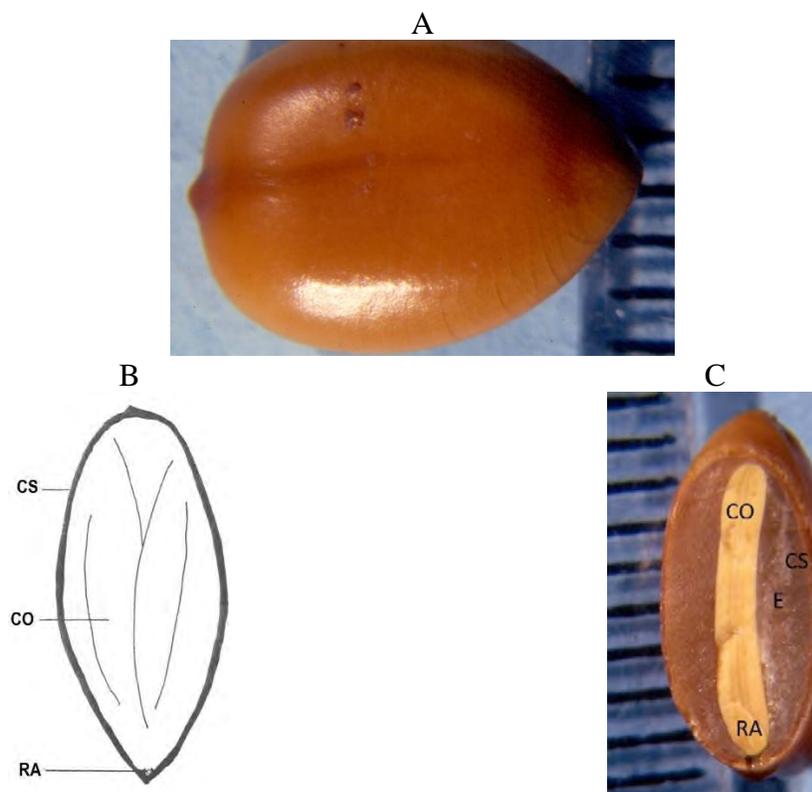


Figura 5.2. Detalles de la semilla de *C. fistula*. A) Vista externa. B) Vista interna: CS=cubierta seminal, E=endospermo, CO=cotiledones, RA=radícula. C) Corte longitudinal de la semilla. Ilustración B por JAAP. Fotos A y C por DART, Laboratorio de Semillas Forestales, DICIFO, UACH.

Germinación y factores ambientales.

La prueba de germinación se llevó a cabo en cámaras de ambiente controlado, a 30 °C constantes y con un fotoperiodo de 10 h, con luz incandescente y fluorescente. Sin tratamiento pregerminativo la germinación fue nula. La escarificación con lija produce una capacidad germinativa de 96.7%, la cual se alcanzó pronto, al 5° día de instalado el experimento (Figura 5.3). En condiciones de invernadero, con temperaturas de entre 10 a 33 °C, y luego de escarificación con lija, la capacidad germinativa fue 68.3%, y la

del testigo 2.7%. El pico de la germinación se alcanzó a 36 días de la siembra (Figura 5.4) (Arreola, 1995).

Energía germinativa. En la cámara de ambiente controlado, el 70% del 96.7% de capacidad germinativa, igual a 72.5%, se alcanzó en 4.5 días. En la prueba de invernadero, la energía germinativa fue igual a 20 días.

Viabilidad. Aunque no se llevó a cabo prueba de viabilidad, la elevada capacidad germinativa deja ver una viabilidad cercana a 100%.

Latencia. Como diversas leguminosas, *C. fistula* tiene latencia física.

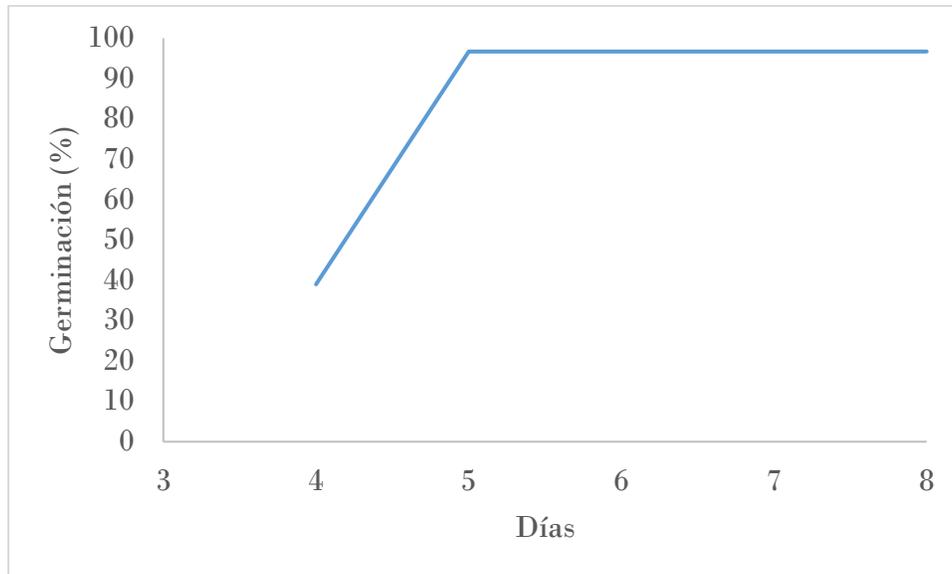


Figura 5.3. Germinación acumulada de *C. fistula* en cámara de ambiente controlado.

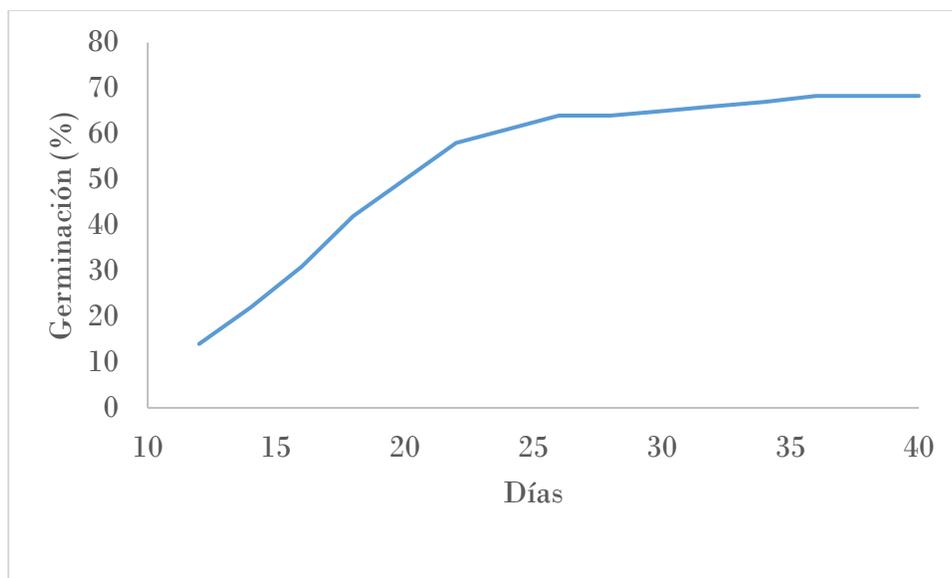


Figura 5.4. Germinación acumulada de *C. fistula* en invernadero.

Regeneración natural

Dispersión. Las semillas de *C. fistula* se dispersan tanto por gravedad luego de la apertura de las vainas dehiscentes, como por fauna que busque la pulpa dulce que cubre las semillas.

Banco de semillas. La latencia física de la semilla puede facilitar que forme parte de bancos en el piso forestal.

Tolerancia a la sombra. Prospera muy bien a pleno sol, aunque tolera un poco de sombra (Orwa *et al.*, 2009).

Tipo de germinación. La especie presenta germinación epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. La semilla puede ser recolectada durante gran parte del año. Esta actividad debe hacerse cuando las vainas adquieran un color café oscuro, seña de madurez.

Almacenamiento. Debido a la latencia física de la semilla, es posible almacenarla sin condiciones especiales, simplemente en un cuarto fresco. Orwa *et al.* (2009), refieren que la semilla se mantiene viable por lo menos 13 años en condiciones de almacenamiento en cuarto. Sin embargo, el almacenamiento a bajas temperaturas puede contribuir a incrementar aún más su longevidad.

Tratamiento previo a la siembra. Es necesario aplicar escarificación mecánica con lija para que la semilla

germine bien. Otros tratamientos escarificatorios también dan buen resultado. Por ejemplo, Battacharya y Saha (1990) refieren como tratamiento efectivo la inmersión en ácido sulfúrico durante 10 min.

Siembra. Después de aplicar la escarificación, se recomienda sembrar la semilla a 1 cm de profundidad.

Características de la plántula. A 15 días de la germinación, las plántulas alcanzan de 3 a 7.5 cm de longitud total, incluida la radícula. Tallo cilíndrico, verde amarillento, con 2 a 2.5 cm de longitud y 3 mm de diámetro en la base. Hojas cotiledonares ovadas, verde oscuro, delgadas, su abscisión se da 85 días luego de la germinación. Hojas primarias pinnadas, pequeñas, color verde oscuro, con 4 a 5 folíolos pequeños, nervados. Radícula de 1 a 4.5 cm de longitud, con numerosas raicillas blancas (Figura 5.5).

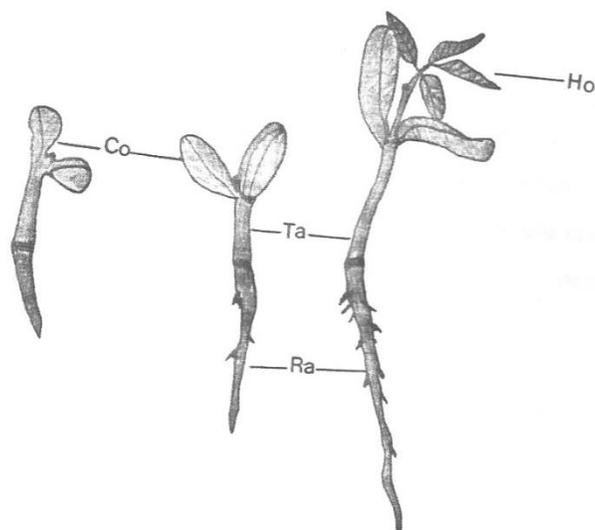


Figura 5.5. Plántula de *C. fistula* a 15 días de la germinación. Co=cotiledones, Ta=tallo, Ra=radícula, Ho=hojas. Ilustración por JAAP.

Literatura Citada

- Arreola P., J. A. 1995. Germinación y crecimiento inicial de cinco especies forestales tropicales en vivero. Tesis profesional. Ingeniero Forestal. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. 105 p.
- Battacharya, A., and P. K. Saha. 1990. Ultrastructure of seed coat and water uptake pattern of seeds during germination in *Cassia* sp. *Seed Science and Technology* 18: 97-103.
- Marrero, J., E. L. Little, and F. H. Hawsworth. 1967. Árboles Comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Colegio de Agricultura y Artes Botánicas, Universidad de Puerto Rico., Estación Experimental Agrícola y Servicio de Extensión Agrícola, Instituto de Dasonomía Tropical, Servicio Forestal, Estados Unidos. Ed. UPR. Puerto Rico. 827 p.
- Niembro R., A. 1980. Estructura y Clasificación de Semillas de Especies Forestales Mexicanas. Departamento de Bosques, UACH. Chapingo, Edo. de Méx.
- Niembro R., A. 1986. Árboles y arbustos útiles de México. Limusa. México. 206 p.
- Orwa, C., A. Mutua, R. Kindt, R. Jamnadass, and S. Anthony. 2009 Agroforestry Database: a tree reference and selection guide version 4.0. (<http://www.worldagroforestry.org/sites/treedbs/treedatabases.asp>)

Cecropia obtusifolia Bertol (Cecropiaceae)

Gabriela Tenorio Galindo, Dante Arturo Rodríguez Trejo, Georgina López Ríos

Nombres comunes

Guarumbo, guarumo (ambos en Ver., Oax., Tab., Chis.), chancarro (Ver., Oax.); hormiguillo (Ver., Oax., Tab.), pues aloja hormigas en sus ramas. Warum (tzeltal, región lacandona, Chis.) (Pennington y Sarukhán, 2005; Martínez, 2015).

Breve descripción

Árbol monopódico, de hasta 20-25 m de altura y 50 cm de diámetro normal (Figura 6.1A). Con pocas ramas gruesas que salen horizontalmente del tronco hueco. Corteza externa con 3 a 8 mm de grosor, lisa, gris clara, con grandes cicatrices circulares de las estípulas caídas (Figura 6.1B), abundantes lenticelas negras en líneas longitudinales. Con exudado que se vuelve negro al contacto con el aire. Ramas jóvenes gruesas, con lenticelas morenas conspicuas, también con cicatrices anulares, tabicadas, en sus huecos alojan numerosas hormigas del género *Azteca*. Hojas en espiral, aglomeradas en la punta de las ramas, simples, peltadas y profundamente palmado-partidas; láminas con 15-25 a 50 cm de longitud, con 8 a 12 lóbulos. Verde oscuras en el haz y glabras y ásperas en el envés (Figura 6.1C). Especie dioica, las flores en espigas, axilares. Las masculinas son espigas pardo grisáceas (12 a 15) con 8-10 cm

de largo. Las femeninas, 4-6 con 13 a 20 cm de longitud (Pennington y Sarukhán, 2005; Miranda, 2015).

Los frutos son aquenios agregados en espigas verde-amarillentas, de hasta 20 cm de longitud, aquenios muy pequeños, con una semilla cada uno, sabor parecido al higo en la madurez. Hay entre 3000 a 5000 aquenios por espiga (Figura 6.1C) (Pennington y Sarukhán, 2005; Niembro *et al.*, 2010; Ibarra *et al.*, 2015).

Distribución y ecología

Esta especie se distribuye sobre las costas del Pacífico, desde el centro de Sin. y desde el O de Dgo. hasta Chis.; y las del Atlántico, del S de Tamps. y S.L.P. hasta Chis., en México, así como en las selvas de Centroamérica. Se halla desde el nivel del mar hasta 800 m s.n.m. (Pennington y Sarukhán, 2005). Típica pionera de selvas altas y medianas alteradas, mientras que *C. peltata* Vell. lo es de selvas bajas caducifolias (Miranda, 2015), se la observa tanto en suelos derivados de rocas ígneas, como sedimentarias (calizas), al igual que metamórficas. También coloniza suelos con deficiencias de drenaje.

Importancia

Especie de rápido crecimiento, 1 m en altura por año y se le ha usado en

Brasil como pulpa para papel, a sus troncos para conducir agua y la fibra de su corteza es resistente. Uso

medicinal tradicional para control de la diabetes. (Pennington y Sarukhán, 2005; Martínez, 2015).

A



B



C



D



Figura 6.1. A) *Cecropia obtusifolia* como parte de vegetación secundaria que recoloniza un claro de vegetación alterada en el Mpio. de Villaflores, Chis. B) Tronco. C) Hojas e infrutescencias. D) Plántula de la especie en invernadero, UACH. Fotos: DART, A-C, 2016, Mpio. Villaflores, Chis., 2016, D, Dicifo, UACH, 2004.

Es ampliamente conocido y está bien documentado que esta especie es una de las típicas recolonizadoras de selvas altas, medianas, bosque mesófilo, varias selvas bajas alteradas e incluso se le puede ver en límites de bosques tropicales de pino-encino, como sucede en la comunidad Villahermosa, Mipio, de Villaflores, Chiapas. Es una pionera en la sucesión ecológica.

Flores y frutos

Floración y maduración de los frutos a lo largo de casi todo el año (Pennington y Sarukhán, 2005). Este árbol puede producir semillas casi todo el año. Tiene una tasa de fecundidad anual del orden de $1.4 (10)^4$ a $1.4 (10)^7$ semillas por árbol, la cual aumenta con el diámetro y el número de ramas (Álvarez y Martínez, 1992) (Figura 6.1C).

Descripción de la semilla

La semilla es oblonga-ovoide, con una longitud de 1.1 a 2 mm, café oscura, pero también las hay café claro

(Tenorio *et al.*, 2008). La variación en longitud hallada por Tenorio *et al.* (2008), es el doble de la referida por Leishman *et al.* (2000). Ibarra *et al.* (2015), refieren para esta semilla una superficie glabra, lisa y lustrosa (Figura 6.2).

Análisis de semillas

Procedencia. Los resultados que se presentan en este subtítulo, corresponden a un lote obtenido de 10 árboles cerca de la comunidad de San Antonio, Mipio, de Huehuetla, Hgo.

Pureza. La pureza del lote analizado fue igual a 99%. Las impurezas constaron de restos de frutos y ramillas, principalmente.

Peso. La especie cuenta con 1 408 451 aquenios kg^{-1} , que corresponden a un peso de 0.71 g para 1000 aquenios.

Contenido de humedad. Con base en peso fresco, el contenido de humedad fue igual a 10.7%, así como 12% con base en peso seco.

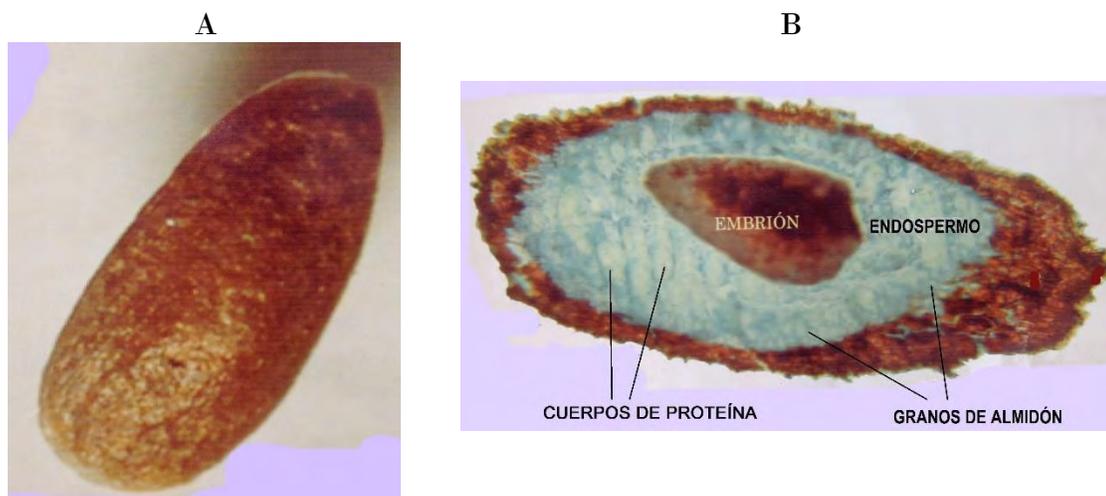


Figura 6.2. Vistas externa (A) e interna (B) de la semilla del guarumbo. Foto y microfoto por GTG.

Germinación y factores ambientales.

Esta semilla es fotoblástica, lo cual quiere decir que es sensible a cambios en la calidad de la luz, específicamente a la proporción en las bandas del rojo y rojo lejano y a su intensidad. La mayor germinación es con luz plena, semejante a la de claros grandes en las selvas (Vázquez y Smith, 1982).

Tenorio *et al.* (2008) probaron el efecto de dos regímenes térmicos, dos tamaños de semilla y tres colores de la misma. Los regímenes térmicos constaron de un fotoperiodo de 12 h, a 30/25 °C y 25/20 °C. La luz fue incandescente y fluorescente con una radiación fotosintéticamente activa de 124.7 μ mol m⁻² s⁻¹. Los tamaños de semilla fueron pequeña (< 1.5 mm de longitud, media = 1.3 mm) y grande (> 1.5 mm de longitud, media = 1.7 mm). Los colores de semilla fueron café claro, café oscuro y negro.

En este experimento resultaron con influencia significativa para la germinación el tamaño y el color de la semilla, así como la interacción entre temperatura de germinación X tamaño X color, además de dos interacciones cuyos factores forman parte de la triple interacción, en la cual nos centraremos.

En la temperatura alta (30/25 °C), la semilla grande tendió a decrecer su capacidad germinativa conforme era más oscura, mientras que la semilla pequeña no germinó o casi no germinó cuando era de colores extremos (café claro o negro) y alcanzó la mayor

germinación a esta temperatura si su color era café oscuro.

En la temperatura baja, tanto la semilla grande como la pequeña alcanzaron su mayor germinación cuando tenían el color intermedio, café oscuro (Figura 6.3).

A nivel de factores individuales, la semilla grande exhibió una capacidad germinativa del doble que la pequeña, y la semilla café oscuro fue la que germinó más. La mayor germinación, 78 %, se obtuvo con semilla grande, color café claro y temperatura alta (30/25 °C). En cambio, la menor germinación final fue para la semilla chica, color café claro y a la misma temperatura anterior, con 0%. La mayor germinación para la semilla grande, café claro y a alta temperatura, puede deberse al mayor vigor que tipifica a las semillas grandes de muchas especies (embrión más vigoroso, mayor cuantía de sustancias de reserva), la menor absorción de radiación infrarroja gracias al color café claro, y a que el régimen de temperatura alta representa o está muy cerca del óptimo para la germinación de la especie.

En el ambiente más cálido las semillas grandes mostraron mayor germinación que las pequeñas. Sin embargo, en el ambiente más fresco, las semillas grandes café oscuro fueron superiores, evidenciando aptitudes diferenciales entre las combinaciones de tamaño y color de semilla para germinar a distintas temperaturas.

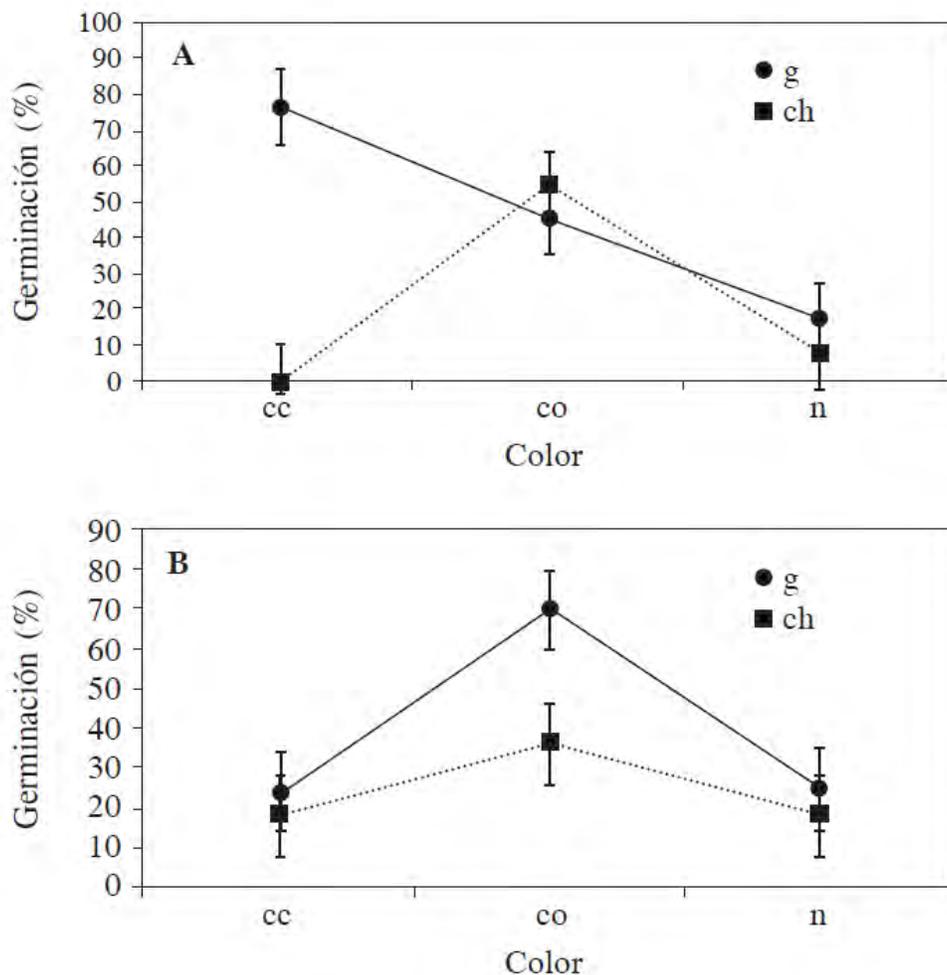


Figura 6.3. Efecto de la interacción tamaño x color de la semilla x régimen de temperatura en la germinación del guarumbo. A) Régimen de temperatura 30/25 °C, B) régimen 25/20 °C. Tamaño de semilla: g = grande, ch=chica. Color: cc=café claro, co=café oscuro, n=negro (Tenorio *et al.*, 2008).

Viabilidad. La viabilidad resultó en 53.5 %, con base en la prueba de sales de tetrazolio. Sin embargo, esta cifra es menor que la de capacidad germinativa, por lo cual es posible que no sea la mejor prueba para establecer el valor de esta variable. Asimismo, la semilla es diminuta, por lo que no se puede aplicar la prueba de flotación en agua. Por lo anterior, se establece que

el lote estudiado tiene una viabilidad mínima igual a la mayor capacidad germinativa de entre los tratamientos, 78%.

Latencia. No cuenta con latencia, pero requiere de luz para poder germinar (es fotoblástica).

Regeneración natural

Dispersión. Las semillas se dispersan por zoochoria, pues murciélagos, osos hormigueros, monos y diversas aves se alimentan de sus frutos (Álvarez, 1997).

Banco de semillas. Los bancos de semilla contribuyen a la recolonización de áreas perturbadas en selvas. Las perturbaciones naturales o alteraciones antropógenas que abren claros en la selva proveen las condiciones de luz necesarias para la activación de bancos de semillas con especies como la estudiada. De acuerdo con Martínez y Álvarez (1986), en un banco de semillas al cabo de 8 meses solo sobrevivía el 5% de ellas (sin contar semillas posteriores). Álvarez y Martínez (1992), refieren que, si bien un árbol produce millones de semillas, su mortalidad y la de las plántulas es muy alta.

Tolerancia a la sombra. Es una especie intolerante a la sombra. Inclusive requiere de cambios en la calidad de luz, específicamente la proporción entre los anchos de banda rojo y rojo lejano y la intensidad, para germinar.

Tipo de germinación. Epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Hasta donde sabemos esta especie no es propagada en viveros forestales,

pues no se le ha encontrado una amplia y relevante utilidad y se regenera con facilidad. Sin embargo, se proporciona alguna información básica que podría utilizarse para ello.

Cómo recolectar la semilla. Se recomienda recolectar los frutos poco antes de que maduren, de lo contrario la semilla comenzará a ser dispersada por el viento.

Almacenamiento. Aparentemente la semilla mantiene una aceptable capacidad germinativa, durante varios meses, si se almacena en un cuarto fresco.

Tratamiento previo a la siembra. La semilla no requiere de tratamiento pregerminativo alguno.

Siembra. Debido al diminuto tamaño de la semilla, se podrían utilizar semilleros para dispersarla sobre ellos sin cubrirla o apenas cubriéndola con una capa muy delgada de sustrato, ya que requiere de luz para que proporcione su mayor capacidad germinativa y se debe realizar el trasplante posteriormente. Si se tuviera el propósito de sembrar la semilla directamente en campo, habría que utilizar pequeños puños de esta en algún tipo de cedazo o tela que deje pasar las semillas, para conseguir una más paulatina y uniforme distribución de aquéllas.

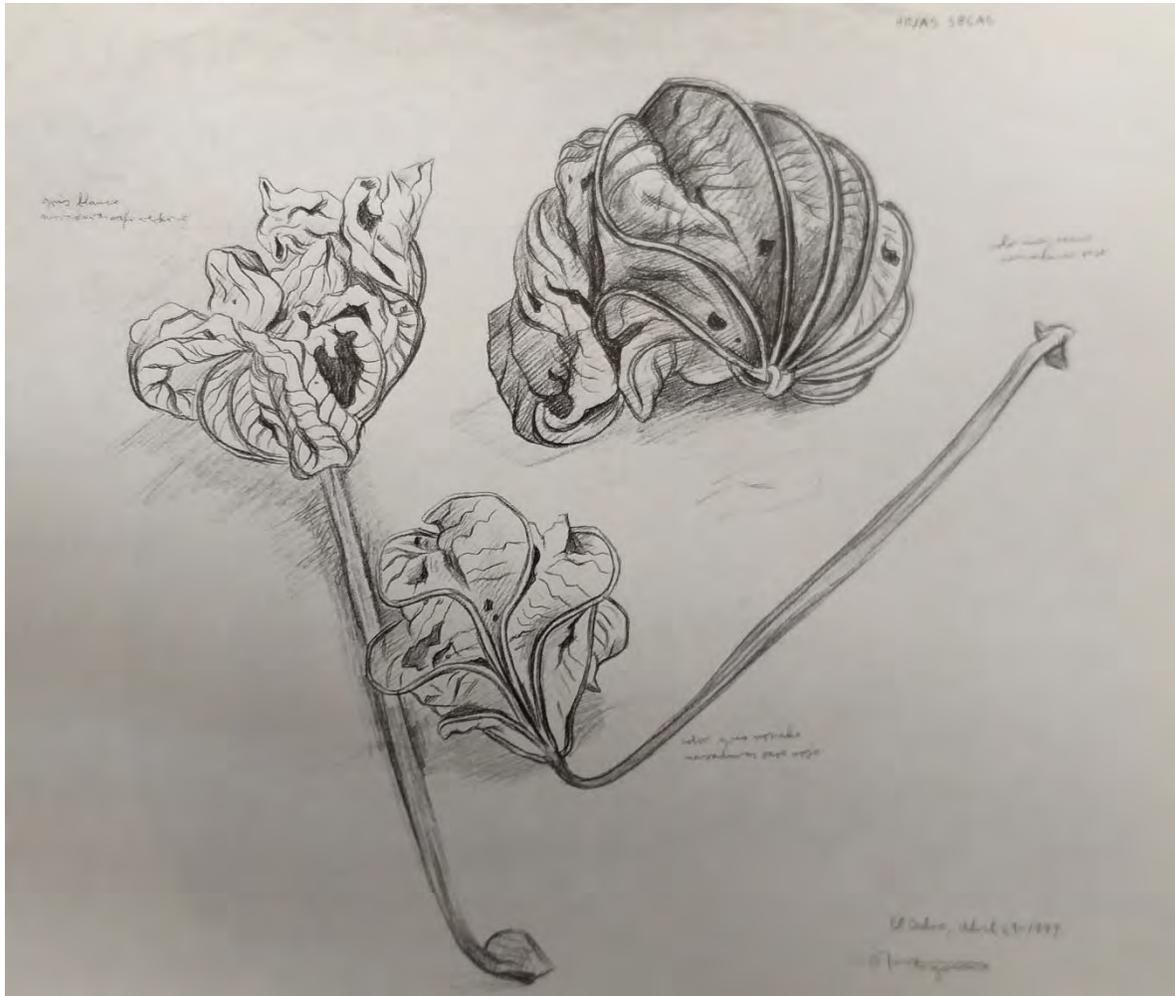


Figura 6.4. Hojas secas (de guarumbo), dibujo de Raúl Anguiano. Fuente: Anguiano (1999).

Literatura citada

Álvarez-Buylla, E. R. 1986. Demografía y dinámica poblacional de *Cecropia obtusifolia* (Moraceae) en la selva de Los Tuxtlas, México. Tesis M.C. UNAM. México.

Álvarez B., E. 1997. *Cecropia obtusifolia* (chancarro). In: González S., E., R. Dirzo, y R. C. Voigt (eds.). Historia Natural de Los Tuxtlas. UNAM, Instituto de Biología, Instituto de Ecología, Conabio. México. pp: 109-114.

Álvarez B., E., and M. Martínez R. 1992. Demography and allometry of *Cecropia obtusifolia* Neotropical pioneer tree: an evaluation of the climax-pioneer paradigm for tropical forest. *Journal of Ecology* 80: 275-290.

Anguiano, R. 1999. Memorias de una Expedición a la Selva Lacandona 1949. Quálitas. México. 161 p.

Ibarra M., G., M. Martínez M., G. Cornejo T. 2015. Frutos y Semillas del Bosque Tropical Perennifolio. Región Los Tuxtlas, Veracruz. Conabio. México. 348 p.

- Leishman, M. R., I. J. Wright, A. T. Moles, and W. Westoby. 2000. The evolutionary ecology of seed size. *In*: Fenner, M. (ed.). *The Ecology Regeneration in Plant Communities*. CABI Pub. London. pp. 31-57.
- Miranda, F. 2015. *La Vegetación de Chiapas*. Tomo 2. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. México. 381 p.
- Niembro R., A., M. Vázquez T., y O. Sánchez S. 2010. *Árboles de Veracruz. 100 Especies para la Reforestación Estratégica*. Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, Comisión del Estado de Veracruz de la Llave para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución, Centro de Investigaciones Tropicales. México. 255 p.
- Pennington, T. D., y J. Sarukhán K. 2005. *Árboles Tropicales de México. Manual para la Identificación de las Principales Especies*. 3ª ed. UNAM, FCE. México. 523 p.
- Tenorio G., G., D. A. Rodríguez T., G. López R. 2008. Efecto del tamaño y color de la semilla en la germinación de *Cecropia obtusifolia* Bertol (Cecropiaceae). *Agrociencia* 42: 585-593.
- Vázquez Y., C., and H. Smith. 1982. Phytochrome control of seed germination in the tropical rain forest pioneer trees *Cecropia obtusifolia* and *Piper auritum* and its ecological significance. *New Phytologist* 92: 477-485.

Cedrela odorata L. (Meliaceae)

Luis Quinto, Pedro Arturo Martínez Hernández, Luis Pimentel Bribiesca, Dante Arturo Rodríguez Trejo

Nombres comunes

Cedro es su nombre común más extendido, pero también chujté (Chis.), icté (huasteco) y tiocuáhuatl (náhuatl) (Pennington y Sarukhán, 2005).

Breve descripción

Árbol que alcanza 25 a 35 m de altura y 1.7 de diámetro normal. Tronco a veces con pequeños contrafuertes. Corteza ampliamente fisurada. Hojas compuestas, paripinnadas o imparipinnadas, con 6 a 22 folíolos que emanan fuerte olor a ajo al estrujarse. Pierde sus hojas durante un periodo variable en la época más seca del año. Especie monoica, con flores masculinas y femeninas en la misma inflorescencia, en panículas terminales de 15 a 30 cm de longitud. Los frutos son cápsulas dehiscentes de 2.5 a 6.5 cm de largo, 4-5 valvadas, elipsoides, pardo verdoso a moreno con lenticelas y olor a ajo, producen exudado blanquecino cuando están inmaduras. Cada cápsula contiene alrededor de 25 a 35 semillas. (Rzedowski y Equihua, 1987, Pennington y Sarukhán, 2005; Ibarra *et al.*, 2015) (Figura 7.1).

Distribución

El cedro rojo se encuentra de Tamps. y Sin. hasta Chis. y la Península de Yuc.,

en altitudes de 0 a 1700 m s.n.m. (Rzedowski y Equihua, 1987). Especie abundante en la vegetación secundaria de diversos tipos de selvas (Pennington y Sarukhán, 2005).

Importancia

Después de la caoba es la segunda especie maderable más importante de la industria forestal en zonas tropicales del país. Abundante en vegetación secundaria derivada de bosques tropicales perennifolios y subcaducifolios. Con frecuencia es protegida por el hombre y es común en potreros, cercas de casas y poblaciones como árbol de sombra. También es ornamental y tiene propiedades medicinales. Su madera es excelente en ebanistería y para elaboración de cajas para puros (Rzedowski y Equihua, 1987, Lesur, 2011).

Floración y fructificación

Florece de mayo a agosto (Patiño *et al.*, 1983, Rzedowski y Equihua, 1987). Producción de semillas anual y abundante. Cada cápsula contiene de 25 a 40 semillas fértiles (Betancourt, 1987). En el sureste, la semilla madura entre febrero y mayo (Patiño *et al.*, 1983; Rodríguez *et al.*, 2009).

Descripción de la semilla

Semillas aladas, oblongas o elíptico oblongas, con 1.2 a 3 cm de longitud incluyendo el ala y 0.5 a 0.8 cm de anchura, color pardo oscuro, lustrosas u opacas, glabras, lisas. Ala pardo pálida, glabra, lisa, membranácea, lustrosa u opaca (Betancourt, 1987;

Seforven, 1992; Niembro, 2004; Ochoa *et al.*, 2008; Ibarra *et al.*, 2015) (Figura 7.2). Al interior la semilla tiene un endospermo delgado, blanco, entero, carnosos. Embrión recto, blanco, con dos cotiledones oblongos, planos, foliáceos, iguales, rectos y libres entre sí. Radícula saliente y plúmula indiscernible (Niembro, 2004).



Figura 7.1. *Cedrela odorata*. Fuente: Panoramio (2016).

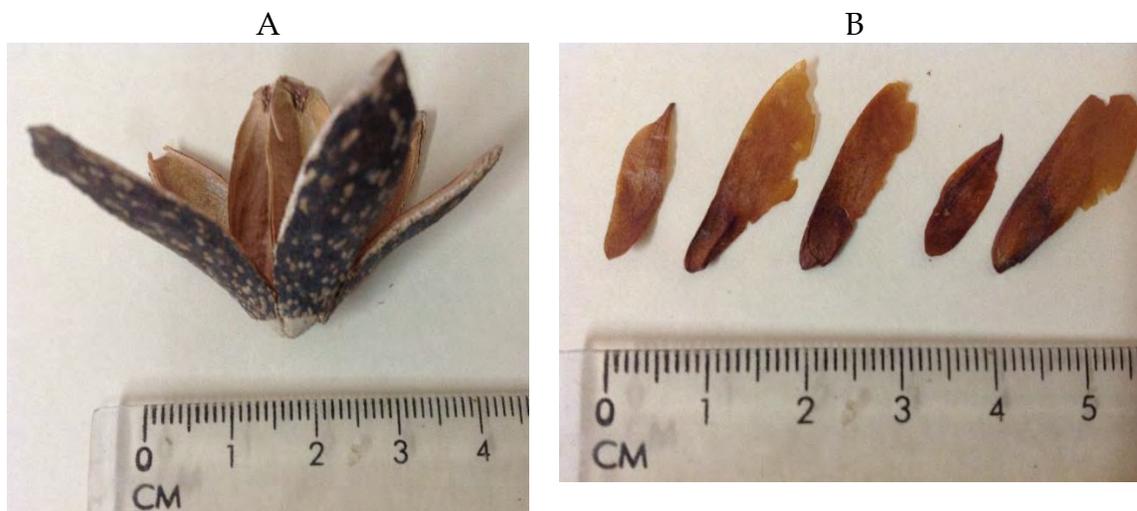


Figura 7.2. Cápsulas y semillas de cedro rojo. Laboratorio de Semillas Forestales, Dicifo, UACH. Fotos: DART, 2017.

Análisis de semillas

Procedencia. El lote de semilla analizada para el presente trabajo procede de Santiago de Tuxtla, Veracruz.

Pureza. Este lote tuvo una pureza igual a 96.8 %.

Peso. El lote analizado tuvo 94 697 semillas kg^{-1} , es decir, el peso de mil semillas es igual a 10.5 g. Patiño *et al.* (1983) refieren de 20,855 a 68,870 semillas kg^{-1} , y Niembro entre 20 000 a 60 000/kg, dependiendo de la procedencia.

Contenido de humedad. Este valor fue de 8.3 %.

Germinación y factores ambientales. La capacidad germinativa obtenida para este lote de la especie estudiada, alcanzó 54 %, con un régimen de temperaturas de 28/24 °C y un

fotoperiodo de 12 h. La germinación inició a los 7 d y alcanzó su pico a los 24 d. Niembro (2003, 2004) refiere que germina bien a 28 °C constantes al cabo de 20 a 30 d, o bien con temperaturas constantes entre 25 a 35 °C. Conabio (2006) y Niembro (2004), señalan capacidades germinativas de entre 50 a 90 % (Figura 7.3). Este último autor señala que la germinación se completa en 4 semanas (Quinto *et al.*, 2009).

Energía germinativa. Evaluada como el tiempo para alcanzar 70% de la capacidad germinativa (54 %), en este caso fue igual a 13 días.

Viabilidad. A través de la prueba con sales de tetrazolio, se registró una viabilidad de 96 %.

Latencia. La semilla de esta especie no tiene latencia.

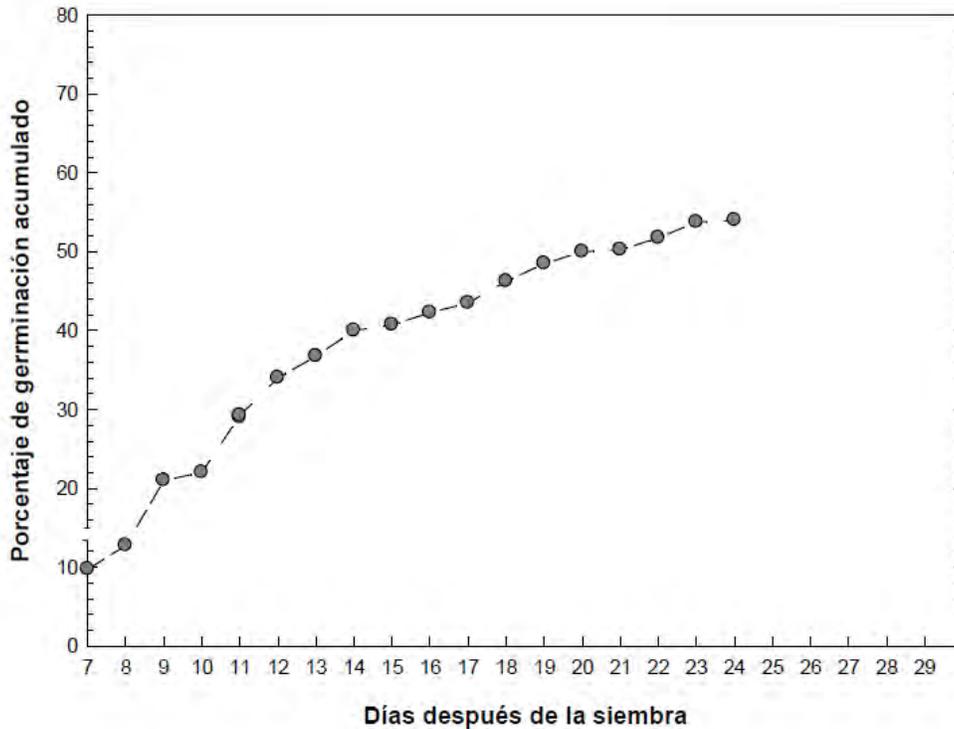


Figura 7.3. Germinación acumulada de *C. odorata* en condiciones de cámara de ambiente controlado (Quinto *et al.*, 2009).

Regeneración natural

Dispersión. La dispersión de las semillas del cedro rojo es por el viento.

Banco de semillas. Por su carácter recalcitrante, la semilla no forma bancos de larga duración.

Tolerancia a la sombra. Se regenera bien en claros, junto con la caoba, por ejemplo en áreas incendiadas a baja intensidad y en zonas desmontadas (Lamb, 1969, Betancourt, 1987). Es una especie que germina y se desarrolla en áreas perturbadas, con amplia exposición a la radiación solar.

Tipo de germinación. La germinación es epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. En Cuba y México la semilla se recolecta entre febrero y abril, pero principalmente en marzo. Las cápsulas se recolectan de los árboles a mano o se agitan las ramas para que caigan (Patiño *et al.*, 1983, Betancourt, 1987). Hay que recolectar las cápsulas maduras, pero antes de que abran (Figura 7.4).



Figura 7.4. Cápsulas de cedro rojo recolectadas por Lorenzo A. de la Cruz en Guerrero.
Foto: DART.

Extracción. Las cápsulas se ponen a sol no muy intenso por 2 a 3 d en capas de poco espesor, sobre lonas, para que abran y liberen la semilla. A continuación se separan las impurezas con un tamiz apropiado y luego se eliminan las pajas aventando la semilla cuando hay un poco de viento (Betancourt, 1987).

Almacenamiento. Muestras con una capacidad germinativa de 44 %, almacenadas en torno a 0 °C en contenedores de lata, al cabo de 14 meses redujeron su germinación a 29 % (Patiño *et al.*, 1983). Con almacenamiento en vasijas herméticas y entre 3 a 5 °C, en Cuba se ha logrado una germinación de hasta 65 % luego de 14 meses de almacenamiento de las semillas. Se recomienda la aplicación de un fungicida al almacenarlas (Betancourt, 1987). Niembro (2004)

consigna que su viabilidad dura 10 meses a temperatura ambiente, pero que en contenedores herméticos, con contenidos de humedad de la semilla entre 6 a 8% y bajo temperaturas de 2 a 5 °C, dicha viabilidad se puede prolongar a 2-3 años y aún más, si se almacena a temperaturas de -13 °C.

Siembra. Las semillas no deben ponerse a secar directamente al sol porque su viabilidad se ve reducida (Niembro, 2003). Pueden ser sembradas directamente, 1-2 por bolsa o tubete, dependiendo del porcentaje de germinación que tenga el lote. Se requerirá de trasplante de bolsa a bolsa o de tubete a tubete. Semilla que procede de almacenamiento largo y por ende con baja germinación, así como lotes con pobre germinación, se pueden sembrar en semilleros y luego trasplantar a bolsa o tubete.

Literatura citada

- Betancourt Barroso, A. 1987. *Silvicultura Especial de Árboles Maderables Tropicales*. Ed. Científico-Técnica. Cuba. 427 p.
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2006. www.conabio.gob.mx
- Ibarra M., G., M., M. Martínez, y G. Cornejo T. 2015. *Frutos y Semillas del Bosque Tropical Perennifolio. Región los Tuxtlas, Veracruz*. Conabio. México. 348 p.
- Lamb, A. F. A. 1969. Especies maderables de crecimiento rápido en la tierra baja tropical: *Cedrela odorata* L. IFLAIC 30-31: 15-59.
- Lesur, L. 2011. *Árboles de México*. Trillas. México. 368 p.
- Niembro Rocas, A. 2003. *Cedrela odorata* L. In: Vozzo, J. A. (ed.). *Tropical Seed Manual*. USDA Forest Service. USA. pp. 386-387.
- Niembro Rocas, A. 2004. *Catálogo de frutos y semillas de árboles y arbustos*. UV, INE. México (disco compacto).
- Ochoa Gaona, S., G. Villanueva López, I. Hernández Margalli, I. Pérez Hernández. 2008. *Manual de Semillas de Especies Forestales de las Montañas de Tabasco*. Ecosur, Fomix Conacyt. Tapachula. 98 p.
- Panoramio. 2016. <http://www.panoramio.com/photo/82756746>
- Patiño Valera, F., P. de la Garza, Y. Villagómez A, I. Talavera Armas, y F. Camacho Morfín. 1983. *Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales*. Boletín Divulgativo no. 63. INIFAP. México. 181 p.
- Pennington, T. D., y J. Sarukhán Kermez. 2005. *Árboles Tropicales de México*. UNAM, FCE. México. 523 p.
- Quinto, L., P. Martínez Hernández, L. Pimentel Bribiesca, D. A. Rodríguez Trejo. 2009. Alternativas para mejorar la germinación de tres árboles tropicales. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15(1): 23-28.
- Rodríguez V., J., P. Sinaca C., y G. Jamangapé G. 2009. *Frutos y Semillas de Árboles Tropicales de México*. Semarnat, INE. México. 119 p.
- Rzedowski, J., y M. Equihua. 1987. *Flora. Atlas cultural de México*. SEP, INAH, Ed. Planeta. México. 222 p.
- Seforven (Servicio Autónomo Forestal Venezolano). 1992. *Autoecología de la especie: Cedro*. Cartilla no. 5. Seforven. Caracas, Venezuela. 8 p.

Cercis canadensis L. (Fabaceae)

José Luis García Martínez y Dante Arturo Rodríguez Trejo

Nombres comunes

Palo de rosa, duraznillo, palo de Judas, pata de vaca.

Breve descripción

Árbol caducifolio pequeño, alcanza hasta 12 m de altura y 30 cm de diámetro normal. Su crecimiento es simpódico y su copa irregular. Corteza delgada, fisurada, color café oscuro. La altura de fuste limpio es de 1.5 a 2 m. El diámetro de la copa alcanza 7 m. Presenta hojas alternadas, deciduas, simples, en forma de corazón. Sus flores son perfectas, irregulares y brotan después de la caída de las hojas, en racimos de cuatro a ocho, con 1.25 cm de longitud, se encuentran en las ramas y troncos jóvenes. Tienen cinco tubos cortos de cáliz con color café rojizo y en forma de campana; lóbulos redondeados y cinco pétalos color rosa. Los frutos son legumbres pequeñas con 5 a 9 cm de longitud, 1 a 2.3 cm de anchura y un grosor de 2 a 3 mm, color púrpura a café oscuro (Raulston, 1990) (Figuras 8.1A y B).

Distribución

La especie es nativa de la región de Nueva Jersey a Nebraska, se extiende hasta el norte y centro de Michigan y el sur de Orlando, Florida. Hay poblaciones aisladas del este al oeste de Texas. Se extiende a los estados del

este de México. Se halla en las zonas templadas de la Sierra Madre Oriental.

En México se localiza en los municipios de Gómez Farías (Tamps.), Galeana, Villa Juárez y San Pedro de Iturbide (N. L.), Saltillo (Coah.), Tamazunchale, San Luis Potosí (S. L. P.), Linda, Pinal de Amoles (Qro.), Zacualtipán, Molango y Jacala (Hgo.), Pahuatlán y Zacapoaxtla (Pue.). Se distribuye en climas templado-húmedos, con TMA de 13.8 °C (-8 a 33 °C) y PMA de 800 a 2100 mm (Little, 1953, Standley, 1961, Raulston, 1990) (Figura 8.1C).

Importancia

La amplia distribución de *C. canadensis* ha producido diversidad de ecotipos (Raulston, 1990). Se trata de una especie con gran potencial de uso en dasonomía urbana en México, debido al gran colorido de sus flores. De acuerdo con Standley (1961), en Hidalgo y San Luis Potosí las flores son consideradas una delicia alimentaria. Su corteza tiene sustancias astringentes que son usadas por la medicina tradicional para el tratamiento de la diarrea crónica y disentería. Buen productor de leña.

Floración y fructificación

En Zacualtipán, Hidalgo, la floración inicia cerca de principios de invierno, durante los primeros días del mes de

enero, observándose algunas flores incluso hasta el mes de abril. En la misma localidad hay semilla disponible en el mes de agosto.

Descripción de la semilla

Semilla elíptica, con longitud media de 5.4 mm (4.4 a 6.5 mm). Anchura media igual a 3.7 mm (2.9 a 4.9 mm) y grosor promedio de 1.9 mm (1 a 2 mm). Los

tamaños corresponden a la ubicación de la semilla en las legumbres, las más pequeñas se encuentran en los extremos del fruto y las más grandes hacia la zona central. Semilla sin emergencias ni indumentos. Cubierta seminal de color café claro a café oscuro, brillante, de consistencia dura y textura lisa. Presenta el hilo en la parte central del costado con menor grosor.

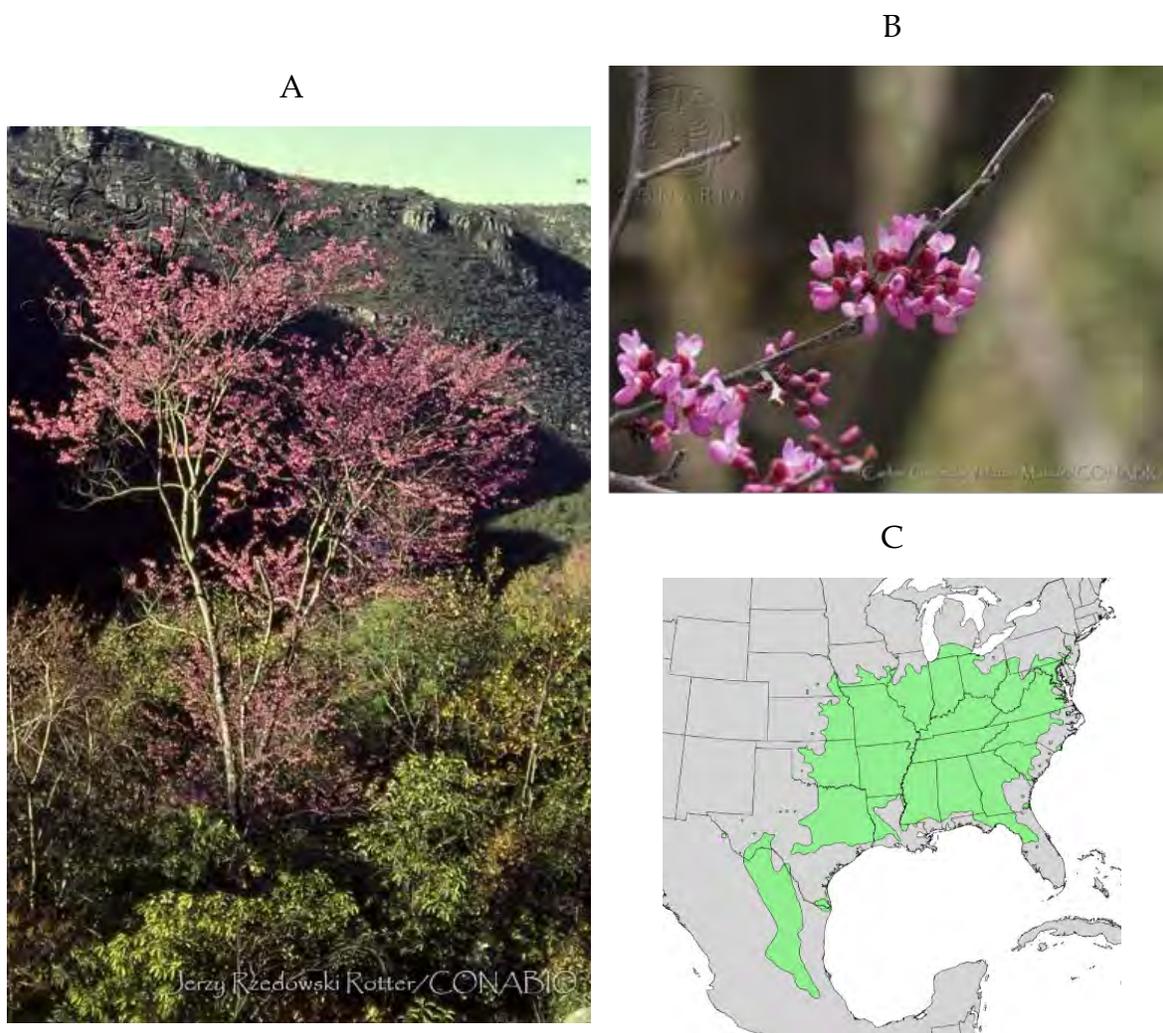


Figura 8.1. A) Árbol de *Cercis canadensis*. B) Flores. C) Distribución de la especie en México y Estados Unidos. Fotos: A) Jerzy Rzedowski Rotter (Conabio, 2015), B) Carlos Gerardo Velazco Macías (Conabio, 2015). C) Wikipedia (2015).

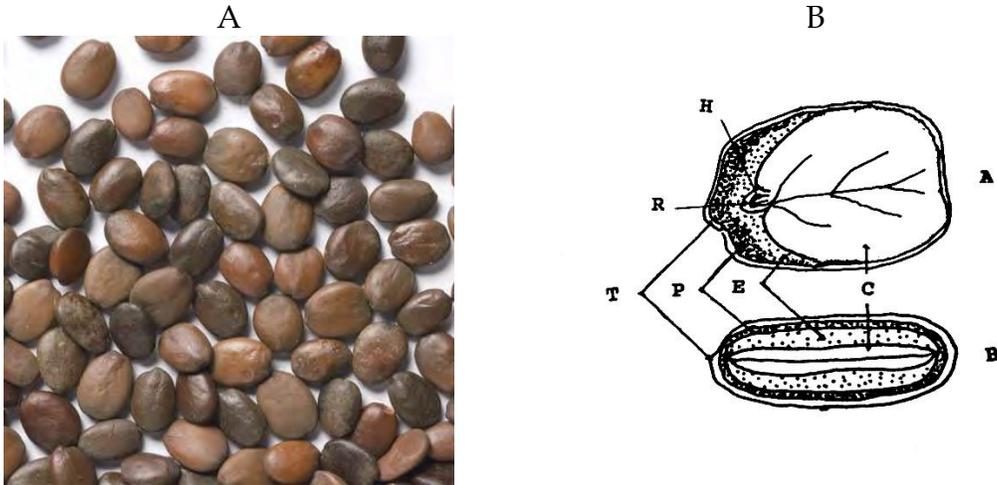


Figura 8.2. Semilla de *C. canadensis* (izquierda) y sus partes (derecha). A la derecha, A) corte longitudinal y B) corte transversal. C, cotiledones, E, endospermo, P, perispermo, T, cubierta seminal. R, radícula, H, hipocótilo. Ilustración: JLG.M.

La semilla de *C. canadensis* es endospérmica. En un corte longitudinal se pueden observar cubierta seminal, endospermo, perispermo y embrión (Figura 8.2). Endospermo masivo y translúcido, lateral (por encima y debajo del embrión, ocupa alrededor de 50 % de la cavidad seminal pero no los costados), de consistencia suave, sin color.

Perispermo de color café oscuro, semitransparente, el cual ocupa aproximadamente 25 % de la cavidad seminal, su consistencia es suave. El embrión, según la clasificación propuesta por Martín (1946), es 1/1 (relación entre el tamaño del embrión y el endospermo que le rodea). Posición axial para el plano paralelo a los cotiledones, esto es, se encuentra ubicado en el eje central de la semilla y es de forma recta y aplanada hacia el grosor de la semilla. Su color es verde amarillento.

Cotiledones separados, con nervaduras evidentes, de forma oval, simétricos, con borde liso, ápice redondeado y base cordada, es decir, en forma de corazón. Son foliales.

Análisis de semillas

Procedencia. El lote analizado fue recolectado en Zacualtipán, Hidalgo, en agosto de 1993 y las pruebas se llevaron a cabo en abril de 1994.

Pureza. El lote analizado tuvo una pureza de 94%. La mitad (47%) de las impurezas fueron semillas dañadas por el coleóptero *Gibbobruchus mimus* (Say) (Coleoptera: buchidae).

Peso. Hay 38 461 semillas kg^{-1} , lo que corresponde a 26 g por 1 000 semillas.

Contenido de humedad. El contenido de humedad, base anhidra, fue 12.3%; con base en fresco resultó en 11%. El bajo contenido de humedad y la latencia física que caracterizan a esta

especie, la tipifican como ortodoxa y macrobiótica.

Germinación y factores ambientales.

Las pruebas de germinación fueron realizadas en una cámara de ambiente controlado, con régimen día/noche de 30/20 °C, fotoperiodo de 12 h (RFA de 13.08 a 66.73 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}$).

Se probaron los tratamientos inmersión en agua al tiempo (24, 36, 48, 60, 72 y 84 h), inmersión en agua hirviendo, retirando la fuente de calor al sumergir las semillas (mismos tiempos que para el agua al tiempo), estratificación a 6 °C durante 60 días, e inmersión en ácido sulfúrico concentrado (5, 10, 15, 30, 45, 60 y 75 min). También se probaron exposición a rayos X y a luz fluorescente para ver si había alguna afectación a la germinación.

El control tuvo una germinación de 11% y sólo fue superado por los tratamientos de inmersión en ácido sulfúrico durante 30, 60 y 75 min, con una germinación de 58, 48 y 68%, respectivamente (Figura 8.3) (García, 1995).

Energía germinativa. La energía germinativa fue evaluada como el número de días necesarios para alcanzar el 70% de la germinación final. El valor medio fue 52 días, sin que se hallaran diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos.

El valor de germinación de *Czavator* alcanzó 0.513, 0.780 y 0.867, para los tratamientos de escarificación en ácido sulfúrico durante 30, 60 y 75 min, en el

mismo orden, con diferencias estadísticamente significativas ($p=0.0001$) entre tratamientos.

Viabilidad. No se realizó esta prueba, pero se estima un mínimo de 70-80% para el lote.

Latencia

Para las procedencias norteamericanas se reporta una combinación de latencias física y fisiológica. Sin embargo, el lote analizado de Hidalgo exhibió latencia física, con posible presencia de una moderada latencia fisiológica.

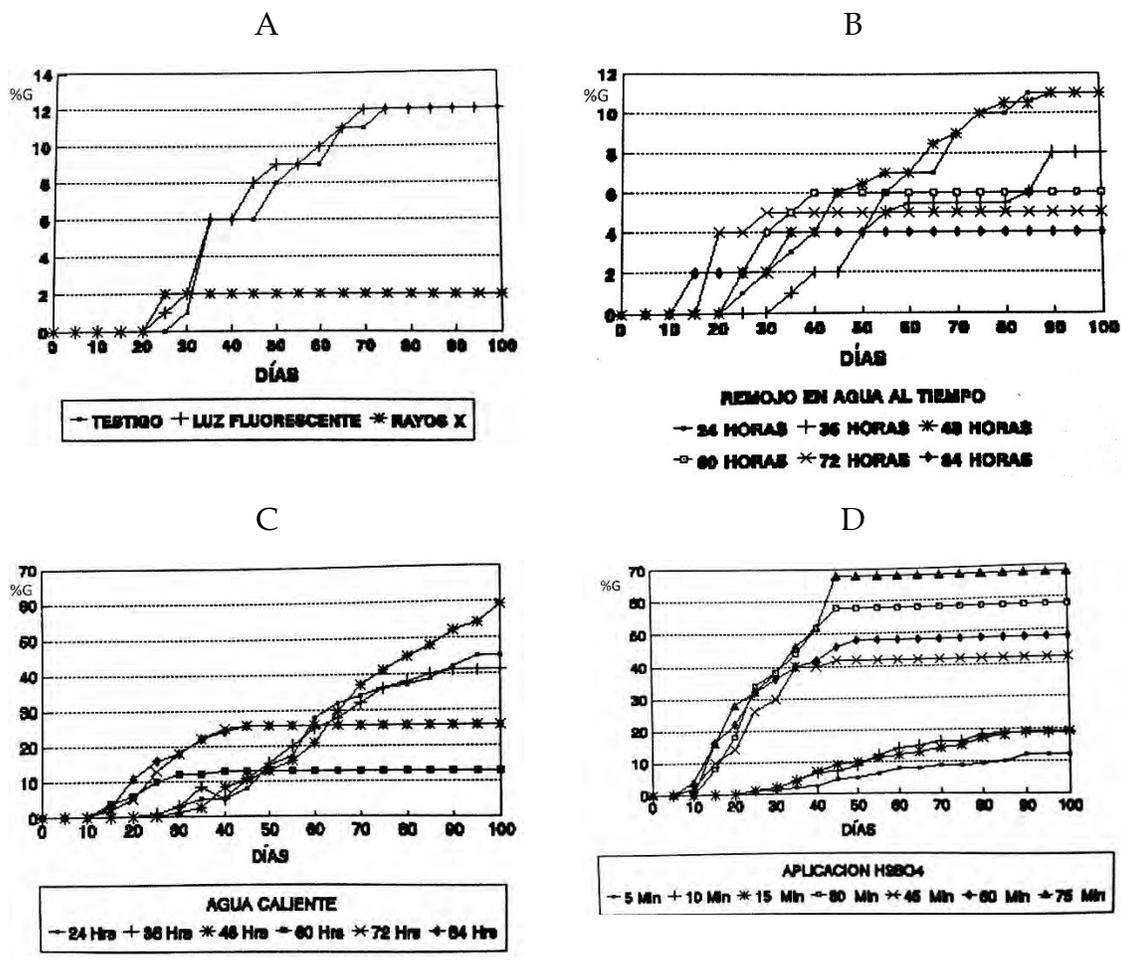
Regeneración natural

Dispersión. Al secarse las vainas abren y la semilla es liberada. Su dispersión es por gravedad. Aparentemente la semilla deberá caer en un sitio expuesto para tener mejores oportunidades de germinación.

Banco de semillas. Como muchas leguminosas, la latencia física de la semilla facilita que su acumulación forme bancos de semilla.

Tolerancia a la sombra. Al parecer se trata de una especie intolerante a la sombra. Debido a su latencia física y a veces combinada con latencia fisiológica, así como a su carácter intolerante, pocas semillas germinan sin la acción de factores que eliminen la latencia física. Uno de tales factores puede ser el fuego. Las bajas temperaturas invernales contribuirán a eliminar la latencia fisiológica.

Tipo de germinación. La semilla presenta germinación epigea.



E



Figura 8.3. A) a D) Curvas de germinación acumulada para los tratamientos aplicados. Los más efectivos se muestran en D. E) Proceso de germinación y desarrollo de la plántula. Fuentes: A a D, García (1995). Foto E por DART, 1995.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Almacenamiento. Gracias a que tiene latencia física, la semilla no requiere condiciones especiales para su almacenamiento, que puede hacerse en un simple cuarto. Si el lote se almacena en refrigeración y presenta latencia fisiológica, dicha condición será superada.

Tratamientos a la semilla. Es necesario escarificar la semilla para que germine, debido a su latencia física. La escarificación en ácido sulfúrico es recomendable (75 min), pero con las precauciones que el uso de ácidos involucra. La escarificación mecánica, por ejemplo lijado, sin duda también es eficiente para eliminar la latencia física en esta semilla.

Literatura citada

- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2015. <https://www.gob.mx/conabio>
- García M., J. L. 1995. Análisis de semillas de *Cercis canadensis* L. y su uso potencial en la dasonomía urbana. Tesis Profesional. Dicofo, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 71 p.
- Little E. Jr. 1953. Check list of the United States. Agricultural Handbook no. 41. Washington, D. C. 471 p.
- Martin, A. C. 1946. The comparative internal morphology of seeds. The American Midland Naturalist 36: 513-660.
- Raulston, J. C. 1990. Redbud. American-Nurseryman 171(5): 39-51.
- Standley, P. C. 1961. Trees and shrubs of Mexico. 721 p.
- Wikipedia. 2015. https://en.wikipedia.org/wiki/Cercis_canadensis

Chamaedorea elegans Mart. (Arecaceae)

Jorge Alatorre Cobos, Dante Arturo Rodríguez-Trejo

Nombres comunes

Palma camedor, camedor de cambray, palma cambray (Martínez, 1987).

Breve descripción

Plantas inermes erguidas o postradas, con estípites normalmente delgados, con anillos horizontales. Raíz generalmente filtrante, a veces rizomatosa. Hojas sencillas, bífidas en el ápice o pinatisectas, pecíolo rollizo, con una vaina tubulada. El fruto es una pseudodrupa que contiene una semilla (Aguilar, 1986) (Figura 9.1).

Distribución

La palma camedor habita en áreas tropicales, tanto en la vertiente del Golfo como en la del Pacífico, pero especialmente en la primera (Oyama, 1997, Hernández, 2000).

Importancia

México cuenta con aproximadamente 100 especies de *Chamaedorea* (Hodel, 1992). La mayor parte de ellas son endémicas y varias se encuentran con estatus de especies raras, amenazadas o en peligro de extinción en la Norma Oficial Mexicana NOM 059 ECOL 1994, por lo que es importante realizar investigaciones sobre tales especies. La más cultivada de ellas es *Chamaedorea elegans* Mart. No obstante, la mayoría de las especies de *Chamaedorea* han visto restringidas sus poblaciones

naturales por el deterioro de sus áreas de distribución. Oyama (1997) señala que varias especies del género están en peligro de extinción local.

Chamaedorea elegans es ampliamente cultivada en sistemas agroforestales, por ejemplo, asociada con *Hevea brasiliensis* L., con *Coffea arabica* L., con *Citrus* spp., *Theobroma cacao* L., *Musa* sp., entre otras especies, que incluyen las de valor maderable, tales como *Swietenia macrophylla* (King) y *Cedrela odorata* L. Rzedowski (1978) destaca el uso de las hojas de las palmas *Chamaedorea* para la elaboración de arreglos florales, así como su fuerte exportación a Estados Unidos. González (1984) apunta que el fruto es comestible. La semilla tiene demanda para la producción de palmas.

Fructificación

Entre diciembre y febrero se pueden hallar semillas en Hidalgo.

Descripción de la semilla

La semilla en realidad es semilla con endocarpo, dentro del cual se encuentra el endospermo, el cual es sólido, albuminoso, cartilaginoso. El embrión es lateral a poco basal, cuenta con coleóptilo o estructura protectora del meristemo apical y de la hoja cotiledonar (Aguilar, 1986; Ramón, 2001; Alatorre y Rodríguez, 2009) (Figura 9.2).



Figura 9.1. Palma camedor con frutos. Foto: JAC.

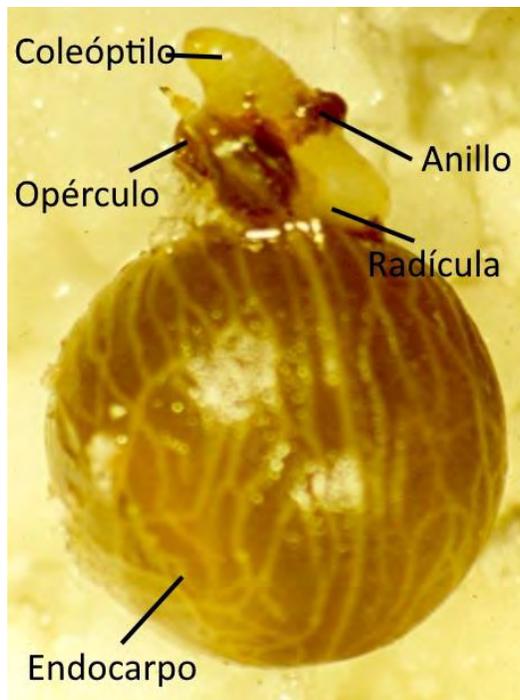


Figura 9.2. Vista exterior de la semilla/endocarpo y sus partes en la palma camedor.

En un lote analizado por Alatorre y Rodríguez (2009), la proporción de semillas por categoría de tamaño, resultó: 10 % grande (>5.75 mm), 30 % mediana (5.25 a 5.75 mm) y 60 % pequeña (<5.25 mm) (Figura 9.3).

Análisis de semillas

Procedencia. La recolecta de las semillas para este análisis se llevó a cabo en diciembre de 2002 y en febrero de 2004. El sitio de recolección fue un bosque mesófilo de montaña, enclavado en la Huasteca Hidalguense, cerca del poblado Coatlimax, municipio Tlanchinol, Hgo. Se obtuvo un total de 2 kg de fruto de cada lote (Figura 9.3).

Pureza. La pureza de un primer lote fue igual a 85 %. Jiménez *et al.* (2002) señalan una pureza de 99.8 %.

Peso. Se tuvieron 7143 semillas kg^{-1} , o el peso medio de 1000 semillas fue igual a 140 g.

Contenido de humedad. El contenido de humedad, con base en peso fresco, fue 10.7%; con base anhidra resultó en 12%.

Germinación y factores ambientales. En un primer experimento se probó el efecto de diferentes regímenes de temperatura día/noche en la germinación (30/27, 27/24 y 25/22 °C). Esta primera etapa sirvió para determinar la temperatura a utilizar en el segundo experimento, que resultó ser 25/22 °C.



Figura 9.3. El primer autor trabajando con la semilla.

Para la segunda etapa, los factores considerados fueron: tiempo de almacenamiento de la semilla en una bodega a temperatura ambiente (con dos niveles: un año y cero años); tamaño de la semilla (con tres niveles: >5.75 mm, 5.25 a 5.75 mm, y < 5.25 mm); y nivel de sombra (0 % = 124 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, 70% = 32 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, y 100 % de sombra = 2 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). La iluminación se proporcionó mediante luz fluorescente e incandescente, con un fotoperiodo de 12 h. La sombra se produjo con malla sombra plástica de 70 % (sin malla, con malla y con malla doble). Las unidades experimentales (cajas de Petri), constaron de 20 semillas, para un total de 2520 semillas.

En la prueba de germinación con el primer lote de semillas a diferentes temperaturas, se alcanzó 100 % de germinación con el régimen 25/22 °C y no se obtuvo germinación en las demás temperaturas. No obstante, al llevar a cabo el experimento con el segundo lote, con otros factores y con

un régimen de temperaturas de 25/22 °C, se obtuvo una germinación menor, lo que puede denotar diferencias importantes entre lotes de semilla sometidos a las mismas temperaturas.

En cuanto al segundo experimento, resultaron significativos los tres factores probados: sombra, tamaño de semilla y tiempo de almacenamiento; además de la interacción entre el tamaño de la semilla y el tiempo de almacenamiento; y la triple interacción sombra x tamaño de semilla x tiempo de almacenamiento.

Con respecto a los factores individuales, la mayor germinación se alcanzó con plena sombra y se redujo en la medida que se contó con menos sombra (Figura 9.4). Por otra parte, la germinación de las semillas pequeñas y medianas superó la de las grandes (Figura 9.5). Finalmente, la semilla fresca germinó mejor que la semilla almacenada durante un año (Figura 9.6).

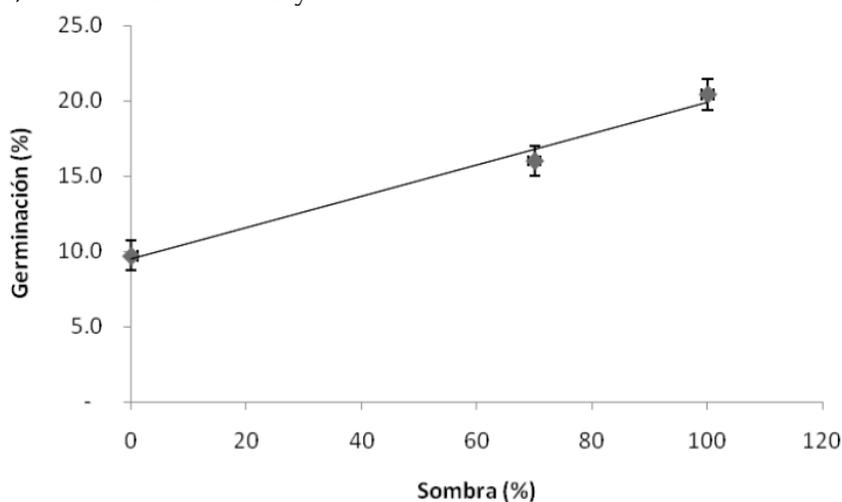


Figura 9.4. Efecto de la sombra en la germinación de *C. elegans*.

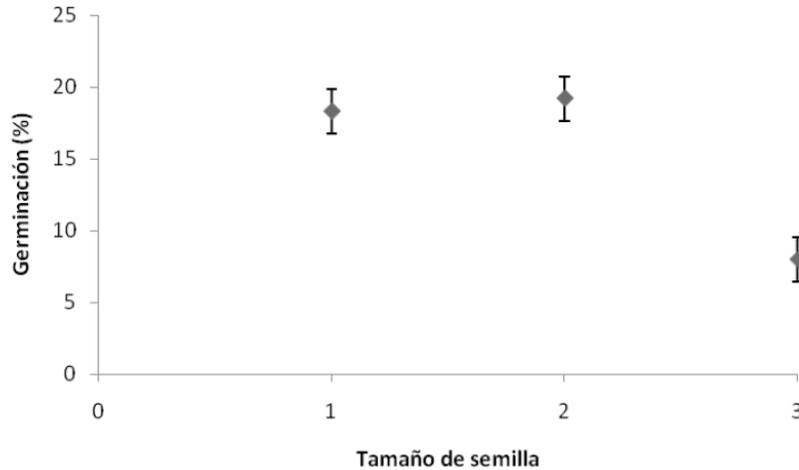


Figura 9.5. El tamaño de la semilla de la palma camedor influye en su germinación. 1=semilla pequeña, 2=semilla mediana, 3=semilla grande.

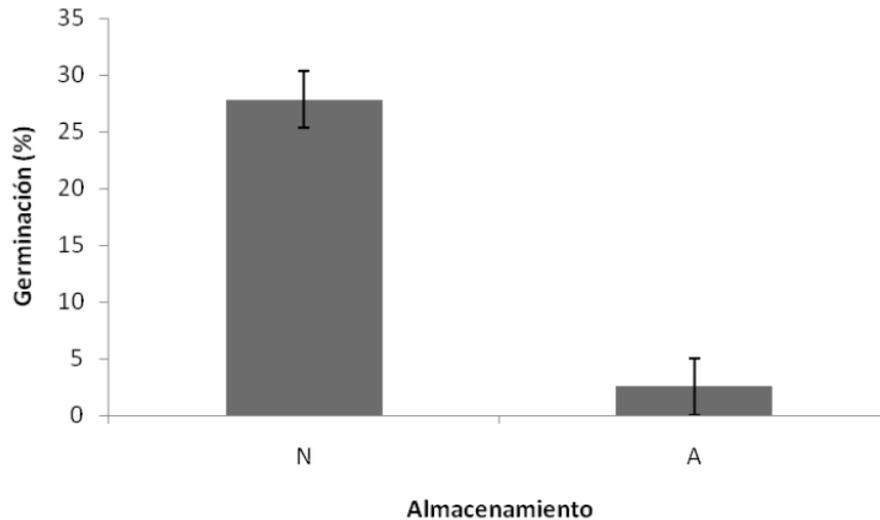


Figura 9.6. Efecto del almacenamiento en la germinación de *C. elegans*. N=semilla no almacenada, A=semilla almacenada durante un año a temperatura de cuarto.

El manejo de la semilla de la especie ha tenido un nivel de éxito variado, en ocasiones con relativamente pocos problemas para lograr la germinación, pero muchas veces con dificultades para lograrla (Jiménez *et al.*, 2002; Mora *et al.*, 2003). Parte de la variabilidad de resultados se relaciona con las condiciones ambientales a las que se somete la semilla para

promover la germinación, en especial con el nivel de sombra. El tiempo de almacenamiento también es muy importante, pues la semilla es recalcitrante.

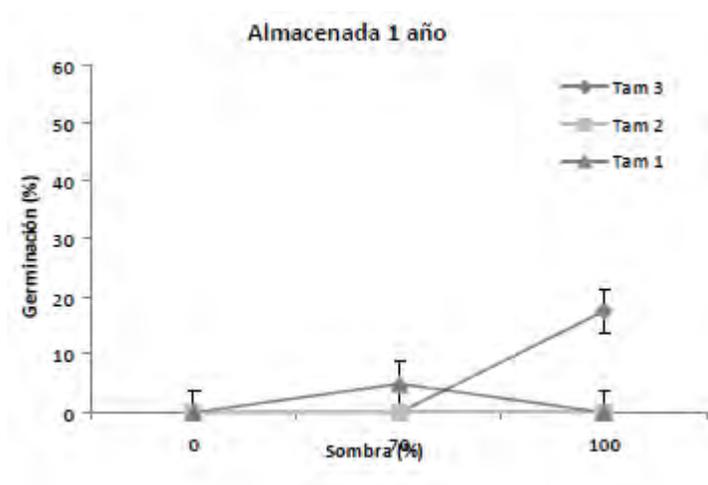
Existen algunos estudios sobre la germinación de la especie, con resultados diversos, por la influencia de la procedencia, los tratamientos pregerminativos y el ambiente de

germinación. Empleando inmersión en peróxido de hidrógeno o en ácido giberélico a 2000 ppm se tuvieron 15 y 16 % de germinación, en ese orden, a 30 °C (Mora *et al.*, 2003). Jiménez *et al.* (2002) refieren 80 % de germinación luego de practicar escarificación mecánica a la semilla.

Respecto a la triple interacción entre tiempo de almacenamiento, nivel de sombra y tamaño de la semilla, en general la semilla almacenada durante

un año germinó muy poco, con excepción de la semilla grande en el mayor nivel de sombra, con 17.6 % de germinación. La semilla recién recolectada germinó mejor. La semilla mediana alcanzó 60 % de capacidad germinativa con plena sombra. Su germinación se redujo a 38 y 18 % con un menor nivel de sombra y sin ésta, respectivamente (Figura 9.7).

A



B

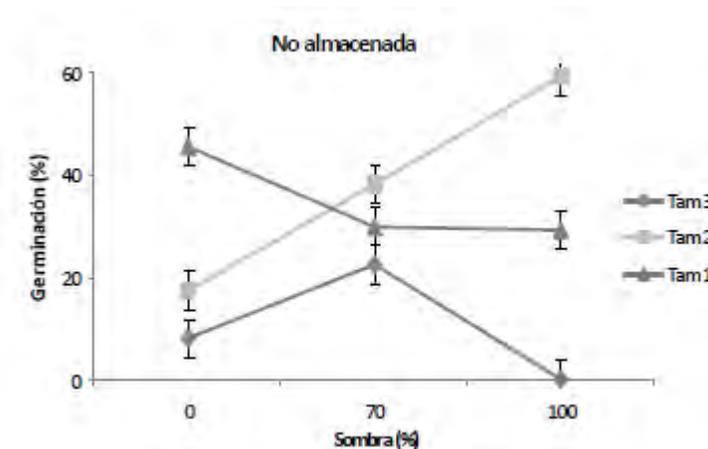


Figura 9.7. Efecto de la interacción entre tiempo de almacenamiento, nivel de sombra y tamaño de la semilla en la germinación de *C. elegans*. Tam1=semilla pequeña, Tam2=semilla mediana, Tam3=semilla grande (Alatorre y Rodríguez, 2009).

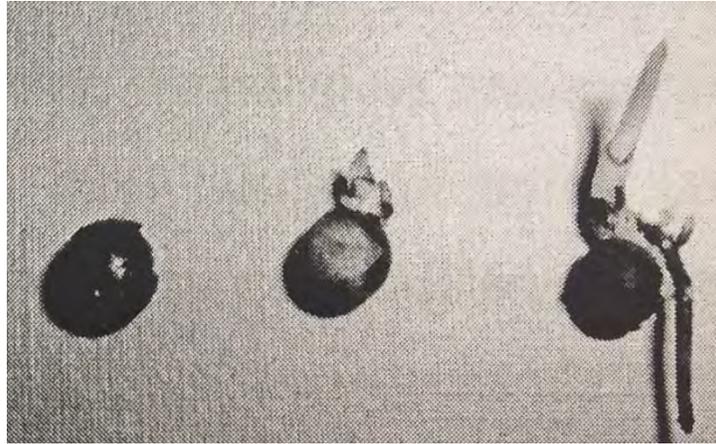


Figura 9.8. Proceso de germinación en *C. elegans*. Foto: JAC.

Destaca que la semilla pequeña alcanzó su mayor capacidad germinativa a plena luz, con 45 %, valor que se redujo significativamente, alrededor de 30 %, con sombra a 70 % o plena. Finalmente, la semilla grande alcanzó su capacidad germinativa (20%) en el nivel intermedio de sombra (Figura 9.7). El proceso de germinación se aprecia en la Figura 9.8.

Se sabe que muchas semillas grandes germinan mejor bajo sombra porque sus mayores reservas les ayudan a producir plántulas con hojas que tienen mayor superficie foliar y son más delgadas, para aprovechar la escasa luz que pasa por el dosel (Buckley *et al.*, 1988). La palma camedor parece ajustarse a esta teoría, ya que aunque predomina la semilla pequeña en sus frutos, la cual germina mejor sin sombra, la semilla mediana tuvo mejor germinación con sombra, y la semilla grande con sombra de 70 %. Se debe tener presente que, comparada con la intensidad de la luz solar, la de las cámaras de ambiente controlado es baja.

Cada tamaño de semilla tuvo su mayor germinación en un nivel de luz distinto. En la medida que las semillas son más pequeñas tienen mayor probabilidad de ser dispersadas más lejos y tienen mayor posibilidad de alcanzar claros (Buckley *et al.*, 1988). Por ello no es de sorprender que la semilla pequeña pueda germinar bien a plena luz (aunque no intensa). No obstante, salvo por la semilla grande, las semillas de cualquier tamaño muestran germinación aceptable en cualquier nivel de sombra, lo que se puede relacionar con la tolerancia a la sombra que tiene la especie.

De las semillas, 60 % son pequeñas y germinan bien sin sombra, pero también bajo ella. El 40 % restante (medianas y grandes) tienden a germinar mejor con 100 y 70% de sombra. La variación en tamaño de semilla provee mayores probabilidades de germinación en diversidad de ambientes, desde luz plena (a baja intensidad) hasta sombra. La germinación se inició al mes dos y se estuvo registrando hasta el día 152 de instalado el experimento.

Alatorre y Rodríguez (2009), también investigaron la concentración de carbohidratos durante el proceso de germinación. La principal reserva de carbohidratos al inicio fueron los almidones (70 mg g^{-1} peso seco de semilla) y los azúcares en concentraciones pequeñas (8 mg g^{-1}). Durante la germinación se observó una paulatina reducción en la concentración de almidones, hasta alcanzar 10 mg g^{-1} al cabo de 5 meses. La tasa de consumo promedio de almidones durante el proceso de germinación fue de $12 \text{ mg g}^{-1} \text{ mes}^{-1}$. Los azúcares alcanzaron niveles cercanos a 0 mg g^{-1} después de 5 meses. La plántula se alimenta con estas reservas de carbohidratos durante la germinación, hasta que es capaz de fotosintetizar (Figura 9.9). Finalmente fue analizado el peso fresco durante el proceso de

germinación. Hartmann y Kester (1998) señalan tres etapas durante el proceso de germinación, que se tipifican con su peso fresco: primero una rápida ganancia de peso fresco debida a la imbibición, después una meseta sin aumento que denota la etapa de digestión y traslocación, y finalmente e iniciada con la emisión de la radícula, la emergencia y desarrollo de la plántula, con una ganancia exponencial en peso. En *C. elegans*, se detectó el aumento en peso fresco típico de la etapa inicial de la germinación, pero después hubo un lento aumento. De cualquier forma así quedó marcada la etapa de digestión y traslocación, con un pequeño aumento en peso fresco y con la reducción de almidones debido a su transformación en azúcares y aprovechamiento.

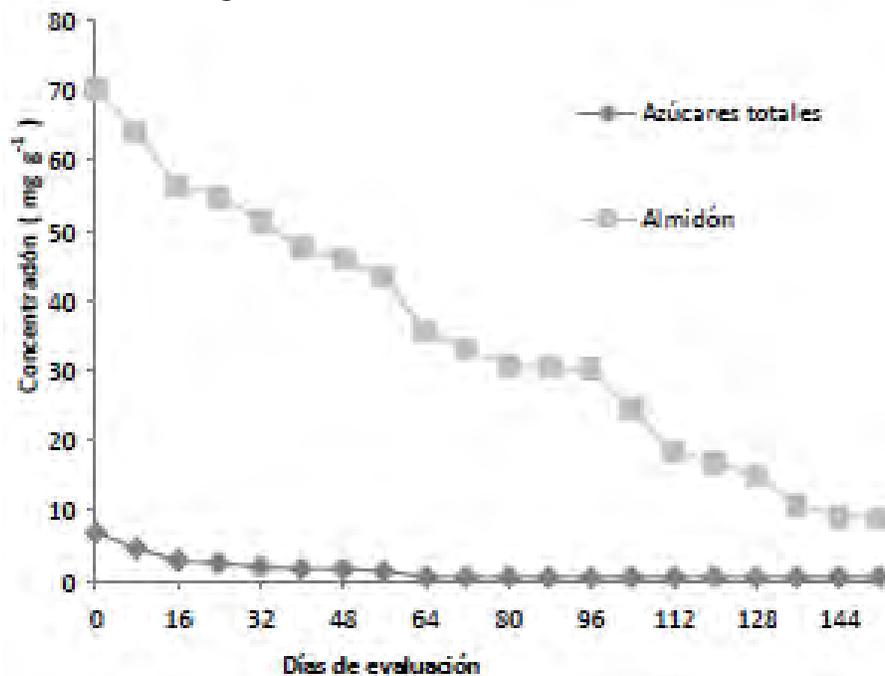


Figura 9.9. Concentración de azúcares y almidones durante el proceso de germinación de *C. elegans*.

Viabilidad. Para el lote estudiado se registró una viabilidad de 100 %. Jiménez *et al.* (2002), señalan 99.8 % de viabilidad.

Latencia

A la semilla de esta especie se le reporta latencia morfológica (RMGF, 2000). Pero no siempre hay evidencia de ella, como se muestra en el presente trabajo. Es posible que presente una latencia física o mecánica poco intensa, pues Mora *et al.* (2003) refieren que la escarificación mecánica mejora ligeramente la germinación.

Regeneración natural

Dispersión. La dispersión de las semillas se lleva a cabo por la gravedad y aves. Una ave, conocida en la Huasteca como palsuquet (en náhuatl), come y dispersa las semillas. Los manchones de esta palma deben ese patrón a que las semillas caen y quedan en torno a la planta madre.

Tolerancia a la sombra. Esta palma es tolerante a la sombra (Rzedowski, 1978). No obstante, debido a la variabilidad genética, algunas semillas de la especie germinan bien sin sombra.

Tipo de germinación. Esta especie presenta una germinación epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. La semilla se recolecta entre diciembre y abril en Veracruz. De acuerdo con Hernández (2000), en otras áreas se obtiene de junio a octubre. El mismo autor indica

que cada planta produce entre 5 y 50 semillas.

Almacenamiento. Un almacenamiento a temperatura ambiente implica pérdida importante de viabilidad a lo largo de un año. Ya limpiada la semilla, se seca a la sombra por 8 a 10 días y se guarda en frascos o en arpillas de ixtle de tejido cerrado y se almacena en sitios secos y ventilados. También se recomienda almacenar en frigorífico, sin perder de vista que se trata de una semilla recalcitrante.

Tratamiento previo a la siembra. Existe variabilidad en la latencia física de la semilla y en las recomendaciones para escarificar esta semilla. De esta forma, Hernández (2000) recomienda sumergir la semilla en peróxido de hidrógeno (H_2O_2) al 5% durante 15 min, para luego enjuagar abundantemente y poner a secar a la sombra. Otras fuentes recomiendan escarificar con ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 30% durante 3 min, seguido de enjuague abundante y secado a la sombra. Otra alternativa es la inmersión en agua caliente (40 °C), seguida de frotación con las manos para remover la cáscara. Estos tratamientos o mejoran la capacidad germinativa o aceleran el inicio de la germinación, la cual puede tardar de 6 a 7 o hasta 12 meses en presentarse cuando no se aplica tratamiento pregerminativo alguno. La escarificación mecánica mejora la capacidad germinativa de esta semilla (Mora *et al.*, 2003).

Literatura citada

- Aguilar, A. R. I. 1986. El género *Chamaedorea* Will (Palmaceae), en el estado de Veracruz. Tesis profesional. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 138 p.
- Alatorre Cobos, J., y D. A. Rodríguez-Trejo, 2009. Concentración de carbohidratos y peso fresco durante la germinación de *Chamaedorea elegans* Mart. y factores que la afectan. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 15: 73-79.
- Buckley, D. S., T. L. Sharik, J. G. Isebrands. 1998. Regeneration of northern red oak: positive and negative effects of competition removal. Ecology 79(1): 65-78.
- González de C., M. 1984. Especies Vegetales de Importancia Económica en México. Porrúa. México. 305 p.
- Hernández, P. L. 2000. Manual para producción de palma camedor. INIFAP. Centro de Investigación Regional Golfo Centro. Campo Experimental El Palmar. México. Folleto Técnico 26. 23 p.
- Hodel, D. R. 1992. *Chamaedorea* Palms. The Species and Their Cultivation. The International Palm Society. Allen Press. Lawrence, Kansas. 338 p.
- Jiménez, V., A. Velázquez M., J. Jasso M., y M. A. Musálem S. 2002. Efecto de tratamientos en la germinación de palma camedor (*Chamaedorea elegans* Mart.). Ciencia Forestal en México 27: 95-103.
- Martínez, M. 1987. Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de plantas Mexicanas. F.C.E. México.
- Mora Aguilar, R., J. E. Rodríguez Pérez, A. Peña Lomeí, y V. Ramírez Lazo. 2003. Respuesta de *Chamaedorea elegans* Mart. a tratamientos de pregerminación. Revista Chapingo. Serie Horticultura 9: 135-142.
- Oyama, K. 1997. Conservation and exploitation of tropical resources: The case of *Chamaedorea* palm. Evolutionary Trends in Plants 6: 26-39.
- Ramón, J. V. 2001. Estudio de la germinación y desarrollo de palma camedor (*Chamaedorea elegans* Mart.) bajo condiciones controladas. Tesis de Maestría en Recursos Naturales, Especialidad Forestal. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Edo. de Méx. 62 p.
- RMGF (Red Mexicana de Germoplasma Forestal). 2000. Periodos de recolección de semilla, almacenamiento y tratamientos pregerminativos de las principales especies que se utilizan en Pronare. Gaceta de la Red Mexicana de Germoplasma Forestal 4: 39-53.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.

Chloroleucon mangense Britton & Rose

(Fabaceae)

Dante Arturo Rodríguez Trejo, Enrique Guízar Nolazco

Nombres comunes

Sus nombres vulgares son guayabillo, guayabillo negro, palo fierro, palo moreno, cucharo, ébano blanco, arrocillo, naranjillo, moreno, tepezontle, cacho de toro y borcelano (Barajas y León, 1989).

Breve descripción

Árbol de 10 a 15 m de altura, que puede alcanzar 40 cm de diámetro normal. Con frecuencia ramifica a menos de 2 m de altura, aunque a veces desarrolla un tronco recto. Su corteza externa es lisa, color verde olivo con grandes manchas amarillentas o verde claro, abundantes lenticelas dispersas y pequeñas, de 0.5 mm, sabor amargo y 3 mm de grosor total (Barajas y Pérez, 1990). Hojas dispuestas en espiral, bipinnadas, con 3 a 5 cm de longitud incluyendo el peciolo, compuestas de cuatro pares de folíolos primarios, cada uno con 7 a 9 pares de folíolos secundarios, sésiles y opuestos, de 8 a 10 mm de largo, oblicuos, glabros en ambas superficies; raquis pubescente. Flores en cabezuelas axilares. Los frutos son vainas aplanadas hasta de 20 cm de longitud y 8 mm de anchura, curvadas normalmente (Figura 10.1).

Distribución

Esta especie se distribuye en la vertiente del Pacífico desde Sonora y

Sinaloa hasta Oaxaca, y en la Vertiente del Golfo en Veracruz. Es un componente del bosque tropical caducifolio, en altitudes de 100 a 190 m s.n.m., sobre lomeríos y cerros con suelo somero y pedregoso, café oscuro, franco arenoso.

Importancia

Su madera se emplea localmente como leña, para horcones y postes de cercos alambrados. También a escala local, su follaje se usa como forraje aunque no es de las principales especies para ello.

La madera de esta especie tiene la albura de color blanco amarillento con manchas grisáceas y duramen de color verde amarillento, con finas vetas ligeramente oscuras; sin olor, con sabor amargo, muy lustrosa y textura fina a mediana, grano entrecruzado e irregular, dureza y peso medianos, con 0.60 de gravedad específica (Barajas y León, 1989).

Fructificación

Alrededor de febrero se pueden observar semillas maduras.

Descripción de la semilla

La semilla es ovoide, moderadamente aplanada, cubierta gruesa, muy dura, lisa, moderadamente lustrosa, color verde pistache-café claro. Presenta pleurogramas en forma de herradura. El color de la testa es más oscuro en el

interior del pleurograma. El hilo sobre un lado del tercio inferior de la semilla, y el micrópilo bajo éste. La longitud de la semilla es de 0.38 a 0.67 cm, su anchura de 0.32 a 0.44 cm y su grosor de 0.22 a 0.32 cm.

La semilla es no endospermica. El embrión cuenta con radícula, hipocótilo, plúmula con hojas embrionarias y cotiledones. Embrión total (4/4), axial, folial, inverso (la mayor parte del embrión está entre los cotiledones), color crema, recto, con los cotiledones ovoideos, gruesos y ocupando la mayor parte de la cavidad seminal, con el margen entero y el ápice redondeado. Base de los cotiledones cuneada (en ángulo de 90°, con respecto a la radícula) (Figura 10.2).

Análisis de semillas

Procedencia. Las pruebas se llevaron a cabo con semilla recolectada de las proximidades del Recodo, municipio de Mazatlán, Sinaloa, a una altitud aproximada de 140 m s.n.m., en febrero. Se obtuvo de varios árboles creciendo sobre suelos rojizos,

someros, pedregosos y en lomeríos. De acuerdo con García (1981), a esta localidad le corresponde un clima subhúmedo con lluvias en verano, con una TMA de 24.8 °C y una PMA de 897 mm. Se trata de un clima estacional, con la temporada de lluvias de julio a noviembre y la de sequía de diciembre a junio. La semilla fue analizada en el laboratorio de semillas forestales de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. La muestra de trabajo consistió de 500 g.

Pureza. Este indicador fue igual a 95.7% en el lote estudiado.

Peso. El lote analizado de *C. mangense*, tuvo 23 596 semillas kg⁻¹, equivalentes a que 1000 semillas tuvieron un peso igual a 42.48 g.

Contenido de humedad. El contenido de humedad base anhidra alcanzó 8.3%, y con base en fresco tuvo un valor de 7.6%.



Figura 10.1. A) Árbol y B) flores de *Chloroleucon mangense*. Fuentes: A, Mark Dimmit, www.desertmuseum.org, B, S. A. Meyer, www.desertmuseum.org.

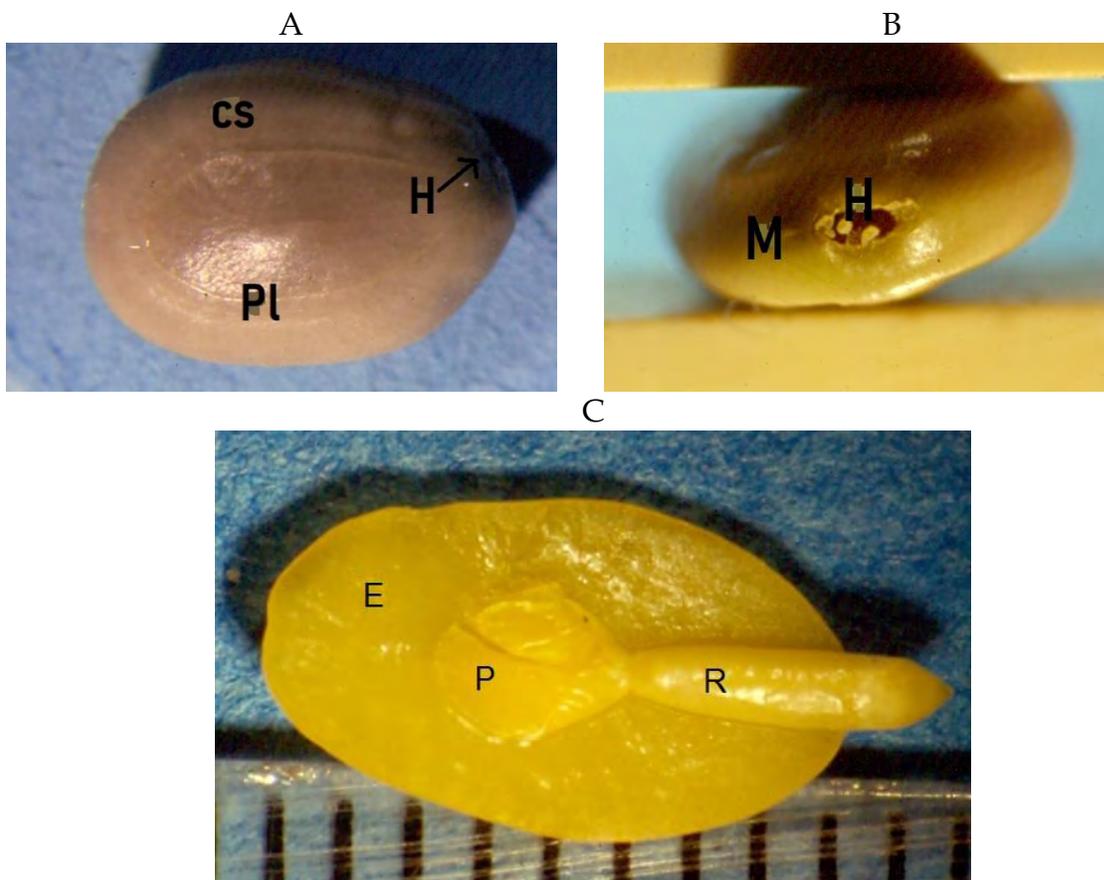


Figura 10.2. A) Partes externas de la semilla de *C. mangense*, vista longitudinal. CS, cubierta seminal; Pl, pleurograma; H, hilo. B) Vista basal. H, hilo; M, micrópilo. C) Partes internas. E, cotiledones; P, plúmula; R, radícula. Fotos: DART.

Germinación y factores ambientales.

Las pruebas de germinación fueron llevadas a cabo en cámaras de ambiente controlado, a 30 °C constantes, fotoperiodo de 10 h, se usó luz fluorescente con radiación fotosintéticamente activa de entre 13.8 a 66.7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. Se utilizó un diseño experimental completamente al azar y unidades experimentales con 20 semillas (cajas de Petri, con agrolita como sustrato). Se aplicaron tratamientos de escarificación química con ácido sulfúrico concentrado, así como remojo en agua caliente y agua al tiempo, además de un testigo. Los tiempos de escarificación en ácido

fueron 5, 7.5, 10, 12.5, 15, 17.5 y 20 min; los tiempos de remojo tanto para agua caliente como para agua fría fueron 24, 48 y 72 h (retirando la fuente de calor al sumergir las semillas). Se hizo una aplicación inicial y precautoria del fungicida Captán (1.5 g L^{-1}). Las semillas fueron regadas con agua destilada.

Los tratamientos con escarificación química por 15 a 20 min fueron los que produjeron mejores resultados, con 88.8, 88.8 y 91.3% de germinación final, sin diferencias estadísticamente significativas entre sí. La germinación del testigo fue 11.25%. Los tratamientos de remojo en agua, ya sea

caliente o fría, no tuvieron diferencias significativas con respecto al testigo, por lo que no son recomendables (Figuras 10.3 y 10.4) (Rodríguez-Trejo y Guízar, 2016).

Energía germinativa. Medida como el número de días para alcanzar 70% de

la capacidad germinativa, la energía germinativa alcanzó 6 días en el testigo y 3 días en los tratamientos con ácido sulfúrico. Por ello, la escarificación química no solamente aumenta notoriamente la germinación, sino que la acelera.

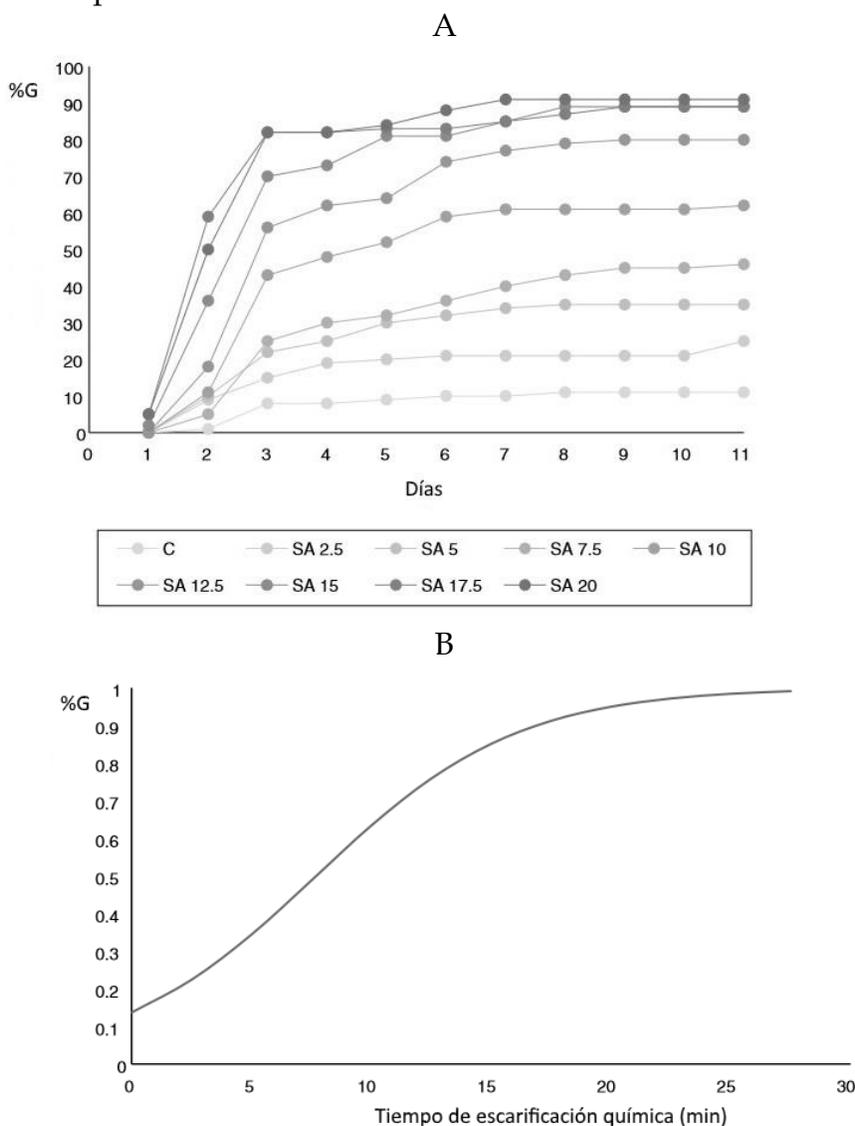


Figura 10.3. A) Curvas de germinación acumulada para *C. mangense*, con diferentes tiempos (en min) de escarificación química con ácido sulfúrico concentrado. C = control, SA = inmersión en ácido sulfúrico. Los números junto a las claves SA indican el tiempo de inmersión en minutos. B) Probabilidad de germinación de *C. mangense* con diferentes tiempos de inmersión en ácido sulfúrico concentrado, resultado de un modelo logístico (Rodríguez-Trejo y Guízar, 2016).

Viabilidad. Esta prueba se realizó con radiografías de alto contraste y alcanzó 99.5%.

Latencia

La semilla de esta especie cuenta con latencia física intensa. El grosor promedio de la cubierta seminal hidratada puede alcanzar unos 0.7 mm (Figura 10.5). Los agentes naturales que pueden terminar con la latencia en esta especie, pueden incluir fuego y paso por tracto digestivo de mamíferos y aves.

Regeneración natural

Dispersión. Las semillas de *C. mangense* se dispersan principalmente por gravedad, una vez que las vainas

abren. Aves, mamíferos y ganado contribuyen a su dispersión.

Banco de semillas. Dada la fuerte latencia física que presentan las semillas, puede formar parte duradera de los bancos de semilla en el suelo.

Tolerancia a la sombra. Las pruebas de germinación se realizaron sin sombra. Se considera que la especie es intolerante o moderadamente tolerante a la sombra.

Tipo de germinación. Su germinación es epígea. Luego de la terminación de la latencia, cuando la semilla se hidrata en la etapa inicial de la germinación, parte de su pleurograma se expande, sobresale de la superficie y adquiere una consistencia gelatinosa (Figura 10.4).

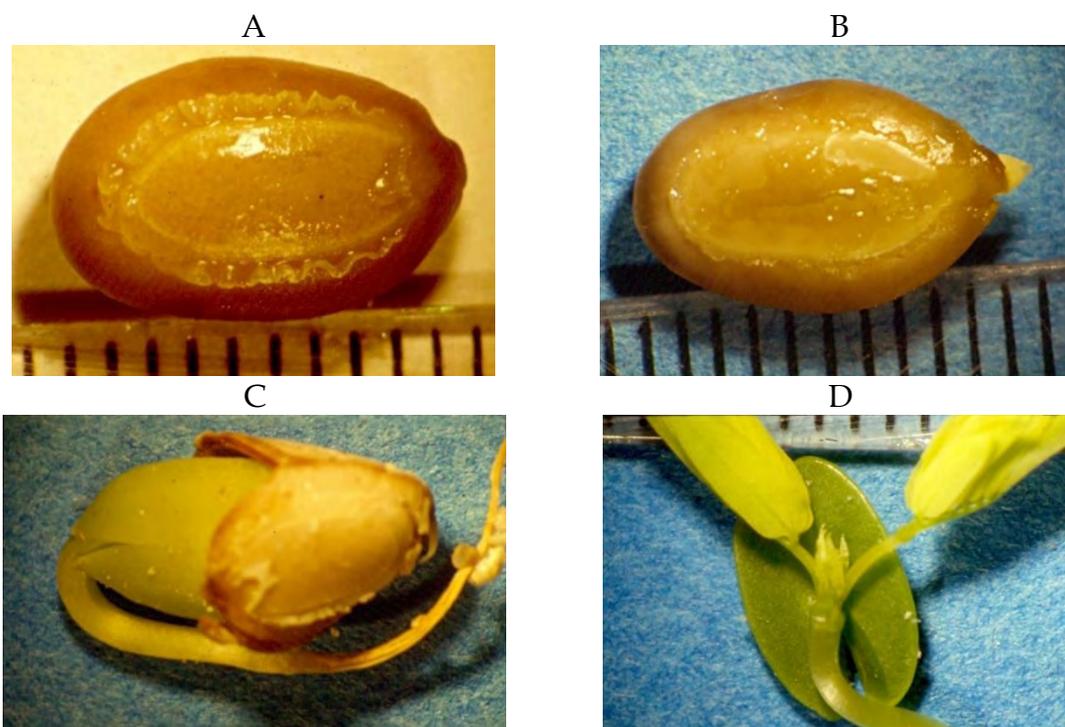


Figura 10.4. Germinación de *C. mangense*. A) Aspecto gelatinoso del pleurograma y zona que abarca al inicio de la germinación (imbibición). B) Inicio de la protrusión de la radícula. C) Radícula en desarrollo, la cubierta seminal está siendo removida. D) Desarrollo de la plúmula. Fotos: DART.



Figura 10.5. Nótese el grosor de la cubierta seminal que determina la latencia física de *C. mangense*, si bien esta semilla ya está hidratada. Foto: DART.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. De vainas maduras alrededor del mes de febrero.

Almacenamiento. Por la fuerte latencia física de la semilla, no tiene requerimientos especiales para su duradero almacenamiento. Será de utilidad un cuarto fresco y que no guarde humedad. También se le puede almacenar en frío.

Tratamiento previo a la siembra. Es necesario escarificar la semilla para terminar con la marcada latencia física

que presenta y para que así pueda germinar. Aquí se ha determinado como útil la escarificación química, con ácido sulfúrico por 15 a 20 min. Sin embargo, otros tipos de escarificación pueden resultar útiles, como el lijado.

El uso de ácidos en el vivero o en el laboratorio involucra precaución en el manejo de tales productos por razones de seguridad obvias. Debe evitarse que el ácido caiga o salpique cualquier parte del cuerpo, en especial los ojos.

Siembra. Se recomienda hacer la siembra a 1 cm de profundidad, después de escarificada la semilla.

Literatura citada

- Barajas M., J., y C. León G. 1989. Anatomía de Maderas de México: Especies de una Selva Baja Caducifolia. Publicaciones Especiales del Instituto de Biología no. 1. UNAM. México, D. F. 161 p.
- Barajas M., J., y L. A. Pérez J. 1990. Manual de Identificación de Árboles de Selva Baja Mediante Cortezas. Cuadernos del Instituto de Biología no. 6. UNAM. México, D. F. 83 p.
- García de M., E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köeppen. Instituto de Geografía, UNAM. México, D. F. 252 p.
- Rodríguez Trejo, D. A., and E. Guízar-Nolazco. 2016. Probability of germination of *Chloroleucon mangense* after chemical scarification. Seed Science and Technology 44: 416-421.

Cupressus L. (Cupressaceae)

Dante Arturo Rodríguez Trejo, Edgar Fernando Vázquez Soto

Nota taxonómica

A partir de estudios filogenéticos con ADN nuclear, se estableció que los *Cupressus* de América deben ser considerados un nuevo género, *Hesperocyparis* Bartel & R.A.Price (Adams *et al.*, 2009), que tiene como sinonimia *Callitropsis* Oerst. (com. pers. Andrés Gelacio Miranda Moreno, 2021). Sin embargo, la mayor parte de la literatura sobre semillas forestales del género en el país lo refiere como *Cupressus*. Por ello, y para no alterar el género como viene en la literatura sobre semillas, previa a la de Adams *et al.* (2009), en el presente capítulo se usará la denominación de *Cupressus* para el género en cuestión.

Nombres comunes

A las diferentes especies, se les conoce como cedro blanco, ciprés o cedro.

Breve descripción

La descripción que aquí se da, es para los *Cupressus* del valle de México, con base en Espinosa (1981). Árboles siempre verdes de hasta 30 m de altura, tronco con corteza delgada, color rojizo cuando jóvenes y cenicienta después, fibrosa, en tiras longitudinales; ramas horizontales o algo ascendentes; hojas en forma de escama, de tamaño y forma variable;

plantas monoicas; flores masculinas en amentos ovales en las extremidades de las ramillas; flores femeninas formando inflorescencias globosas.

Especies en México

Con la denominación *Callitropsis*, Guízar (2014) refiere las siguientes especies para nuestro país (Figura 11.1):

Callitropsis arizonica (Greene) D. P. Little.

C. benthamii (Endl.) D. P. Little.

C. forbesii (Jeps.) D. P. Little.

C. guadalupensis (S. Watson) D. P. Little.

C. lusitanica (Mill.) D. P. Little.

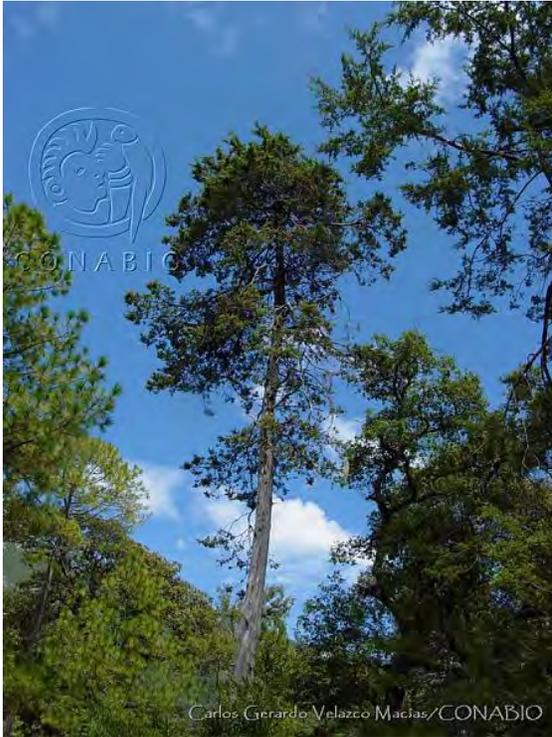
C. montana (Wiggins) D. P. Little.

C. stephensonii (C. B. Wolf) D. P. Little.

Distribución y ecología

C. benthamii habita en Hgo., así como en Ver. y Pue.; *C. lindleyi* (= *C. lusitanica*), entre 2350 y 3000 m s.n.m., sobre laderas húmedas en bosques de pino, encino y oyamel, en Real del Monte, Villa Nicolás Romero, Huixquilucan, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Tlalpan, Texcoco, Tlalmanalco y Amecameca. Fuera del valle se halla de Chih. y Son. a Chis. y Gua., así como de Tamps. a Ver. (Espinosa, 1981, Rzedowski y Equihua, 1987).

A



B



C



D



Figura 11.1. Algunas especies de *Cupressus* de México. A) *C. arizonica*, B) *C. forbesii*, California, EE. UU., C) *C. Guadalupeensis* var. *guadalupensis*, Isla de Guadalupe, D) *C. lusitanica*, Xocotlán, Edo. Méx. Fotos: A), Carlos Gerardo Velazco Macías/Conabio, B), C. J. Earle, 2012/TGDB (2021), C), Archivo CECI/Conabio, D), DART.

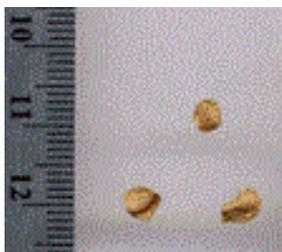


Figura 11.2. Conos de algunas especies. A) *Cupressus arizonica*, B) *C. forbesii*, C) *C. benthamii*, Hgo., D) *C. guadalupensis*, E) *C. sempervirens* (introducido a México). Fotos: A), Carlos Gerardo Velazco Macías/Conabio, B), J.C. Earle/TGDB, C), Cupressus Conservation Project (Cupressus.net), D), M.P. Frankis (<http://www.pinetum.org/cones/CUconesW.htm>), E), DART, Vivero San Luis Tlaxialtemalco, CDMX.

A



B



C



D



Figura 11.3. A) Semillas y conos de *C. lusitanica* var. *lusitanica*, B) *C. benthamii*, C) *C. arizonica*, D) *C. sempervirens*. Créditos: A, ilustración científica cortesía de la Maestra Leticia Arango Caballero, B, *Cupressus* Conservation Project (Cupressus.net), C, WeberSeeds.de, D, DART, Vivero San Luis Tlaxialtemalco, CDMX.

Importancia

C. lusitanica se utiliza como árbol de sombra y ornato, es bastante cultivado. También se emplea en cortinas rompevientos. Su madera sirve para la construcción o para la fabricación de papel, se le atribuyen

propiedades medicinales (Rzedowski y Equihua, 1987). *C. benthamii*, se usa como leña, en la construcción de viviendas y manufactura de muebles finos, como ornamental en cercos vivos y cortinas rompevientos (Niembro *et al.*, 2010).

Cuadro 11.1. Varias características de conos y semillas de especies de *Cupressus* mexicanas.

| Especie | Conos/maduración | Semillas | Cont. hum. | Peso (n kg ⁻¹) | Tiempo para germinar | Viabilidad y método | Germinación, ambiente y tratamiento previo | Semillas por cápsula | Fuentes |
|--|---|---|------------|----------------------------|----------------------|---------------------|---|----------------------|---|
| <i>C. arizonica</i> (S de EE. UU.) | Globosos, 12 mm de diám., café oscuros al madurar, umbo ereco en las escamas superiores, 6-8 escamas por cono. Se forman en mayo, pero maduran un año después. | Cafés, con glándulas resiníferas, 4-7 X 4 mm | | 68 587 a 387 600 | 20 días | 30% (rayos X) | 26% a 20/30 °C, estratificar 21 días a 3-5 °C o 4-6 semanas a 2-3 °C. | 90-120 | Patiño <i>et al.</i> (1983), Young y Young (1992), Johnson y Karrfalt (2008), Sema (2012), Guízar (2014), Sánchez (2015), Vilmorin (2017), TGBD (2021). |
| <i>C. arizonica</i> var. <i>montana</i> (de EE. UU.) | Globosos o subovales, 15-20 mm de diám., solitarios o en grupos de tres, moreno grisáceos. 8-12 escamas por cápsula. | Vagamente triangulares, castaño rojizas, 4 X 3 mm, ala marginal | | 440 000 | | | | 60-70 | Young y Young (1992), Wiggins (1933), Guízar (2014). |
| <i>C. benthamii</i> | Globosos, rojizo oscuros, 10-15 mm de diám., 4-6 escamas vagamente cuadrangulares, de umbo muy saliente, pedúnculo de 6-10 mm. Maduran en sept. (coloración oscura y tintes violáceos). | Elípticas, dorsiventralmente comprimidas, rodeadas por una ala estrecha, moreno-rojizas, 3-5 X 1-2 mm. Con diversas cantidades de gametofito femenino, embrión linear, 4 cotiledones. | 7-10% | 150 000 a 320 000 | 33 días | | 20-68% | 50-120 | Bucarey (1967), Espinosa (1981), Patiño <i>et al.</i> (1983), Medina y Dávila (1997), Pedraza (1998), Niembro <i>et al.</i> (2010), Guízar (2014). |

Continúa...

Cuadro 11.1. Continuación.

| Especie | Conos/maduración | Semillas | Cont. hum. | Peso (n/kg) | Tiempo para germinar | Viabilidad y método | Germinación, ambiente y tratamiento previo | Semillas por cápsula | Fuentes |
|---|---|--|-------------|------------------------|----------------------|---|--|----------------------|--|
| <i>C. forbesii</i> (S de EE. UU.) | Globosos, 2-3.5 cm, cafés o grises, 6-10 escamas por cápsula. | Café oscuras, 5-6 mm | | 84 500 a 112 600 | 30 días | 54% (rayos X) | 12% | | Eckenwalder (1993), Johnson y Karrfalt (2008). |
| <i>C. guadalupensis</i> | Solitarios o en pares, subglobosos o suboblongos, moreno-cenicientos, algo brillantes, 25 a 35 mm de diámetro, permanecen varios años después de madurar. 8-10 escamas por cono | Semillas gruesas y angulosas, a veces trigonas, color café oscuro a café grisáceo. 5 a 7 mm de longitud | 12 a 21% | 38 000 a 60 334 | | 35.9% (flotación y prueba de tetrazolio) | 8.2% a 30/20 °C, fotoperiodo de 8 h. | 100 | Martínez (1963), Young y Young (1992), Cordero (1996), Johnson y Karrfalt (2008), Cruz (2011). |
| <i>C. lusitanica</i> | Globosos, 12-15 mm o más de diámetro, pedúnculos de 5-8 mm, escamas gruesas, rugosas, de umbo prominente., café opaco cuando maduro, 6-10 escamas por cono. | Oblongas o subtriangulares, aplanadas, 4 X 2.5 mm, castaño amarillentas, ala marginal de hasta 1 mm, ligeramente bronceadas al madurar | | 150 000 a 320 000 | 10-30 días | | 10 a 64% | 75 | Espinosa (1981), Sánchez y Pedraza (1984), Young y Young (1992), Reyes (1998), Vázquez <i>et al.</i> (1999), CATIE (2000), Johnson y Karrfalt (2008), Rojas y Torres (2015). |
| <i>C. sempervirens</i> var. <i>sempervirens</i> (introducido de Europa) | Café al madurar. 8-14 escamas por cono | | | 131 233 a 170 062 a | | | 24% o más. Poner a germinar a 20 °C. | 60-280 | Patiño <i>et al.</i> (1983), Young y Young (1992) |

Descripción de fruto y semilla

La descripción de diversas especies se proporciona en el Cuadro 11.1.

Análisis de semillas

Peso. En general la semilla es pequeña, pero entre especies y procedencias hay una gama de tamaños. Entre las semillas más grandes, está la de *C. guadalupensis*, con hasta 38 000 semillas kg⁻¹; entre las más pequeñas destaca la de *C. arizonica* var. *montana*, con hasta 440 000 semillas kg⁻¹ (Cuadro 11.1).

Contenido de humedad. Se ha registrado de 12 a 21% para *C. guadalupensis* (Cuadro 11.1).

Germinación y factores ambientales. Desde luego, la capacidad germinativa de cada especie, y entre especies, es variable. En el Cuadro 11.1 se pueden apreciar extremos referidos por la literatura científica, de 8.2% para *C. guadalupensis* a 69% para *C. benthamii*. Young y Young (1992) señalan que, en general, la capacidad germinativa de las especies del género es baja.

Viabilidad. Las viabilidades obtenidas superan a la capacidad germinativa entre 4% a más del cuádruple (Cuadro 11.1).

Latencia. La recomendación de estratificar 3 a 4 semanas la semilla de varias especies de EE. UU. que también se hallan en México, como *C. arizonica*, sugiere la presencia de latencia, posiblemente fisiológica. Muñoz *et al.* (1999) refieren latencia

fisiológica para *C. lusitanica*; otros autores consideran a esta semilla no latente, lo cual deja ver variabilidad entre procedencias para esta característica.

Regeneración natural

Dispersión. Debido a su pequeño tamaño y forma tendiente a plana, la semilla de los *Cupressus* se dispersa por el viento. En plantaciones de la Estación Experimental Las Cruces, Texcoco, Edo. de Méx., el primer autor apreció que luego de la afectación de un incendio superficial, las escamas de las cápsulas de *C. lusitanica* se deshidrataron, abrieron y liberaron semilla masivamente en los sitios afectados por el fuego.

Bancos de semilla. Los conos de *C. sempervirens* (introducida a México) pueden permanecer hasta 10-20 años sin abrir y la semilla mantenerse viable (Lev-Yadun, 1995). Los conos de *C. arizonica*, *C. benthamii*, y *C. lusitanica*, se considera que tienen liberación retrasada de la semilla (serotinia), y que su semilla puede permanecer viable en tales estructuras hasta 6, 7 y 8 años, respectivamente (de Magistris *et al.*, 2001).

Tipo de germinación. Epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. La época de recolección para algunas especies, es: *C. arizonica* (may.), *C. benthamii* (sept.), *C. forbesii* (en B. C., jun.-jul.), *C.*

guadalupensis (en B. C., jul.), y *C. lusitanica* (Chis., Edo. Méx., Mich., feb.) (Patiño *et al.*, 1983), si bien en el valle de México para esta última especie se observa disponibilidad de semilla en el invierno. Se deben recolectar los conos cortándolos (si se jalan, se dañará a las ramas) cuando tienen la coloración que denota madurez (Cuadro 11.1), pero antes de que abran y se libere la semilla. Las especies norteamericanas, se pueden secar bajo techo, por 1 a 2 meses, si bien el proceso puede ser acelerado poniendo en agua hirviendo los conos por solamente 30 a 60 segundos (Young y Young, 1992). En el caso de *C. benthamii*, ya maduros los conos (coloración oscura y tintes violáceos), se deben recolectar con rapidez pues de lo contrario se abren y liberan la semilla; se guardan en costales de yute y se llevan al sitio de procesamiento donde se colocan en harneros de madera o sobre lonas, donde se dejan

asolear 2 a 3 días para que sequen y comiencen a abrir; la semilla se limpia utilizando tamices o sopladoras de aire vertical (Niembro *et al.*, 2010).

Almacenamiento. La semilla de especies norteamericanas puede ser almacenada por hasta 20 años en condiciones de cuarto fresco (Young y Young, 1992). *C. benthamii* se puede almacenar en contenedores herméticos a 5 °C por más de 10 años (Niembro *et al.*, 2010).

Tratamiento previo a la semilla. Varios lotes o especies norteamericanas requieren estratificación por tres semanas (Young y Young, 1992).

Siembra. Por el tamaño de la semilla es recomendable sembrar en semilleros y luego trasplantar a contenedor. Young y Young (1992) recomiendan una densidad de siembra en semilleros de 310 a 630 m⁻².



Figura 11.4. En “La noche estrellada” (1889), así como en otras de sus obras, Vincent van Gogh gustaba de representar los cipreses (*C. sempervirens*).

Literatura Citada

- Adams, R. P., J. A. Bartel, and R. A. Price. 2009. A new genus, *Hesperocyparis*, for the cypresses of the western hemisphere (Cupressaceae). *Phytologia* 91(1): 160-185.
- Baskin, C. C., and J. M. Baskin. 2014. *Seeds*. 2nd ed. Elsevier, Academic Press. San Diego, CA. 1586 p.
- Bucarey B., J. R. 1967. El ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.) como base de las reforestaciones en el Valle Central de Costa Rica. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la OEA. Turrialba, Costa Rica. <https://books.google.com.mx/books?id=MyYOAQAIAAJ&pg=PA4&lpg=PA4&dq=estudios+de+semillas+de+cupressus+benthamii&source=bl&ots=Uca9qGIRwA&sig=uHSNb2GvAUcFB-#v=onepage&q=estudios%20de%20semillas%20de%20cupressus%20benthamii&f=false>
- CATIE (Centro de Agricultura Tropical, Investigación y Enseñanza). 2000. Manejo de 100 especies forestales de América Latina Vol. 1. 220 p. http://repositorio.bibliotecaorton.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/2959/Manejo_de_semillas_de_100_especies.pdf;jsessionid=A1F2799AB518AC9325B07B4438505BB0?sequence=1 (15/09/17)
- Cordero P., P. 1996. Caracterización de conos y semillas, fertilización foliar en plántulas de *Cupressus guadalupensis* S. Wats. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 96 p
- Cruz Z., S. V. 2011. Evaluación de la germinación y viabilidad de semillas de la especie *Cupressus guadalupensis* S. Wats producida en el huerto semillero establecido en Chapingo. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 46 p.
- Eckenwalder, James E. 1993. *Cupressus*. Flora of North America Editorial Committee (eds.): Flora of North America North of Mexico, Vol. 2. Oxford University Press.
- Espinosa de G. R., J. 1981. Gymnospermae. In: Rzedowski, J., y G. C. de Rzedowski. Flora Fanerogámica del Valle de México. CECSA. México. pp. 63-76.
- Guizar N., E. 2014. Manual para Identificación de Botánica Forestal Mexicana. Universidad Autónoma Chapingo. México. 479 p.
- Johnson, L. C., and R. P. Karrfalt. 2008. *Cupressus* L. In: Bonner, F. T., R. P. Karrfalt, and R. G. Nisley (eds.). The Woody Plant Seed Manual. USDA Forest Service. Agriculture Handbook 727. USDA Forest Service. pp. 459-465.
- Lev-Yadun, S. 1995. Living serotinous cones in *Cupressus sempervirens*. *International Journal of Plant Science* 156: 50-54.
- Martínez, M. 1963. Las Pináceas Mexicanas. 3a Ed. Instituto de Biología, UNAM. México, D. F. pp. 276 -280.
- Medina L. R., y Dávila A., P. 1997. Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. <https://books.google.com.mx/books?id=pWZUUtSRMRIC&pg=PA8&lpg=PA8&dq=cupressus+benthamii+distribucion&source=bl&ots=VhpR-CuX8j&sig=WFgu2zhDBjXGImrF-PWt1JRdASg&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwiT19DE443YAhXkz4MKHc80B-YQ6AEIlgEwEg#v=onepage&q=cupressus%20benthamii%20distribucion&f=false>

- Muñoz A., I. B., I. A. Silva, M., M. G. Díaz, C. S. Dirzo, y C. Vázquez-Yanes. 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Proyecto J-084, Conabio, México.
- Niembro R., A., M. Vázquez T., y O. Sánchez S. 2010. Árboles de Veracruz. 100 Especies para la Reforestación Estratégica. Gobierno del Edo. de Veracruz. Xalapa, Ver. 255 p.
- Patiño V., F., P. de la Garza, Y. Villagómez A., I. Talavera A., y F. Camacho M. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Boletín Divulgativo 63. INIF. México. 181 p.
- Pedraza P., R. A. 1998. Germinación de semillas de especies arbóreas colectadas en áreas boscosas de la región de Xalapa, Veracruz.
- Reyes V., A. E. 1998. Evaluación del efecto de temperatura, fotoperiodo y sustratos en la germinación de *Cedrela odorata* L., *Grevillea robusta* Cunn y *Cupressus lusitanica* Miller. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. 85 p. <http://fausac.usac.edu.gt/tesario/tesis/T-01718.pdf>
- Rojas R., F., y G. Torres C. 2015. Árboles del Valle Central de Costa Rica: reproducción Ciprés (*Cupressus lusitanica* Mill.). Revista Forestal Mesoamericana Kurú 12(28): 46-48.
- Rzedowski, J., y M. Equihua. 1987. Flora. Atlas Cultural México. SEP, INAH, Grupo Editorial Planeta. México. 223 p.
- Sánchez de L., C. M. 2015. *Cupressus arizonica* Greene. Ayuntamiento de Murcia. https://www.murcia.es/medio-ambiente/parquesyjardines/material/Arbol_mes_2015/2015_12%20Cupressus%20arizonica.pdf (27/11/17).
- Sánchez B., L. J., y L. Pedraza C. 1984. Técnicas de reproducción en vivero para *Cupressus lindleyi* Klotzsch, *Eucalyptus globulus* Labill., *Casuarina equisetifolia* Forst y *Acacia retinoides* Schl. en Chapingo, México. Tesis de Licenciatura. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx. 95 p.
- Secretaría de Medio Ambiente (SEMA). 2012. Manual de ensayos de semillas forestales. http://www.sema.gob.mx/descargas/manuales/manual_BG.pdf
- TGCB. (The Gymnosperm Data Base). 2021. Consultado en: Conifers.org (febrero de 2021).
- Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Gual Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO - Instituto de Ecología, UNAM.
- Vilmorin, S. A. 2017. *Cupressus arizonica* Ciprés de Arizona. Semillas de árboles y arbustos. Empresa especializada en el comercio de semillas de hortaliza, árboles y arbustos para el mercado profesional. <http://www.vilmorin-semillas-de-arboles.com/es/> (15/12/17)
- Wiggins, I. 1933. Nuevas plantas de Baja California. Contribuciones de Dudley Herbarium 1: 161-164. <http://www.cupressus.net/CUmontanaWiggins.html>.
- Young, J. A., y C. G. Young. 1992. Seeds of Woody Plants in North America. Dioscorides Press. Portland, OR. 407

Dasyilirion lucidum Rose (Asparagaceae)

Dante Arturo Rodríguez-Trejo, Esperanza García Pascual, Leticia Quiahua Barrera, Erandi Yunuén Reyes Valdovinos

Nombre común

Cucharilla, sotolín, tehuizote (Galván, 2010; Rivera-Lugo y Solano, 2012).

Breve descripción

Esta planta tiene una altura de 40 cm a 2 m, su tallo no es ramificado (solo ocasionalmente); hojas de 30 a 60 (75) cm de longitud y 5 a 12 (18) mm de anchura, algo flexibles, de color verde claro, con el ápice provisto de un mechón de fibras, margen aserrado y con espinas recurvadas, a menudo estas últimas con tonos rojizos; vainas de 4 a 7 cm de longitud, blanco-amarillentas, amarillo-anaranjadas o de color café-rojizo; plantas dioicas, inflorescencia de 2 a 6 m de longitud, pedicelos de 1.5 a 2 (2.5) mm de longitud en fruto, bracteolas de márgenes denticulados; flores escariosas, blancas, blanco-amarillentas o blanco-verdosas; segmentos del perianto con márgenes denticulados, los segmentos de la serie externa ovados u obovados, de 1.8 a 3 mm de longitud y 1 a 1.5 (2) mm de anchura, obtusos, los de la serie interna ovado-oblongos, de 1.8 a 3.5 mm de longitud por 1 a 1.3 (1.5) mm de ancho, obtusos; anteras oblongas u oblongo-ovadas, en las flores femeninas se presentan estaminodios;

ovario obovoide, estilo de 0.3 a 0.4 mm de longitud, pistilo reducido en flores masculinas; cápsula de 6 a 7.5 mm de largo por 2 a 2.5 mm de diámetro, triangular; alas redondeadas con una muesca bien definida y, por lo general, no excedidas por el estilo (Galván, 2010; Reyes Valdés *et al.*, 2012) (Figuras 12.1 a 12.3).

Distribución

En el Valle de México, esta especie se encuentra de El Chico, Hgo. a Tepeapulco, Hgo. y de Huehuetoca, Edo. de Méx. a Tepotzotlán, Edo. de Méx., también se halla de Zac. y S. L. P. a Pue., en altitudes de 1500 a 3000 m. Se le ve principalmente en matorrales y bosques de encino, en algunas áreas su abundancia parece estar favorecida por el fuego (Galván, 2010; Rodríguez *et al.*, 2019a; Rivera-Lugo y Solano, 2012).

Importancia

Las *Dasyilirion* son plantas que se distribuyen desde el sur de EE. UU. hasta Oax. El género tiene 20 especies, todas presentes en el país, en siete estados. La mayoría de ellas son endémicas de México (Reyes-Valdés *et al.*, 2012; Rivera-Lugo y Solano, 2012). *D. lucidum*, es una especie amenazada

y endémica del Valle de Tehuacán-Cuicatlán (Reyes Valdés *et al.*, 2012). *D. lucidum* tiene uso alimenticio, artesanal, ornamental (hojas y plantas completas), así como en ceremonias religiosas (Conanp, 2013). Las porciones basales de las hojas se usan en arreglos florales con motivos

religiosos; lo que ha disminuido sus poblaciones. Si se suma la baja germinación de sus semillas en condiciones naturales, es fácil entender que la especie está amenazada (NOM-059, Semarnat, 2010).



Figura 12.1. *D. lucidum* recuperado de un incendio en la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Pue. Foto: DART, 2016.



Figura 12.2. Masa de *D. lucidum* en fructificación. Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán, Pue. Foto: DART, 2016.

Floración y fructificación

Florece de mayo a junio y fructifica de abril a noviembre (Rivera-Lugo y Solano, 2012).

Descripción de la semilla

Semillas obovoides, de 3 a 3.5 mm de largo por 2 a 2.5 mm de diámetro, triquetras, de color café-rojizo (Galván, 2010) (Figura 12.4).

Análisis de la semilla

Procedencia. Las semillas fueron recolectadas en las inmediaciones de la Reserva de la Biosfera de Tehuacán-Cuicatlán, Pue.

Pureza. Se halló una pureza de 94.1%.

Peso. La especie tiene 91 798 frutos limpios kg^{-1} y 141 615 semillas kg^{-1} , es decir, 1000 semillas pesan 7.08 g.

Germinación. Los tratamientos fueron régimen de temperatura (dos niveles, 22/19 °C y 20/17 °C), en cámaras de ambiente controlado, y remoción del fruto (con y sin fruto). El fotoperiodo fue de 12 h, aplicados en cámaras de ambiente controlado. Cada caja germinadora constituyó un bloque. Las unidades experimentales constaron de 100 semillas o frutos cada una. La siembra se llevó a cabo sobre tela fieltro en las cajas, a su vez sobre rejillas de plástico, regadas con 100 ml de agua (y fungicida Captán al 3%).



Figura 12.3. Frutos de *D. lucidum*. Laboratorio de Semillas Forestales, Dicifo, UACH. Foto: DART.

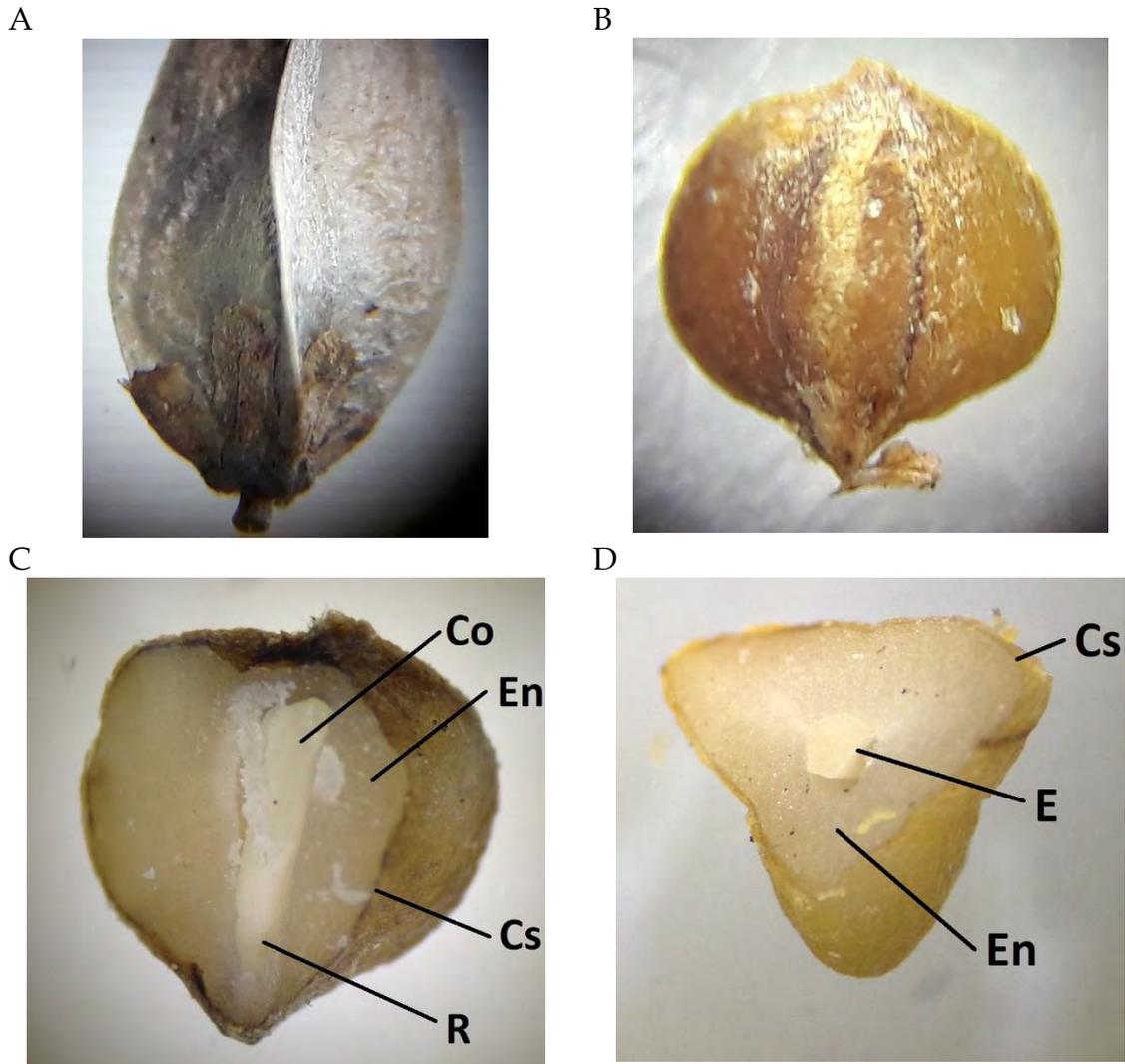


Figura 12.4. *Dasyliirion lucidum*: A) Fruto. B) Vista exterior de la semilla. C) Corte longitudinal y D) corte transversal de la semilla. Co=cotiledones, Cs=cubierta seminal, E=embrión, En=endospermo, R=radícula (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2019).

Para la germinación fueron significativos la remoción de fruto ($p \leq .0001$) y la interacción remoción de fruto X régimen de temperatura ($p \leq .0001$). La germinación de semillas con el fruto, fue de 22.3 %, mientras que la semilla removida del fruto alcanzó 94.3%. La semilla que fue removida del fruto, alcanzó una mayor germinación en ambos regímenes térmicos, pero el pico se presentó en el régimen térmico bajo (97%)

(Rodríguez-Trejo *et al.*, 2019). La semilla con fruto germinó más en el régimen de temperatura alto. (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2019b) (Figuras 12.5 y 12.6).

Energía germinativa. Fue de 7 días para la semilla con fruto, y de 10 días para la semilla sin fruto (tiempo para alcanzar 75% de la germinación final).

Viabilidad. La prueba de tetrazolio arrojó una viabilidad de 74%.

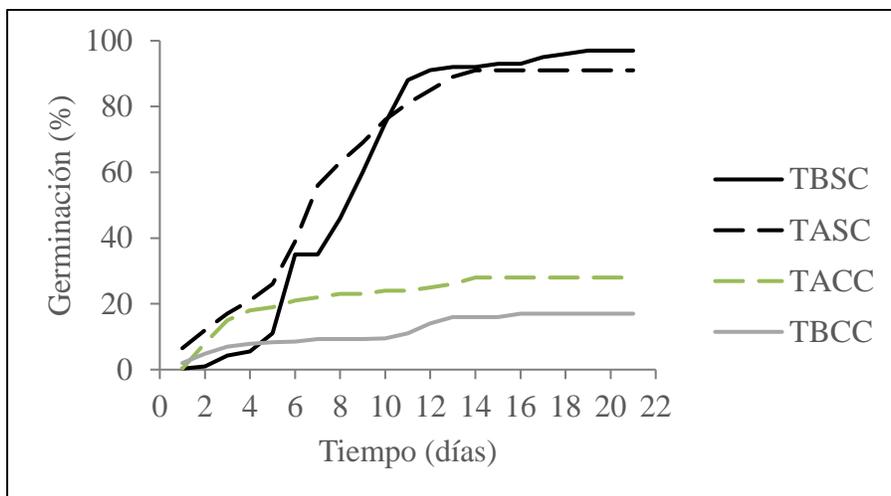


Figura 12.5. Germinación acumulada de *D. lucidum*. TA=temperatura alta, TB=temperatura baja. SC=sin fruto, CC=con fruto (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2019b).

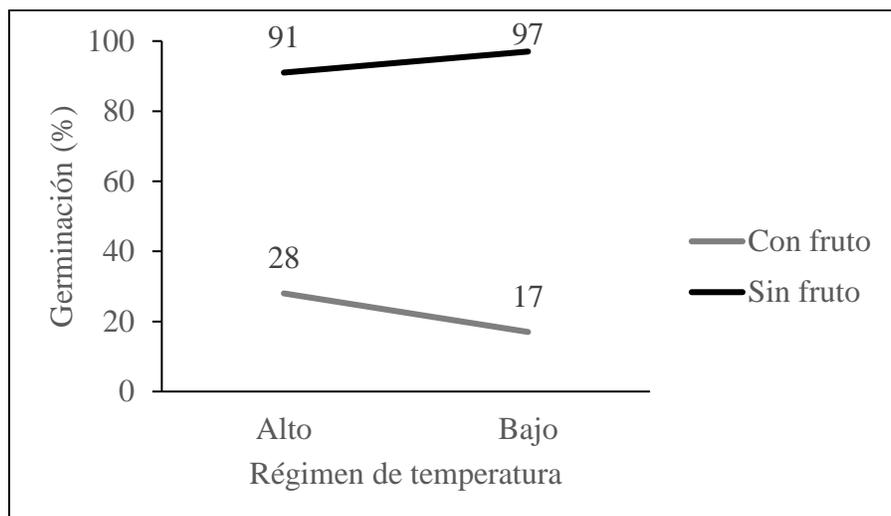


Figura 12.6. Interacción entre régimen de temperatura y remoción o no del fruto, en la germinación de *D. lucidum* (Rodríguez-Trejo *et al.*, 2019b)

Latencia

Hay evidencia de latencia química, pero también podría ser latencia física regular o combinada con estos dos tipos de latencia (Rodríguez *et al.*, 2019b). Cabe señalar que generalmente cuando se reporta latencia química en alguna especie, no se verifica si en realidad la latencia era física (Baskin y Baskin, 2014). No obstante, a diversas especies del

desierto se les ha hallado latencia química, como uno de los mecanismos que previene la germinación hasta que arriban las lluvias y solubilizan los inhibidores químicos presentes en la semilla (Baskin y Baskin, 2001), como se halló en *Corispermum patelliforme* Lijin, del desierto del norte de China (Liu *et al.*, 2015). Sea cual sea el mecanismo que opera en la semilla de *D. lucidum*, su remoción del fruto mejora mucho la germinación.

Regeneración natural

Dispersión. La semilla se dispersa por anemocoria (viento) gracias a las alas del fruto. Pero también por gravedad (barocoria).

Banco de semillas. Se puede hallar alguna semilla al pie de las plantas, pero la mayor parte la moviliza el viento. Al parecer la semilla puede mantener una viabilidad aceptable luego de un año formando bancos de semilla superficiales, cuando no hay lluvia que active la germinación.

Implicaciones para el uso de la semilla

Tolerancia a la sombra. La especie crece a pleno sol, pero posiblemente algún nodricismo con sombra puede favorecer su establecimiento.

Tipo de germinación. Epígea.

Cómo recolectar la semilla. Los frutos se recolectan (con guantes)

directamente de las infrutescencias, que tienen varios metros de longitud. Por su gran tamaño se doblan o hay que doblarlas y esto facilita la recolección.

Beneficio. La semilla se extrae manualmente, estrujando o separando las estructuras del fruto con los dedos. Una frotación suave con malla puede ayudar a romper los frutos y a extraer la semilla. Después procede la limpieza.

Almacenamiento. Al parecer la semilla puede ser almacenada un año, particularmente refrigerada, y mantiene una aceptable viabilidad.

Tratamiento previo a la siembra. Por su latencia química, física o químico/física, se debe remover el fruto para mejorar la germinación. El remojo de la semilla en agua (12 h, p. ej.), lavará cualquier inhibidor y activará la germinación (imbibición).

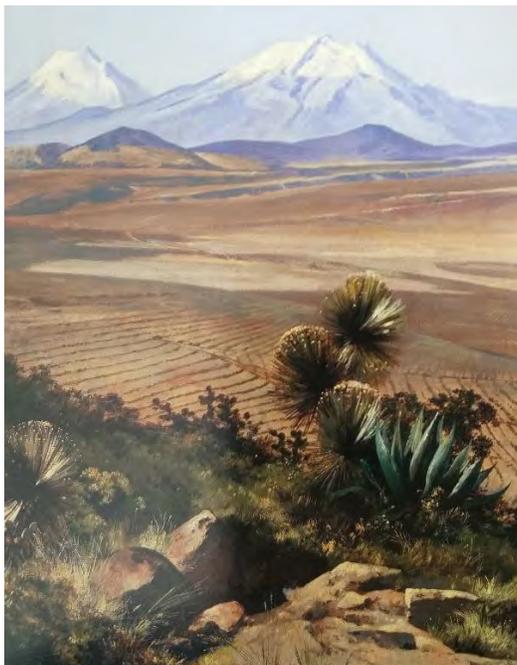


Figura 12.7. Sotoles (*D. lucidum?*) en el plano medio. Hacienda de Chimalpa (fragmento), por José María Velasco (1893). Museo Nacional de Arte, CDMX.

Literatura citada

- Baskin, C. C., and J. Baskin. 2001. *Seeds. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. Academic Press. San Diego, CA. 666 p.
- Baskin, C. C., and J. Baskin. 2014. *Seeds. Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination*. 2nd ed. Academic Press. San Diego, CA. 1600 p.
- Conanp (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2013. Programa de Manejo Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. Semarnat, Conanp. México. 329 p.
- Galván V., R. 2010. Nolinaceae. *In*: Rzedowski, G. C. de y J. Rzedowski. Flora Fanerogámica del Valle de México. Conabio, INE. México. pp. 1239-1242.
- Liu, Y., S. Liu, S., Y. Ji, F. Chen, y X. Xu. 2015. Seed dormancy of *Corispermum patelliforme* Lijin (Chenopodiaceae): A wild forage desert species of North China. *Pakistan Journal of Botany* 47(2): 421-428.
- Reyes-Valdés, M. H., A. Benavides-Mendoza, H. Ramírez-Rodríguez, y J. Á. Villarreal-Quintanilla. 2012. Biología e importancia del sotol (*Dasyilirion* spp.). Parte I: sistemática, genética y reproducción. *Planta* 7(14): 11-13.
- Rivera-Lugo, M., y Solano, E. 2012. Nolinaceae Nakai. Flora del Valle de Tehuacán Cuicatlán. Fascículo 99. UNAM. México.
- Rodríguez Trejo, D. A., Pausas, J., Miranda, A. G. 2019. Plant responses to fire in a Mexican arid shrubland. *Fire Ecology* 15(11): 1-9.
- Rodríguez-Trejo, D. A., E. García Pascual, L. Quiahua Barrera, y E. Y. Reyes Valdovinos. 2019. Germinación de semillas de *Dasyilirion lucidum* Rose y *Beaucarnea gracilis* Lemaire de matorral xerófilo. *Entreciencias* 7(20): 1-12.
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. México. Diario Oficial de la Federación, 30 dic. 2010.

Delonix regia (Bojer) Raf. (Fabaceae)

José Antonio Arreola Palacios, Luis Pimentel Bribiesca, Dante Arturo Rodríguez Trejo, Baldemar Arteaga Martínez, Enrique Guízar Nolazco, Abel Aguilera Aguilera

Nombres comunes

Acacio, Framboyán, Tabachín, Árbol de fuego, Flamboyán Colorado (Puerto Rico).

Breve descripción

Árbol de 12 a 15 m de altura y 50 a 60 cm de diámetro, caducifolio. Corteza parda, delgada, algo lisa, a veces rajada y con abundantes lenticelas. Ramas largas, anchas, casi horizontales, formando una copa ancha y achatada. Hojas alternas, de 30 a 45 cm de largo, bipinnadas, con 10 a 25 pares de pinnas de 5 a 12 cm de longitud, cada una con 12 a 40 pares de pequeños foliolos. Flores en varios racimos de 15 a 25 cm de largo, que nacen lateralmente cerca del extremo de las ramillas, rojas o anaranjadas. Vainas duras y dehiscentes, de 35 a 50 cm de largo y 5 a 5.5 cm de anchura y 0.7 cm de grosor. Las vainas cuelgan adheridas al árbol casi todo el año (Little *et al.*, 1967; Niembro, 1986) (Figuras 13.1A y B).

Distribución

Originario de Madagascar, se trata de uno de los árboles más extensamente cultivados en regiones tropicales y

subtropicales de todo el orbe y que se ha naturalizado en muchas partes.

Importancia

Se utiliza como ornamental, por la belleza de sus flores, y como árbol de sombra (Figura 13.1). A menudo se le ve plantado en parques y en las orillas de los caminos.

Floración y fructificación

El Framboyán florece de marzo a junio y fructifica de julio a octubre. Los frutos maduran entre marzo y mayo.

Descripción de la semilla

Semillas con 1.5 a 2.5 cm de largo y 0.5 a 0.8 cm de ancho, cilíndricas, hilo y micrópilo generalmente inconspicuos. Cubierta seminal gruesa, impermeable, de dureza ósea, lisa, lustrosa, color castaño claro con manchas oscuras, provista de una cutícula cérea, que se fragmenta con el paso del tiempo. Endospermo conspicuo, duro, vidrioso, presente en la cara lateral de los cotiledones y alrededor de la base del embrión, uniforme, mucilaginoso al entrar en contacto con el agua. Embrión recto, central, espatulado, con dos cotiledones planos, radícula recta,

corta y gruesa (Niembro, 1980) (Figura 13.2).

Análisis de semillas

Procedencia. La ranchería El Roble, Mipio. La Unión, Guerrero, con una altitud de 30 m s.n.m., fue la procedencia de la semilla utilizada en las pruebas de las que a continuación se da cuenta. Los árboles tenían 8 m de altura y un diámetro normal de 40 cm. La semilla fue recolectada en el mes de abril. La muestra de trabajo consistió de 3 kg. La semilla fue almacenada a 4 °C por seis meses antes de la realización de las pruebas.

Pureza. Las pruebas se hicieron con una muestra de trabajo limpia, por lo cual esta variable no fue determinada.

Peso. Fueron determinadas 2083 semillas kg^{-1} , que equivalen a 480 g por 1000 semillas.

Contenido de humedad. El contenido de humedad, base anhidra, resultó de 17.7%, mientras que el contenido de humedad base en verde, fue de 14.9%.

Germinación y factores ambientales. En este trabajo se germinaron semillas tanto en cámaras de ambiente controlado, como en invernadero. En el primer caso, la temperatura fue de 30 °C constantes, con fotoperiodo de 10 h y luces fluorescente e incandescente. En el segundo caso, las temperaturas variaron entre 10 y 33 °C.

A



B



Figura 13.1. A) Framboyán. Foto: Carlos Galindo Leal, Conabio. B) Fruto, Villaflores, Chis. Foto: DART, 2016.

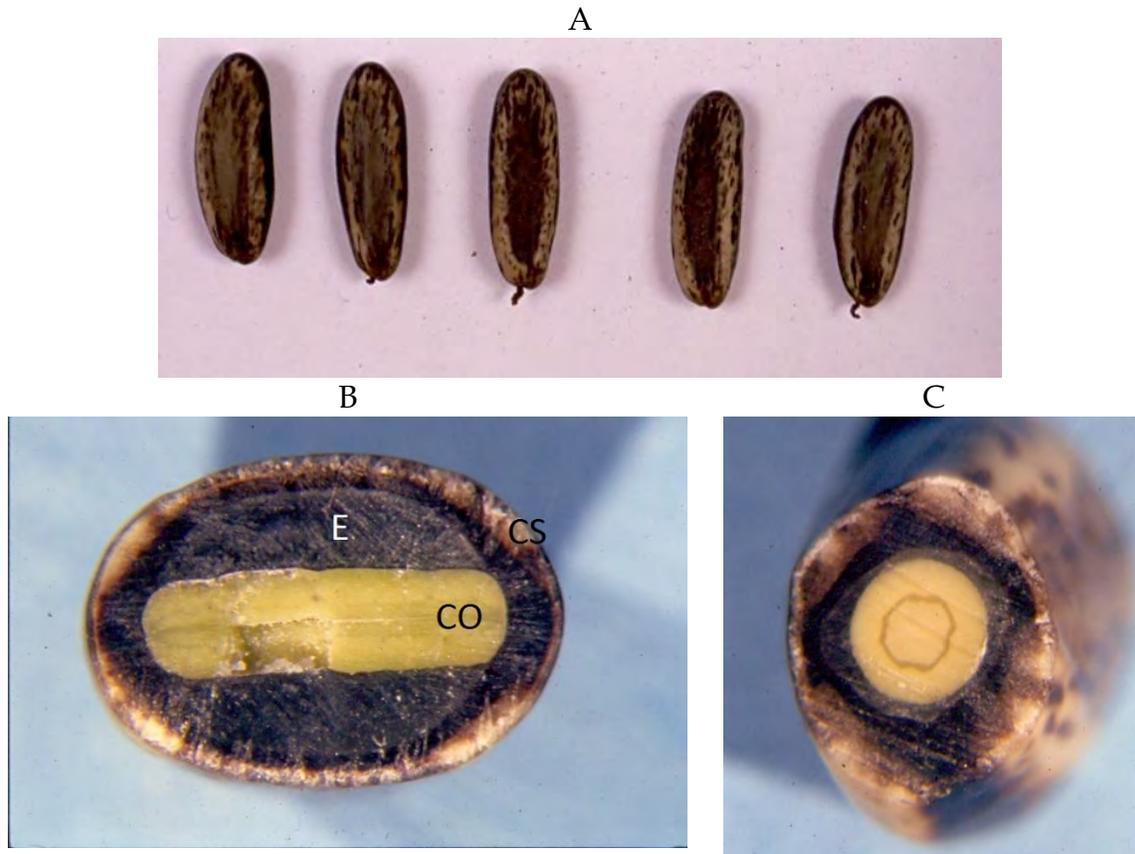


Figura 13.2. Morfología de la semilla. A) Vista externa. B) Corte transversal. CS=cubierta seminal, E=endospermo, CO=cotiledones. C) Corte transversal en un extremo mostrando la radícula. Fotos: DART, Laboratorio de Semillas Forestales, 1995.

En el experimento en cámara de ambiente controlado, el testigo tuvo una germinación de 16.7%, mientras que la semilla escarificada con lija alcanzó una capacidad germinativa de 98.3%. Por cuanto toca a la prueba de invernadero, los valores referidos fueron 26 y 96.7% (Figuras 13.3 y 13.4) (Arreola, 1995).

Energía germinativa. Para la germinación en cámara de ambiente controlado, la energía germinativa evaluada como el 70% de la capacidad germinativa, fue igual a 3.7 días. Esta variable resultó igual a 47 días en la

prueba de invernadero (Arreola, 1995).

Viabilidad. Aunque no se llevó a cabo prueba de viabilidad alguna, las germinaciones logradas con las muestras de trabajo, casi totales, dejan ver una viabilidad de 100% o cercana a este valor y que mínimo debe igualar la mayor capacidad germinativa encontrada.

Latencia

La semilla tiene latencia física, debido a su gruesa, dura e impermeable cubierta seminal.

Regeneración natural

Dispersión. La semilla se dispersa por gravedad.

Banco de semillas. Como se le cultiva en ambientes antropógenas, puede acumular semilla al pie del árbol en zonas de cultivos.

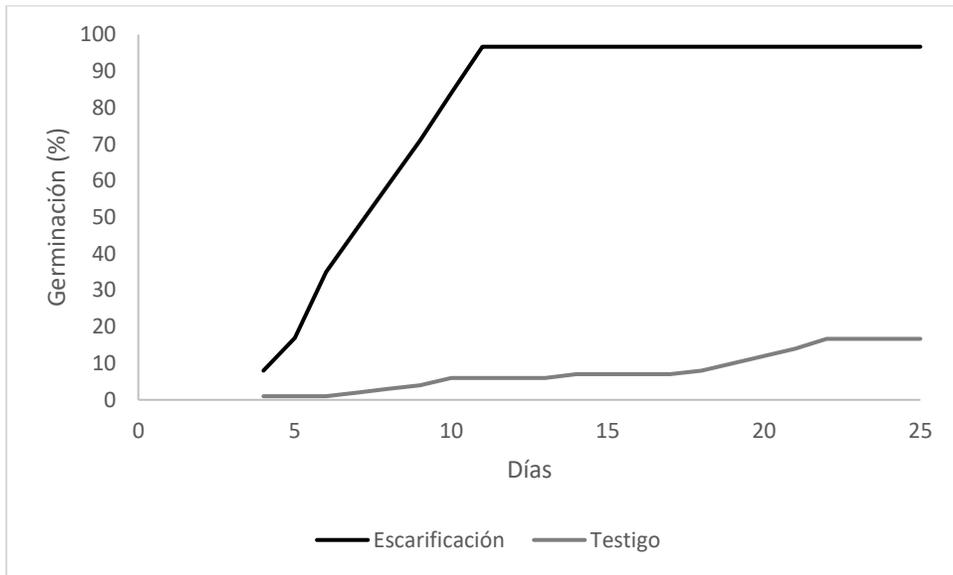


Figura 13.3. Germinación acumulada de *D. regia* en cámara de ambiente controlado.

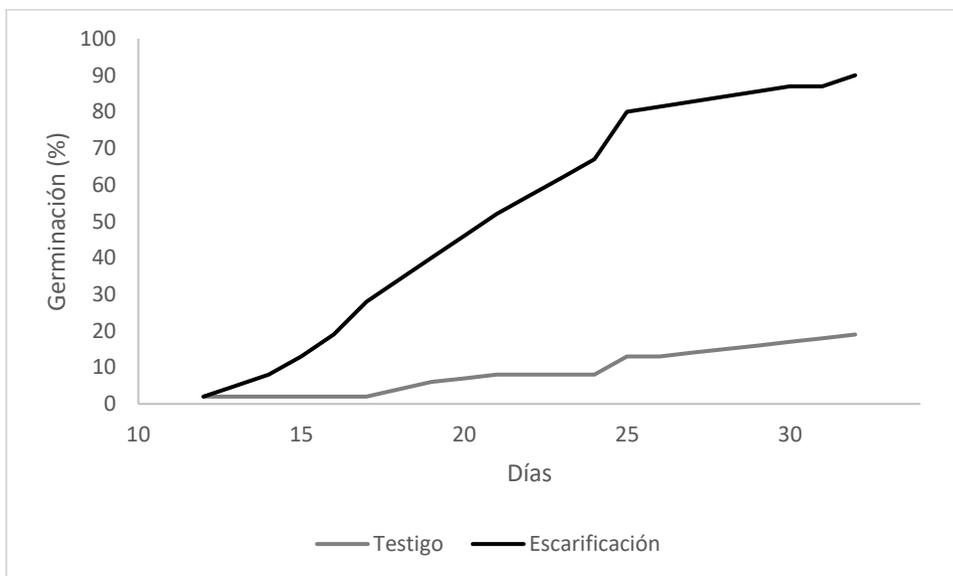


Figura 13.4. Germinación acumulada del framboyán en invernadero.

Tolerancia a la sombra. Este árbol parece ser intolerante a la sombra.

Tipo de germinación. Presenta una germinación epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. A la madurez de las vainas, entre marzo y mayo. Las vainas se pueden cortar

directamente de la copa con garrocha podadora. La vaina se deja secar para que abra o se le ayuda con un cuchillo.

Almacenamiento. Debido a la latencia física de esta semilla, se puede almacenar en condiciones de cuarto y tener una buena longevidad. Su almacenamiento a baja temperatura puede contribuir a alargar ese tiempo de viabilidad.

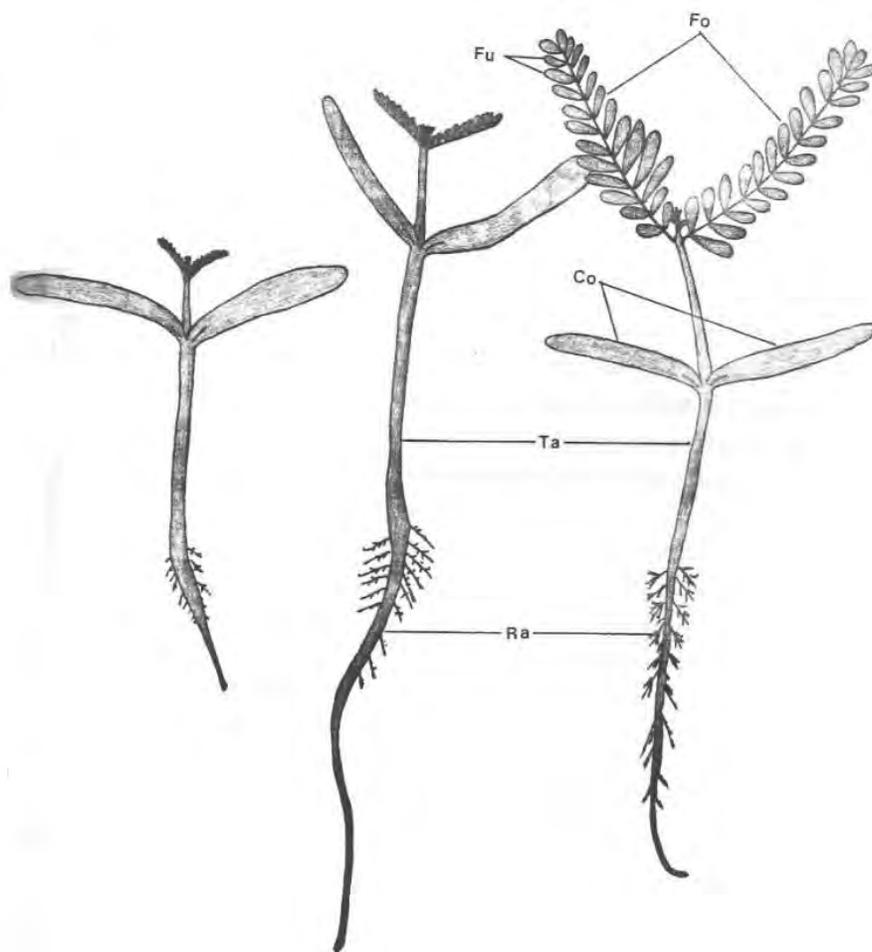


Figura 13.5. Plántula de *D. regia* a 10 días de la germinación. Fo=foliolo, Fu=foliolulo, Co = hojas cotiledonares, Ta=tallo, Ra=radícula. Ilustraciones: José A. Arreola P.

Tratamiento previo a la siembra. La escarificación mecánica con lija se recomienda para eliminar la latencia física de la semilla en esta especie y

conseguir casi 100% de germinación. En este trabajo también se hicieron pruebas con remojos en agua hirviendo dejando sumergida la

semilla por 24 h, así como remojo en agua al tiempo durante el mismo periodo, pero sólo se consiguieron 60 y 26.7% de capacidad germinativa.

Siembra. Se recomienda hacer la siembra a 1 cm de profundidad. El extremo de la semilla que tiene el rudimento, marca el lado por el cual emergerá la radícula. Por ello tal extremo debe quedar en el centro de la cavidad del contenedor. De lo contrario, la raíz desarrollará simetría bilateral y no radial, cuando esta última es la más conveniente. En las siembras en bolsa, por su mayor diámetro, este problema es menor.

Descripción de las plántulas. A 10 días de la germinación alcanzan 8 a 17 cm de longitud total, radícula incluida. Tallo cilíndrico, verde, con 0.3 cm de diámetro en la base, glabro. Hojas pinnadas, opuestas, foliolos con 4 a 5 cm de longitud, con 13 pares de foliolulos verdes, de 0.5 a 1 cm de longitud y 2 a 3 mm de ancho. Hojas cotiledonares grandes, verdes, alargadas, con 3.5 a 4 cm de longitud y 1 a 1.2 cm de anchura, que caen 55 días luego de la germinación. Raíz pivotante, con 3 a 9 cm de longitud y numerosas raicillas incipientes (Figura 13.5).

Literatura citada

Arreola P., J. A. 1995. Germinación y crecimiento inicial de cinco especies forestales tropicales en vivero. Tesis profesional. Ingeniero Forestal. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. 105 p.

Little, E. L., F. H. Hawsworth, J. Marrero T., y F. W. Horne. 1967. Árboles comunes de Puerto Rico y las Islas Vírgenes. Colegio de Agricultura y Artes Botánicas, Universidad de Puerto Rico., Estación Experimental Agrícola y Servicio de Extensión Agrícola, Instituto de Dasonomía Tropical, Servicio Forestal, Estados Unidos. Ed. UPR. Puerto Rico.

Niembro R., A. 1980. Estructura y Clasificación de Semillas de Especies Forestales Mexicanas. Departamento de Bosques, UACH. Chapingo, Edo. de Méx.

Niembro R., A. 1986. Árboles y arbustos útiles de México. Limusa. México. 206 p.

Enterolobium cyclocarpum (Jacq.) Griseb. (Mimosaceae)

José Antonio Arreola Palacios, Luis Pimentel Bribiesca, Dante Arturo Rodríguez Trejo, Baldemar Arteaga Martínez, Enrique Guízar Nolzco, Abel Aguilera Aguilera

Nombres comunes

Parota, guanacaste, guanacastle, Pich, orejón.

Breve descripción

Árbol hermafrodita de 20 a 30 m de altura y diámetro de hasta 3 m, caducifolio. Corteza externa lisa a granulosa y a veces ligeramente fisurada, de gris clara a gris parduzca, con abundantes lenticelas alargadas, dispuestas en hileras. Ramas jóvenes de verde a moreno grisáceo, con abundantes lenticelas protuberantes. Hojas en espiral, bipinnadas, de 15 a 40 cm de largo, con 5 a 10 pares de folíolos opuestos, cada uno de ellos con 15 a 35 foliolulos sésiles. Flores en cabezuelas axilares. El fruto es una vaina de 7-12 cm de diámetro, aplanada y enroscada, semileñosa, coriácea, moreno oscura, brillante, tardíamente dehiscente, con olor y sabor dulce y 8-16 semillas (Pennington y Sarukhán, 2005; Niembro *et al.*, 2010). Por su forma de oreja en algunas partes le llaman orejón (Figuras 14.1 y 14.2).

Distribución

Ampliamente distribuida sobre las vertientes del Golfo de México y del

Pacífico. En la primera, desde el sur de Tamaulipas hasta la Península de Yucatán; en la segunda, desde Sinaloa hasta Chiapas. Normalmente se encuentra en zonas de vegetación perturbada, en selvas altas perennifolias y medianas subperennifolias, y aparentemente en asociaciones primarias de selvas medianas subcaducifolias y caducifolias (Pennington y Sarukhán, 2005).

Importancia

En Costa Rica hay un parque que alberga principalmente selvas bajas. Ahí crecen los guanacastes y en honor a ellos dicho parque ha sido nombrado Parque Nacional Guanacaste. La madera es apreciada para aserrío, si bien el olor picante del aserrín resulta molesto. Niembro (1986) señala que se emplea en la elaboración de lambrín, chapa, triplay, artículos torneados, paneles, carpintería y ebanistería en general, así como en la fabricación de canoas y embarcaciones ligeras, ya que es resistente al agua. Con frecuencia se le usa como árbol de sombra en los potreros y en otros sistemas agroforestales. Las semillas contienen 36% de proteína y en algunos lugares

se utilizan como forraje y como complemento alimenticio para animales, si bien son comestibles (Niembro, 1986; Rzedowski y Equihua, 1987). Se ha usado en la

restauración, pues resiste el fuego (como adulto) y la sequía (Conabio, S. F.). Como leguminosa, contribuye a la fijación de nitrógeno en el suelo.



Figura 14.1. Guanacaste, Mipio. de Villaflores, Chis. Foto: DART, 2016.

A



B



Figura 14.2. A) Tronco y B) copa con abundantes frutos. Fotos: DART, Chiapas, 2015.

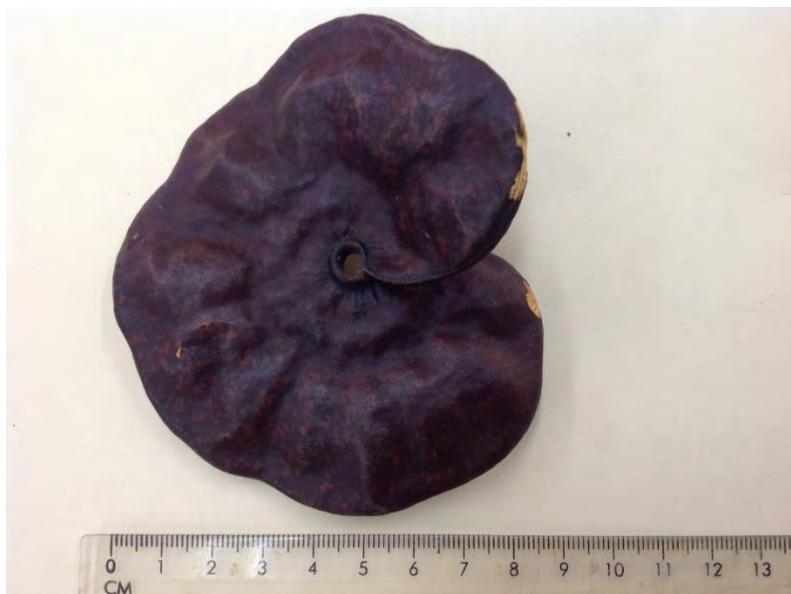


Figura 14.3. Vaina enroscada de *E. cyclocarpum*. Foto: DART, Laboratorio de Semillas, DICIFO, 2016.

Floración y fructificación

Florece de febrero a junio. Los frutos maduran de abril a septiembre (Arreola, 1995; Rzedowski y Equihua, 1987).

Descripción de la semilla

Semillas de 1.3 a 1.8 cm de largo y 0.7 a 1.0 cm de diámetro, ovadas, globosas, lateralmente comprimidas, generalmente redondeadas en el ápice y rematadas en punta hacia la base, con funículo filiforme, hilo basal, diminuto, micrópilo junto al hilo; cubierta seminal crustácea, cartilaginosa, dura, impermeable, lisa, de color castaño oscuro, lustrosa. Con

una línea anaranjada (dentro de la cual está el pleurograma), con forma de herradura en ambas caras, que sigue el contorno de la semilla y se abre en el extremo hilar, dentro de la línea la semilla es color café oscuro, fuera de ella café más claro. Embrión recto, inverso y de color amarillo, con la plúmula bien desarrollada, provisto de dos cotiledones gruesos y carnosos, plano-convexos, iguales, rectos, ovados y libres entre sí. Radícula recta, nunca doblada, inferior, gruesa, ligeramente saliente o completamente incluida entre los cotiledones; carece de endospermo (Niembro, 1986; Arreola, 1995; Niembro *et al.*, 2010). Las semillas están rodeadas por una pulpa fibrosa y dulce (Pennington y Sarukhán, 2005) (Figuras 14.3 a 14.5).



Figura 14.4. Semillas de guanacastle. Foto: DART, Laboratorio de Semillas Forestales, DICIFO, UACH, 2016.

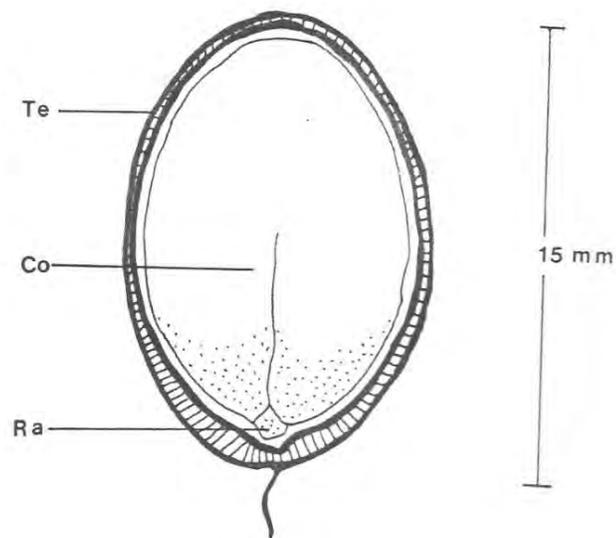


Figura 14.5. Corte longitudinal de una semilla de *E. cyclocarpum*. Te=tegumento, Co=cotiledones, Ra=radícula. Fuente: Niembro (1980). Ilustración: Cortesía de Anibal Niembro Rocas.

Análisis de semillas

Procedencia. La semilla empleada en el siguiente estudio, fue recolectada de árboles aislados en potreros, en el entronque La Unión, sobre la carretera nacional Zihuatanejo-Lázaro Cárdenas, Michoacán, a 30 m s.n.m. Los árboles tenían de 20 a 30 m de altura y 70 a 90 cm de diámetro. Las vainas fueron recolectadas del piso y también de la copa con garrocha podadora en abril. Fueron recolectados 10 kg de semilla, pero para los siguientes análisis se usaron 3 kg. Antes de hacer las pruebas, la semilla estuvo almacenada a 4 °C durante cinco meses.

Pureza. La semilla fue limpiada, por lo que tuvo 100% de pureza.

Peso. Se registraron 1382 semillas/kg, lo cual equivale a 723.6 g por 1000 semillas.

Contenido de humedad. El contenido de humedad, base en verde, fue igual

a 13.8%, mientras que base en seco alcanzó 16.0%.

Germinación y factores ambientales.

Las pruebas de germinación se llevaron a cabo en cámaras de ambiente controlado, a 30 °C constantes, con 10 h de fotoperiodo y luz fluorescente e incandescente. También se realizaron en condiciones de invernadero, con temperaturas de entre 10 y 33 °C.

En cámara de ambiente controlado, el testigo tuvo una capacidad germinativa de 8.3%. En cambio, las semillas tratadas mediante escarificación mecánica (raspado con lija) e inmersión en agua hirviendo dejando la semilla en remojo por 24 h, arrojaron capacidades germinativas de 100 y 98%, respectivamente, sin diferencias estadísticas significativas entre sí para estos dos últimos tratamientos (Figura 14.6).

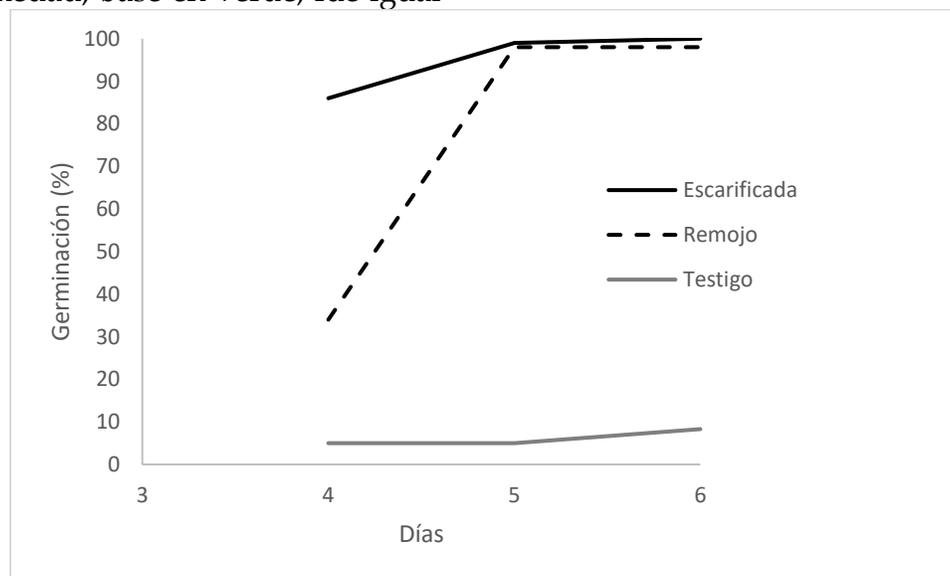


Figura 14.6. Germinación acumulada de *E. cyclocarpum* en cámara de ambiente controlado. Fuente: Arreola (1995).

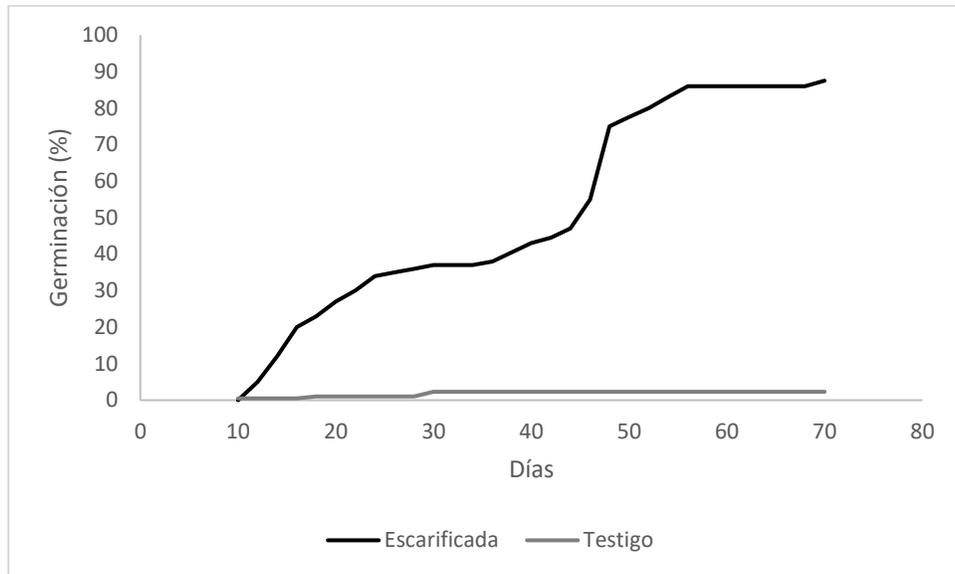


Figura 14.7. Germinación del guanacaste en invernadero. Fuente: Arreola (1995).

En invernadero la germinación fue menor, pues el testigo alcanzó una germinación igual a 2.3%, pero los tratamientos ya descritos arrojaron 55.3 y 87.5% de capacidad germinativa (Figura 14.7).

Energía germinativa. Para las pruebas en cámara de ambiente controlado, con la semilla escarificada y considerando como energía germinativa el número de días para alcanzar el 70% de la germinación final, es decir, 0.7 por 100% igual a 70%, se estiman 3 días. En condiciones de invernadero, la energía germinativa para el tratamiento de escarificación mecánica con lija, alcanzó 46 días.

Viabilidad. La excelente germinación alcanzada (100%), evidencia una viabilidad de 100% para la muestra de trabajo.

Latencia

Debido a que el testigo tiene una muy baja germinación, que incrementa dramáticamente o se da en forma total luego de una escarificación mecánica o remojo en agua hirviendo para después dejar remojar la semilla, es clara la presencia de latencia física, común en leguminosas. En Conabio (S. F.) se anota que esta última latencia obedece a la presencia de dos tipos de esclereidas. Las externas son alargadas, constituyen una cubierta de células en empalizada. La capa interna de esclereidas es más gruesa y resistente, formada con células isodiamétricas, muy lignificadas.

Regeneración natural

Dispersión. La pulpa fibrosa y dulce que rodea a las semillas puede contribuir a su dispersión por algunos elementos faunísticos (mamiferoecoria,

ornitocoria). A la apertura de las vainas, es la gravedad la que participa en la dispersión (barocoria). Conabio (S. F.), señala dispersión hidrócora y zoócora (caballos, vacas, tapires). Esa fuente refiere que estos animales comen frutos caídos en el suelo y que dispersan las semillas a kilómetros de distancia. El caballo traba 25-62% de las semillas de los frutos que consume (46-71 frutos por día) y escupe 40 a 75% de las semillas al masticar los frutos. Su proceso digestivo mata 44-83% de las semillas, pero entre 9 y 56% de las que son defecadas están viables. Este último intervalo es de 76-86% para el ganado.

Banco de semillas. Se puede formar un banco bajo la copa, por la continua caída de semilla y su latencia física, que la mantiene viable por mucho tiempo.

Tolerancia a la sombra. Al parecer esta especie requiere de áreas abiertas para su amplio desarrollo, si bien a densidades más altas, en Villaflores, Chiapas, a orillas de la zona de transición entre selva baja y selva mediana, puede desarrollar una copa bastante más angosta, mientras que en áreas abiertas se le ve con un amplio desarrollo de copas.

Tipo de germinación. Germinación de tipo epígeo.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Esta labor se realiza a la madurez de las vainas, entre abril y agosto. Al madurar, las vainas muestran una coloración rojiza

a café oscura, pues ya han perdido gran parte de su contenido de humedad. Las vainas se pueden poner a asolear y/o extraer la semilla de ellas con tijeras podadoras, cortando la orilla del fruto.

Almacenamiento. Debido a la latencia física de la semilla, y a su bajo contenido de humedad, se trata de una especie ortodoxa. Las simientes pueden almacenarse por algunos años en condiciones de cuarto. El almacenamiento en frigorífico generalmente alarga la vida de todo tipo de semillas. Niembro *et al.* (2010) reportan que, en contenedores herméticos y almacenadas a 5 °C, mantienen una capacidad germinativa de 80% luego de 10 años.

Tratamiento previo a la siembra. Se recomienda escarificar con lija, pero resulta menos trabajoso poner la semilla en agua hirviendo y dejarla enfriar ahí mismo y durante todo un día. Ambos tratamientos dan buenos resultados.

Siembra. Después de aplicar la escarificación mecánica o el remojo en agua hirviendo, la semilla puede sembrarse. Para ello se recomienda una profundidad de 1 a 2 cm.

Descripción botánica de plántulas. A nueve días de la germinación, alcanzan de 10 a 16 cm de longitud, incluida la radícula. Tallo cilíndrico, con 2 a 6 cm de longitud y 2 a 3 mm de diámetro en la base. Hojas cotiledonares gruesas, color verde oscuro, se pierden a los 50 d de la germinación. Hojas pinnadas, alternas, color verde oscuro, con 3 a 3.5

cm de largo, foliolos opuestos, de 1 a 4 cm de largo, de 6 a 9 pares de foliolulos pequeños. Radícula blanca, pivotante,

de 4 a 6.5 cm de longitud, con algunas raicillas incipientes (Fig. 14.8).

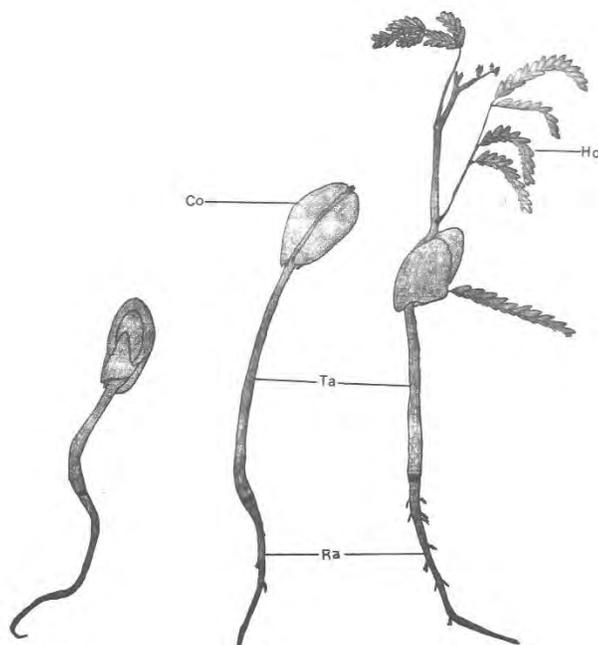


Figura 14.8. Plántula de *E. cyclocarpum* a 9 días de la germinación. Co=cotiledones, Ta=talluelo, Ra=radículas, Ho=hojas (foliolos). Dibujo por José. A. Arreola P.

Literatura citada

- Arreola P., J. A. 1995. Germinación y crecimiento inicial de cinco especies forestales tropicales en vivero. Tesis Profesional. Dicifo, UACH. Chapingo, Edo. de Méx.
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la biodiversidad). S. F. *Enterolobium cyclocarpum*. Conabio. México. pp. 161-164. URL: conabio.gob.mx
- Niembro R., A. 1986. Árboles y Arbustos Útiles de México. Limusa, UACH. México. 206 p.
- Niembro R., A., M. Vázquez T., y O. Sánchez S. 2010. Árboles de Veracruz. 100 Especies para la Reforestación Estratégica. Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, Comisión del Estado de Veracruz de la Llave para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución, Centro de Investigaciones Tropicales. México. 255 p.
- Pennington, T. D., y J. Sarukhán K. 2005. Árboles Tropicales de México. UNAM, FCE. México. 523 p.
- Rzedowski, J., y M. Equihua. 1987. Flora. Atlas Cultural de México. SEP, INAH, Ed. Planeta. México. 222 p.

Eysenhardtia polystachya (Ort.) Sarg. (Fabaceae)

Araceli Lucatero Birrueta, Dante Arturo Rodríguez Trejo, Ranferi Maldonado Torres, Miguel Uribe Gómez

Nombres comunes

El palo dulce (Sin., Méx., Hgo., Pue., Mich. y Mor.), también recibe los nombres de: cuate (Jal.); coatillo (Pue.); palo cuate, rosilla (Sin.); taray (N. L. y Dgo.); vara dulce, varaduz (Dgo.); coatl (náhuatl); ursa (otomí, D. F. e Hgo.); yitu bishi (mixteco, Gro.); bisasa (cora, Nay.); cohuatli, cuatle 'ma soo (Oax.); lanaé (chontalpa, Oax.); chilabte' (S. L. P.); tsakam wayal (tenek); palo azul, coatli, chiquiliche, tlapahuaxpatli y chútale (Vázquez *et al.*, 1999).

Breve descripción

Se trata de un árbol o arbusto caducifolio, con 2 a 8 m de altura diámetro normal de 3 a 10 cm (Figura 15.1). Hojas alternas, compuestas, pinnadas, con 3 a 5 cm de largo, folíolos de 10 a 15 pares por hoja, elípticos, 7 a 13 mm de longitud por 3 a 5 mm de anchura, con glándulas resinosas aromáticas (Vázquez *et al.*, 1999). Troncos ramificados, color café oscuro. La raíz con nódulos fijadores de nitrógeno, desde los 30 días de su establecimiento (Cervantes *et al.*, 2001). Inflorescencias dispuestas en racimos espigados terminales o subterminales, olorosas, con 5 a 7 cm de longitud; cáliz en forma de campana, 2.5 a 3 mm de largo, 5-lobulados; corola blanca, formada por 5 pétalos libres, de 5 mm de largo por 1.3 a 2 mm de anchura, oblongos,

(Vázquez *et al.*, 2001) (Figura 15.2). El fruto es una vaina ligeramente curvada, atenuada en el ápice, pubescente o subglabra, de 7 a 9.5 mm de largo, con el estilo persistente, frágil e indehisciente, provista con glándulas; café pálido, cada vaina contiene una semilla.

Distribución

Se trata de una especie nativa que habita desde el sureste de Arizona hasta Oaxaca. En el país, ampliamente distribuida en ambas vertientes y en la parte central, en Col., Chis., Chih., Coah., D.F., Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Méx., Mich., Mor., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Tamps., Tlax., Ver. y Zac.

Su hábitat es de clima cálido, semicálido, semiseco y templado, asociada principalmente selva baja caducifolia, pero también en la transición subcaducifolia, matorral xerófilo, bosque espinoso, mesófilo de montaña, de encino y de pino; igualmente se le localiza de forma cultivada en huertos. Se desarrolla en un intervalo de altitud de 150 a 3000 m s.n.m., con temperaturas entre 12 y 19 °C y una precipitación anual de 300 a 1800 mm. Se encuentra en una variedad de suelos, desde negros profundos, delgados arcillosos pedregosos, someros de roca caliza hasta litoles derivados de basaltos (Vázquez *et al.*, 1999).

En el estado de Morelos predomina en las áreas donde el clima es cálido subhúmedo, en un intervalo de altitud de 1100 a 1400 m s.n.m., con una precipitación anual que oscila entre 776 a 880 mm; con temperaturas de 14.3 a 29.3 °C. Los suelos en los que predomina son de origen ígneo o calizo, someros y delgados (feozem) y su topografía es irregular (Cervantes y Sotelo, 2002).

Importancia

La especie es maderable, pues sirve para la obtención de postes para cercos, en la construcción, como tutores y para la fabricación de implementos agrícolas. También tiene

un uso artesanal, ya que se elaboran copas y vasijas. También es muy utilizada como combustible, para leña pues presenta buenas características energéticas.

El tallo joven y las hojas sirven como forraje, las produce en abundancia y son altamente apetecidas por los ganados bovino y caprino; tienen un contenido de proteína igual a 22.15% (Beltrán, 2008). *Eysenhardtia polystachya* es melífera, pues produce abundante néctar por lo que es una especie muy visitada por las abejas.



Figura 15.1. *Eysenhardtia polystachya* en el Cerro de Tezcotzingo, Texcoco, Edo. de Méx. Fotos: DART, 2005.



Figura 15.2. Flores de palo dulce durante la polinización. Foto: DART, 2005.

Además tiene uso medicinal: para problemas renales que incluyen el mal de orín, los cálculos y como desinflamatorio, se utilizan las hojas y tallos en cocimiento y se toma una taza antes de cada comida, hasta que el paciente ya no sienta las molestias. También se le asocia a padecimientos de la vesícula. La flor se aprovecha para tratar la diarrea en niños acompañada de ramas de sauco (*Sambucus mexicana* Sarg.) y acoyo (*Piper sanctum* Miq.). En algunos casos es usado como desinfectante de ojos y para lavar heridas. Popularmente se le atribuyen propiedades diuréticas y anticonceptivas, además del control de

la diabetes, pero falta determinar su ingrediente activo (Argueta, 1994). También se usa como antibiótico para animales pequeños por ejemplo los pollos. En este concepto, un tema ya investigado son las isoflavonas aisladas de la madera 7-hidroxi-2, 4, 5 trimetoxiisoflavona y 7-hidroxi-4 etoxiisoflavona que actúan como inhibidores en la formación y crecimiento de cristales de oxalato y fosfato de calcio por lo que esta especie puede ser recomendada de manera preventiva en pacientes que presenten formación de piedras renales (Pérez *et al.*, 2002).

Prospera en lugares perturbados y recupera terrenos degradados, ya que es una especie pionera, muy agresiva y que aporta mucha materia orgánica. Se asocia a vegetación secundaria (Vázquez *et al.*, 1999). Algunas fuentes señalan que el palo dulce tiene un intensivo aprovechamiento, debido al uso múltiple que tiene; y que, sin embargo, corre el riesgo de desaparecer del panorama florístico de Morelos, a la fecha sólo persisten algunos árboles/arbustos en zonas muy accidentadas que traen como consecuencia su difícil localización para recolectar semillas. Por tanto, su propagación es urgente y de gran importancia en la entidad.

Esta especie es tolerante a suelos con mal drenaje, salinos, alcalinos o yesosos, al igual que sequía. Por el contrario, es susceptible a ramoneo, actualmente se encuentra sobre-ramoneada (Vázquez *et al.*, 1999). Burgos y Terrazas (2010), anotan que el descortezador *Chaetophloeus mexicanus* (Curculionidae: Scolytinae) afecta la longevidad de las ramas, pues provoca que mueran y se desprendan del árbol, debido a que se interrumpe la movilización de agua y fotosintatos.

Floración y fructificación

Florece entre junio y octubre y la fructificación se observa entre julio y noviembre. La semilla madura entre octubre y enero (Cervantes y Sotelo, 2002) (Figuras 15.3 y 15.4).

Análisis de semillas

La semilla procedió del ejido Los Sauces, Tepalcingo, Morelos, entre

1300 a 1500 m s.n.m. De acuerdo con García (1973), la zona tiene una temperatura media anual de 22.6 °C y una precipitación media anual igual a 864.5 mm. La vegetación es selva baja caducifolia, alterada por ganadería extensiva y agricultura. Dada la escasez de la especie en la zona, la semilla procedió de tres árboles.

Pureza. Cervantes y Sotelo (2002), refieren una pureza de 84%. Desde luego este valor es variable, dependiendo de qué tan bien se limpie el lote.

Peso. Fueron determinadas 170 969 semillas kg⁻¹, por lo cual 1000 semillas pesan 5.857 g. Cervantes y Sotelo (2002), determinaron 151 188 semillas kg⁻¹. Como en cualquier especie, existe variación entre procedencias.

Germinación y factores ambientales.

La semilla fue puesta a germinar tanto en cámara de ambiente controlado como en un invernadero. En la primera, el régimen día/noche fue de 25/20 °C, con un fotoperiodo de 12 h. La luz fue fluorescente e incandescente.

En la cámara de ambiente controlado, la capacidad germinativa de la semilla extraída del fruto (58.8%) fue superior a los tratamientos remojo sin ala, testigo con ala y remojo con ala, que exhibieron valores de entre 33.8 a 42.5%. La Figura 15.5 muestra plántulas y la X.6 la germinación acumulada para los diferentes tratamientos (Lucatero, 2012).



Figura 15.3. A) Frutos secos del palo dulce. B) Nótese que la vaina funciona como unidad de dispersión de la semilla, debido a su forma de ala o extensión alar. Fotos: DART, 2005.



Figura 15.4. Frutos del palo dulce. Cerro de Tezcotzingo, Texcoco, Edo. de Méx. Foto: DART, 2005.



Figura 15.5. Germinación de *E. polystachia* en invernadero. Foto: A. Lucatero B., 2012.

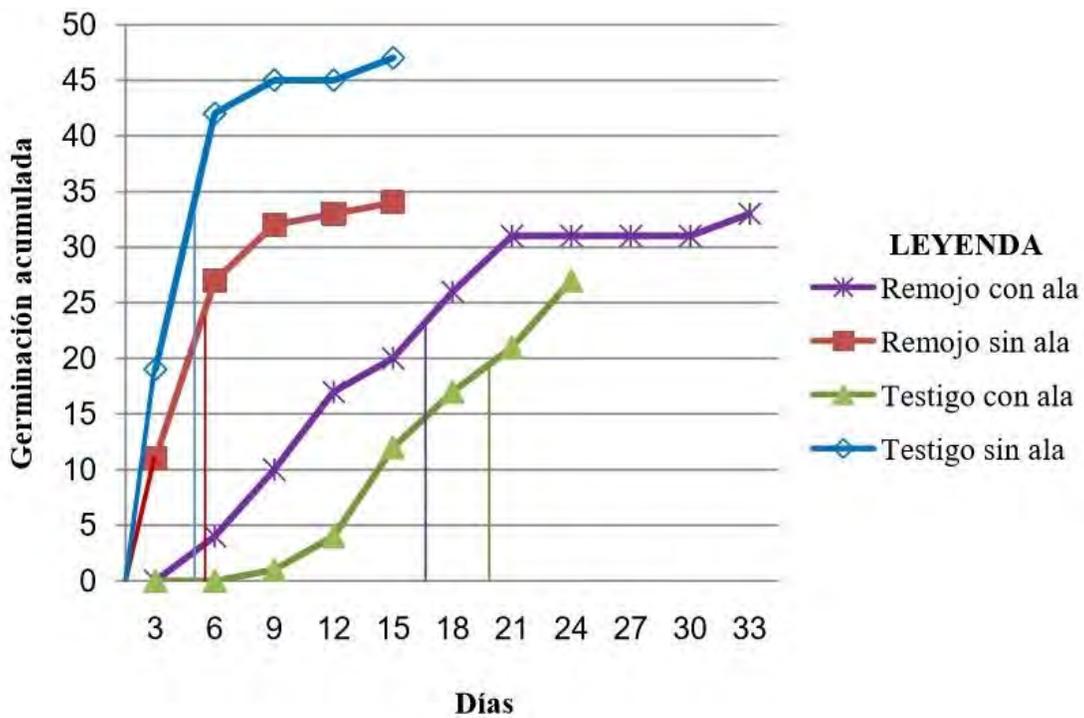


Figura 15.6. Gráfica de germinación acumulada y de capacidad germinativa para el palo dulce, con diferentes tratamientos. Fuente: Lucatero (2012).

En la literatura se registran capacidades germinativas de 20-85%, según la procedencia de la semilla

(Vázquez *et al.*, 1999; Cervantes y Sotelo, 2002). Cervantes *et al.* (2001) mencionan que varía menos y es

mayor, de 90 a 100%, retirando la vaina.

Energía germinativa. El menor valor para esta variable (número de días para lograr 70% de la germinación final), se obtuvo en 5 días, para el tratamiento sin ala (Figura 15.6). Los otros tratamientos tuvieron mayores valores, con 6 a 20 días.

Viabilidad. Mediante la prueba de flotación se alcanzó 99% de viabilidad. No obstante, con la prueba de sales de tetrazolio sólo se tuvo 61%.

Latencia

La mejor capacidad germinativa que se logra retirando la semilla de la vaina o remojándola, como se ha registrado en varios trabajos, evidencia una latencia moderada de tipo químico, con inhibidores de la germinación en el fruto.

Regeneración natural

Dispersión. Debido a la extensión alar con la que cuenta la vaina, la unidad de dispersión es el fruto y lo hace principalmente por el viento, si bien la gravedad también participa. La dispersión ocurre cuando las lluvias ya están establecidas, con lo cual se da el lavado de sustancias inhibidoras y la germinación se ve favorecida. Se han observado brinzales en resquicios de rocas donde se ha acumulado un poco de suelo (Figura 15.7).

Banco de semillas. Al parecer esta especie no forma bancos de semillas.

Tolerancia a la sombra. Aparentemente esta especie es

intolerante a la sombra. Generalmente se la ve en sitios expuestos.

Tipo de germinación. Esta semilla presenta una germinación epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Dicha actividad hay que hacerla entre octubre y enero, según la región. Se puede recolectar a mano o con tijeras podadoras de una mano, guardando los frutos en bolsas. Al llegar al vivero o al laboratorio, los frutos deben ser secados, pues en varias partes llega la época de recolección cuando todavía se está a fines de la temporada de lluvias. La semilla puede ser almacenada dentro de los frutos.

Almacenamiento. Las semillas perfectamente limpias y seleccionadas se secan a temperatura ambiente a la sombra de 6 a 8 días. Se colocan en frascos oscuros y herméticos y se almacenan a una temperatura ambiente de 18 a 20 °C (Vázquez *et al.*, 1999). El periodo recomendable de almacenamiento, es de menos de cuatro años.

Tratamiento previo a la siembra. Remojo de las semillas con agua para liberarlas de sustancias inhibidoras de la germinación por 1 a 4 días (Vázquez *et al.*, 2001). Imbibición en agua a temperatura ambiente por 24 horas (Cervantes y Sotelo, 2002). También es conveniente la remoción del ala de la vaina.

Siembra. Se recomienda hacer la siembra a 1 cm de profundidad, pues la semilla es pequeña.



Figura 15.7. Brinzal desarrollándose en un intersticio, entre rocas. Cerro de Tezcotzingo, Texcoco, Edo. de Méx. Foto: DART, 2004.

Literatura citada

- Argueta V., A. (coord.). 1994. Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana, tomos I, II y III. Instituto Nacional Indigenista. México. D. F. pp. 1102-1103.
- Beltrán L., S. 2008. Arbustivas forrajeras con potencial para el Altiplano Potosino. Folleto técnico. INIFAP. Campo Experimental "San Luis", SLP, México.
- Burgos S., A., y T. Terrazas. 2010. El daño de *Chaetophloeus mexicanus* (Curculionidae: Scolytinae) a tallos de *Eysenhardtia polystachya*. Madera y Bosques 16(4): 67-79.
- Cervantes G., V., M. López G., N. Salas N., y G. Hernández C. 2001. Técnicas para propagar especies nativas de selvas bajas caducifolias y criterios para establecer áreas de reforestación. UNAM. México.
- Cervantes S., M. A., y M. E. Sotelo B. 2002. Guías Técnicas para la Propagación Sexual de 10 Especies Latifoliadas de Selva Baja Caducifolia en el Estado de Morelos. Publicación especial No 30. INIFAP-SAGARPA. Campo Experimental "Zacatepec", Morelos, México.
- García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köeppen. 2a ed. Instituto de Geografía, UNAM. México. 246 p.
- Lucatero B., A. 2012. Tratamiento pregerminativo y producción en invernadero de planta de calidad de *Eysenhardtia polystachya* y *Guazuma ulmifolia*. Tesis de Maestría en Ciencias. Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. UACH. México. 76 p.
- Pérez-Gutiérrez, R. M., R. Vargas-Solís, L. M. García-Dueñas, y L. Dávila-Badillo. 2002. Efecto de isoflavonas aisladas de la corteza de *Eysenhardtia polystachya* sobre el crecimiento de cristales de oxalato y fosfato de calcio urinario. Boletín del Colegio Mexicano de Urología. Vol. XVII, Núm. 3. IPN. México. D. F.
- Vázquez-Yanes, C., A.I. Batis-Muñoz, M.I. Alcocer-Silva, M. Guadalupe-Díaz y C. Sánchez-Dirzo. 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO e Instituto de Ecología, UNAM, México, D.F. En: http://.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/árboles/doctos/introd-J084.html *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. Consultado el 15 de Junio 2011. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/28legum18m.pdf

Garrya laurifolia Hartw. (Garryaceae)

Arturo Salgado Cordero y Dante Arturo Rodríguez Trejo

Nombres comunes

Se le conoce como aguacatera y como cuauchichic.

Breve descripción

Árbol de hasta 20 m de altura y diámetro de hasta 35 cm (Espejel, 1983). Hojas con pecíolo de 1 a 1.5 cm de longitud, oblongas, lanceolado-oblongas o oblanceolado oblongas, con 6 a 15 cm de longitud y 2 a 4 cm de anchura, glabras en el haz y pubescentes en el envés cuando jóvenes, después glabras. Flores masculinas en racimos compuestos, las femeninas solitarias y axilares. Fruto globoso, de 5 a 8 mm de diámetro, color azul oscuro, glabro (Espinosa, 2010) (Figura 16.1).

Distribución

En el Valle de México se halla entre 2500 y 3100 m de altitud, en sitios con bosque de *Abies* o bosque mesófilo, principalmente, Real del Monte, Iturbide a Tlalmanalco y Amecameca. También se extiende de Chihuahua a Jalisco, Veracruz y Chiapas (Espinosa, 2010).

Importancia

De la zona altitudinal media a la zona más baja del Parque Desierto de los Leones se trata de la especie arbórea que ocupa el segundo valor de importancia. Puede formar

asociaciones con *Abies religiosa* Schl. et Cham., pero también puede constituir la etapa sucesional previa al clímax, el bosque de oyamel. En el mismo parque, en áreas con elevada mortalidad de oyamel, *G. laurifolia* aprovecha el espacio de crecimiento y es menos sensible a los contaminantes, pues mientras la mortalidad promedio del oyamel fue de 47%, en *G. laurifolia* apenas alcanzó 3% (Rodríguez *et al.*, 1989). Se trata pues de una especie a la que no se le ha sacado partido para restaurar bosques de oyamel afectados por declinación forestal, con contaminantes como causa primaria del problema. Es decir, todavía no ha sido propagada extensamente en viveros forestales ni usada en programas de reforestación.

En medicina tradicional sus hojas, con sabor amargo por la garrina que contienen, se utilizan como antidiarreico. También se usa en la obtención de leña y su madera para producir celulosa. Además es de valor artesanal (Espejel, 1983, Martínez, 1991, Niembro, 1990).

Fructificación

El fruto, conforme madura, va tomando las siguientes coloraciones: verde, verde-guinda, guinda oscuro y finalmente negro. La consistencia del fruto es carnosa y su sabor amargo, así esté maduro. Los frutos alcanzan la

madurez entre los meses de enero a abril. Se tienen 3 014 frutos kg^{-1} y cada fruto tiene una semilla, algunas veces dos (Figura 16.2).

Descripción de la semilla

Las semillas tienen una longitud media de 5.2 mm y una anchura promedio igual a 4.3 mm. La forma de la semilla es abultada, elíptica, ovoide, en ocasiones redonda. La cubierta seminal es lisa, membranosa y de color pardo olivo ligero. La semilla tiene

abundante endospermo, de consistencia carnosa y color verde cremoso.

Siguiendo la clasificación de Martin (1946, cit. por Niembro, 1988), el embrión es pequeño (de menos de $\frac{1}{4}$) con relación a la cantidad de endospermo. La posición del embrión es basal y presenta dos cotiledones (Figura 16.2D).

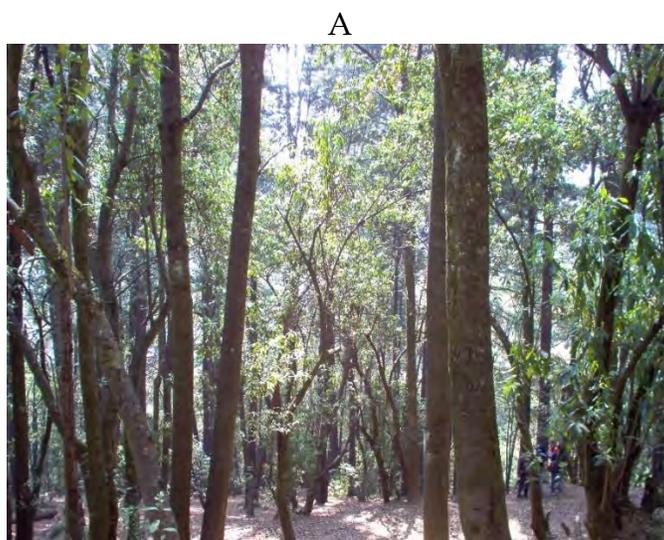


Figura 16.1. A) Bosquete en el Parque Desierto de los Leones, CDMX, y B) ramas y frutos de *Garrya laurifolia*, faldas del volcán Tláloc, Edo. Méx. Fotos: DART, 2001 y 2015.

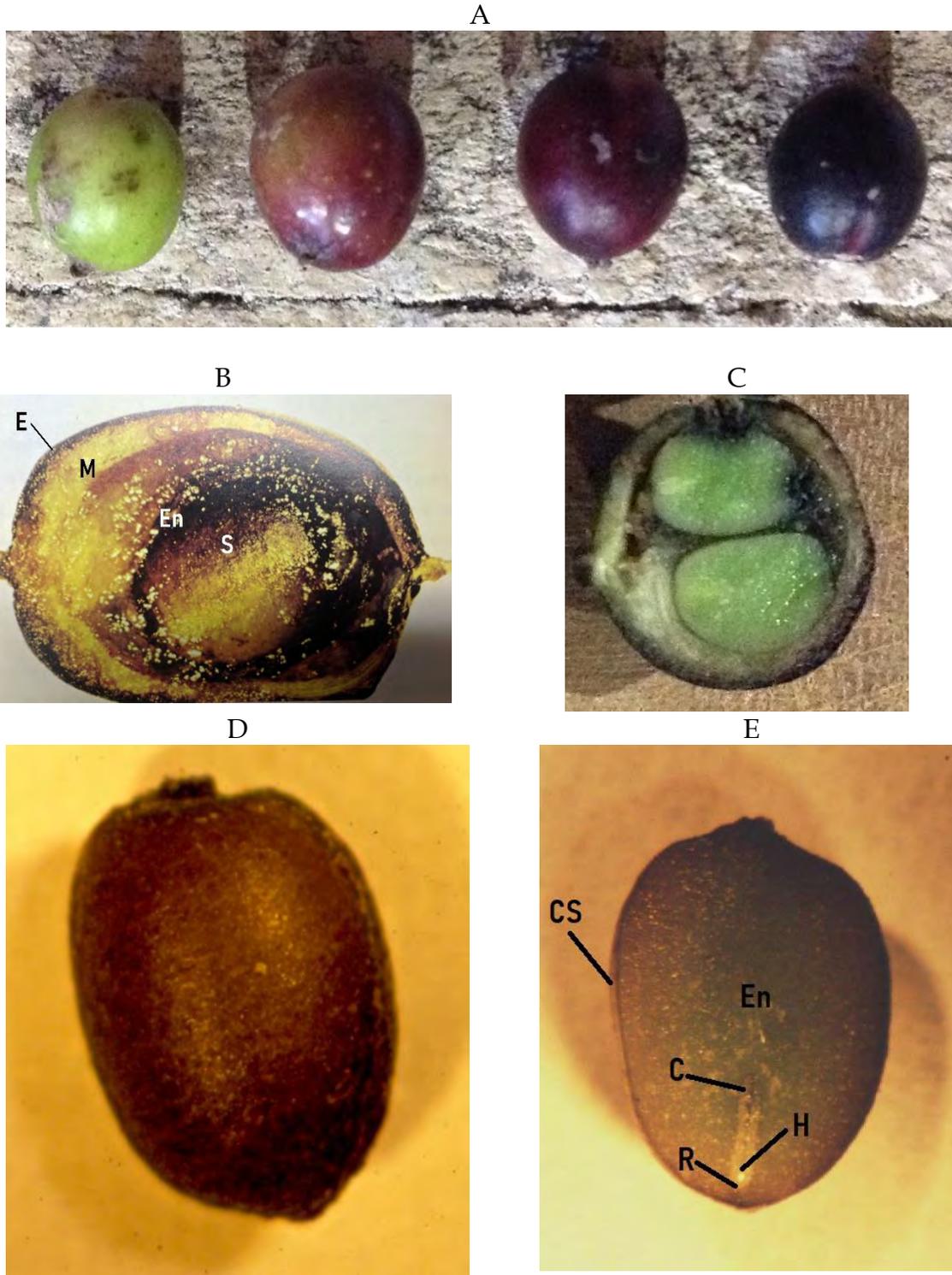


Figura 16.2. A) Maduración del fruto, B) semilla dentro de fruto (E=epicarpio, M=mesocarpio, En=endocarpio, S=semilla). C) Fruto con dos semillas. D) Semilla fuera del fruto. E) Corte longitudinal de una semilla de *G. laurifolia* (CS=cubierta seminal, En=endospermo, C=cotiledones, R=radícula, H=hipocótilo). Fotos: DART.

Análisis de semillas

Procedencia. Los lotes aquí analizados fueron recolectados del Parque Desierto CDMX, Distrito Federal, en marzo y abril de 1993 y enero de 1994. A 3000 m s.n.m.

Pureza. Ya procesada la semilla la pureza obtenida fue alta, igual a 97.5%.

Peso. El peso de las semillas es de 11 769 kg⁻¹, lo cual corresponde a 85 g por cada 1000 semillas.

Contenido de humedad. Debido a su elevado contenido de humedad, de 85%, base en seco, y 45.9%, base en húmedo, esta semilla se clasifica como recalcitrante.

Germinación y factores ambientales. Las pruebas de germinación se llevaron a cabo en el Laboratorio de Semillas Forestales de la Dificio, UACH, en cámaras de ambiente controlado, con un régimen día/noche de 30/20 °C, fotoperiodo de 10 h, con luz fluorescente y una radiación fotosintéticamente activa de 13.8 a 66.7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}$. Las pruebas fueron realizadas en cajas de Petri, con sustrato agrolita. Las semillas fueron regadas con agua destilada.

Debido a que se detectó la presencia de latencia morfológica, fueron probados diversos tratamientos para eliminar la latencia. Dichos tratamientos incluyeron no estratificación, estratificación fría en seco (2 °C) durante 141 días y estratificación fría en seco (2 °C) durante 139 días más estratificación cálida (30 °C) en húmedo, durante 2 días. Además, en

cada caso se aplicó sólo la estratificación (o no estratificación), aparte de los tratamientos ácido giberélico 3 a 100 ppm durante 17 h, a 250 ppm por 17 h, a 500 ppm por 17 h, o bien peróxido de hidrógeno (agua oxigenada, H₂O₂) al 1 % durante 1 o dos semanas. En las pruebas de germinación se utilizaron 3 240 semillas.

Se hallaron diferencias significativas en la germinación final entre grupos de estratificación, tratamientos y en la interacción de ambos. Las máximas capacidades germinativas (84.4% y 72.2%) se obtuvieron mediante la estratificación fría y cálida, así como la estratificación fría y cálida más la aplicación de peróxido de hidrógeno al 1%. El testigo tuvo una germinación de 1.7%. Entre los diferentes tratamientos, se comenzó a observar germinación 33 días después de establecido el experimento y hasta el día 124. El cuadro 16.1. muestra los resultados de un experimento sobre germinación. Las curvas de germinación acumulada para estos tratamientos se ven en la Figura 16.3 (Salgado y Rodríguez-Trejo, 1996).

Energía germinativa. Posteriormente a la estratificación en frío y luego cálida, además de la aplicación de ácido giberélico 3, la semilla alcanzó el 70% de la germinación final en 52 días. Otro tratamiento, también con estratificación fría y luego cálida, pero con la aplicación de peróxido de hidrógeno, obtuvo la máxima germinación en 24 h de entre diversos tratamientos probados, con 26.7%.

Cuadro 16.1. Respuesta de germinación en *Garrya laurifolia* ante diferentes tratamientos.

| Tratamiento | CG (%) | M24 (%) | EG70 (días) | DPER (días) |
|---|---------|---------|-------------|-------------|
| Sin estratificación | | | | |
| Testigo | 1.7f | 3.01.7d | 72.0cdef | 68.0bcde |
| AG3 100 ppm 17 h | 0f | 0d | 0g | 0f |
| AG3 250 ppm 17 h | 1.7f | 1.7d | 74.0cdef | 71.0b |
| AG3 500 ppm 17 h | 1.7f | 1.1d | 73.0cdef | 72.8b |
| H ₂ O ₂ 1 % 1 semana | 44.9cde | 16.7abc | 105.7a | 100.0a |
| H ₂ O ₂ 1 % 2 semanas | 28.9de | 12.8bc | 99.0ab | 100.0a |
| Estatificación fría (2 °C) en seco, 141 d. | | | | |
| Testigo | 59.4bc | 20.6ab | 79.7bc | 78.6b |
| AG3 100 ppm 17 h | 36.1cde | 13.3bc | 71.1cdefg | 67.9cde |
| AG3 250 ppm 17 h | 32.2de | 12.2bc | 79.0bc | 73.0b |
| AG3 500 ppm 17 h | 40.6cde | 12.8bc | 77.3dc | 70.5bc |
| H ₂ O ₂ 1 % 1 semana | 51.1cd | 17.8ab | 72.3cdef | 68.3cde |
| H ₂ O ₂ 1 % 2 semanas | 22.8e | 7.2c | 57.8defg | 56.7cdef |
| Estatificación fría (2 °C) en seco, 139 d más estratificación en cálido (30 °C) por 2 d. | | | | |
| Testigo | 84.4a | 21.7ab | 74.7cde | 69.3bcd |
| AG3 100 ppm 17 h | 35.6cde | 14.5abc | 54.2fg | 54.7def |
| AG3 250 ppm 17 h | 41.7cde | 15.5abc | 55.2efg | 54.8def |
| AG3 500 ppm 17 h | 40.0cde | 15.6abc | 51.8g | 51.4f |
| H ₂ O ₂ 1 % 1 semana | 77.2ab | 26.7a | 67.0cdefg | 64.9cdef |
| H ₂ O ₂ 1 % 2 semanas | 26.1de | 10.5bc | 55.0efg | 54.4ef |

CG = capacidad germinativa, M24 = máxima germinación en 24 h, EG70 = energía germinativa (70% de la capacidad germinativa), DPER = número de días para la emisión de la radícula (Salgado y Rodríguez-Trejo, 1996).

Viabilidad. Se obtuvo una viabilidad de 100% mediante radiografías de alto contraste.

Latencia. Se detectó latencia morfológica en la semilla, caracterizada porque a la madurez del fruto el embrión todavía no está totalmente desarrollado. Luego de los tratamientos de estratificación el

embrión completó su desarrollo y pudo germinar. En su habitat, son bajas temperaturas las que realizan este tratamiento de manera natural, incluso en primavera pues las heladas son frecuentes en los ambientes donde se encuentra *G. laurifolia*. Por ejemplo, para el Parque Desierto de los Leones se refieren más de la mitad de los días del año con heladas (Figura 16.4).

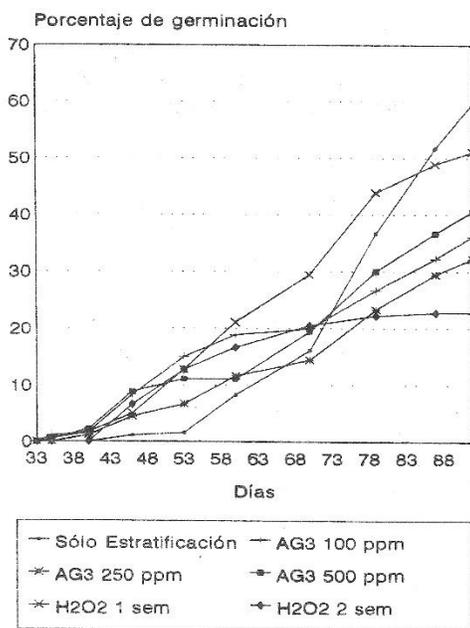
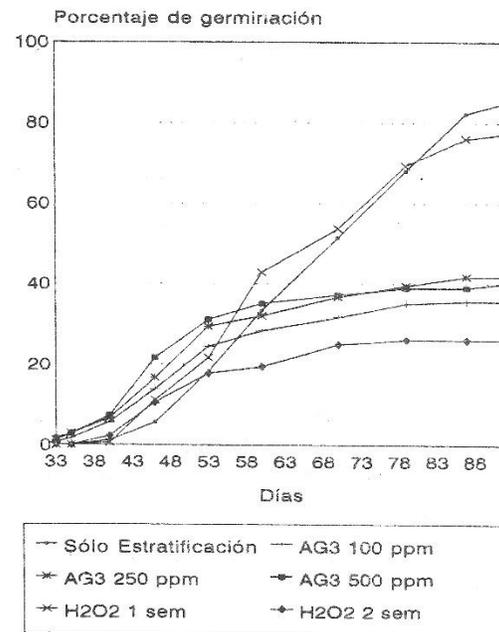
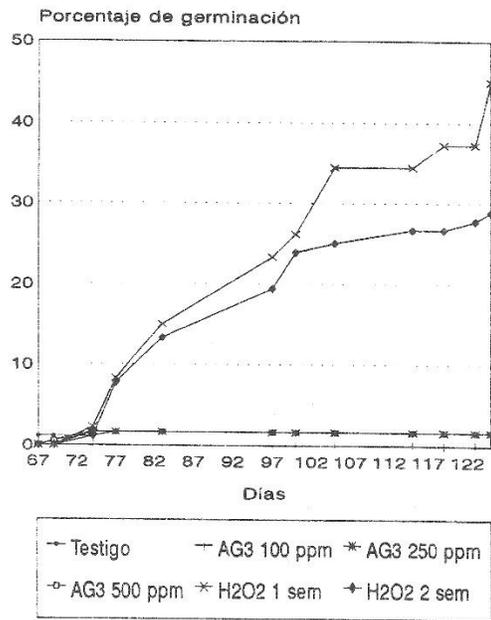


Figura 16.3. Curvas de germinación acumulada de las pruebas de germinación a *G. laurifolia* (Salgado y Rodríguez-Trejo, 1996).

Regeneración natural

Dispersión. La semilla puede ser dispersada por aves o mamíferos que se alimentan del fruto, así como por gravedad cuando cae solo al piso

forestal. En este último caso hay mayor posibilidad de dispersión sobre laderas pronunciadas, siempre que los detritos, sotobosque y rocas lo permitan.

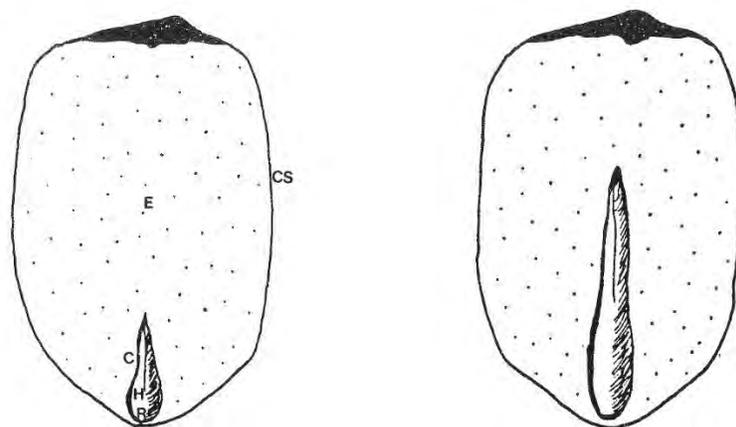


Figura 16.4. Izquierda, semilla de *G. laurifolia* con latencia morfológica y partes de la semilla: CS, cubierta seminal, E, endospermo, C, cotiledones, H, hipocótilo, R, radícula. A la derecha, la semilla con la latencia superada, lo que es indicado por el completo desarrollo del embrión. Ilustración: ASC.

Banco de semillas. Por tratarse de una especie con semillas recalcitrantes, por su elevado contenido de humedad, es posible que no forme bancos de semilla.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Tolerancia a la sombra. Las pruebas de germinación se realizaron sin sombra, por lo que aparentemente es una especie intolerante. Esto se confirma porque no es común observar regeneración abundante bajo las copas de las propias *G. laurifolia*. (Figura 16.5).

Tipo de germinación. La germinación de la semilla de esta especie es epigea, según se muestra en la figura 16.6.

Cómo recolectar la semilla. Los frutos son recolectados de los árboles cuando están maduros, entre enero y abril. Como todo fruto carnoso, se recomienda llevar a cabo el beneficio a la brevedad.

Beneficio. Para la extracción de las semillas hay que tallar los frutos sobre una malla metálica fina, con una lija para madera, y así despulparlos (Figura 16.7A). A continuación se enjuagan en agua (Figura 16.7.B), para separar la semilla viable (que tenderá a sumirse) de la pulpa, la cual flotará (Figura 16.7.C). Después hay que poner a secar a la sombra las semillas para aplicarles algún fungicida y almacenarlas, o bien utilizarlas en el vivero o el laboratorio.

Almacenamiento. Apenas extraída la semilla, se recomienda su almacenamiento a 2 °C en seco, mismo que paralelamente servirá de tratamiento estratificadorio.

Tratamiento previo a la siembra. Dada la latencia morfológica de la semilla, es necesario aplicar estratificación, según se describe en el apartado de germinación.



Figura 16.5. Regeneración de *Garrya laurifolia* entre un encinar al pie del volcán Tláloc, Texcoco, Edo. de Méx. Foto: DART, 2015.

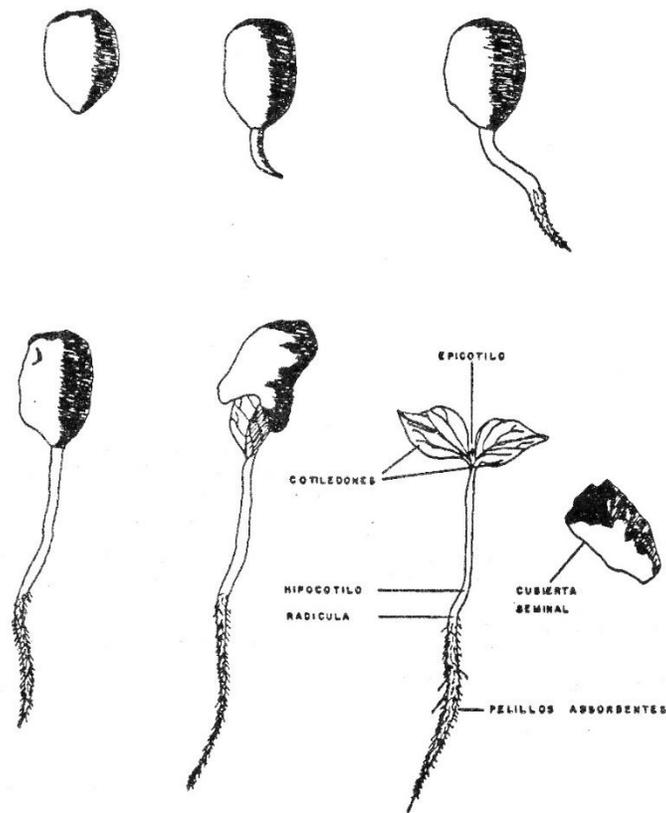


Figura 16.6. Proceso de germinación de *G. laurifolia* hasta el día 50. Ilustración: Arturo Salgado C.



Figura 16.7. Beneficio de *G. laurifolia*. A) Despulpado con lija sobre malla. B) Separación de pulpa y semilla en agua. C) Pulpa (izquierda) y semilla (derecha) separadas. Fotos: DARC, 2015.

Literatura citada

- Espejel, J. 1983. Flora de Veracruz. Inireb. Fascículo 33. 6 p.
- Espinosa G., J. 2010. Garryaceae. In: Rzedowski, J. y G. C. de Rzedowski (eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Conabio. México. pp. 78-80.
- Martínez, M. 1991. Las Plantas Medicinales de México. Botas. México. 656 p.
- Niembro R., A. 1988. Semillas de Árboles y Arbustos. Ontogenia y Estructura. Limusa-Noriega. México. 285 p.
- Niembro R., A. 1990. Árboles y Arbustos Útiles de México. Limusa-Noriega. México. 206 p.
- Rodríguez T., D. A., A. Sierra P., V. O. Bonilla A., V. Flores R., M. A. González R., M. C. Olguin C., H. Acosta D., M. P. Ruiz H., R. Valladares M., y F. Gómez S. 1989. Estructura y dinámica del bosque de oyamel afectado por declinación forestal en el Parque Cultural y Recreativo Desierto de los Leones (inédito).
- Salgado C., A., y D. A. Rodríguez T. 1996. Análisis de la semilla de *Garrya laurifolia* Hartw. Especie opción para plantaciones protectoras en el Parque Desierto de los Leones. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales 1: 89-95.

Gliricidia sepium (Jacq.) Kunth ex Walp. (Fabaceae)

José Antonio Arreola Palacios, Luis Pimentel Bribiesca, Dante Arturo Rodríguez Trejo, Baldemar Arteaga Martínez, Enrique Guízar Nolazco, Abel Aguilera Aguilera

Nombres comunes

Algunos de sus nombres comunes son Cacahuananche, Cocoíte y Madre de Cacao.

Breve descripción

Árbol de 10 a 12 m de altura y diámetro normal de hasta 35 cm. Tronco torcido, ramas ascendentes y luego horizontales, con la copa irregular. Corteza escamosa a ligeramente fisurada, de pardo amarillenta a pardo grisácea. Hojas dispuestas en espiral, imparipinnadas, de 12 a 24 cm de largo, pecíolo incluido, con 2 a 9 pares de folíolos opuestos, ovados, de color verde oscuro y brillantes en el haz, pero grisáceos en el envés. Flores en racimos de 10 a 15 cm de largo, perfumadas, corola glabra, con estandarte color lila. El color de las flores varía de tonos muy claros a muy oscuros. El fruto es una vaina dehiscente, de 15 a 20 cm de largo y 2 a 3 cm de ancho, aguda, péndula, con 4 a 10 semillas (Pennington y Sarukhán, 2005) (Figura 17.1).

Distribución

En la actualidad, con la intervención del hombre, la especie se halla en la

vertiente del Golfo, desde Tamaulipas hasta Yucatán, incursiona en S. L. P. y norte de Puebla. En la costa del Pacífico se halla desde Sinaloa hasta Chiapas. Forma parte de selvas medianas perennifolias, pero es más típica de terrenos abiertos del bosque tropical caducifolio y terrenos perturbados, desde el nivel del mar hasta 700 m s.n.m. (Pennington y Sarukhán, 2005, Niembro, 1986).

Importancia

De esta especie se utiliza la madera, para la elaboración de durmientes, en construcciones rurales, así como para leña y carbón. Se recomienda para construir muebles pequeños, duela, lambrín, mangos para herramientas, pilotes para minas, artesanías y otros. Su madera es muy resistente a termitas. En algunas áreas se emplea como sombra en plantaciones de cacao, café, té, vainilla y pimienta negra y se usa como ornamental, por la belleza de sus flores. También se utiliza como cerco vivo, en reforestación y en cortinas rompe vientos (Niembro, 1986).

Fructificación

Los frutos maduran entre marzo y julio.

Descripción de la semilla

Desde ampliamente elípticas hasta casi redondas, con 0.8 a 1.4 cm de longitud y 0.9 a 1.1 cm de ancho y 0.9 a 1 mm de grosor, planas o comprimidas, desnudas; micrópilo diminuto, hilo especializado, generalmente rodeado por un collar apical basal, laetral, subapical: cubierta seminal crustácea, delgada, semipermeable, lisa de color castaño claro a castaño oscuro, lustrosa u opaca. Embrión curvo o doblado, a veces recto o inverso, masivo, color amarillo crema; plúmula presente o ausente, provisto de dos cotiledones subcirculares, planos y carnosos, iguales, enteros en sus caras de

contacto, rectos y libres entre sí; radícula bien desarrollada, curva o doblada, rara vez recta (Niembro, 1980; Niembro *et al.*, 2010) (Figura 17.2).

Análisis de semillas

Procedencia. La semilla para la realización de estas pruebas fue recolectada en el paraje "El Petatillo", Mipio. La Unión, Gro., a 5 m s.n.m. Se obtuvo de árboles con 8 a 10 m de altura y diámetro normal de 15 a 20 cm, de individuos que formaban cercos vivos principalmente. La muestra de trabajo fue 3 kg y fue almacenada por 6 meses a 4 °C antes de la realización de los trabajos.



Figura 17.1. *Gliricidia sepium*. Foto: Manuel Aguilera Rodríguez, Conabio.

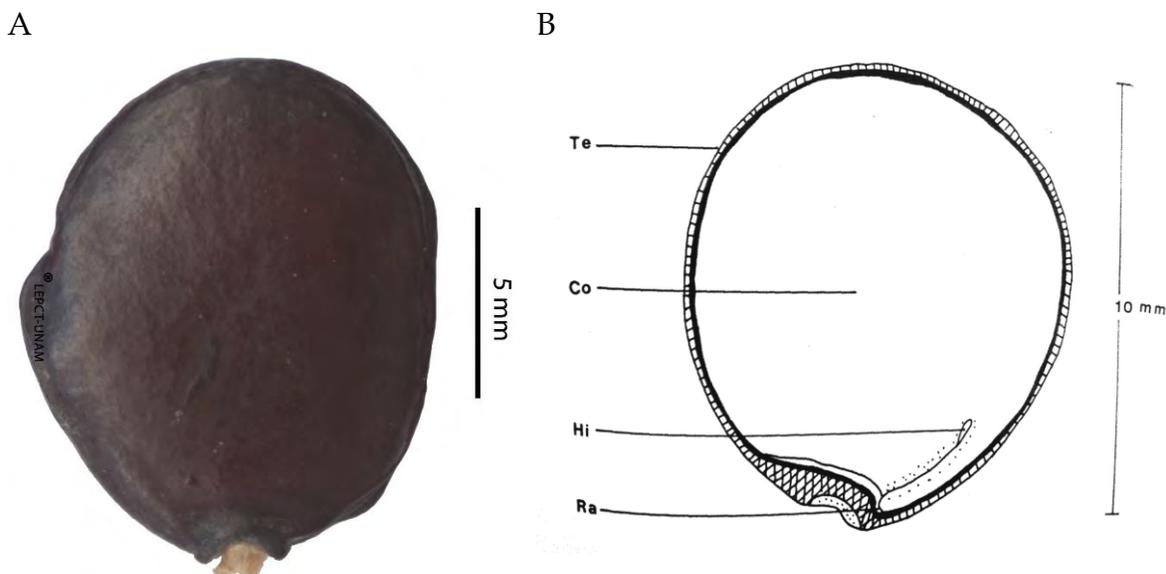


Figura 17.2. Semilla de *G. sepium*. A) Vista externa. B) Corte longitudinal y partes de la semilla de *G. sepium*. Te=testa, Co=cotiledones, Hi=hipocótilo, Ra=radícula Fuentes: A) LEPCT-UNAM, B) Niembro (1980).

Pureza. Se trabajó con semilla limpia, por lo cual este valor fue de 100%.

Peso. Fueron calculadas 5208 semillas kg^{-1} , correspondientes a que 1000 semillas pesan 192 g. Como cualquier especie, hay variabilidad entre procedencias. Niembro *et al.* (2010) señalan 4500 a 11 000 semillas kg^{-1} .

Contenido de humedad. El contenido de humedad, base anhidra, alcanzó 18.2%, mientras que con base en verde tal valor fue de 15%.

Germinación y factores ambientales. Las pruebas de germinación se llevaron a cabo en cámaras de ambiente controlado, con 30 °C constantes y fotoperiodo de 10 h, con luz incandescente y fluorescente. También se realizaron pruebas de germinación en invernadero, donde hubo temperaturas entre 10 y 33 °C.

En las cámaras de ambiente controlado se probaron semillas sin

tratamiento, semillas remojadas en agua al tiempo durante un día o en agua hirviendo para luego dejar remojar por 24 h, así como escarificación mecánica con lija. No se halló diferencia estadísticamente significativa entre tratamientos. En ellos se registró una capacidad germinativa de entre 91.7 y 100% (Figura 17.3) (Arreola, 1995). Para las semillas germinadas en invernadero tampoco se hallaron diferencias significativas. Las capacidades germinativas fueron de entre 47.7 y 58% (Figura 17.3) (Arreola, 1995).

Energía germinativa. Para las condiciones de cámara de ambiente controlado, el 70% de la germinación final (100%), igual a 70%, se alcanzó en 3 días. Pero para las condiciones de invernadero, el 70% de la germinación final (47.7%), igual a 33.4%, se logró en 16 d.

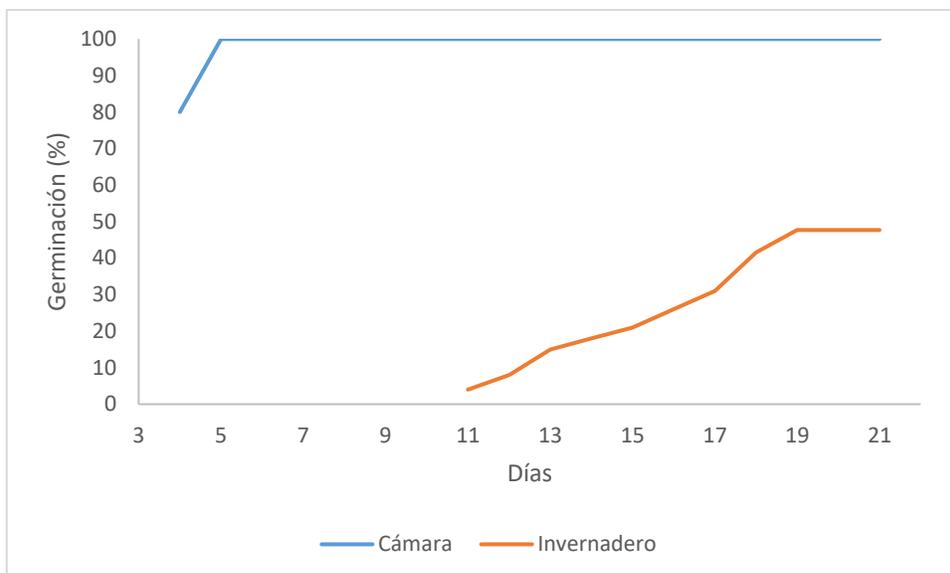


Figura 17.3. Germinación acumulada de *G. sepium* en cámara de ambiente controlado y en invernadero.

Viabilidad. Aunque no se realizó esta prueba, el lote tuvo una viabilidad de 100%, dados los resultados de germinación obtenidos.

Latencia. Aunque se trata de una leguminosa, los resultados del presente estudio evidencian que no hay latencia física, ni de ningún tipo, presente en esta semilla.

Regeneración natural

Dispersión. La dispersión es por gravedad (barocoria).

Tolerancia a la sombra. Es más bien intolerante a la sombra.

Tipo de germinación. Tiene germinación epigea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. A la madurez de la vaina, se corta de los

árboles cuando está café y seca pero antes de la apertura. Esto se hace entre marzo y julio.

Almacenamiento. Aunque la muestra estudiada no presentó latencia física, aparentemente la semilla mantiene su viabilidad por hasta un año si se le guarda en condiciones de cuarto. No obstante, refrigerada (a 4 °C, con 6 a 10% de contenido de humedad de la semilla), puede mantenerse viable hasta por 10 años (Niembro *et al.*, 2010).

Tratamiento previo a la siembra. No hace falta tratamiento alguno.

Siembra. Se recomienda sembrar a 1 cm de profundidad.

Descripción botánica de plántulas. A ocho días de la germinación, alcanzan de 6 a 15 cm de longitud, incluyendo la radícula. Tallo cilíndrico, de 5 a 13 cm de longitud y 3 mm de diámetro

basal; hojas cotiledonares semiredondas u ovadas, verdes, gruesas, de 1.5 a 1.7 cm de diámetro, caen a los 40 días de iniciada la germinación. Tiene de 2 a 3 hojas primarias, alternas, de color verde

claro, de 1 a 2.7 cm de longitud y 0.7 a 2 cm de anchura. Radícula pequeña, de 1.5 a 3 cm de longitud, con numerosas raicillas secundarias (Figura 17.4) (Arreola, 1995).

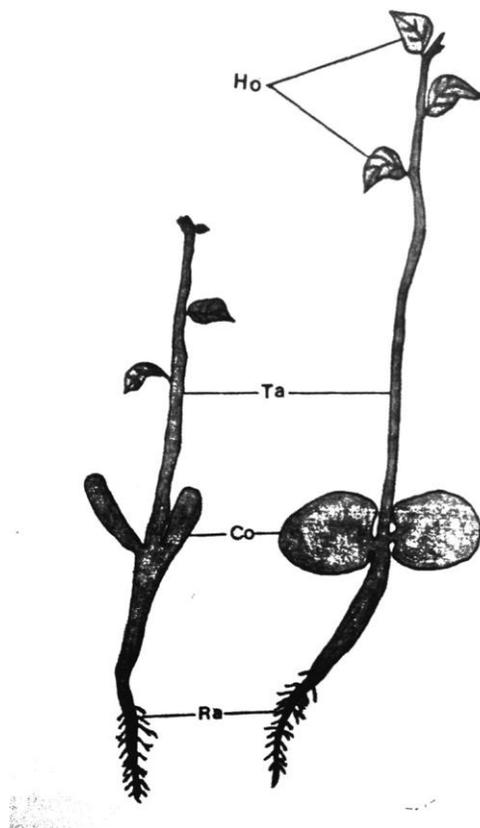


Figura 17.4. Partes de la plántula de *G. sepium*. Ho=hojas, Ta=talluelo, Co=hojas cotiledonares, Ra=radícula (Arreola, 1995).

Literatura citada

- Arreola P., J. A. 1995. Germinación y crecimiento inicial de cinco especies forestales tropicales en vivero. Tesis profesional. Ingeniero Forestal. DICIFO, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 105 p.
- Niembro R., A. 1980. Estructura y Clasificación de Semillas de Especies Forestales Mexicanas. Departamento de Bosques, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx.
- Niembro R., A. 1986. Árboles y Arbustos útiles de México. Limusa, UACH. México. 206 p.
- Niembro R., A., M. Vázquez T., y O. Sánchez S. 2010. Árboles de Veracruz. 100 Especies para la Reforestación Estratégica. Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, Comisión del Estado de Veracruz de la Llave para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución, Centro de Investigaciones Tropicales. México. 255 p.
- Pennington, T. D., y J. Sarukhán K. 2005. Árboles Tropicales de México. UNAM, FCE. México. 523 p.

Guazuma ulmifolia Lam. (Sterculiaceae)

Araceli Lucatero Birrueta, Dante Arturo Rodríguez Trejo, Ranferi Maldonado Torres, Miguel Uribe Gómez

Nombres comunes

A esta especie regionalmente se le denomina con los siguientes nombres: cuahulote (Mor., Gro., Oax., Chis.); cuaulote (Gro.); guácima (Nay.); guácima, guázumo, guásuma, ajillá (Sin.); yaco granadillo, yaco de venado, caolote (Oax.); cuauolotl (náhuatl); ajiyá (guarigía, Son.); ajya (mayo, Son.); aquich (huasteca, S.L.P.); palote negro, parandesicua, uácima (Mich.); zam-mi (chontal, Oax.); nocuana-yana, ya-ana (zapoteca, Oax.); tzuny, tzuyui (Chis.); uiguie (popoluca, Ver.); acashti (totonaca, Ver.); kabal-pixoy, pixoy (maya, Yuc.); Tapaculo, caulote, cuajilote, quacholotl, majagua de toro y tablote son otros nombres.

Breve descripción

Árbol o arbusto, caducifolio, de 2 a 15 m de altura (hasta 25 m), con un diámetro a la altura del pecho de 30 a 40 cm (hasta 70 cm). En algunos casos se desarrolla como arbusto muy ramificado y en otros como un árbol monopódico. Copa abierta, redondeada y extendida (Vázquez *et al.*, 1999). Hojas alternas, simples; láminas de 3 a 13 cm de largo por 1.5 a 6.5 cm de ancho, ovadas o lanceoladas, con el margen aserrado; ápice agudo o acuminado, base truncada a cordada,

verde oscuras y rasposas en el haz y verde grisáceas amarillentas y sedosas en el envés con pelos estrellados cortos, más abundantes en el envés; nervadura pinnada. Tronco más o menos recto, produciendo a veces chupones, frecuentemente ramificado a baja altura (arbusto). Ramas largas muy extendidas, horizontales o ligeramente colgantes. Corteza externa con un grosor de 5 a 12 mm, ligeramente fisurada, desprendiéndose en pequeños pedazos, pardo grisácea. Interna de color amarillento cambiando a pardo rojizo o rosado, fibrosa, dulce a ligeramente astringente. Árbol hermafrodita. Flores en panículas de 2 a 5 cm de largo, flores actinomorfas pequeñas, blancas y amarillas con tintes castaños, con olor dulce fragante, de 5 mm de diámetro; cáliz vellosos de 2 a 3 lóbulos, sépalos verdosos y 5 pétalos de color crema de 1 a 3 mm de longitud. El fruto es una cápsula indehiscente de 3 a 4 cm de largo, dura y leñosa, en infrutescencias de 10 cm, ovoide, 5-valvada, con numerosas protuberancias cónicas en la superficie, morena oscura a negra cuando está madura; olor y sabor dulce. Los frutos permanecen largo tiempo en el árbol y se abren tardíamente en el ápice o irregularmente por poros (Pennington y Sarukhán, 2005; Rodríguez *et al.*, 2009; Niembro *et al.*, 2010) (Figura 18.1).

Distribución

Especie ampliamente distribuida en muchas regiones de México, principalmente en la vertiente del Golfo de México, desde Tamps. hasta Yuc. y Q. Roo, y en la vertiente del Pacífico desde Son. hasta Chis. Se halla en Camp., Col., Chih., Gto., Gro., Hgo., Jal., Méx., Mich., Mor., Nay., Oax., Pue., Qro., S.L.P., Sin., Tab. y Ver. Se extiende hasta América del Sur (noreste de Argentina, Ecuador, Perú, Paraguay, Bolivia, Brasil) y en el Caribe (Vázquez *et al.*, 1999). *Guazuma ulmifolia* habita principalmente en zonas de clima cálido húmedo y sub-húmedo, aunque también está presente en áreas de clima templado sub-húmedo, asociado principalmente al bosque tropical caducifolio, sub-caducifolio y perennifolio, al bosque de pino-encino,

bosque espinoso y vegetación de sabana o pastizales. Generalmente se encuentra en altitudes cercanas al nivel del mar, aunque desarrolla en un rango de altitud de 0 a 1200 m s.n.m., con temperaturas entre 20 y 30 °C y una precipitación anual que oscila de 700 a 1500 mm, abarcando una gran variedad de suelos, desde texturas livianas hasta suelos pesados y con pH superior a 5.5.

En el estado de Morelos, la especie se localiza a la altitud de 1100 a 1350 m s.n.m., en un clima cálido subhúmedo, con un rango de precipitación de 777 a 880 mm, con una temperatura media de 30 °C, en suelos delgados y someros (tipo feozem y rendzina) de origen ígneo y calizo, con topografía plana (Cervantes y Sotelo, 2002).



Figura 18.1. Guácima en Morelos. Foto: Araceli Lucatero B.

Importancia

Prospera muy bien en zonas perturbadas, ya que es una especie pionera y heliófila. Puede presentarse como especie importante de etapas secundarias muy avanzadas, dando la impresión de ser elemento primario. Especie de fácil adaptación, tanto a lugares secos como a húmedos. Dentro de los efectos restauradores, mejora la fertilidad del suelo por la cobertura de hojarasca y controla la erosión ya que estabiliza bancos de arena (Vázquez *et al.*, 1999).

Sus usos son los siguientes. Su madera es ligera y blanda, se usa para elaborar cajas y embalajes, fabricar tableros de partículas, interiores de viviendas y pequeñas embarcaciones. Se recomienda para fabricación de chapa y carpintería en general, postes, muebles, partes de molinos, gabinetes, closets con acabado natural, ebanistería fina, duelas, barriles, hormas para zapato, pisos, lambrín, puertas y ventanas. Tiene un uso artesanal al fabricar artículos torneados, decorativos e instrumentos musicales como violines y tapas de guitarra e implementos agrícolas, mangos de herramientas, culatas de armas de fuego o utensilios domésticos. Otro uso es en la construcción rural y como tutores para la agricultura. El fruto verde mucilaginoso es dulce y se come crudo, molido o seco; los niños los comen como golosina. Con las semillas y frutos maduros se preparan tortillas, atole y pinole. También se puede preparar una bebida machacando el fruto en el agua y por último la flor se considera comestible. Es muy buen combustible, su leña se prefiere por cualidades tales como secado, resistencia a la pudrición,

produce buena brasa, escaso humo, alto poder calorífico (18 600 kJ kg⁻¹), y es capaz de arder aún verde. Además hace buen carbón. A los 3 años de edad produce 204 kg de leña seca. Actualmente se explota para carbón en las Antillas. También cuenta con alta capacidad forrajera, con un contenido de proteína cruda de 16.7, 16.1 y 6.8% en hojas tiernas, hojas maduras y frutos respectivamente; aunado a esto los valores de fibra alcanzan 26.4, 28.1 y 40.3%, en el mismo orden (CATIE, 1991). Estos productos son usados para engorda de ganado bovino, porcino, venados, burros, zarigüeyas y caballos. El fruto sirve de alimento a polluelos y las hojas al gusano de seda. Los frutos molidos constituyen un forraje de alto valor nutritivo. Por su altura, el forraje está disponible sólo cuando el árbol tira la hoja. Si el ganado come los frutos en exceso pueden causarle obstrucción intestinal.

A menudo se planta como árbol de sombra en calles, terrenos de cultivo y pastizales. Entre los animales domésticos y silvestres que utilizan esta especie como alimento y refugio destacan: ardilla, perico, mono, loro, coyote, venado cola blanca, perezoso, caballo, cerdo, etc. También se usa como cerca viva, barrera rompevientos y ornamental. Industria: Producen fibras fuertes que se usan para hacer sogas y cordeles. El cocimiento de la corteza, el jugo o los frutos macerados en agua, se utilizan para clarificar jarabes en la manufactura del azúcar de caña, cuando se hace la melaza. También cuenta con propiedades medicinales: astringente, emoliente, refrigerante, sudorífica, estomáquica, antiulcerogénica, antioxidante, depurativa, diaforética,

citotóxica, pectoral, antifúngica, antiamebiana, antibacteriana e hipocolesterolémica. Los frutos se usan contra las inflamaciones, disentería, erupciones cutáneas, diarrea y enfermedades del riñón (Vázquez *et al.*, 1999). Las hojas y corteza son un antiespasmódico y ayudan ante: retención de orina, afecciones pectorales, dolor de abdomen, catarro y caída de cabello. También son un antipirético, antibiótico, antidiabético, antiinflamatorio, antiséptico, y purgante. La corteza, hojas, brotes tiernos, raíz y frutos, todas ellas se usan para curar llagas, sífilis, tos, paludismo, inapetencia y afecciones epiteliales; se usan también para contrarrestar la fiebre, gripa, vómito, diabetes, gastritis, reumatismo, elefantiasis y como desinfectante. A nivel cutáneo en erupciones, dermatitis y heridas leves se utiliza la infusión de esta planta como té o aplicando directamente la savia. El mucílago se puede untar en contusiones. Ayuda en los problemas de próstata y se usa como un estimulante uterino para acelerar el parto (Argueta, 1994). Los extractos de las hojas y corteza han demostrado clínicamente actividad antibacteriana y antifúngica contra numerosos patógenos (Vázquez *et al.*, 1999). Su néctar es valioso para la producción de miel de alta calidad.

La semilla molida se usa para saborizar el chocolate. También se consume tostada como el café. Las semillas contienen un 50% de aceite no secante, muy apropiado para la industria alimentaria. En grandes cantidades produce obstrucción intestinal. El aceite de la semilla se usa en la fabricación de jabones. Finalmente, otro uso es el

ceremonial, en el cual se utiliza toda la planta.

En sistemas agroforestales, hay tres combinaciones posibles para esta especie: árboles con cultivos (árboles dispersos, intercalados, sombra, nodriza, cultivos secuenciales, en callejones), árboles en rodales compactos (bosques de producción de madera, energéticos, bancos de forraje) y árboles para protección (cercos vivos, cortinas rompevientos, árboles en contorno, barreras vivas, estabilización o recuperación de suelo, protección de cauces y nacimientos). Su uso más extendido es en cercas vivas y como árboles dispersos o grupos de árboles en potreros con el objetivo de producir sombra para ganado en combinación con la producción de leña y forraje (CATIE, 1991).

Floración y fructificación

Florece casi todo el año, especialmente de abril a octubre. La fructificación se presenta de junio a marzo; las semillas se encuentran durante casi todo el año, pero en especial entre enero y marzo (Cervantes y Sotelo, 2002; Rodríguez *et al.*, 2009).

Descripción de la semilla

Se hallaron entre 40 a 80 semillas pardas por fruto. Niembro *et al.* (2010) y Rodríguez *et al.* (2009), mencionan que son de forma obovoide, color café claro, con 2 a 3.8 mm de longitud y 1.8 a 2 mm de grosor (Figura 18.2). Cubierta seminal cartilaginosa, maculada y cubierta por papilas grisáceo-rojizas. Esta especie presenta cantidades diversas de endospermo duro y blanquecino. Embrión con los cotiledones expandidos, foliáceos,

desiguales, supervolutos, enrollados alrededor del eje hipocótilo-radícula.

Análisis de semillas

Procedencia. Las semillas con las cuales se hicieron pruebas fueron obtenidas del ejido los Sauces, en Tepalcingo, Morelos., entre 1300 y 1500 m s.n.m. Fueron recolectadas de 15 árboles.

Pureza. Fue registrada una pureza de 92%.

Peso. Se determinaron 158 730 semillas kg^{-1} , es decir, 1000 simientes pesan 6.27 g. Otras fuentes (Catie, 1991; Vázquez *et al.*, 1999; Cervantes y Sotelo, 2002; Niembro *et al.*, 2010), puntualizan valores de entre 100 000 a 239 000 semillas kg^{-1} , esto es 10.000 a 4.184 g por 1000 semillas, en el mismo orden.

Germinación y factores ambientales. Para las pruebas de germinación se utilizó tanto cámara de ambiente controlado como un invernadero. En las cámaras se tuvo un termoperiodo de 25/20 °C día/noche, con un fotoperiodo de 12 h, con luz fluorescente e incandescente.

En laboratorio, el testigo tuvo una germinación de 2%, en tanto que el tratamiento de inmersión en agua caliente (85 °C) por 2 min y remojo en agua al tiempo, arrojó una capacidad germinativa de 80.8%. En almácigo dentro de invernadero, se tuvo una capacidad germinativa de 84% (Figuras 18.2 y 18.3) (Lucatero, 2012).

Vázquez *et al.* (1999), señalan como tratamiento pregerminativo el sumergir las semillas en agua a 100 °C

por 10 min, después en agua fría corriente por 24 h y luego lavarlas a mano para eliminar el mucílago. De esta forma alcanzaron 77% de capacidad germinativa (con luz) y 94% (en sombra). Por su parte, Cervantes y Sotelo (2002) recomiendan remojo en agua caliente a 75°C por 6 min, y remojar en agua a temperatura ambiente por 24 h (Cervantes y Sotelo, 2002), alcanzándose 80% de germinación. Otro tratamiento es colocarlas durante 2 a 4 min en agua a 86-90°C (Hernández *et al.*, 2001), que produce 72% de capacidad germinativa. Sin embargo, Niembro *et al.* (2010) apuntan que se puede mantener una capacidad germinativa de 40% luego de 4 años de almacenamiento, a 5 °C y con 10% de contenido de humedad seminal.

Viabilidad. Con la prueba de flotación, la viabilidad registrada alcanzó 81%, en tanto que con la prueba de tetrazolio fue igual a 77%.

Latencia

La semilla de la especie tiene latencia física. En Vázquez *et al.* (1999) señalan que, al paso de la semilla por el tracto digestivo del ganado, se ve escarificada y germina.

Regeneración natural

Dispersión. Esta especie se dispersa por mamiferocoria y ornitocoria, pero también por barocoria. El ganado y posiblemente los caballos también ayudan a dispersar la semilla (Rodríguez *et al.*, 2009; Vázquez *et al.*, 1999).



Figura 18.2. Semilla de *G. ulmifolia* en proceso de germinación. Foto: Araceli Lucatero B.



Figura 18.3. Plántulas de guácima en bolsa. Foto: Araceli Lucatero B.

Banco de semillas. Debido a su latencia física, es posible que forme parte de bancos de semillas.

Tolerancia a la sombra. Los trabajos de Vázquez *et al.* (1999), dejan ver que la semilla puede germinar tanto a la luz como a la sombra.

Tipo de germinación. Esta semilla tiene una germinación epigea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Los frutos maduros (cuando adquieren un color moreno oscuro) se pueden recolectar directamente del árbol (Niembro *et al.*, 2010) o del suelo. De acuerdo con Cervantes y Sotelo (2002), esta actividad debe ser llevada a cabo entre los meses de enero a marzo, si bien para el presente trabajo se observó que se produce semilla gran parte del año.

Beneficio. Recolectados los frutos se trasladan al vivero en costales de yute. Ahí se dejan en arneros de madera o sobre lonas por 5 días para que se sequen. Después son macerados con un mortero de madera y pasados por tamices para eliminar impurezas. Entonces lavan con agua para retirar el mucílago y se dejan secar (Niembro *et al.*, 2010). De 1 kg de frutos secos se

pueden obtener 100 g de semillas (Vázquez *et al.*, 1999).

Almacenamiento. La literatura presenta datos variables sobre el almacenamiento de esta especie. Cervantes y Sotelo (2002), señalan que tiene buen potencial para ser almacenada a largo plazo, según una prueba de emergencia en semilla almacenada por 8 años en condiciones naturales, que arrojó 95% de viabilidad. En contraparte, en CATIE (1991) se apunta que la semilla debe ser almacenada en recipientes sellados y en lugares frescos hasta por un año, aunque también es recomendable almacenar en cámaras frías a una temperatura de 5 °C para mantener su viabilidad por más tiempo.

Tratamiento previo a la siembra. Se debe realizar la escarificación a la semilla para que pueda germinar. Entre los tratamientos recomendados están: inmersión en agua a 100 °C durante 10 min y luego 24 h en agua al tiempo y lavar las semillas y retirar el mucílago; e inmersión durante 2 min en ácido sulfúrico (H₂SO₄) concentrado y lavado con agua destilada.

Siembra. Se recomienda sembrar superficialmente o a 1 cm de profundidad.

Literatura citada

Argueta-Villamar, A. (coord.). 1994. Atlas de las Plantas de la Medicina Tradicional Mexicana. Tomos I, II y III. Instituto Nacional Indigenista. México. D. F.

CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 1991. Guácimo, *Guazuma ulmifolia* Lam., especie de árbol de uso múltiple en América Central. Informe Técnico No 65. Consultado en junio de 2011.

http://herbaria.plants.ox.ac.uk/adc/downloads/capitulos_especies_y_guazuma_ulmifolia.pdf

anexos/

Cervantes S., M. A., y M. E. Sotelo B. 2002. Guías Técnicas para la propagación sexual de 10 especies latifoliadas de selva baja caducifolia en el estado de Morelos. Publicación especial No 30. INIFAP-SAGARPA. Campo Experimental “Zacatepec”, Morelos, México.

Hernández-Vargas, G., L. R. Sánchez-Velásquez, y F. Aragón. 2001. Tratamientos pregerminativos de cuatro especies arbóreas de uso forrajero en la Selva baja caducifolia de la Sierra de Manantlán. *Foresta veracruzana* 1(3): 9-15

Lucatero B., A. 2012. Tratamiento pregerminativo y producción en invernadero de planta de calidad de *Eysenhardtia polystachya* y *Guazuma ulmifolia*. Tesis de Maestría en Ciencias. Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible. UACH. México. 76 p.

Niembro R., A., M. Vázquez T., y O. Sánchez S. 2010. Árboles de Veracruz. 100 Especies para la Reforestación Estratégica. Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, Comisión del Estado de Veracruz de la Llave para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución, Centro de Investigaciones Tropicales. México. 255 p.

Pennington, T. D., Sarukhán K., J. 2005. Árboles Tropicales de México. UNAM, FCE. México. 523 p.

Rodríguez V., J., P. Sinaca C., y G. Jamangapé G. 2009. Frutos y Semillas de Árboles Tropicales de México. Semarnat, INE. México. 119 p.

Vázquez-Yanes, C., A. I. Batis-Muñoz, M. I. Alcocer-Silva, M. Guadalupe-Díaz, y C. Sánchez-Dirzo. 1999. Árboles y Arbustos Nativos Potencialmente Valiosos para la Restauración Ecológica y la Reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO e Instituto de Ecología, UNAM, México, D.F. En: *Guazuma ulmifolia* Lam. Consultado el 8 de Julio 2011. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/66sterc1m.pdf
Guazuma ulmifolia Lam. Consultado el 15 de Junio 2011. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/

Jatropha curcas L. (Euphorbiaceae)

Casimiro Ordoñez Prado, Hugo Ramírez Maldonado, Francisco Alberto Domínguez Álvarez

Nombres comunes

Cuauyohuachtli (náhuatl), nacuala (Chis.), najuala (Chis.), ni-in (maya), piñoncillo (Oax., Ver., Chis.), piñón (Chis.), piñón de Indias, piñón purgante, sangregado, sangregado (Sin.), vico (Oax.), entre otros (Martínez, 1987, Niembro, 1986).

Breve descripción

Árbol pequeño de hasta 6 m de altura, caducifolio, monoico, con hojas ovadas, a veces levemente lobadas, ampliamente cordadas en la base, con 10 a 25 cm de largo y 9 a 15 cm de ancho (Niembro, 1986). Flores pequeñas, amarillas, unisexuales, cáliz y corola bien diferenciados en las flores de ambos sexos. Corola con cinco pétalos. Fruto capsular, de 4 cm de longitud, ovoide, café (Aguilar y Zolla, 1982; Rzedowski y Rzedowski, 1985; Van der Putten *et al.*, 2009). Normalmente el fruto contiene tres semillas (Figura 19.1).

Distribución

Jatropha curcas se halla en Chis., Hgo., Jal., Mich., Oax., Sin., Ver., Yuc. (Aguilar y Zolla, 1982). Es originaria de y se distribuye de manera natural en América Central. Se ha plantado en varias partes del mundo. Se cultiva en varias regiones tropicales de México. Existe polémica de si también se

originó en otras regiones del planeta, como África.

Importancia

La especie es utilizada para sombra y como ornamental en patios y jardines. El alcaloide curcina está presente en sus semillas y les confiere alta toxicidad, a pesar de que tienen un sabor agradable. Dicho agente también es co-carcinogénico. Sin embargo, al parecer cuando se tuestan las semillas pierden su toxicidad. Comer dos o tres de ellas crudas produce un efecto purgante. Si se comen más ocasionan vómito y diarrea y puede resultar mortal, en especial para niños (Aguilar y Zolla, 1982, González, 1984, Niembro, 1986). No obstante, hay ecotipos que son poco o nada tóxicos (Ortiz, 2012).

Las semillas contienen 25 a 40% de aceite color amarillo, que se extrae aplicando presión. En algunos sitios el aceite se emplea con propósitos de iluminación, como lubricante y para fabricar jabones y pinturas. Las hojas tienen propiedades estupefacientes, molidas se arrojan a los ríos y atontan a los peces, lo cual facilita poder atraparlos. También tienen propiedades medicinales. El jugo que mana del tronco sirve para ayudar a coagular la sangre de heridas (González, 1984, Niembro, 1986).

Esta especie resiste sequía y suelos pobres, así como plagas y enfermedades. Por ello tiene potencial para trabajos de restauración. Sin embargo, el mayor uso que se le está dando a la especie es al aceite de sus semillas, como combustible. Dicho aceite tiene buenas características para la combustión directa en motores de encendido por compresión, por lo que se emplea para la producción de biodiesel. Asimismo, el aceite puede servir de base para la fabricación de jabón. La torta residual al prensado de la semilla es un buen fertilizante, pero además puede ser usada para la producción de biogás (Van der Putten *et al.*, 2009, JBX, 2014).

Floración y fructificación

En Veracruz se ha observado fructificación en agosto-septiembre. En plantaciones comerciales bajo condiciones ambientales óptimas (elevadas radiación solar, temperatura y precipitación), la floración puede comenzar a observarse a partir de los tres a seis meses posteriores a la siembra y se extiende por tres meses. Durante su proceso de maduración el fruto primero es verde, luego amarillo y finalmente se seca y se torna color marrón (Jan Franken y Nielsen, 2009).

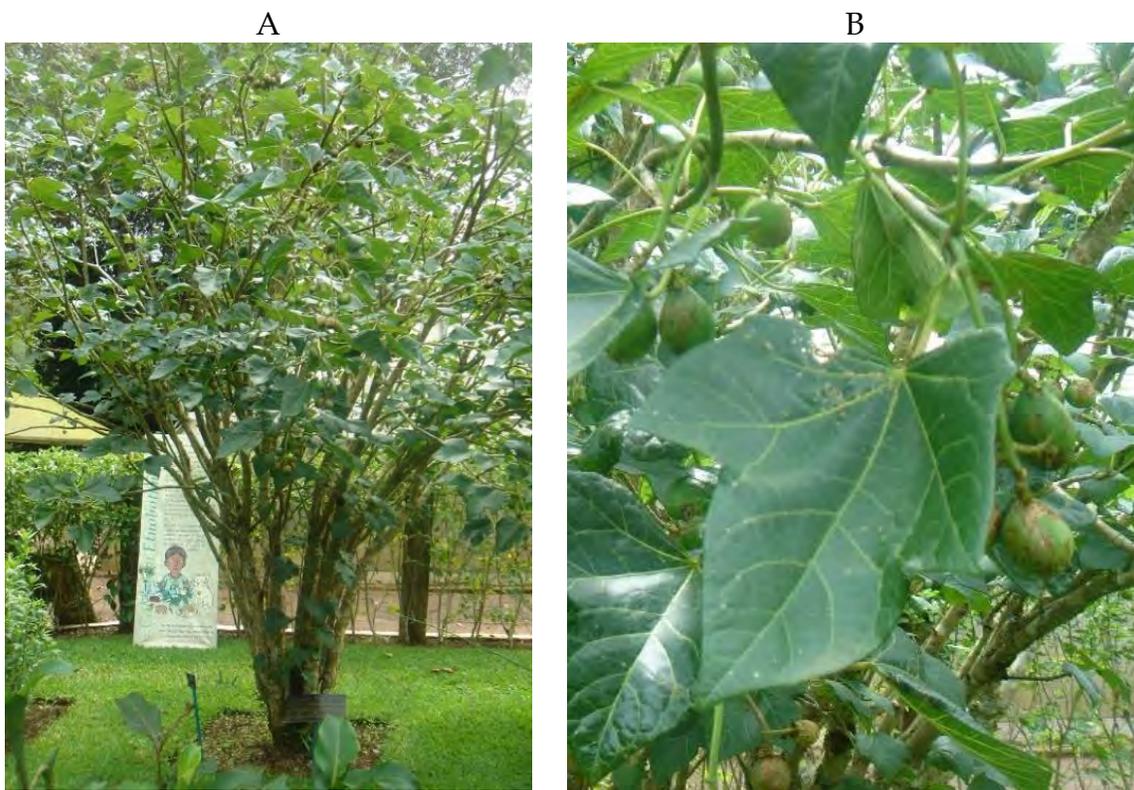


Figura 19.1. A) Árbol joven de *Jatropha curcas*. B) Detalle de hojas y frutos. Fotos: DART, Jardín Botánico de Xalapa, Ver. 2014.

Descripción de la semilla

Semillas de 15 a 22 cm de longitud, con la carúncula (pequeña excrescencia del lado del hilo, formada por los tegumentos) típica de la familia (Moreno, 1984, Sánchez, 1984, Rzedowski y Rzedowski, 1985). Van der Putten *et al.* (2009), refieren promedios para longitud, anchura y grosor, de 18, 12 y 10 mm, respectivamente (Figura 19.2). Su

cubierta seminal es café, pero el endospermo es blanco.

Análisis de semillas

Procedencia. La semilla para estas pruebas fue recolectada en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Al momento de las pruebas en laboratorio, ya tenía varios meses de recolectada.

Pureza. Se trabajó con semilla limpia, la pureza obtenida fue igual a 99.4%.



Figura 19.2. Semilla de *J. curcas*. Laboratorio de Semillas Forestales, Dicifo. Foto: DART, 2014.

Peso. Le fue determinado a este lote un peso de 1480 semillas kg^{-1} , es decir, 1000 semillas pesan 675.7 g. Van der Putten *et al.* (2009) consignan 1333 semillas kg^{-1} .

Contenido de humedad. El contenido de humedad base en seco alcanzó 29.4%, mientras que con base en fresco fue de 22.7%. Zavala *et al.* (2015) refieren 36.4 y 42.7% (base en fresco) para esta variable durante la madurez fisiológica en dos etapas de fructificación diferentes para un

cultivar. Para las semillas secas se refiere un contenido de humedad igual a 7%, así como un contenido promedio de aceites que alcanza 34% (Van der Putten *et al.*, 2009).

Germinación y factores ambientales.

Las pruebas de germinación se realizaron en cámaras de ambiente controlado, en el Laboratorio de Semillas Forestales de la Dicifo, UACH. Las cámaras fueron programadas para un régimen día/noche de 30/25 °C, con un fotoperiodo de 12 h.

La prueba de germinación fue llevada a cabo con cuatro repeticiones de 100 semillas cada una, obteniéndose un

promedio de capacidad germinativa igual a 35% para este lote, al cabo de 33 días (Ordóñez, 2012).

Desde el inicio de la germinación emite una raíz principal, así como raíces periféricas (Figura 19.3).

Viabilidad. Con la prueba de flotación en agua se obtuvo una viabilidad de 100%. No obstante, por la cantidad de aceites con que cuenta la semilla y que incrementan su flotabilidad, esta prueba pudiera no ser la más precisa para estimar la viabilidad.

Latencia

No se observó latencia en la semilla.



Figura 19.3. Semilla de *J. curcas* en germinación. Nótense las raíces periféricas en varias semillas. Foto: DART, Laboratorio de Semillas Forestales, Dicifo, 2014.

Regeneración natural

Dispersión. La semilla se dispersa por gravedad. En las poblaciones donde no es tóxica la semilla, algunas aves y mamíferos pueden ayudar con la dispersión al alimentarse del fruto. Sin embargo, para poblaciones con semilla tóxica pudiera tratarse de fauna especializada.

Banco de semillas. Al parecer no forma bancos de semillas debido a su corta longevidad.

Tolerancia a la sombra. Durante los primeros dos meses en vivero, puede proporcionarse sombra con malla sombra o con árboles existentes ahí, pero para que eventualmente florezcan con calidad es mejor tener las plantas bajo luz solar plena. Es interesante hacer notar que el secado de la semilla debe hacerse a la sombra, pues si se hace bajo radiación solar directa se reduce su viabilidad (Jan Franken y Nielsen, 2009, Rijssenbeek y Galema, 2009).

Tipo de germinación. Esta semilla tiene una germinación epígea. Una característica interesante al inicio de la germinación, es que emite la radícula ya ramificándose (Figura 19.3).

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Se recomienda recolectar la semilla

cuando está fisiológicamente madura, es decir cuando acumula su mayor peso seco. Esto sucede cuando el fruto está amarillo (Zavala *et al.*, 2015).

Almacenamiento. El almacenamiento puede ser para siembra o para la producción de aceite. En este último caso se deberá tener más cuidado con las condiciones del ambiente de almacenaje. En condiciones del trópico, debido a su alto contenido de aceites y a que se trata de una semilla recalcitrante, al cabo de 15 meses su capacidad germinativa se reduce a 50%. Es conveniente almacenar la semilla en condiciones oscuras y frescas, a 20 °C, previa reducción de su contenido de humedad hasta 5-7%. Entonces se mantendrá viable por un año. En condiciones normales mantienen su viabilidad únicamente por 7 a 8 meses (Rijssenbeek y Galema, 2009).

Tratamiento previo a la siembra. No requiere tratamientos previos. Solamente si va a ser almacenada la semilla su contenido de humedad debe ser reducido a entre 5 y 7% (Rijssenbeek y Galema, 2009).

Siembra. La siembra puede hacerse en campo o en vivero, a 2 cm de profundidad, pero se recomienda que la parte redondeada de la semilla vaya hacia arriba y que la punta blanca (carúncula) vaya hacia abajo (Jan Franken y Nielsen, 2009).

Literatura citada

Aguilar Contreras, A., y C. Zolla. 1982. Plantas Tóxicas de México. IMSS. México. 271 p.

González de Cosío, M. 1984. Especies Vegetales de Importancia Económica en México. Ed. Porrúa. México. 305 p.

- Jan Franken, I., y F. Nielsen. Establecimiento y manejo de plantaciones. *In: Fuels From Agriculture in Communal Technology. Manual de *Jatropha*. Fuels From Agriculture in Communal Technology. Holanda. pp. 15-42.*
- JBX (Jardín Botánico de Xalapa). 2014. Cédula de *Jatropha curcas* L.
- Martínez, M. 1987. Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas. F. C. E. México. 1247 p.
- Moreno, N. P. 1984. Glosario Botánico Ilustrado. INIREB, CECSA. México. 300 p.
- Niembro Rocas, A. 1986. Árboles y Arbustos Útiles de México. Limusa. México. 206 p.
- Ordóñez P., C. 2012. Crecimiento y producción de semilla en plantaciones de *Jatropha curcas* L. en Chiapas y Yucatán. Tesis de Maestría en Ciencias. Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Dificio, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 31 p.
- Ortiz Calderón, A. L. 2012. Composición química de jarofa (*Jatropha curcas*) tóxica, no tóxica y detoxificada, y efectos de su consumo sobre parámetros nutricionales y tóxicos en pollos. Tesis de Maestría en Ciencia y Tecnología de Alimentos. Programa de Posgrado en Alimentos del Centro de la República, Facultad de Química, Universidad Autónoma de Querétaro. Querétaro. 71 p.
- Rijssenbeek, W., y T. Galema. 2009. Cosecha. *In: Fuels From Agriculture in Communal Technology. Manual de *Jatropha*. Fuels From Agriculture in Communal Technology. Holanda. pp. 43-55.*
- Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski, 1985. Flora Fanerogámica del Valle de México. Vol. II. I. P. N., Instituto de Ecología. México. 674 p.
- Sánchez Sánchez, O. 1984. La Flora del Valle de México. Ed. Herrero. México. 519 p.
- Van der Putten, E., Y. J. Franken, y J. de Jongh. 2009. Datos generales de la *Jatropha*. *In: Fuels From Agriculture in Communal Technology. Manual de *Jatropha*. Fuels From Agriculture in Communal Technology. Holanda. pp. 7-14.*
- Zavala Hernández, J. T., L. Córdova Téllez, J. Martínez Herrera, y J. C. Molina Moreno. 2015. Desarrollo del fruto y semilla de *Jatropha curcas* L. e indicadores de madurez fisiológica de la semilla. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38(3): 275-284.

Juniperus L. (Cupressaceae)

Dante Arturo Rodríguez Trejo, Edgar Fernando Vázquez Soto

Nombres comunes

Las especies de este género reciben nombres como enebro, táscate, tláxcatl, cedro, cedrillo, sabino, junípero y nebrito (Rzedowski, 1978; Espinosa, 1981; observaciones personales).

Breve descripción

Aquí se utiliza la descripción genérica para las especies del valle de México, por Espinosa (1981). Árboles o arbustos siempre verdes, con 0.5 a 20 m o más de altura, tronco con diámetro de algunos centímetros hasta 1 m; corteza de consistencia, espesor y aspecto variables; hojas escuamiformes, de forma y tamaño variables, pueden llevar en el dorso una glándula con líquido resinoso; plantas generalmente dioicas; las flores masculinas constan de ocho escamas delgadas que se insertan en un eje para formar una inflorescencia oval u oblonga de unos 5 mm, color amarillento o naranja, en el extremo de las últimas ramillas; las flores femeninas son escamas dispuestas en roseta, solitarias, en ramillas laterales.

Especies en México

Se reconocen 27 taxa en México (Gernandt *et al.*, 2014) (Figura 20.1):

J. angosturana R. P. Adams

J. arizonica (R. P. Adams) R. P. Adams

J. ashei J. T. Buchholz var. *ovata* R. P. Adams

J. blancoi Martínez var. *blancoi*

J. blancoi var. *huehuentensis* R. P. Adams, S. González *et* M. González Elizondo

J. blancoi Martínez var. *mucronatum* R. P. Adams

J. californica Carrière

J. coahuilensis (Martínez) Gausson *ex* R. P. Adams

J. comitana Martínez

J. deppeana Steud. var. *deppeana*

J. deppeana Steud. var. *pachyphlaea* (Torr.) Martínez

J. deppeana Steud. var. *sperryi* Correll

J. deppeana Steud. var. *zacatecensis* Martínez

J. durangensis Martínez var. *durangensis*

J. durangensis Martínez var. *topiensis* R. P. Adams *et* S. González

J. flaccida Schltdl. var. *flaccida*

J. flaccida Schltdl. var. *poblana* Martínez

J. gamboana Martínez

J. jaliscana Martínez

J. martinezii Pérez de la Rosa

J. monosperma (Engelm.) Sarg.

J. monticola Martínez

J. pinchotii Sudw.

J. saltillensis M. T. Hall

J. scopulorum Sarg.

J. standleyi Steyererm.

J. zanonii R. P. Adams

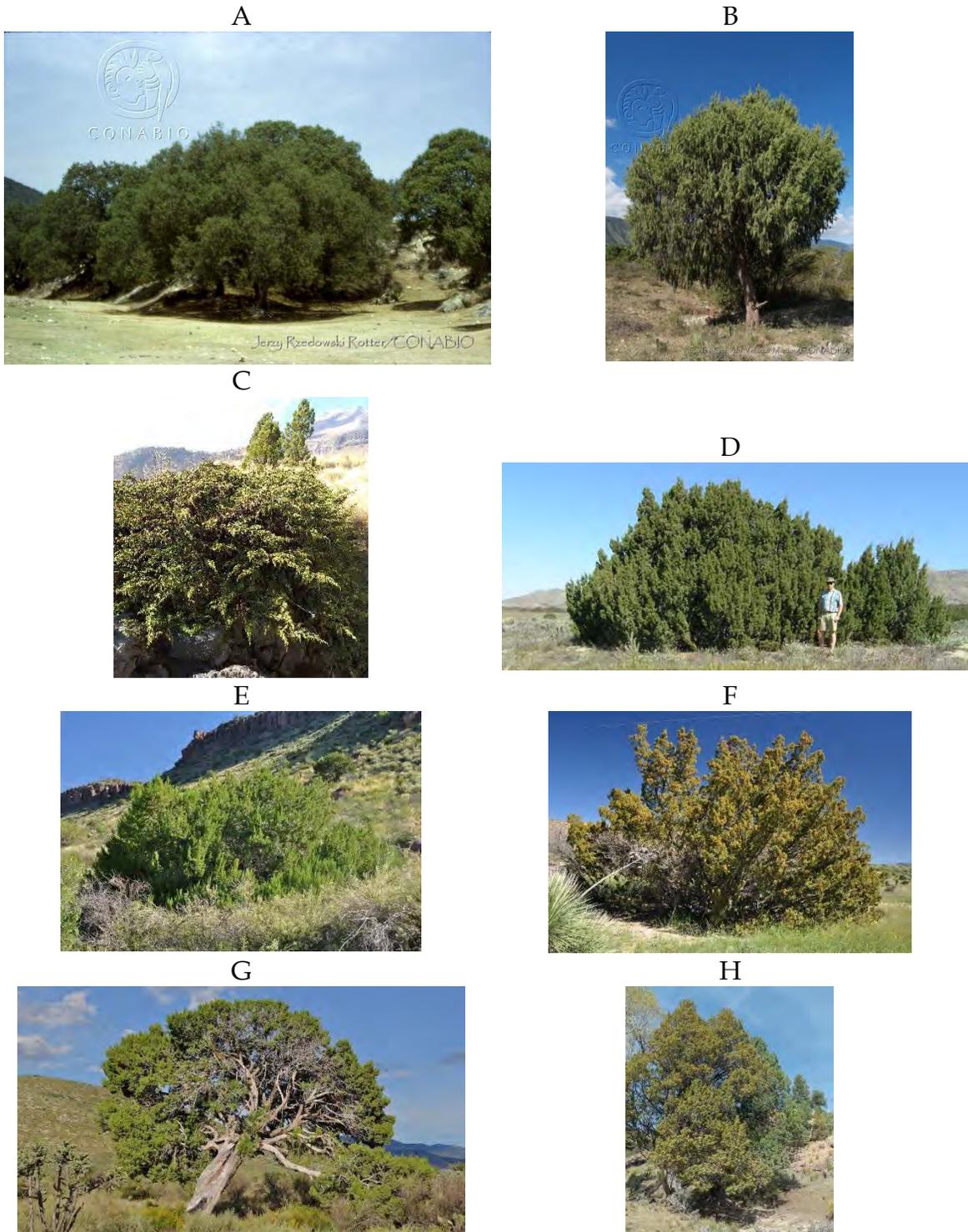


Figura 20.1 Algunos *Juniperus* de México. A) *J. deppeana*, B) *J. flaccida*, C) *J. monticola* f. *compacta*, D) *J. californica*, E) *J. coahuilensis*, F) *J. pinchotii*, G) *J. saltillensis*, H) *J. scopulorum*. Fotos: A) Jerzy Rzedowski Rotter/Conabio, B) Carlos Gerardo Velazco Macías/Conabio, C) DART, D) C. J. Earle, CA, 2004, E) J. Bisbee, TX, 2014, F) J. Bisebee, TX, 2014, G) J. Bisbee, N. L., 2014, H) C. J. Earle, UT, 2017. D)-E), TGDB, 2021.

Distribución y ecología

Las especies de *Juniperus* forman matorrales o bosques bajos, de 4 a 15 m de altura, a baja densidad, sobre suelos profundos al pie de las serranías (aunque también sobre suelos delgados y pedregosos) en climas templados o fríos, como transición entre pastizales, matorrales xerófilos o bosques tropicales caducifolios, y pinares o encinares, incluso oyametales. Se halla desde B. C. y Tamps. hasta Chis., sobre diversas condiciones ecológicas. Habitan desde zonas frías de alta montaña, a templadas y semihúmedas, a semiáridas, en especial las transiciones entre estas dos últimas (Rzedowski, 1978; Miranda y Hernández-Xolocotzi, 2014; Miranda, 2014). En las Sierras de Juárez y de San Pedro Mártir, B. C., se halla *J. californica*; en la Sierra Madre Occidental, *J. mexicana* y *J. monosperma*; esta última también habita la vertiente oeste de la Sierra Madre Oriental. *J. flaccida* se encuentra en S. L. P., Jal., Mich., Edo. de Méx., Mor., Hgo., Pue., Gro. y Oax. (Rzedowski, 1978). Muy difundida está *J. deppeana*, en la Sierra Madre Occidental y en el Eje Volcánico Transversal. En la franja entre Perote, Ver. y Apizaco, Tlax., cubre importantes extensiones (Rzedowski, 1978; Rodríguez-Trejo *et al.*, 1984). En la Sierra de Pachuca, *J. monticola* forma matorrales densos, una etapa sucesional que culmina con el oyametal, en tanto que *J. monticola* f. *compacta*, se halla sobre rocas, sobre el límite arbóreo (Rzedowski, 1978). Esta

última también se ve en: Parque Iztaccíhuatl-Popocatepetl, Ajusco (CDMX), Tláloc (Edo. de Méx.) y Cerro de San Miguel (Parque Desierto de los Leones, CDMX), entre otros sitios. Enebros como *J. ashei* tienen propiedades alelopáticas que afectan a pastos como *Bouteloua curtipendula* Torr. Young y Bush (2009) identificaron productos alelopáticos en detritos de follaje frescos, que ya no se observaron en detritos viejos. Se hallaron productos como alcanfor y limoneno, que presentes en los extractos de follaje fresco, redujeron la germinación del pasto de 29.6 a 13.2%.

Importancia

Madera de calidad para elaborar lápices (com. pers. Maximino Rodríguez Aguilar, aprox. 1982), pero por sus cortas dimensiones y relativa escasez, se usa más localmente (Rzedowski, 1978), para construir viviendas rurales, muebles coloniales, carbón (para asar carne) y aromatización de la ginebra, entre otros (Niembro *et al.*, 2010).

Descripción de frutos y semillas

Aquí se dan las características para frutos y semillas de especies del valle de México. Las de otras especies están en el Cuadro 20.1 (ver Figuras 20.2 y 20.3). Conos esféricos u ovales, gibosos e irregulares, 4 a 20 mm de diámetro, pedúnculos cortos, escamosos. Semillas en número variable, amarillentas, blanquecinas o café oscuras (Espinosa, 1981).



Figura 20.2. Conos de algunos *Juniperus* mexicanos. A) *J. deppeana*, B) *J. flaccida*, C) *Juniperus monticola*, D) *J. californica*, E) *J. coahuilensis*, F) *J. pinchotii*, G) *J. saltillensis*, H) *J. scopulorum*. Fotos: A) DART, valle de México, B) Carlos Gerardo Velazco Macías/Conabio, C) Oswaldo Téllez Valdés/Conabio, D) C. J. Earle, 2002, E) J. Bisbee, TX, 2014, F) J. Bisebee, TX, 2014, G) J. Bisbee, N. L., 2014, H) C. J. Earle, 2015. D)-E) ampliadas de TGDB 2021.

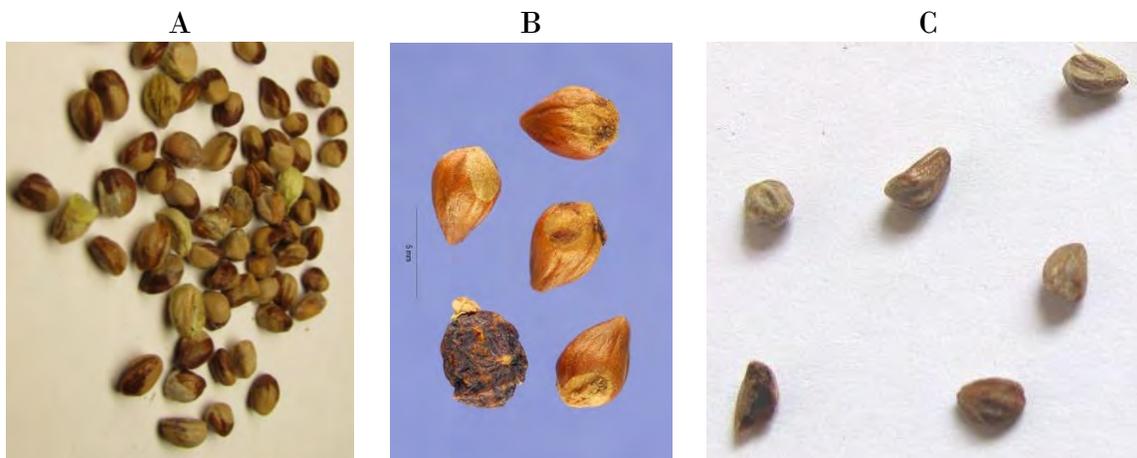


Figura 20.3. Semillas de algunos *Juniperus* de México. A) *J. deppeana*, B) *J. monosperma*, C) *J. scopulorum*. Fotos: <https://sheffields.com/>

Análisis de semillas

Peso. Se han registrado de 13 730 semillas kg^{-1} (*J. deppeana*) hasta 92 830 semillas kg^{-1} (*J. scopulorum*) (Cuadro 20.1).

Contenido de humedad. Se recomienda 10-12% como contenido de humedad para almacenar semillas de *Juniperus* norteamericanos (Young y Young, 1992).

Germinación y factores ambientales. Después de vencer, en mayor o menor medida, las diferentes latencias en las especies de este género se han tenido resultados muy variados entre y dentro de las especies, en una gama de 5 a 79%. A veces no se consigue la germinación y la capacidad germinativa es baja. La selección de la semilla y los tratamientos pregerminativos, mejoran la germinación (ver subtítulo de tratamientos pregerminativos).

Energía germinativa. Debido a la lenta y baja germinación de la mayoría de las especies, su energía germinativa es pobre normalmente. En un estudio en Oaxaca, con *J. flaccida*, se tuvo una energía germinativa de 50 días, para alcanzar 50% de germinación (Martínez *et al.*, 2006).

Viabilidad. Varía entre 10 a 80%. Se halló 47% para *J. ashei* (Owens y Schliesing, 1995).

Latencia

Diferentes especies de *Juniperus* tienen germinación lenta (o no germinan) debido a: cubiertas seminales impermeables, embriones inmaduros, latencia del embrión o a causa de la presencia de inhibidores (Chambers *et al.*, 1999). Lo anterior representa evidencia de una gama de latencias en el género, respectivamente: física, morfológica, fisiológica y química, que pueden presentarse individualmente o en combinación.

Cuadro 20.1. Características de conos y semillas de varias especies mexicanas de *Juniperus*.

| Especie | Conos/maduración | Semillas | Peso | C.H. | E.G. | Germin. | Semillas por cono | Fuentes |
|------------------------|---|--|------|------|------|---------|-------------------|---------------------------------------|
| <i>J. angosturana</i> | Numerosos, terminales; maduros son azul-púrpura o cafésos; 4-6 X 3-5 cm, maduran en un año. | Ovoides a subglobosas, 3-5 X 2.5-4 mm, con estrías superficiales, ápice agudo, café claro, con un hilo basal bronceado. | | | | | 1-2 | Farjon (2005), TGDB (2021). |
| <i>J. arizonica</i> | Globosos a ovados, glaucos, amarillo-anaranjados, a rojo oscuros, suaves y jugosos, 6-7 mm de diám. | 4-5 mm | | | | | 1-2 | Farjon (2010), TGCB (2021). |
| <i>J. ashei</i> | | | | | | 5% | | Owens y Schliesing (1995) |
| <i>J. blancoi</i> | Color púrpura-rojizos o azul oscuros o bronceados, subglobosos a reniformes o bilobados, 5-7 X 5-9 mm, pulposos. Maduran en 1-2 años. | 3-5 X 2-4 mm, estriadas, crestadas, con pequeñas cavidades con resina cerca de su base, café claras, más oscuras en el hilo. | | | | | 1-5 | Farjon (2005), TGDB (2021). |
| <i>J. californica</i> | 7-9 X 10-13 mm, café-azulosos, glaucos, fibrosos, pedúnculo recto, maduran en 1 año. | 5-7 mm | | | | | 1-2 | Adams (1993). |
| <i>J. coahuilensis</i> | Globosos a ovoides, pedúnculo recto, 6-7 mm, rosáceos a rosáceo-amarillo-anaranjados o rojizos, carnosos y algo dulces, maduran en 1 año. | 4-5 mm | | | | | 1-2 | Farjon (2010). |
| <i>J. comitana</i> | Pequeño, globoso, algo carnosos, maduran en ene.-feb. | | | | | | 1 | Patiño et al. (1983), Miranda (2015). |

C.H. = contenido de humedad, E. G. = energía germinativa, Germin. = capacidad germinativa, est. = estratificación. Nota: en la mayoría de las especies, la coloración de frutos referida es bajo una cubierta glabra.

Continúa...

Cuadro 20.1. Continuación.

| Especie | Conos/maduración | Semillas | Peso | C.H. | E.G | Germin. | Semillas por cono | Fuentes |
|-----------------------|--|---|------------------|---------------------------|-----|---|-------------------|--|
| <i>J. deppeana</i> | Globosos, 8-12 mm, rojizos primero, glauco azulados después. Maduran de oct. a dic. | Ovoides o angulosas e irregulares, 6-7 X 4-6 mm, cubierta castaño-clara, muy lignificada. Con diversas cantidades de sustancias de reserva y un embrión linear provisto de 2 cotiledones. | 13 730 a 34 400. | 10-12% (para ser almada). | | 16-30% sin estrat.; 45% (30/20 °C 30-40 días para la germin.). con estrat. fría (30-120 días a 5 °C). | | Espinosa (1981), Patiño <i>et al.</i> (1983), Young y Young (1992), Bonner (2008), Vázquez <i>et al.</i> (1996), Niembro <i>et al.</i> (2010). |
| <i>J. durangensis</i> | Gibosos, 6-7 X 4-6 mm, con pulpa suave. | Subcónicas a ovoides, acuminadas a obtusas, 3-4 X 2-3 mm, café-rojizo oscuras, superficialmente estriadas, hilo hasta la mitad de la longitud de la semilla. | | | | | 1-4 | Zanoni y Adams (1979), TGDB (2021). |
| <i>J. flaccida</i> | Solitarios, globulosos, ligeramente gibosos, 10-15 mm, rojizo oscuros cuando maduros, glaucos o algo violáceos, pedúnculo de 5 mm o menos. | Angulosas, irregularmente triangulares, 5-6 mm, amarillentas o café claro. | 49 578 | | | 79%, inmersión en H ₂ SO ₄ por 5 h y enjuague por 50 min. | 6-8 | Espinosa (1981), Patiño <i>et al.</i> (1983), Martínez <i>et al.</i> (2006). |
| <i>J. gamboana</i> | Pequeños, globosos, algo carnosos, maduran en ene.-feb. | | | | | | 1 | Patiño <i>et al.</i> (1983), Miranda (2015). |
| <i>J. jaliscana</i> | Irregulares y globosos, café rojizos, 7-8 mm, suaves, con pulpa carnosa, pedúnculos rectos. | Subovoides, angulares, con muescas resinosas, 3-4 X 2 mm, hilo de casi la mitad de la semilla. | | | | | 2-11 | Zanoni y Adams (1979). |
| <i>J. martinezii</i> | Ovoides, 5-8 X 5-9 mm, cafésosos, lisos | 3-5 X 3-4 mm | | | | | 1-3 | Adams (2004), TGDB (2021). |

Continúa...

Cuadro 20.1. Continuación.

| Especie | Conos/maduración | Semillas | Peso | C.H. | E.G. | Germin. | Semillas por cono | Fuentes |
|------------------------|--|--|-----------------------------|------|------|---|-------------------|--|
| <i>J. monosperma</i> | Globosos a ovoides, 4-8 mm, rojo-azulosos a azules cafesosos, glaucos, carnosos, resinosos, con pedúnculo recto, maduran en 1 año (fines de otoño, principios de primavera). | 4-5 mm. | 33 650 a 44 100 (AZ, NM) | | | 20-75%, 30/20 °C, 30-70 días, sin est. También germinan a 13 °C. | 1-3 | Adams (1993), Mandel y Alberts (2005), Bonner (2008). |
| <i>J. monticola</i> | Globosos, 5-9 mm, algo gibosos, azul oscuro con tinte glauco violáceo | Angulosas, acuminadas, 4-5 X 1.5-3 mm, café oscuras. | | | | | | Espinosa (1981). |
| <i>J. pinchotii</i> | 6-8 mm, color cobre a cobre-rojizo, no resinosos, jugosos y dulces. | 4-5 mm. | 21 280 a 30 650 (Son., TX). | | | 63% a 16 °C, 8 h fotop., sin est.; 53% con est. cálida y fría. | 1 | Adams (2008), Bonner (2008), TGDB (2021). |
| <i>J. saltillensis</i> | Elipsoides a globosos, azul-oscuros a negros, pulpa resinosa, suave y jugosa, azul-glaucos, 4.5-8 mm | Ovoides, obtusas, café oscuro, 4-5 mm. | | | | | 1-3 | Adams (2008). |
| <i>J. scopulorum</i> | Globulosos a bilobados, 6-9 mm, azul oscuro a negro bajo una cubierta glauca, resinosos, a fibrosos, pedúnculos rectos, maduran en 2 años. | 4-5 mm. | 39 360 a 92 830 (AZ). | 9.9% | | 22% a 30/ 20 °C, con est. cálida y fría (120 días c/u). 55.1% en semilla seleccionada (eliminando la pequeña), y con 3 días de remojo en agua, 16 semanas de estrat. cálida (22 °C) y 13 semanas de estrat. en frío (3 °C). | 1-3 | Adams (1993), Bonner (2008), Barbour y Carvalho (2009) |

Debido a lo anterior, la estratificación en húmedo es un tratamiento común. Por otra parte, el remojo en peróxido de hidrógeno de la semilla de *J. monosperma*, aumentó su germinación (Riffle y Springfield, 1968). Otros tratamientos, en diferentes especies del género, involucran remojo en solución de ácido giberélico, así como debilitamiento de la cubierta con ácido sulfúrico.

Regeneración natural

Dispersión. Las semillas de las especies del género se pueden dispersar por barocoria e hidrocoria. Sin embargo, la forma más importante es la zoocoria, específicamente la endozoocoria. Principalmente por aves y mamíferos frugívoros, que excretan las semillas, la mayoría de ellas sin daño; asimismo, los roedores las dispersan (Vázquez *et al.*, 1996; Chambers *et al.*, 1999).

Producción de conos. En AZ se estimó que *J. monosperma* puede producir 27 300 000 conos ha⁻¹ en un año semillero, y 1 000 000 ha⁻¹ al siguiente, y en *J. ashei* se registraron de 7744 a 226 944 conos maduros ha⁻¹ (Chávez-Ramírez y Slack, 1994).

Banco de semillas. El banco de semillas de *J. ashei* en una localidad texana, se estimó en 1197 a 1436 semillas m⁻² en los detritos y 318 a 617 semillas m⁻² en el suelo, que dio lugar a 408 plántulas ha⁻¹ (Owens y Schliesing, 1995).

Tipo de germinación. Epígea.

Establecimiento. Se ha encontrado que los enebros requieren de micrositios bajo árboles o arbustos.

Implicaciones para el manejo de semillas en vivero

Cómo recolectar semilla. Las gálbulas se recolectan en costales de yute y se llevan al vivero. Se remojan en agua varias horas y se maceran en un mortero de madera. Las semillas buenas se separan de las vanas por flotación y se dejan secar al aire libre (Niembro *et al.*, 2010).

La maximización de la germinación de semillas de enebros involucra: a) evitar la recolección de frutos plagados o dañados, b) minimizar el almacenamiento de conos o almacenarlos con la superficie seca en condiciones de buena ventilación y humedad de 80 a 90%, c) macerar los conos en maceradoras manuales, con agua, y d) separar las semillas muy pequeñas y las no viables de las buenas, por flotación en agua (Scianna, 2001; Mandel y Alberts, 2005).

Almacenamiento. Las semillas de *J. monosperma* se han mantenido viables hasta por 21 años (Bonner, 2008). Vázquez *et al.* (1996), recomiendan almacenar la semilla de *J. deppeana* en frascos, con un contenido de humedad de la semilla de 10-12%, a -6 a 5 °C, condiciones en las que se mantiene viable 9 años (19% de germinación).

Tratamientos pregerminativos.

Dadas las variadas latencias, individuales o combinadas, presentes en las especies de *Juniperus*, se ha logrado promover la germinación en diferente medida aplicando ácido giberélico o peróxido de hidrógeno, remojo en agua, escarificación mecánica, así como estratificación cálida (20 °C) y fría (3 °C), estas dos últimas combinadas. Bonner (2008), halló que en procedencias de EE. UU., con *J. deppeana* no se logró más de 30%

de germinación sin estratificación, pero con estratificación fría, se logró 45%. Por su parte, se obtuvo 79% para *J. flaccida* luego de 5 h de escarificación con ácido sulfúrico concentrado y un enjuague de 50 min (Martínez *et al.*, 2006). Más tratamientos, para diferentes especies, se refieren en el Cuadro 20.1

Siembra. Se recomienda sembrar a 1 cm de profundidad.



Figura 20.4. Los hijos del primer autor se divierten trepando un gran táscate (*J. deppeana*) en Totolapan, Edo. de Méx. Foto: DART, 2009.

Literatura citada

Adams, R. P. 1993. *Juniperus*. Flora of North America Editorial Committee (eds.). Flora of North America North of Mexico, Vol. 2. Oxford University Press.

Adams, R. P. 2004. *Junipers of the World: The Genus Juniperus*. Trafford Publishing.

Adams, R. P. 2008. *Juniperus* of Canada and the United States: Taxonomy, key and distribution. *Phytologia* 90(3): 255-314.

- Barbour, J. R., and J. P. F. Carvalho. 2009. Response of Rocky Mountain Juniper (*Juniperus scopulorum*) seeds to seed conditioning and germination treatments. *Seed Technology* 31(1): 43-54.
- Bonner, F. T. 2008. *Juniperus* L. Juniper. In: Bonner, F. T., and R. P. Karrfalt (eds.). *The Woody Plant Seed Manual*. Agriculture Handbook 727. USDA, Forest Service. U.S.A. pp. 607-614.
- Chambers, J. C., S. B. Vander Wall, E. W. Schupp. 1999. Seed and seedling ecology and juniper species in the pygmy woodlands of western North America. *The Botanical Review* 65(1): 1-38.
- Chávez-Ramírez, F., y R. D. Slack. 1994. Effects of avian foraging and post-foraging behavior on seed dispersal patterns of Ashe juniper. *Oikos* 71: 40-46.
- Espinosa de G. R., J. 1981. Gymnospermae. In: Rzedowski, J., y G. C. de Rzedowski (eds.). *Flora fanerogámica del Valle de México*. CECSA. México. pp. 63-76.
- Farjon, A. 2005. *A Monograph of Cupressaceae and Sciadopitys*. Royal Botanic Gardens. Kew. 648 p.
- Farjon, A. 2010. *A Handbook of the World's Conifers*. Leiden, Netherlands. Brill Academic Pub. 320 p.
- Gernandt, D. S., y J. A. Pérez de la R. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad Supl.* 85: S126-S133.
- Mandel, R., and D. Alberts. 2005. Propagation protocol for oneseed and Utah Junipers. *Native Plants Journal* 6(3): 263-266.
- Martínez-Pérez, G., A. Orozco-Segovia, y C. Martorell. 2006. Efectividad de algunos tratamientos pregerminativos para ocho especies leñosas de la Mixteca Alta Oaxaqueña con características relevantes para restauración. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 79: 9-20.
- Miranda, F., y E. Hernández-Xolocotzi. 2014. *Los Tipos de Vegetación de México y su Clasificación*. Sociedad Botánica de México, Conabio, FCE. México. 219 p.
- Miranda, F. 2015. *La Vegetación de Chiapas*. Tomo 1. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. México. 305 p.
- Niembro R., A., M. Vázquez T., y O. Sánchez S. 2010. *Árboles de Veracruz*. 100 Especies para la Reforestación Estratégica. Gobierno del Edo. de Veracruz. Xalapa, Ver. 255 p.
- Owens, M. K., and T. G. Schliesing. 1995. Invasive potential of ash juniper after mechanical disturbance. *Journal of Range Management* 48(6): 503-507.
- Patiño V., F., P. de la Garza, Y. Villagómez A., I. Talavera A., y F. Camacho M. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. *Boletín Divulgativo* 63. INIF. México. 181 p.
- Riffle, J. W., and H. W. Springfield. 1968. Hydrogen peroxide increases germination and reduces microflora on seed of several southwestern Woody species. *Forest Science* 14(1): 96-101.
- Rodríguez-Trejo, D. A., y D. Granados S. 1984. Estudio sinecológico de la vegetación de la zona árida Poblano-Veracruzana: llanuras de Perote. *Revista Chapingo* 9(43-44): 195-201.
- Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 p.

Scianna J. 2001. Rocky Mountain juniper seed: collecting, processing, and germinating. *Native Plants Journal* 2: 73–78.

TGDB (The Gymnosperm Data Base). 2021. Consultado en: <https://www.conifers.org/cu> (febrero de 2021).

Vázquez Y., C., A. I. Batis M., M. I. Alcocer S., M. G. Díaz, y C. Sánchez D. 1999. Árboles y Arbustos Potencialmente Valiosos para la Restauración Ecológica y la Reforestación. Proyecto J-084-CONABIO. pp. 109-111. Consultado en: http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/27-cupre2m.pdf (febrero 2021).

Young, G. P., and C. G. Young. 1992. *Seeds of Woody Plants in North America*. Dioscorides Press. Portland, OR. 407 p.

Young, G. P., and J. K. Bush. 2009. Assessment of the allelopathic potential of *Juniperus ashei* on germination and growth of *Bouteloua curtipendula*. *Journal of Chemical Ecology* 35(1): 74-80.

Zanoni, T. A., and R. P. Adams. 1979. The genus *Juniperus* (Cupressaceae) in Mexico and Guatemala: Synonymy, key, and distributions of the taxa. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 38: 83--131.

Lippia myriocephala Schltdl. & Cham. (Verbenaceae)

Pascual Cruz Sánchez, Dante Arturo Rodríguez Trejo, Ranferi Maldonado Torres, María Edna Álvarez Sánchez, Eliseo Sosa Montes, Mateo Vargas Hernández, y Miguel Uribe Gómez

Nombres comunes

Corazón amarillo, sacmumús, siquinay blanco, tabaquillo (todos en Chis.), popotoca, palo gusano (Ver.) (Miranda, 2015; Verárboles, 2021).

Breve descripción

Arbusto o árbol de hasta 15 m de altura; hojas lanceoladas, de 5 a 15 cm de longitud por 1.5 a 5 cm de anchura, más anchas en la parte media, algo ásperas. Flores pequeñas, amarillas, en cabezuelas globosas, agrupadas sobre pedúnculos largos y delgados en las axilas de las hojas (Miranda, 2015). El fruto es una cápsula que contiene dos semillas (Figuras 21.1 y 21.2).

Distribución

Se ha registrado en Chis., S.L.P., Ver., Oax., Jal., Sin. y Tamps. (Naturalista, 2021; Verárboles, 2021). En Chis., Miranda (2015) refiere a la especie en claros y vegetación secundaria de selvas altas perennifolias.

Importancia

Su madera amarilla se utiliza para incrustaciones y construcción rural

interior; horcones, leña, sombra para café y usos en medicina tradicional para tratar infecciones estomacales y otros (Miranda, 2015; López *et al.*, 2017; Verárboles, 2021). Cruz *et al.* (2018) refieren su uso en sistemas agroentomoforestales, en Chis., para obtener combustible y la larva comestible de una polilla (*Phassus triangularis* Pfitzner) que afecta la base del árbol.

Floración y fructificación

En Chis., se observa floración entre los meses de noviembre a marzo, con la fructificación entre abril y mayo. En Veracruz florece de septiembre a enero (Verárboles, 2021).

Descripción de las semillas

Las semillas miden 1.1 mm de longitud por 0.7 mm de ancho.

Análisis de semillas

Procedencia. El lote de semilla estudiado se recolectó del ejido Patelná, Mipio. Tumbalá, Chis., en abril de 2016.



Figura 21.1. *Lippia myriocephala*. Fuente: Verárboles (2021).

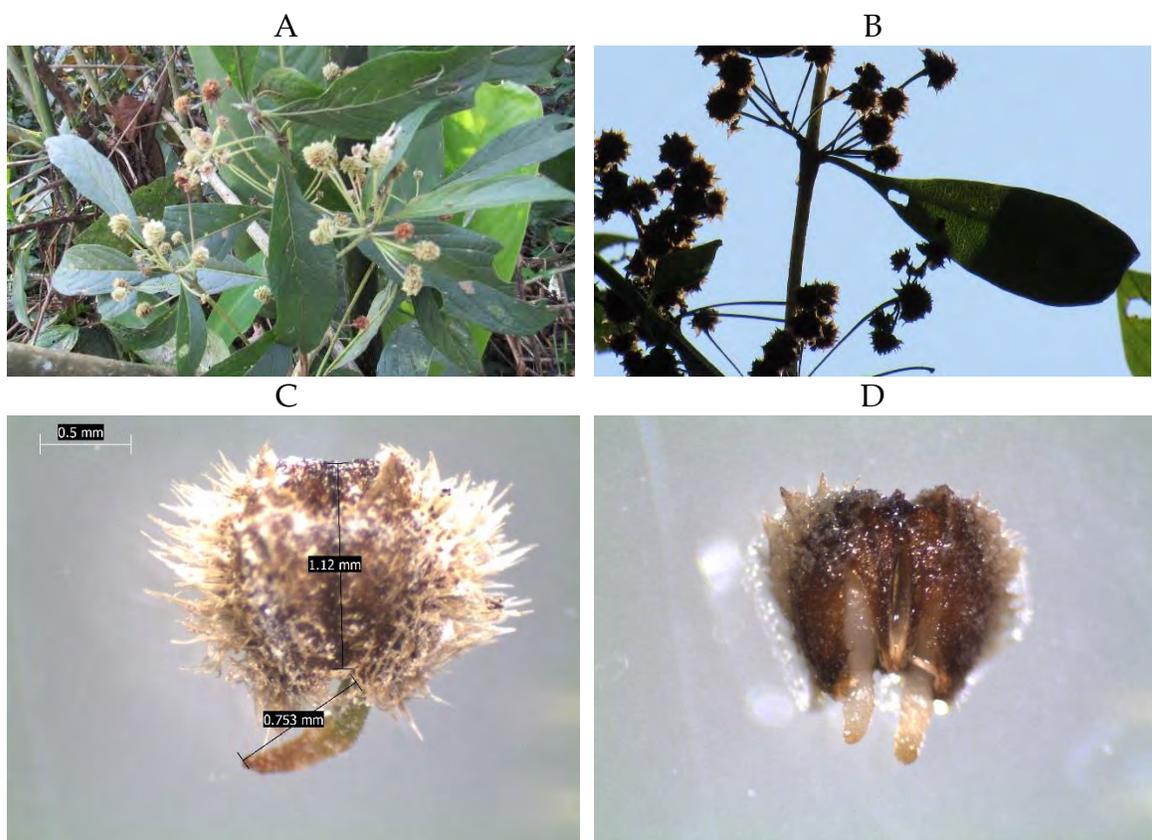


Figura 21.2. A) Flores y B) frutos (B) de *L. myriocephala*. C) Detalle del fruto. D) Dos semillas en germinación en un fruto. Fotos: Pascual Cruz Sánchez, 2018.

Germinación y factores ambientales.

Las pruebas de germinación se llevaron a cabo en cámara de ambiente controlado, a 30 °C, con foto y termoperiodo de 12 h. Se condujeron en noviembre de 2016. La semilla testigo tuvo una capacidad germinativa de 14.5%, mientras que aquella tratada con dos días de remojo en agua destilada, alcanzó 49.5%. Si,

debido a la pequeñez del fruto y a que contiene dos semillas, se considera como unidad de germinación al fruto (se registra una sola germinación ya sea que germine una o ambas semillas por fruto), la germinación del testigo fue 25% y con remojo por 2 días incrementó a 78%, con diferencias estadísticamente significativas ($P < 0.05$ en ambos casos) (Figura 21.3).

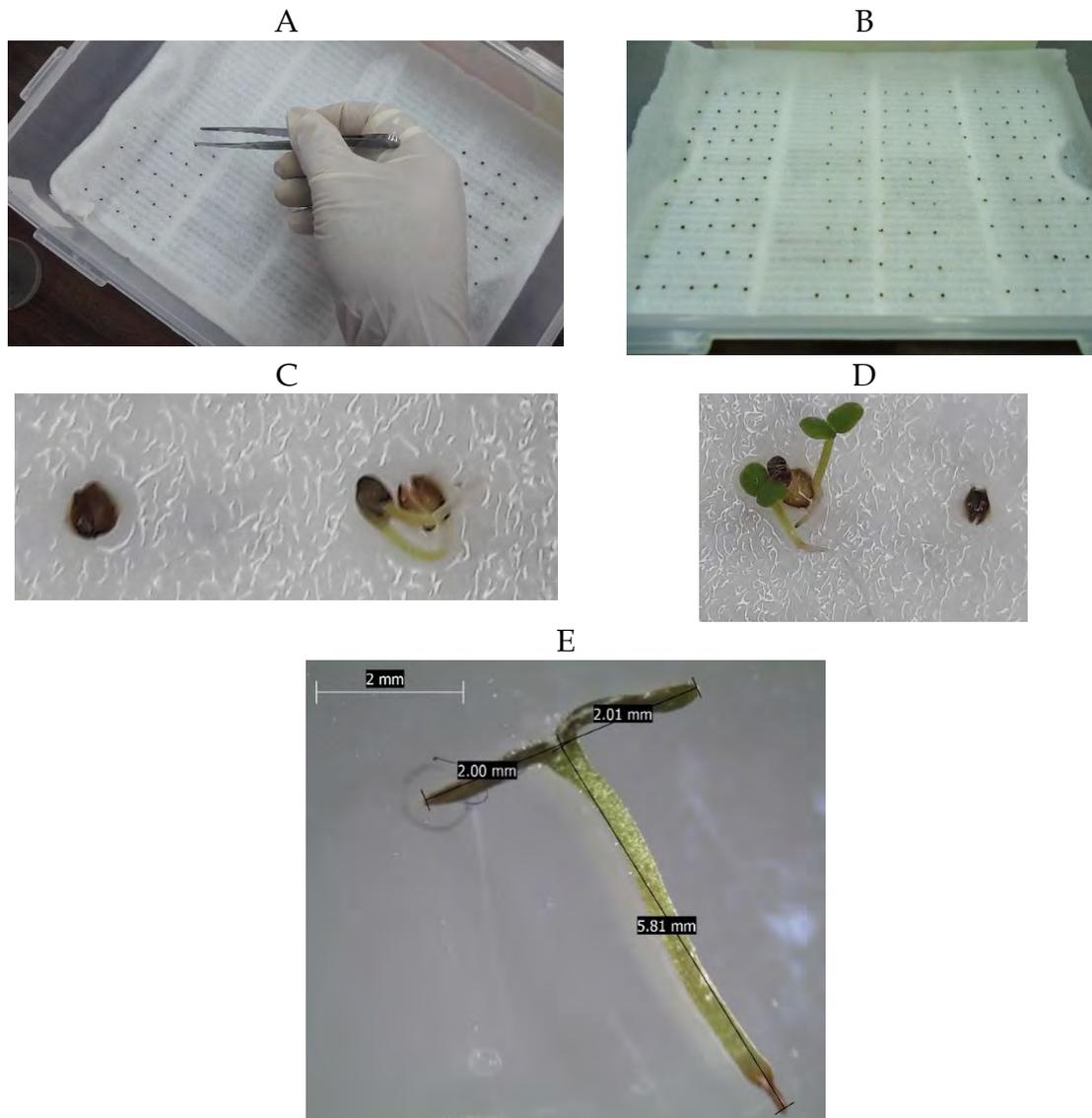


Figura 21.3. A) y B) Instalación de prueba de germinación y C) y D) doble germinación en un fruto. E) plántula de *L. myriocephala*. Fotos: Pascual Cruz Sánchez, 2018.

Latencia

Posible latencia química y/o física leve(s), que se elimina(n) con remojo previo en agua (24 h) a la semilla. Sin el tratamiento, con la humedad del sustrato, se logra menor germinación.

Regeneración natural

Dispersión. Fruto dispersado por el viento (anemocoria), debido a su minúsculo tamaño, y por gravedad.

Banco de semillas. Se considera que por ser microbiótica, la semilla de esta especie no forma bancos duraderos.

Tolerancia a la sombra. Especie pionera en la sucesión ecológica que tiene como clímax selva alta perennifolia. Por ello es heliófila.

Tipo de germinación. Epígea (Figuras 21.3D y E).

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar y beneficiar frutos.

Se recomienda recolección de ramillas, con todo y sus frutos, cortándolas con tijeras. Transportar en costales de plástico o de tela densa para no perder parte de las minúsculas semillas.

Almacenamiento. Al parecer la semilla es microbiótica, pero posiblemente bajo almacenamiento en refrigeración se consiga mantener una alta viabilidad por 6 a 12 meses o más.

Tratamiento previo a la germinación.

Remojo en agua por 48 h.

Siembra. Se recomienda sembrar en semillero poniendo la semilla en saleros, para hacer con ellos una distribución más uniforme de la semilla en la cama de germinación.

Literatura Citada

Cruz S., P., R. Maldonado T., M. E., Álvarez S., E. Sosa M., M. Vargas H., R. M. García N., y Mi. Uribe G. 2018. Contribución al estudio del sistema agroentomoforestal árbol *Lippia myriocephala* como fuente de combustible y medio de reproducción de la larva *Phassus triangularis*. In: Álvarez S., M. E. y A. Vázquez A. (eds.). Agroforestería para la Conservación de los Recursos Naturales y la Productividad. UACH. México. (Capítulo 5).

López V., M. E., A. Aguilar C., S. Aguilar R., y S. Xolalpa M. 2017. Las Verbenaceae empleadas como recurso herbolario en México: una revisión etnobotánica-médica. *Polibotánica* 44: 195-216.

Miranda, F. 2015. La Vegetación de Chiapas. Vol. 1. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas. México. 305 p.

Naturalista. 2021. Colpanchi blanco (*Lippia myriocephala*). <https://www.naturalista.mx/taxa/278714-Lippia-myriocephala> (consultado el 12 de enero de 2021).

Verárboles (Veracruz Árboles). 2021. Verárboles.com Especies forestales de uso tradicional del estado de Veracruz. <http://www.verarboles.com/Popotoca/popotoca.html> (consultado el 12 de enero de 2021).

Lupinus bilineatus Benth. (Fabaceae)

Martín Martínez José, Esperanza García Pascual, Dante Arturo Rodríguez-Trejo, Enrique Guízar Nolazco, Reyes Bonilla Beas, Baldemar Arteaga Martínez

Nombres comunes

Se le conoce como corazón tranquilo.

Breve descripción

Plantas anuales o de vida corta, perennes, de hasta 1 m de altura. Sus tallos con largos pelos y densa pubescencia; hojas palmadas con 7 a 9 foliolos angostamente oblongos-elípticos, amontonados cerca de la base de la planta; flores en racimos de hasta 50 cm, la mayoría azules, a veces rosas o blancas, los frutos son vainas semi-erectas, con 2.5 - 4 cm de longitud y 0.5 - 0.8 cm de anchura, a lo largo del antiguo tallo floral, con 3 a 6 semillas (Conabio, 2017; Global Plants, 2017) (Figura 22.1).

Distribución

En México, *Lupinus bilineatus* se encuentra en los estados de Dgo., Ags., Mor., Jal., Mich. y Edo. Méx. (Bello 1993, Dunn, 2001, González *et al.*, 1991). Es común encontrar *Lupinus* en sitios con pinos y zacatonales previamente incendiados en zonas templado-frías.

Importancia

Existen más de 1500 especies de *Lupinus*, pero su morfología y composición química varían según las condiciones del ambiente en que

habitan (Perdomo, 1996). Dicho género está dividido en dos grandes regiones genéticas: una corresponde a gran parte de América, con la mayoría de las especies, y la otra a Europa y a la mitad del Norte de África, con una decena de especies silvestres y algunas cultivadas (Gross, 1982).

Este género ha sido cultivado en el mundo como legumbre para grano desde hace más de tres mil años, por la capacidad de estas plantas para crecer en suelos pobres y apenas cultivados, junto con su utilidad para mejorar el suelo y el alto contenido de proteína y aceite en sus semillas (Perdomo, 1996). *Lupinus bilineatus* Benth., tiene uso ceremonial, religioso, decorativo, forrajero y en el mejoramiento de suelos (Bello, 1993).

Fructificación

Se puede observar fructificación en marzo-mayo.

Descripción de la semilla

Las semillas presentan forma obovoide. Su longitud es de 2.7 a 4.7 mm, su anchura de 2.06 a 3.36 mm y su grosor de 1.54 a 2.57 mm. La cubierta seminal es de superficie lisa, de consistencia coriácea y de color castaño en la escala de gris, de cerca se aprecian manchas irregulares de color

café. Cuenta con hilo que presenta una estructura puntiforme con una hendidura hilar, un micrópilo conspicuo de color diferente al de la cubierta seminal y muy próximo al hilo. Presenta dos cotiledones oblongos de iguales tamaños y de color amarillo. El endospermo es escaso. La radícula presenta curvatura (Martínez *et al.*, 2008) (Figura 22.2).

La microfotografía de la Figura 22.3, detalla las capas presentes en la cubierta seminal.

Composición química de la semilla

Sus semillas contienen metabolitos secundarios, como lupanina, hidroxilupanina, multiflorina, afilina,

epiafilina e isolupanina; su extracto presentó actividad antifúngica contra el hongo fitopatógeno *Rhizoctonia solani* e inhibe la germinación de semillas de amaranto (*Amaranthus hybridus*) (Zamora *et al.*, 2008). Con 15 años de almacenamiento en condiciones de cuarto fresco, García *et al.* (2020) refieren el siguiente análisis químico proximal para la semilla, base en seco: materia seca (100%), cenizas (4.1%), materia orgánica (95.9%), proteína cruda (52.3%), extracto etéreo (grasa cruda) (9.2%), fibra cruda (2.8%), y extracto libre de nitrógeno (31.7%).



Figura 22.1. *Lupinus bilineatus*. Foto: Jerzy Rzedowski /Conabio

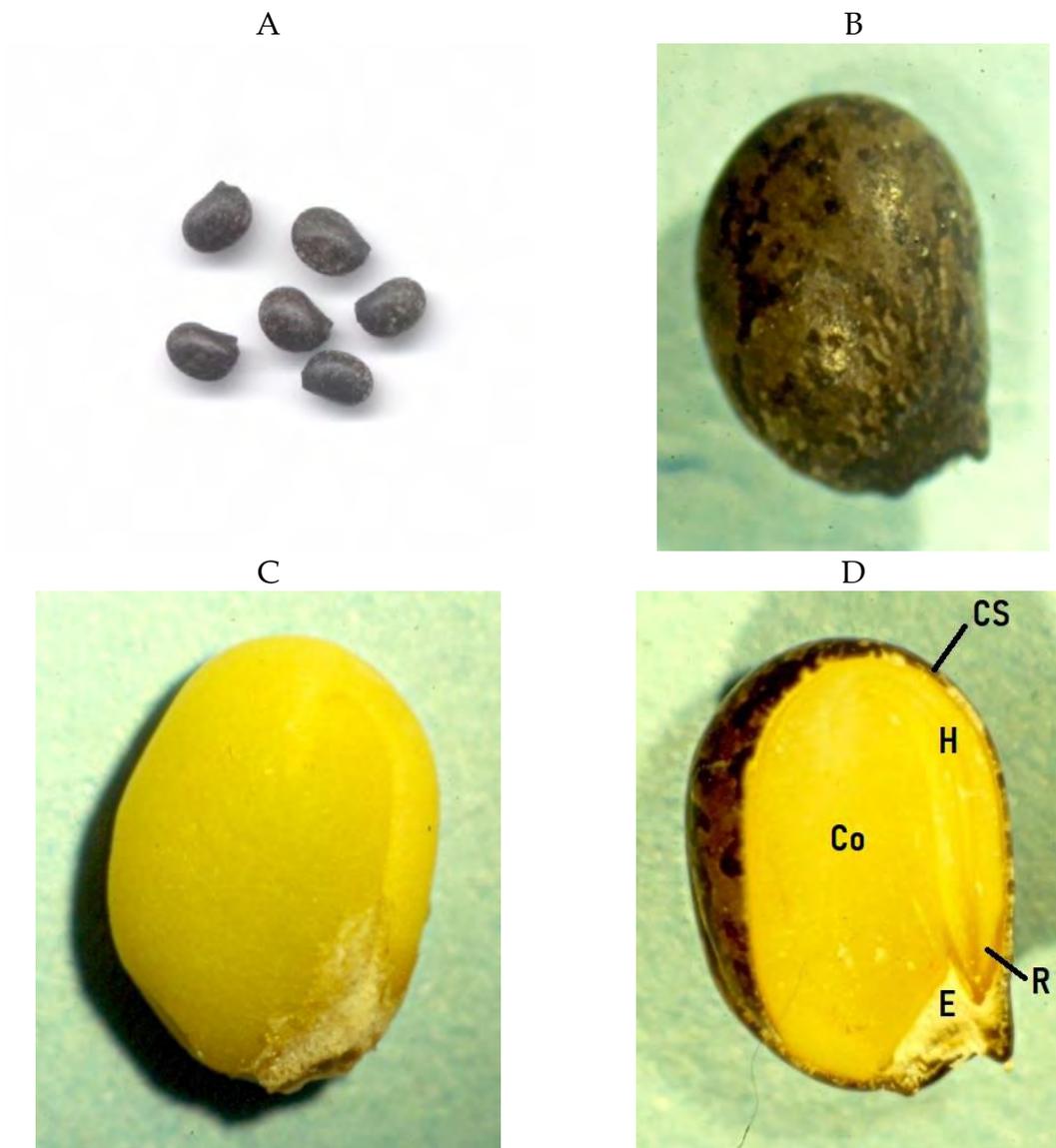


Figura 22.2. A) Semillas de *L. bilineatus*. B) Detalle externo. C) Sin cubierta seminal. D) Corte longitudinal. CS=cubierta seminal, H=hipocótilo, R=radícula, Co=cotiledones, E=endospermo. Laboratorio de Semillas Forestales, Dicifo, UACH. Fotos: DART.

Análisis de semillas

Procedencia. La semilla para el presente estudio fue recolectada de una parcela agrícola abandonada en el libramiento de la carretera México-Cuautla, a 1.5 km al NO de Amecameca, Estado de México. Las

coordenadas geográficas fueron 19° 08' N y 98°46' O, a 2,470 m s.n.m. La recolecta se llevó a cabo el 27 de abril de 2002.

Pureza. Este parámetro alcanzó 97.8% en el lote analizado.

Peso. Fueron calculadas 66 667 semillas kg^{-1} , es decir, 1000 semillas pesan 16 g.

Contenido de humedad. Este valor, con base anhidra, alcanzó 7.1% y 6.6% base en fresco (Martínez *et al.*, 2008). Luego de 15 años de almacenamiento en condiciones de cuarto fresco, el contenido de humedad base en fresco, se mantuvo sin cambios (García *et al.*, 2020).

Germinación y factores ambientales.

En el presente estudio se probaron los factores temperatura, luz y escarificación. El factor régimen de temperatura se aplicó en cámaras de ambiente controlado, y constó de cuatro niveles, según los termoperíodos siguientes: 15/10 °C, 20/15 °C, 25/20 °C y 30/25 °C. Se probaron dos niveles para el factor luz (fluorescente e incandescente plenas, con $66 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, con un fotoperiodo de 12 h. Para la escarificación se probó: inmersión en ácido sulfúrico (H_2SO_4) al 98% por 10, 20, 30 y 40 min, aplicación de fuego (generado a partir de una carga de zacates secos equivalente a 10 t ha^{-1}) y exposición a humo durante 20 min.

A nivel de factores individuales, la temperatura y la escarificación resultaron significativas, como también la doble interacción entre tratamiento escarificador y temperatura, además de la interacción entre los tres factores estudiados. De las posibles combinaciones de niveles de factores probadas, ocho de ellas fueron las superiores que no mostraron diferencias entre sí, como fue el caso de la semilla con

escarificación química durante 30 min, con luz y un régimen térmico de 20/25 °C (82% de capacidad germinativa). Curvas de germinación acumulada y gráficos con los resultados de la triple interacción, se muestran en las figuras 22.4 a 22.5. (Martínez *et al.*, 2008).

La semilla de este mismo lote fue analizada 15 años después de permanecer almacenada en condiciones de cuarto fresco, por García *et al.* (2020). Estos últimos autores refieren 48.9% de capacidad germinativa, luego de escarificar mecánicamente a la semilla con papel lija. El testigo tuvo una germinación de 22.2% (Figura 22.6). Asimismo, consignan una tasa de declinación en la capacidad germinativa de 2.24% cada año. Asumiendo una declinación lineal en la capacidad germinativa, después de 36 años de almacenadas en las mismas condiciones, las semillas ya no germinarían.

Energía germinativa. Evaluada como el número de días para alcanzar el 75% del porcentaje de germinación final, esta variable alcanzó 9 días para el tratamiento régimen térmico 25/20 °C, con luz y aplicación de ácido por 40 min. Sin embargo, los mejores valores de energía germinativa (más pequeños, con 1.5 a 2 días) se tuvieron para tratamientos que alcanzaron baja capacidad germinativa, como régimen térmico 20/15 °C, con luz y escarificación por 20 a 30 min (Martínez *et al.*, 2008).

La semilla almacenada 15 años, mostró una energía germinativa de 3.2 días cuando fue lijada (García *et al.*, 2020).

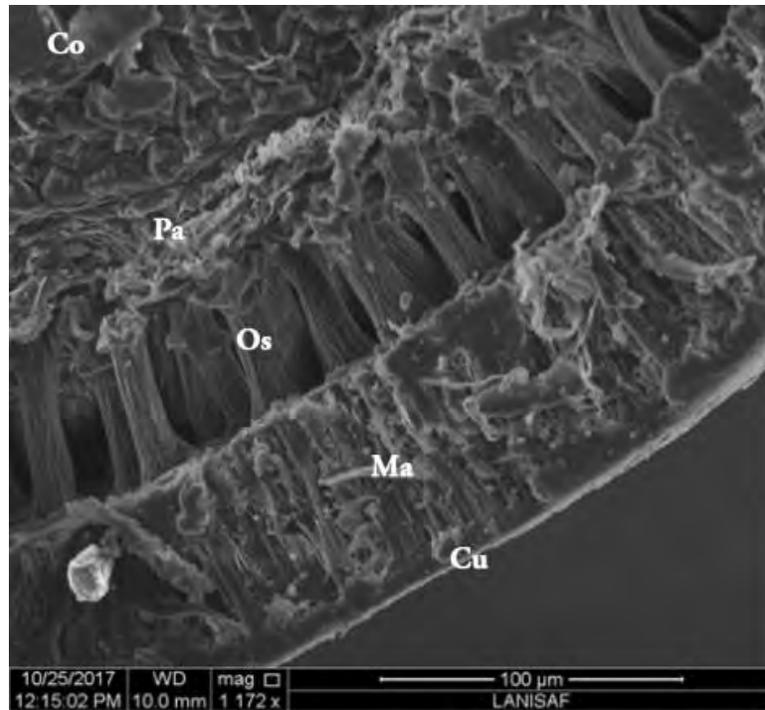


Figura 22.3. Microfotografía con las capas de la cubierta seminal de *L. bilineatus*. Cu=cutícula, Ma=macroesclerénquima, Os=osteoesclerénquima, Pa=parénquima. También se observa un poco de los cotiledones del embrión (Co) Microfotografía por LANISAF, UACH (García *et al.*, 2020).

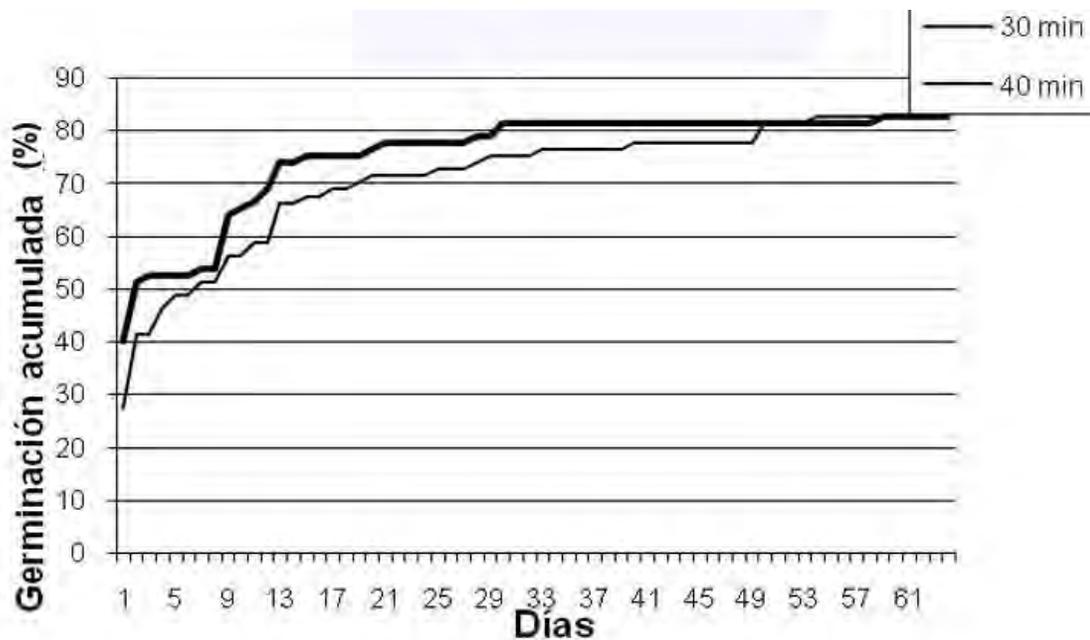
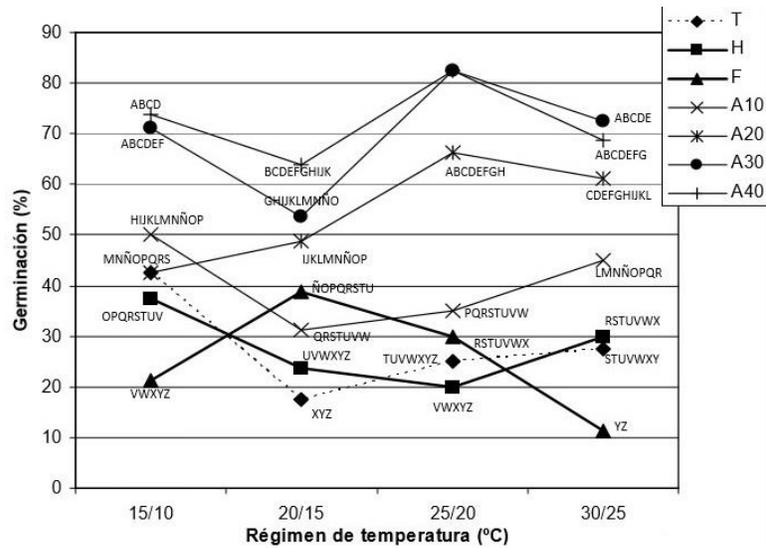


Figura 22.4. Germinación acumulada de *L. bilineatus* en los dos de los mejores tratamientos (régimen térmico 25/20 °C, con luz y 30 y 40 min de escarificación química (Martínez *et al.*, 2008).

A



B

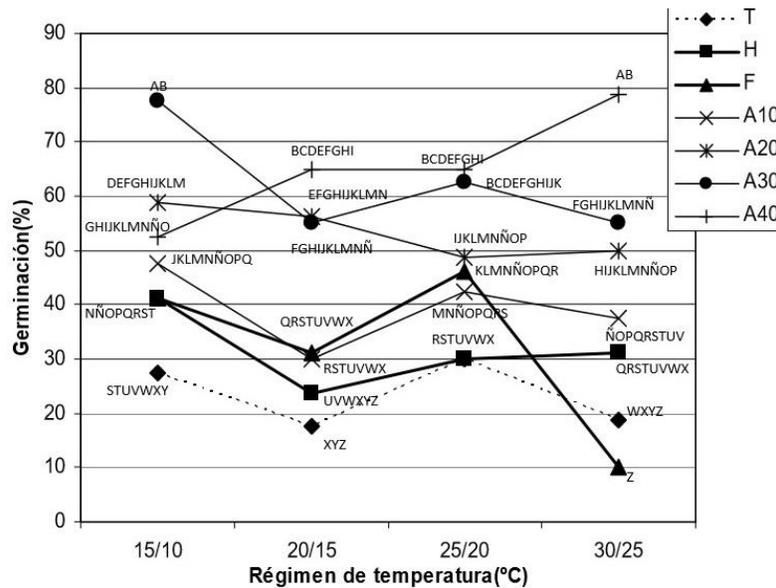


Figura 22.5. Capacidad germinativa de *L. bilineatus* ante la interacción entre régimen de temperatura, luz (con, A; sin, B) y tratamiento pregerminativo: T = testigo, H = humo, F = fuego, A10 inmersión en ácido sulfúrico por 10 min, A20 = durante 20 min, A30=por 30 min, y A40 = durante 40 min. Puntos con la misma letra no tienen diferencias estadísticamente significativas entre sí (Martínez *et al.*, 2008).

Viabilidad. La viabilidad alcanzó 100% con la prueba de flotación y 98% mediante la tinción con sales de tetrazolio (Martínez *et al.*, 2008).

Después de 15 años de almacenamiento, esta variable se redujo a 45% (García *et al.*, 2020).

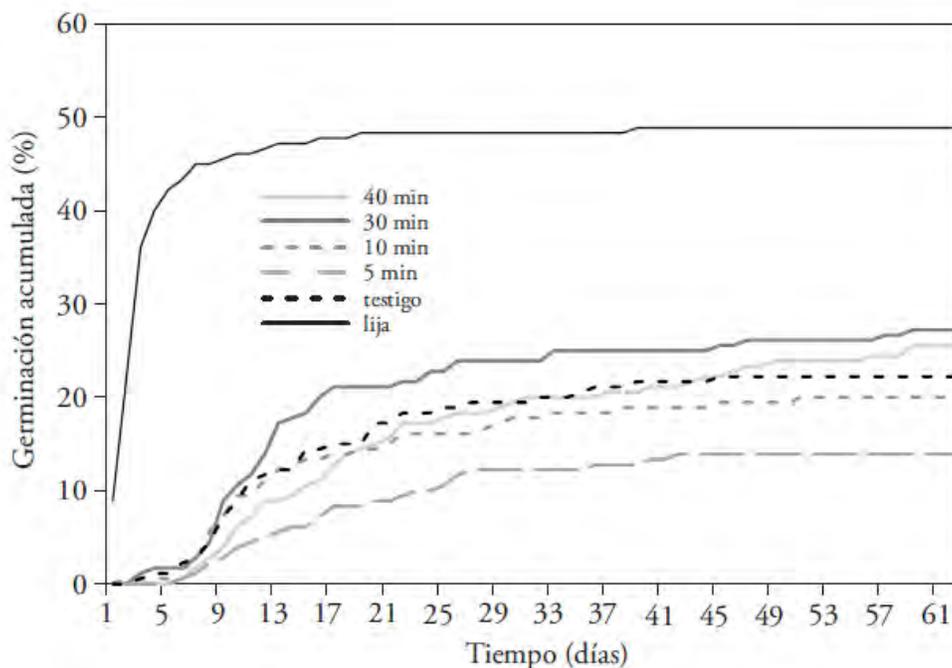


Figura 22.6. Gráfica de germinación acumulada de *L. bilineatus* con 15 años de almacenamiento. Lija=escarificación con lija; los tiempos se refieren a inmersión en ácido sulfúrico concentrado (García *et al.*, 2020).

Latencia

La especie presenta latencia física, común en la mayoría de las especies del género y en infinidad de leguminosas. Agentes naturales de escarificación para la semilla son el fuego y el paso por tracto digestivo de animales.

Regeneración natural

Dispersión. La dispersión es por gravedad y, posiblemente, mediante ingestión de algunos animales.

Banco de semillas. Por tratarse de una semilla con latencia física y ortodoxa, esta especie puede formar parte de bancos de semilla que se reactivan luego que un incendio forestal

incrementa la radiación solar, reduce la competencia y escarifica la semilla.

Tolerancia a la sombra. La especie es más bien intolerante a la sombra, pues recoloniza áreas perturbadas por factores naturales o antropógenas.

Tipo de germinación. La especie presenta una germinación epigea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. La recolección se puede realizar en los meses de abril y mayo en el centro de México. Se pueden recolectar las vainas a punto de abrir u obtener semilla de vainas que estén abriendo. Las vainas y/o la semilla se pueden

depositar en bolsas de plástico mientras se llega al vivero.

Beneficio. La extracción de la semilla de los frutos es simple. Solo hay que dejar secar al sol o a la sombra las vainas para que se terminen de deshidratar y abran. Luego se separan las semillas de las vainas. No queda una alta proporción de impurezas.

Almacenamiento. Ya limpia la semilla, puede ser almacenada en frascos de vidrio o de plástico bien cerrados. Debido a que se trata de semillas ortodoxas y con latencia física, pueden durar viables varios años incluso en condiciones de un cuarto fresco (declinación anual de la

germinación de 2.2%, de acuerdo con García *et al.*, 2020). Desde luego, si se almacena en refrigeración, la viabilidad se prolongará más tiempo.

Tratamiento previo a la siembra. Por la latencia física que tiene, es necesario tratar la semilla. Para ello se recomienda escarificación mecánica o la inmersión en ácido sulfúrico por 30 min y a continuación enjuagar copiosamente la semilla, para proceder a sembrar.

Siembra. Con esta especie se pueden hacer siembras directas en campo o propagarla en vivero. En este último caso, se recomienda una profundidad de siembra no mayor a 1 cm

Literatura citada

- Bello G., M. A. 1993. Plantas útiles no maderables de la Sierra Purépecha, Michoacán, México. Bol. Téc. INIF 10. México. 115 p.
- Conabio. 2017. <http://bios.conabio.gob.mx/especies/6051601.pdf>
- Dunn, D. B. 2001. *Lupinus* L. In: Rzedowski, C. y J. Rzedowski (Coords.). Flora Fanerogámica del Valle de México. 2a ed. INE, Conabio. México. Pátzcuaro, Mich. Pp. 290-300.
- García Pascual, E., D. A. Rodríguez-Trejo, E. Guízar Nolasco, y B. Arteaga Martínez. 2020. Capacidad germinativa y su tasa de declinación en semilla de *Lupinus bilineatus* Benth almacenada 15 años. Agrociencia 54: 115-127.
- Global Plants. 2017. *Lupinus mexicanus*. <http://plants.jstor.org/compilation/Lupinus.mexicanus>
- González E., M., S. González E., y Y. Herrera A. 1991. Listados Florísticos de México. IX. Flora de Durango. Instituto de Biología, UNAM. México. 167 p.
- Gross, R. 1982. El Cultivo y Utilización del Tarwi (*Lupinus mutabilis* Sweet). Serie: Producción y protección vegetal 36. FAO. Roma. 236 p.
- Martínez J. M., D. A. Rodríguez T., E. Guízar N., y R. Bonilla B. 2008. Escarificación artificial y natural de la semilla de *Lupinus bilineatus* Benth. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 14: 73-79.
- Perdomo M., A. C. 1996. El papel de los chochos (*Lupinus* spp.) en el agrosistema ganadero de los Rodeos (Tenerife-Islands Canarias). <http://www.agroecología.net/..congresos/pamplona/45.pdf>
- Zamora N., F., P. García L., M. Ruiz L., y E. Salcedo P. 2008. Composición de alcaloides en semillas de *Lupinus mexicanus* (Fabaceae) y evaluación antifúngica y alelopática del extracto alcaloideo. Agrociencia 42: 185-192.

Lupinus campestris Cham. & Schtdl (Fabaceae)

Ana Jéssica Moreno Rupit, Yasmín Garduño Hernández, Dante Arturo Rodríguez-Trejo, Javier López Upton y Carlos Ramírez Herrera

Nombres comunes

Alfalfilla, mazorquilla.

Descripción

Planta anual, bianual o perenne de vida corta; tallos con médula sólida, de 1.5 a 6 dm de altos, densa y finamente canescentes a tomentosos, erectos, ramificados en la parte superior a manera de arbustos; estípulas a menudo moradas de 5 a 12 mm de largo, peciolos más largos de 4 a 8 cm de largo, esparcidamente canescente, foliolos de las hojas más grandes 6 a 8, foliolos más grandes de 4.5 a 8 cm de largo, de 9 a 15 mm de ancho, elípticos a elíptico-oblancoceolados, ápice generalmente agudo, en ocasiones obtuso, mucronado, de color verde intenso en el haz y esparcidamente estrigosos, pálidos en el envés y fina a densamente canescentes; racimos densos, las yemas jóvenes formando un cono compacto, brácteas pequeñas, filiformes, apenas visibles de 3 a 5.4 mm de largo, caducas; cálices finamente canescentes por fuera, con pocos pelos marginales por dentro, labio superior de 3.4 a 4.8 mm de largo, entero o con hendidura de 0.1 mm de profundidad, anchamente triangular; estandartes orbiculares, sus ápices emarginados, de 10.5 a 12.5 mm de largo, de 9 a 12.5 mm de ancho, alas de

11.5 a 14 mm de largo, quillas con ángulos de 80 a 90°, en apariencia glabras, pero con pocos cilios o esparcidamente ciliados a lo largo de márgenes superiores debajo del acumen; óvulos 7 a 9; legumbres de 4 a 5 cm de largo, de 8 a 9 mm de ancho, densamente canescente (Dunn, 1981) (Figura 23.1).

Distribución

Se halla en CDMX, Edo. Méx., Hgo., Jal., Mich., Mor., Oax., Ver. (Villaseñor y Espinosa, 1998) y Pue. Considerada como maleza en altitudes inferiores. También conocida en terrenos abandonados y orillas de caminos (Dunn, 1981).

Importancia

Se ha demostrado que extractos de alcaloides quinolizidínicos (AQ) de plantas de *L. campestris* poseen efecto insecticida sobre larvas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Bermúdez *et al.*, 2009).

Descripción de la semilla

Las semillas presentan estructuras tridimensionales de forma oval a circular en su mayoría, su longitud es de 3.6 mm a 4.5 mm (media igual a 3.8 mm), el ancho es de 2.3 mm a 2.6 mm (promedio, 2.4 mm). Cubierta seminal de 0.1 mm de grosor promedio. La cubierta seminal es lisa, de

consistencia coriácea, brillante y de color café, con manchas que varían de marrón a marrón amarillento. Cuenta con un hilo que presenta una estructura puntiforme. Presenta dos cotiledones de iguales tamaños y de color amarillo. El endospermo es poco abundante y la radícula es casi recta (Moreno, 2016).

Análisis de semillas

Procedencia. La semilla para la que se dan los siguientes resultados, fue recolectada en diferentes procedencias de Pue., en 2012 y julio de 2014.

Pureza. Se tuvo 98.8% de pureza (Moreno, 2016).

Peso. Se tuvieron 62 150 semillas kg^{-1} , y 1000 semillas pesan 16.1 g (Moreno, 2016).

Contenido de humedad. Fue de 7.5% base en fresco y 8.1%, base en seco (Moreno, 2016).

Germinación y factores ambientales.

Solo la escarificación mecánica tuvo diferencias con respecto al resto de tratamientos (Moreno, 2016). En la Figura 23.2 se ve la germinación acumulada para los distintos tratamientos. Las semillas con escarificación mecánica iniciaron su germinación al día siguiente de la siembra, y alcanzaron 58% al final, contra 15% del testigo (Figura 23.3). Con otras procedencias de Puebla y semilla escarificada mecánicamente, Garduño (2012) consiguió de 86 a 91% a 15/10 °C y 20/15 °C, que se redujeron hasta 68 a 82% con una temperatura de 25/20 °C y halló diferencias de germinación entre procedencias.

A



B



Figura 23.1. A) *Lupinus campestris*. B) Vaina con algunas semillas. A y B, fotos cortesía de Pedro Tenorio Lezama y Conabio.

Energía germinativa. El tiempo para alcanzar 75% de la germinación final fue de 12 días en el tratamiento de escarificación mecánica, y de 22 días para el testigo (Moreno, 2016).

Viabilidad. Con la prueba de sales de tetrazolio se obtuvo viabilidad de 100% (Moreno, 2016).

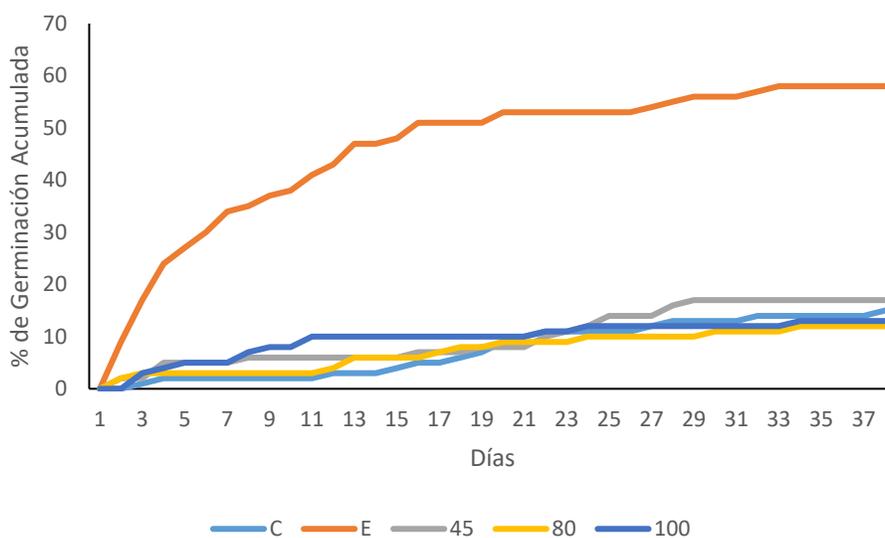


Figura 23.2. Germinación acumulada de *L. campestris*, con distintos tratamientos. C=control, E=escarificación mecánica con lija. 45, 80 y 100 son temperaturas (°C) de choque térmico por 1 min (Moreno, 2016).



Figura 23.3. Semillas de *L. campestris* en germinación. Foto: AJRM.

Latencia

La semilla cuenta con latencia física.

Regeneración natural

Dispersión. La semilla se dispersa por gravedad y por algunos animales, como roedores.

Banco de semillas. Como muchas de las especies de su género, forman bancos de semilla que cuando ocurre

un incendio son térmicamente escarificadas y se da una abundante regeneración, sobre los sitios en los que el fuego eliminó temporalmente la parte aérea de zacates. En el presente estudio no se halló efecto del choque térmico con las temperaturas probadas, pero se piensa que, con otras temperaturas y tiempos de aplicación, se puede lograr mayor germinación que en el testigo.

Tolerancia a la sombra. Requiere poca o ninguna sombra para regenerarse.

Implicaciones para el uso de la semilla en vivero

Recolección de semilla. La semilla puede recolectarse en junio y julio.

Almacenamiento. Gracias a su latencia física, la semilla puede ser almacenada y permanecer viable durante varios años. Cuantimás si se almacena en refrigeración.

Tratamiento previo a la siembra.

Dada su latencia física, la semilla debe ser escarificada mecánicamente (con papel lija) o químicamente (con ácido sulfúrico y las precauciones debidas en su manejo). De lo contrario se tendrá una germinación mínima.

Siembra. La semilla puede sembrarse a 0.5-1 cm de profundidad en vivero. Para siembra directa en campo, se recomienda distribuirla al voleo o en algún patrón preestablecido.

Literatura Citada

Bermúdez Torres, K., J. Martínez Herrera, R. Figueroa Brito, M. Wink, and L. Legal. 2009. Activity of quinolizidine alkaloids from three Mexican *Lupinus* against the lepidopteran crop pest *Spodoptera frugiperda*. *Biocontrol* 54: 459-466.

Dunn, D. 1981. *Lupinus* L. In: Rzedowski, G. C. de, y J. Rzedowski (eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, A.C, Conabio. Pátzcuaro, Mich. pp. 326-338.

Garduño H., Y. 2012. Variación altitudinal en germinación y crecimiento de plantas de *Lupinus campestris* Cham. & Schltdl., *Lupinus exaltatus* Zucc. y *Lupinus montanus* H.B.K. Tesis de Maestría en Ciencias. Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Dificio, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 93 p.

Moreno Rupit, A. J. 2016. Respuesta germinativa al choque térmico en semillas de tres especies de *Lupinus*. Tesis profesional. Carrera Ingeniería en Restauración Forestal. Dificio, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 52 p.

Villaseñor R., J. L., y F. J. Espinosa G. 1998. Catálogo de Malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 448 p.

***Lupinus exaltatus* Zucc. (Fabaceae)**

Ana Jéssica Moreno Rupit, Yasmín Garduño Hernández, Dante Arturo Rodríguez Trejo, Javier López Upton, Carlos Ramírez Herrera

Breve descripción

Planta perenne, subfrutescente, de 1 a 2 m de alto; tallos de las ramas de 3 a 3.5 mm de diámetro, huecos fina y densamente hispídulos, con pelos extendidos de 0.2 mm de largo, invisibles sin ayuda de una lente; estipulas subulado setáceas, de 8 a 10 mm de largo, unidas a lo largo de 2 a 3 mm, peciolos de 2.5 a 5 cm de largo, foliolos 5 ó 6, elíptico-oblanceolados, finamente puberulentos en ambas caras, de color verde intenso en el haz, pálidos en el envés, los mayores de 5.5 a 6 cm de largo, de 16 a 20 mm de ancho, ápices agudos a obtusos y mucronados; racimos de 6 a 11 mm de largo, densamente verticilados, distantes 8 a 12 mm, brácteas caducas, pedicelos hispídulos, de 3 mm de largo en la floración, de 5 mm de largo en fruto; cáliz finamente seríceo a hispídulo, labio superior de 3.3 a 5.4 mm de largo, entero o con una hendidura de 0.2 mm de profundidad, anchamente triangular, la base por completo gibosa; estandarte obcordado, glabro, de 10.2 a 11.8 mm de largo, de 10 a 12.5 mm de ancho, alas glabra, de 11 a 13 mm de largo, de 6 a 7.8 mm de ancho, quilla esparcida y finamente papilosa a ciliada en la parte superior hacia el acumen, en

ángulo de 87 a 90°; óvulos 6 a 9; legumbres de 4 a 4.5 cm de largo, de 8 a 9 mm de ancho, finamente vellosas con pelos de 1.5 mm de largo. (Dunn, 1981) (Figura 24.1).

Distribución

En el Valle de México, en: Tlalpan, Tlalmanalco y Amecameca, entre 2600 y 3700 m s.n.m., en claros de bosques de coníferas. También observada en Mor., Pue., y otras zonas del Edo. de Méx. (Dunn, 1981). Jal. (Zamora *et al.*, 2009).

Importancia

El uso de las fabáceas en la restauración ecológica es una práctica cada vez más frecuente debido a su capacidad de fijar nitrógeno, a las altas tasas de crecimiento, a que resisten condiciones adversas tales como ciertos niveles de erosión y de sequías, y a su capacidad de generar grandes cantidades de hojarasca que mejoren las condiciones del suelo, lo que permite el restablecimiento de condiciones favorables para reiniciar procesos sucesionales en sitios degradados y el restablecimiento de ciclos de nitrógeno (Arechavala, 2006).



Figura 24.1. *Lupinus exaltatus*. Fuente:
<https://www.naturalista.mx/observations/4582907>

Los *Lupinus* han sido cultivados en el mundo como legumbre para grano desde hace más de tres mil años. Su utilización se basa en la adaptación de este vegetal para crecer sobre suelos pobres y la utilidad que les caracteriza para mejorar el suelo, así como su alto contenido en proteína y aceite (Perdomo-Molina, 1998).

Los lupinos fijan nitrógeno atmosférico y hacen disponibles fósforo, potasio y otros nutrientes utilizando mecanismos diversos, lo cual produce un efecto positivo para las plantas que se encuentran en su periferia actuando como fertilizante. Los mecanismos involucrados son la nodulación por bacterias

(*Bradyrhizobium*) y raíces proteoideas, lo cual produce entre otros efectos la modificación del pH en el área de la rizosfera y hace disponibles nutrientes del suelo como fósforo y potasio por procesos químicos como la liberación de protones (Alderete, 2008).

El uso de las especies de *Lupinus* en la industria es múltiple. Se utiliza en la industria alimentaria, farmacología, alimentación animal, control biológico y cosmetología (Juárez *et al.*, 2018).

En la industria alimentaria las especies mejoradas de *Lupinus* se utilizan para la producción de productos lácteos, panificación, pastas, confitería,

cárnicos y germinados (Juárez *et al.*, 2018).

L. exaltatus tiene buenas propiedades nutricionales y se le considera una fuente alternativa de alimento para animales en zonas templadas. No obstante, la presencia de alcaloides quinolizidínicos, tóxicos, limita su consumo (Zamora *et al.*, 2009; Pablo-Pérez, 2015).

Floración y fructificación

En Jalisco, se ha observado floración en febrero, y los frutos están disponibles hacia marzo. (Zamora *et al.*, 2009). En Puebla, los frutos maduran durante agosto y septiembre.

Descripción de la semilla

Las semillas de *L. exaltatus* son en su mayoría de forma oval, más planas que las de otras especies del género. Su longitud media es de 3.6 mm a 4.1 mm (promedio de 3.8 mm), el ancho de 1.9 mm a 2.3 mm (promedio, 2.1 mm). La cubierta seminal es de superficie lisa, de consistencia coriácea brillante y de color café claro con manchas irregulares de color marrón amarillento. El hilo presenta una estructura puntiforme. Sus dos cotiledones son de igual tamaño y color amarillo. El endospermo no es abundante y la radícula tiene una pequeña curvatura. El grosor medio de la cubierta seminal fue 0.1 mm (Moreno, 2016) (Figura 24.2).

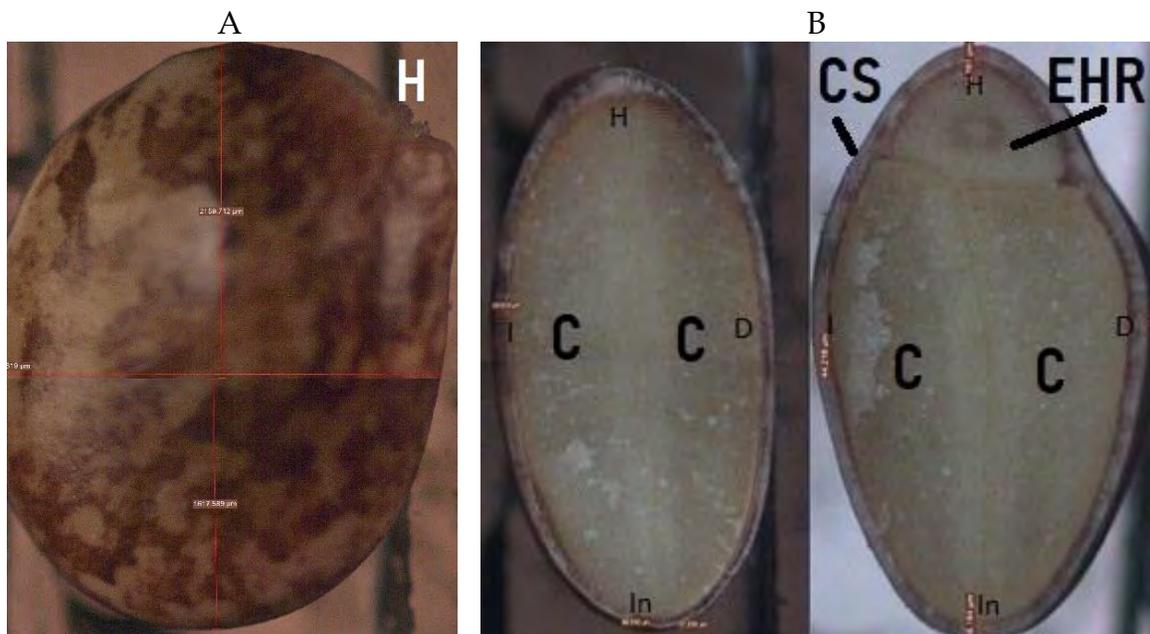


Figura 24.2. A) Detalle de la semilla. B) Cortes longitudinal (izquierda) y transversal de la semilla (derecha). H=lado del hilo, I=lado izquierdo (con respecto al hilo), D=lado derecho, In=lado inferior. EHR=eje hipocótilo-radícula, C=cotiledones, CS=cubierta seminal. Fotos: Jéssica Moreno Rupit.

Composición química de frutos y semillas

A pesar del valor nutricional de vainas y semillas en proceso de maduración, continen altos niveles de alcaloides que les confieren toxicidad y limitan su uso. Frutos y semillas en maduración contienen (con respecto al 100% contenido en todos los órganos de la planta): epiafilina (13.7%), α -isolupanina (6.13%), alcaloide desconocido (6.51%), lupanina (52.82%), afilina (8.22%), dehydro-oxosparteína (9.96%) y 3- β -hidroxilupanina (2.48%) (Zamora *et al.*, 2009).

Análisis de semillas

Procedencia. El germoplasma fue recolectado en el Mipio. Xipes, Pue., por Javier López Upton y Óscar Gumersindo Vázquez Cuecuecha del C. P., el 3 de septiembre del 2014 y por el primero en varias localidades de Pue., hacia 2012.

Pureza. Se tuvo una pureza de 96.5% (Moreno, 2016).

Peso. Fueron registradas 74,460 semillas kg^{-1} , equivalentes a 1000 semillas por 13.43 g (Moreno, 2016).

Contenido de humedad. El contenido de humedad, base en fresco, fue 6.9%, y con base anhidra alcanzó 7.4% (Moreno, 2016).

Germinación y factores ambientales. Las semillas para el presente estudio, realizado en 2016, estuvieron almacenadas dos años, en condiciones de laboratorio, luego de su recolección. Fueron sometidas a un choque térmico a diferentes

temperaturas dentro de un horno de secado, para analizar la respuesta germinativa de estas especies. Se consideraron los siguientes tratamientos: escarificación mecánica con lija y choque térmico en seco a 45, 80 y 100 °C (temperaturas aplicadas por 1 min). Con la escarificación mecánica se tuvo 67% de germinación, con diferencias significativas en relación al del resto de tratamientos y al testigo (9%) (Moreno, 2016) (Figuras 24.3 y 24.4). Garduño (2012) halló 95% a 20/15 °C, con semilla escarificada mecánicamente.

Energía germinativa

La energía germinativa (tiempo para alcanzar el 75% de la germinación final), fue de 16 días para el tratamiento con escarificación mecánica y de 14 días para el control (Moreno, 2016).

Viabilidad

Lupinus exaltatus tuvo una viabilidad de 98% (prueba de sales de tetrazolio) (Moreno, 2016).

Latencia

La semilla de *L. exaltatus* tiene latencia física.

Regeneración natural

Dispersión. Dispersión por gravedad, al abrirse la vaina, o por zoocoria (roedores, por ejemplo).

Banco de semillas. Muchas especies del género, gracias a su latencia física, forman bancos de semilla en el piso forestal. Luego de un incendio forestal, aunque muchas semillas son destruidas por el fuego, muchas otras solo son escarificadas por el calor de

aquél y se desencadena una germinación masiva que, junto con la reducción temporal de la parte aérea

de los zacates, aumenta las poblaciones de dichas especies en el sitio después del incendio.

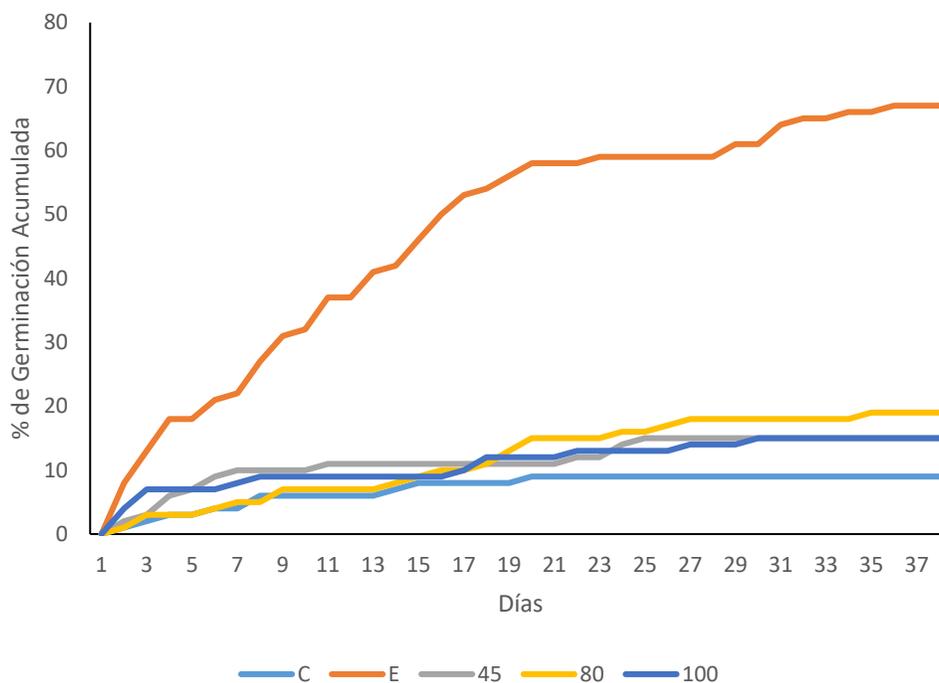


Figura 24.3. Germinación acumulada de *L. exaltatus*. C=control, E=escarificación mecánica; los números 45, 80 y 100, indican las temperaturas de choque térmico, aplicadas durante 1 min. Fuente: Moreno (2016).



Figura 24.4. Semilla de *L. exaltatus* en germinación. Foto: JMR.

Tolerancia a la sombra. Especie poco tolerante a la sombra.

Tipo de germinación. Germinación epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar semilla. La recolección de vainas maduras es manual o con ayuda de tijeras podadoras de una mano. La época de recolección varía con la región. De acuerdo con Zamora *et al.* (2009), en Jalisco se pueden recolectar en marzo y abril. Para el presente estudio, con

semilla de Puebla, fue recolectada en septiembre, pero también se puede recolectar en agosto.

Beneficio. Es muy sencillo, simplemente abrir y “rascar” las semillas del interior de las vainas secas para extraerlas y proceder a limpiarlas de restos de frutos, hojas y ramillas.

Almacenamiento. Debido a su latencia física, la semilla se puede almacenar varios años en condiciones de cuarto fresco, y un mayor tiempo en refrigeración.

Tratamiento previo a la siembra.

Escarificación mecánica para terminar con la latencia física. También se puede probar con ácido sulfúrico, con las debidas precauciones de seguridad.

Siembra. Se recomienda sembrar la semilla entre 0.5 y 1 cm de profundidad. Para siembras directas en el campo, simplemente distribuirla al voleo o en algún patrón predefinido.

Literatura Citada

Alderete Chávez, Á., V. Espinosa, E. Ojeda, M. Eshan, J. Pérez-Moreno, V. M. Cetina, D. A. Rodríguez-Trejo, y N. de la Cruz-Landero. 2008. Natural distribution and principal characteristics of *Lupinus* in the oriental fase of Tlálóc mountain in Sierra Nevada, Mexico. *Journal of Biological Sciences* 8: 604-609.

Arechavala, M. T. 2006. Estudio de la relación entre la arquitectura de las partes aéreas de 3 especies de leguminosas herbáceas nativas con potencial para restauración y la intercepción de la lluvia. Facultad de Biología. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo. México.

Dunn, D. 1981. *Lupinus* L. In: Rzedowski, G. C. de, y J. Rzedowski (eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Instituto de Ecología, A.C, Conabio. Pátzcuaro, Mich. pp. 326-338.

Juárez F., B., L. C. Lagunes-Espinoza, A. Bucio-Galindo, A. Delgado-Alvarado, J. Pérez-Flores, y J. López-Upton. 2018. Efecto de tratamientos hidrotérmico, remojo y germinación en la composición química de semillas de *Lupinus* silvestres. *Agroproductividad* 11(12): 41-47.

Garduño H., Y. 2012. Variación altitudinal en germinación y crecimiento de plantas de *Lupinus campestris* Cham. & Schtdl., *Lupinus exaltatus* Zucc. y *Lupinus montanus* H.B.K. Tesis de Maestría en Ciencias. Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Dicifo, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 93 p.

Moreno Rupit, A. J. 2016. Respuesta germinativa al choque térmico en semillas de tres especies de *Lupinus*. Tesis profesional. Carrera Ingeniería en Restauración Forestal. Dicifo, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 52 p.

Pablo-Pérez, M., L. C. Lagunes-Espinoza, J. López-Upton, E. M. Aranda-Ibáñez, y J. Ramos-Juárez. 2015. Composición química de especies silvestres del género *Lupinus* del estado de Puebla, México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 38(1): 49-55.

Perdomo-Molina, M. A. 1998. Los chochos, su intervención en el agrosistema tradicional de los rodeos (Tenerife). *Tenique: Revista de Cultura Popular Canaria*. 4: 115-147.

Zamora N., J. F., P. García L., M. A. Ruíz L., E. Salcedo P., y R. Rodríguez M. 2009. Composición y concentración de alcaloides en *Lupinus exaltatus* Zucc. durante su crecimiento y desarrollo. *Interciencia* 34(9): 672-676.

Lupinus montanus H.B.K. (Fabaceae)

Carlos Rojo Zenil, Jeanette Acosta Percástegui, Ana Jéssica Moreno Rupit, Sonia Hernández Epigmenio, Yasmín Garduño Hernández, Dante Arturo Rodríguez-Trejo, Javier López Upton, Carlos Ramírez Herrera, Abel Aguilera Aguilera

Nombres comunes

Se le conoce como alfajilla (Son.), altramuz (Chih.) y yaloczixihuitl (Tlax.) (Aguilar y Zolla, 1982).

Breve descripción

Es una planta perenne, leñosa sólo en la base, de 0.30 hasta 1 m de altura, puberulenta, con tallos ramificados huecos, hojas compuestas, de forma palmada, flores color azul y blanco, dispuestas en racimos largos. Legumbres de 4-5 cm de largo y 9-10 mm de ancho (Figuras 25.1 y 25.2).

Distribución

Se distribuye en la región central de México, en: el Eje Neovolcánico, en el cruce de la Sierra Madre Oriental y la Sierra Madre Occidental, en áreas perturbadas, por tala o incendios en bosques de pino, pino-encino, pastizales, orillas de caminos, campos de cultivo y zonas semiáridas (Kaye y Kuykendall, 2001).

Importancia

El lupino fija N atmosférico y hace disponibles el P, el K y otros nutrientes utilizando mecanismos diversos, lo cual produce un efecto positivo para las plantas que se encuentran en su periferia. Las especies de *Lupinus* son

útiles en la restauración de ecosistemas al enriquecer el suelo, y como especies nodriza (Ramírez y Rodríguez-Trejo, 2009), así como en sistemas agroforestales para fijar N.

Floración y fructificación

La especie florece en verano-otoño y produce frutos en otoño-invierno (Figura 25.3).

Descripción de la semilla

La semilla es de forma tendiente a oval. Su longitud es de 3.7 mm a 5.4 mm, su ancho de 2.3 a 3.8 mm, y su grosor de 1.5 a 2.9 mm. La testa es lisa, de lejos café oscura, de cerca se aprecian manchas irregulares con al menos tres tonos de café, que recuerdan un camuflaje. Cuenta con hilo (Figura 25.4). Embrión total (4/4), ocupando casi toda la cavidad seminal. Es axial, folial y doblado, color blanco verdoso. Los cotiledones son ovados, con margen entero, ápice redondeado y acumbentes. El endospermo es muy poco abundante, color blanco y algodonoso, en contacto con la radícula y parte de la base de los cotiledones (Rodríguez-Trejo y Rojo, 1997; Hernández, 2018) (Figura 25.5). La cubierta seminal, que imprime la latencia física, cuenta con las capas que se muestran en la Figura 25.5.



Figura 25.1. Masa post-incendio natural de *Lupinus montanus* muy cerca del límite arbóreo de *Pinus hartwegii*, en el volcán Popocatepetl. Foto: DART, 2015.

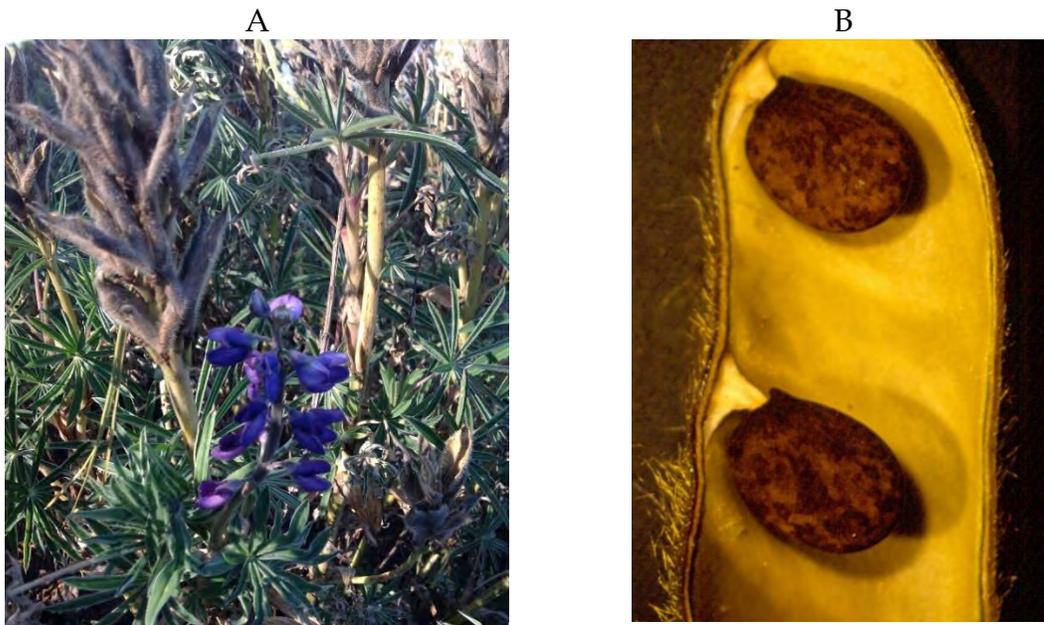


Figura 25.2. A) Flores y frutos ya abiertos de *Lupinus montanus*, cerca del límite arbóreo de *Pinus hartwegii*, volcán Popocatepetl. B) Vista de una vaina con semillas. Fotos: DART, 2015 y 2005, respectivamente.



Figura 25.3. Semillas de *L. montanus*. Laboratorio de Semillas Forestales, Dicifo, UACH. Foto: SER, 2018.

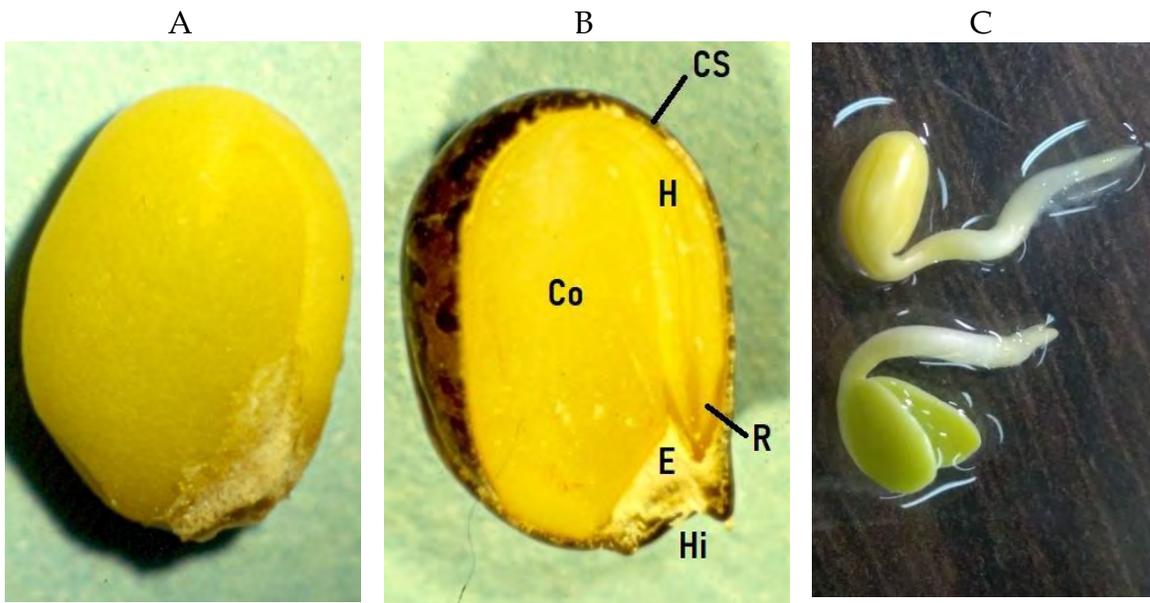


Figura 25.4. A) Semilla sin cubierta seminal. B) Corte longitudinal, paralelo a los cotiledones, de la semilla de *L. montanus*. CS = cubierta seminal, H = hipocótilo, Co = cotiledón, R=radícula, E = endospermo, Hi = hilo. C) Plántulas poco después de la germinación. Laboratorio de Semillas Forestales, Dicifo, UACH. Fotos: DART, 2005 (A y B) y EGP, 2018.

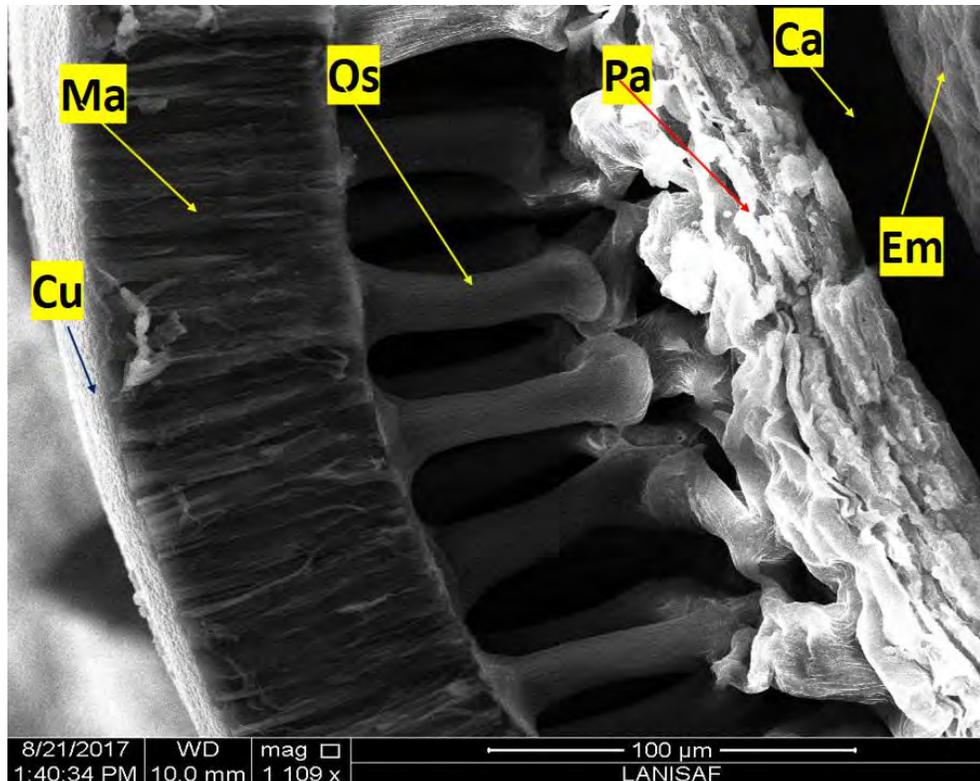


Figura 25.5. Capas de la cubierta seminal de *L. montanus*. Cu=cutícula, Ma=macroesclerenquima, Os=osteoesclerenquima, Pa=parénquima en empalizada, Ca=cavidad seminal, Em=embrión (parte de los cotiledones). Microfotografía tomada en LANISAF, UACH (Hernández, 2018).

Análisis de semillas

Procedencia. Las semillas fueron recolectadas en las proximidades del área semillera, en la Estación Experimental Zoquiapan, Edo. de Méx., en bosque de *Pinus hartwegii*, durante el invierno. También se proporcionan resultados de germinación y algunos otros, para un lote procedente del límite arbóreo del Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatepetl, a casi 3900 m s.n.m., cuando se hace la aclaración, así como de un par de lotes de Pue.

Pureza. La pureza obtenida para este lote fue 99.3%. Las impurezas estuvieron constituidas por fragmentos de semillas y fragmentos de hojas.

Peso. Se determinó 52 364.9 semillas kg^{-1} y 1000 semillas pesaron 19.1 g. Para el lote del Parque Iztaccíhuatl-Popocatepetl, se tuvieron 44 465 semillas kg^{-1} (22.5 g por 1000 semillas).

Contenido de humedad. Los contenidos de humedad, base anhidra y base en fresco, fueron 11.66% y 10.45% respectivamente. La tipifican

como semilla ortodoxa y macrobiótica. Cabe señalar para semilla procedente del límite arbóreo en el Parque Iztaccíhuatl-Popocatepetl, Hernández (2018) refiere menores contenidos de humedad, de 4.7 y 4.5%, respectivamente.

Germinación y factores ambientales.

Las pruebas de germinación fueron conducidas en el Laboratorio de Semillas Forestales de la Dificio, UACH, en una cámara de ambiente controlado "Conviro", utilizando un régimen día-noche de 30 °C constantes, y un fotoperiodo de 10 horas, con luz fluorescente con una radiación fotosintéticamente activa entre 13.8 a 66.7 $\mu\text{mol cm}^{-2} \text{s}^{-1}$, medida con fotómetro portátil. Las siembras se hicieron en cajas de Petri, con agrolita como sustrato, al instalar el experimento se regó con Captán (1.5 g l⁻¹), posteriormente se regó con el mismo fungicida cada 7 o 15 días. Los riegos fueron diarios para mantener el sustrato a capacidad de campo. Los tratamientos probados fueron remojos en: ácido sulfúrico concentrado (5, 10 y 15 min), en ácido diluido al 50% (los mismos tiempos), en agua a punto de ebullición (12, 24 y 48 h), y en agua al tiempo (los mismos tiempos). En total se usaron 780 semillas. Al día seis de instalado el experimento inició la germinación y la última se observó el día 26. Se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos. El control no germinó durante los 34 días que se dejó el experimento en la cámara. Ni el remojo en agua fría ni en ácido diluido tuvo efecto sobre la germinación. El agua caliente sí lo

tuvo, con hasta 33.3%. El ácido sulfúrico concentrado sólo ejerció efecto a partir de los 10 minutos de remojo, siendo el mejor tratamiento este tipo el remojo en ácido concentrado durante 15 min. En otro estudio (Acosta y Rodríguez-Trejo, 2005), se analizó el efecto en la germinación de régimen térmico, luz y escarificación. Se halló que el mejor régimen térmico fue 20/15 °C, con escarificación química (ácido sulfúrico concentrado durante 15 min), tanto con luz (100% de capacidad germinativa) como sin luz (98%). En este trabajo también se halló una interacción significativa entre temperatura y luz, pues a mayores temperaturas, la falta de luz produjo mayores capacidades germinativas. Se concluye que la especie se favorece con micrositios, cuya sombra puede beneficiar la germinación a temperaturas relativamente altas (Figuras 25.6 y 25.7). Por su parte, Garduño (2012) y Moreno (2016) hallaron resultados semejantes con semilla de Puebla escarificada mecánicamente. En un estudio más, por Hernández (2018), se aplicaron a un lote procedente del límite arbóreo de *Pinus hartwegii* en el volcán Popocatepetl (Figura 25.1) diversos tratamientos escarificatorios y térmicos. El más conveniente resultó la escarificación mecánica con lija (73.6%). La escarificación térmica a 80 °C por 35 min, arrojó 30.7% de germinación, y diferencias significativas, con respecto al testigo (1.4%), lo cual es evidencia de que altas temperaturas de incendios eliminan la latencia física que caracteriza a esta

especie. La respuesta de la germinación de la especie, ante diferentes tratamientos térmicos, se aprecia en la Figura 25.8.

Energía germinativa. La energía germinativa fue evaluada como el número de días necesarios para

alcanzar el 70% de la germinación final. El valor medio fue 11 días.

Viabilidad. La viabilidad mediante la prueba de flotación en agua fue igual a 100%

Latencia

Existe latencia física

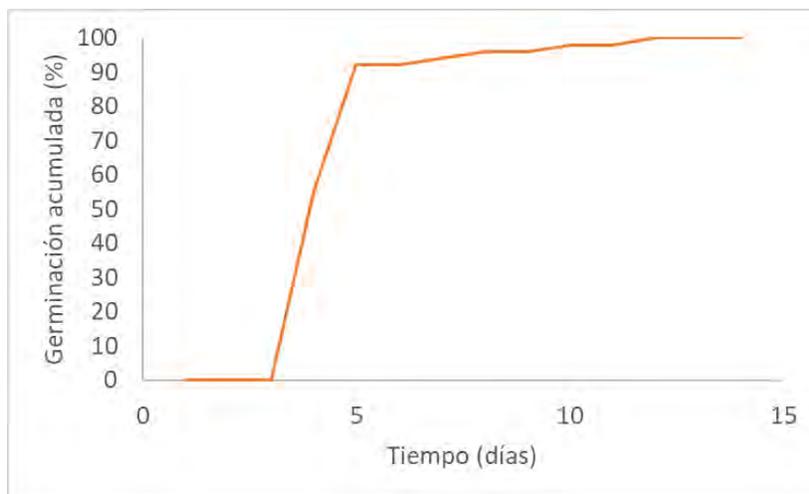


Figura 25.6. Germinación acumulada de *L. montanus* escarificado (Acosta y Rodríguez-Trejo, 2005).

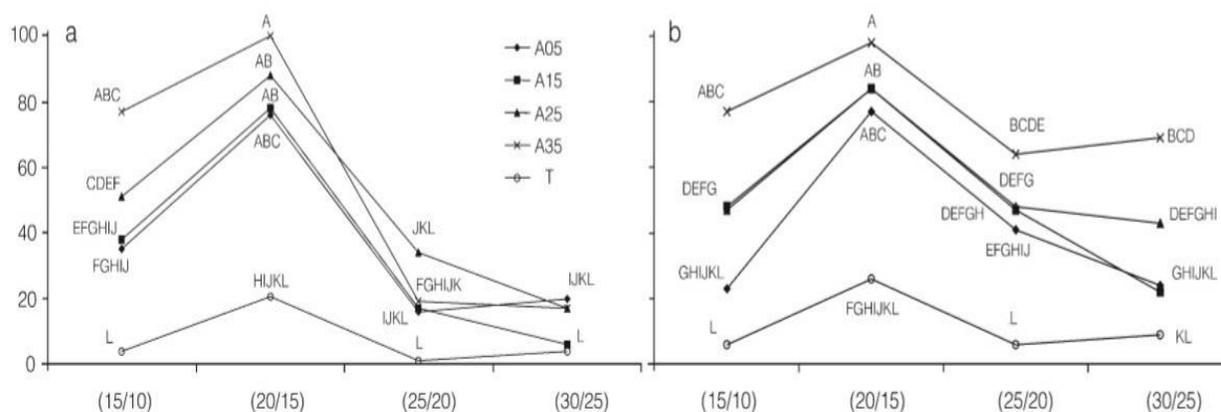


Figura 25.7. La germinación de *L. montanus* es influida por la interacción entre temperatura (el eje X muestra los regímenes térmicos, en °C), presencia (a) o ausencia de luz (b) y tratamiento escarificadorio (A05 = inmersión en ácido sulfúrico concentrado durante 5 min, A15 = durante 15 min, A25 = durante 25 min, A35 = durante 35 min, T = testigo) (Acosta y Rodríguez-Trejo, 2005).

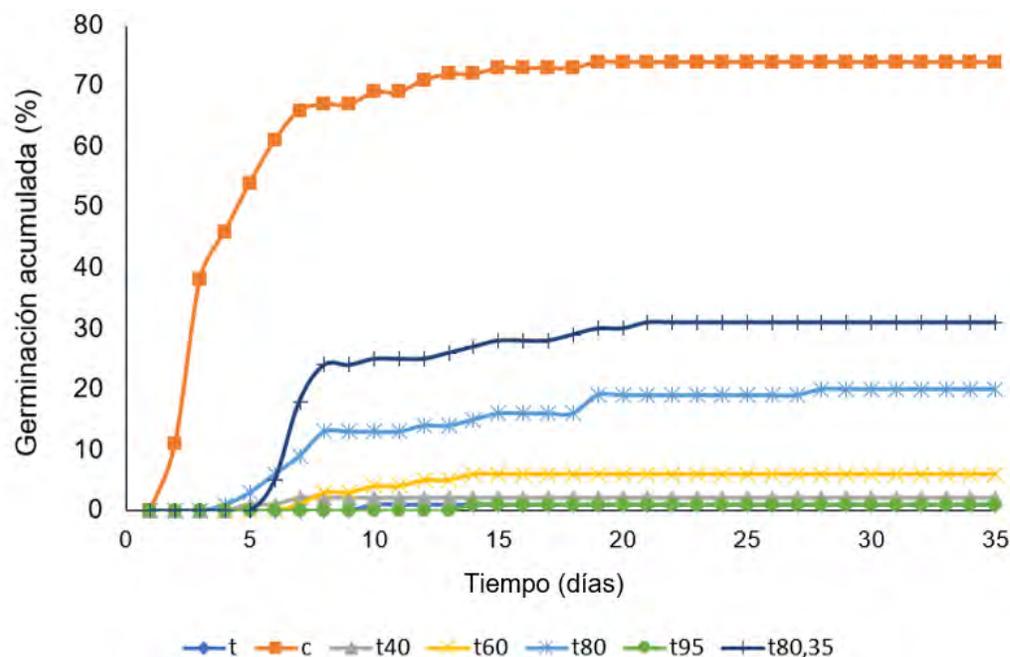


Figura 25.8. Germinación acumulada de *L. montanus* ante diferentes tratamientos térmicos. t=testigo, c=corte con navaja (escarificación mecánica), las t y su número asociado, representan choque térmico por 90', t80,35=choque térmico a 80 °C por 35'. El choque térmico se proporcionó sumergiendo en agua caliente y retirando la fuente de calor en ese momento.

Regeneración natural

Dispersión. La semilla es dispersada por gravedad, liberadas por las vainas dehiscentes. Posiblemente también dispersen semilla algunos granívoros u omnívoros.

Banco de semillas. Como muchas leguminosas, la latencia física de la semilla facilita que su acumulación forme bancos de semilla. Tal es una de las razones por la cual después de un incendio, por ejemplo en pinares, proliferan especies del género *Lupinus*, como ésta (Rodríguez-Trejo, 2014) (Figura 25.1).

Tolerancia a la sombra. Es una especie poco tolerante a la sombra.

Tipo de germinación. La germinación es epigea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Es recomendable recolectar las vainas maduras de la planta en el invierno.

Almacenamiento. Debido a que tiene latencia física, la semilla no requiere condiciones especiales para su almacenamiento. Puede ser guardada en condiciones de cuarto fresco durante varios años con poco efecto en

su viabilidad. Sin embargo, la refrigeración ayuda a prolongar todavía más su viabilidad.

Tratamiento previo a la siembra. Es necesario escarificar la semilla para que germine, debido a su latencia

física. La escarificación en ácido sulfúrico es recomendable (15 min a 50% de concentración), pero con las precauciones que el uso de ácidos involucra. También se puede realizar escarificación mecánica, por ejemplo con lijas.

Literatura citada

Acosta P., J., y D. A. Rodríguez-Trejo. 2005. Factors affecting germination and pregerminative treatments of *Lupinus montanus* seeds. *Interciencia* 30: 576-579.

Aguilar, C. A. y C. Zolla. 1982. Plantas Tóxicas de México. IMSS. México, D.F. 271 p.

Guardño H., Y. 2012. Variación altitudinal en germinación y crecimiento de plantas de *Lupinus campestris* Cham. & Schltld., *Lupinus exaltatus* Zucc. y *Lupinus montanus* H.B.K. Tesis de Maestría en Ciencias. Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Dicifo, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 93 p.

Hernández E., S. 2018. Respuesta al choque térmico en la germinación de *Lupinus montanus* Kunth. Tesis Profesional. Carrera en Ingeniería en Restauración Forestal. Dicifo, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 44 p.

Kaye, T.N., and K. Kuykendall. 2001. Effects of scarification, cold stratification on germination of *Lupinus sulphureus* ssp. *kincaidii*. *Seed Science Technology* 29: 663-668.

Moreno Rupit, A. J. 2016. Respuesta germinativa al choque térmico en semillas de tres especies de *Lupinus*. Tesis profesional. Carrera Ingeniería en Restauración Forestal. Dicifo, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 52 p.

Ramírez Contreras, A., y D. A. Rodríguez-Trejo. 2009. Plantas nodriza en la reforestación con *Pinus hartwegii* Lindl. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15: 43-8.

Rodríguez-Trejo, D. A. 2014. Incendios de Vegetación. Su Ecología, Manejo e Historia. Vol. 1. Ed. C. P., C. P., UACH, PPCIF, AMPF, ANCF, Semarnat, PNIP, Conafor, Conanp. México. 891 p.

Rodríguez-Trejo, D. A., y C. Rojo Z. 1997. Estudio de la semilla del arbusto *Lupinus montanus* H.B.K. (Leguminosae). *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales III(1)*: 39-45.

Malacomeles denticulata (Kunth) G.N.Jones (Rosaceae)

Teresa Avilez López, Dante Arturo Rodríguez Trejo, Gerardo Mendoza Ángeles

Sinonimia

El nombre científico anterior de esta especie era *Amelanchier denticulata*, (Kunth) K.Koch, por lo que la parte de la literatura se refiere con tal denominación.

Nombres comunes

Entre sus nombres están Tlaxistle, tlaxisqui, tomistlacatli, tlaxioqui, tlaxizqui, tlazistle, clasistle, yalagán, acebuche, claldurazno, duraznillo, granjenillo, madronillo, manzanita, membrillo, membrillo cimarrón, membrillo silvestre, y mimbres (Martínez, 1979; Calderón, 1981).

Breve descripción

Arbusto perenne, muy ramificado, rígido, de hasta 3 m de altura, unas veces cubierto con pelillos blancos, otras no. Hojas alternas, elípticas a obovadas o casi circulares, con hasta 2.5 cm de longitud, a veces con dientecillos en los márgenes. Vena media algo prominente en la cara inferior, pecíolo de hasta 6 mm de longitud. Las inflorescencias son racimos con pocas flores en los ápices de las ramas. Flores con 1 cm de diámetro, con la base acampanada, cubierta de abundantes pelillos blancos (hipanto), en cuyo ápice hay cinco sépalos anchamente triangulares de hasta 2 mm de longitud, curvados

hacia afuera, sin pelillos en la cara superior. Cinco pétalos blancos, de hasta 4 mm de longitud, circulares o arriñonados, sin pelillos. Numerosos estambres de filamentos cortos (Calderón, 1981) (Figura 26.1).

Distribución

Malacomeles denticulata se halla principalmente en Ags., Chis., CDMX, Gto., Hgo., Jal., Edo. Méx., Pue., Qro., Oax., Tlax. y Ver., entre 2350 y 3000 m s.n.m. (Rzedowski y Calderón, 2005), así como S.L.P. (Rzedowski, 1978). Se la encuentra en pastizales y matorrales (Calderón, 1981), a orillas de caminos y parcelas en zonas templadas, también en áreas de bosque de pino-encino y bosque mesófilo; se le considera ruderal, típica de áreas perturbadas (Rzedowski y Calderón, 2005; Vibrans, 2016) (Figura 26.2).

Importancia

La especie produce un fruto comestible, muy apreciado en las zonas rurales de México central y del sur. Su fruto es parecido al de frutas del bosque como las moras Sakantoon (*Amelanchier alnifolia* Nutt.) (Núñez, 2010) (Figura 26.3). Esta especie es forrajada por las cabras durante pastoreo trashumante en la Mixteca de Oaxaca (Franco *et al.*, 2014).

Su madera es utilizada para la elaboración de artesanías, tales como tallados o esculturas, bastones de una sola pieza, abrecartas, lapiceros, entre otras. Con las varas se elaboran cajas, papalotes, escobas o se usan como leña. El fruto es de alta importancia para la avifauna y pequeños mamíferos silvestres que de ellos se

alimentan. Las hojas son nutritivas y con adecuada fermentación para alimentar ganado menor. Planta con potencial de uso medicinal y ornamental, así como para prevenir erosión.



Figura 26.1. *Malacomeles denticulada*, Estación Experimental Las Cruces, Texcoco, Edo. Méx. Foto: DART, 2012.

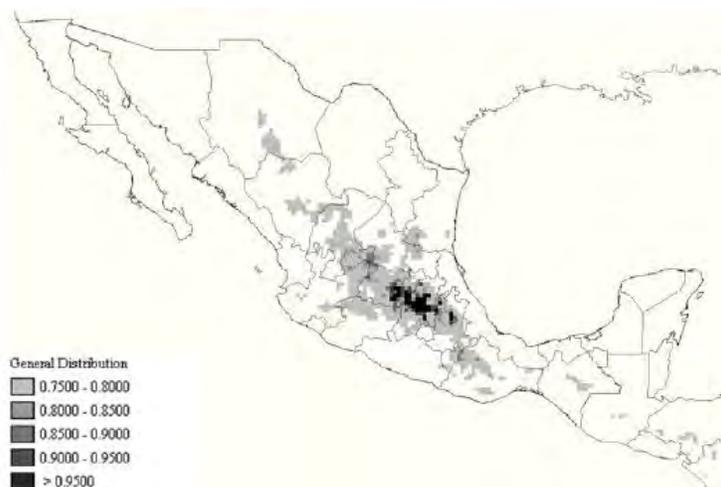


Figura 26.2. Distribución aproximada de *M. denticulata* en México. Fuente: Núñez (2010).

Floración y fructificación

Florece y fructifica casi durante todo el año, pero principalmente florece de febrero a abril, a veces hasta junio, y fructifica de mayo a diciembre (Vibrans, 2016, y observaciones personales de los autores).

Descripción de fruto y semilla

Los frutos son pomos; rojos, carnosos, como manzanitas, elipsoides a globosos, con 1 cm de longitud, con pelillos erguidos (Calderón, 1981). Su longitud es de 8.9 cm, su anchura de 7.9 cm, en promedio, con un peso medio de 0.36 g por fruto.

Las semillas son pequeñas, con testa lisa color café oscuro. Presentan gran variación de tamaño, desde 1 hasta 4 mm de longitud. En su interior son blanquecinas y sin endospermo.

En una investigación sobre variabilidad morfológica en seis poblaciones de la especie en el estado de Guanajuato, Hernández *et al.* (2011)

refieren medias poblacionales en la longitud de la semilla de 4.2 hasta 5.6 mm, y diámetros de 0.68 a 0.75 mm (Figura 26.4). Dichos autores concluyen que hay una elevada variabilidad intra e interpoblacional. González *et al.* (2015), estudiaron la variabilidad genética en varias poblaciones de Gto., Qro. y Edo. Méx. y llegan a la misma conclusión, con heredabilidades intrapoblacional e interpoblacional de 47 y 53%, respectivamente.

Cabe señalar que, en poblaciones de Oaxaca, Cruz (2005) halló una relación negativa entre el tamaño de la semilla y la altitud, y también con respecto al pH del suelo. En cambio, la relación fue positiva con la temperatura máxima 30 días antes de la cosecha. El mismo autor refiere de 0.9 a 1.9 semillas por fruto. Asimismo, señala hibridación entre *M. denticulata* y *M. nervosa*.



Figura 26.3. Detalle del fruto de *M. denticulata*. Foto: DART, 2012.



Figura 26.4. Semilla de *M. denticulata*. Fuente: Agronoticias (2016).

Análisis de semillas

Peso. Se determinaron 135,227 semillas kg^{-1} , correspondientes a 7.4 g como peso de 1000 semillas. Por su parte, Riley (1981) refiere 5.93 g por 1000 semillas, que equivalen a 168 634 semillas kg^{-1} .

Germinación y factores ambientales.

En una prueba preliminar, con un régimen día/noche de 25/20 °C y fotoperiodo de 12 h, obtuvimos una capacidad germinativa de 60% para un lote recolectado en Texcoco, Edo. Méx.

En otra prueba, con semilla procedente de los cerros Popocatepec y Tenaxtepec, Tlax., estratificada a 1-5 °C durante un mes, germinó a 20 °C constantes 80%, mientras que el testigo no estratificado, solo alcanzó 34%.

Por otra parte, Hernández *et al.* (2011) señalan que, en condiciones de invernadero, a 25 °C, se obtuvo una germinación de 43.7%. Las plántulas emergen a 10 días de la siembra. Para poblaciones de Estados Unidos, Riley

(1981) señala 75% de capacidad germinativa a 15 °C, con fotoperiodo de 8 h luz, luego de escarificación con escapelo.

Latencia

En el presente trabajo con semilla de Texcoco, Edo. Méx., los tratamientos de corte lateral y de lijado arrojaron aproximadamente la mitad de la germinación del testigo, lo que junto con la aceptable germinación obtenida, indican que no había latencia en la población recolectada. Sin embargo, en el estudio de Riley (1981) sí hubo efecto positivo de la escarificación con escapelo en la germinación.

En poblaciones de Oaxaca, Cruz (2005) encontró diferentes niveles de latencia, que categorizó en: <10%, 10 < 25% y >50%. Halló que la población de mayor altitud mostró el mayor nivel de latencia (62%), mientras que poblaciones de menor altitud tuvieron una baja proporción de semillas

latentes (<15%). En la población alta la germinación fue lenta y variable, mientras que en las poblaciones de menor altitud fue más rápida. En una población, recolectada en Suchixtlán y Yanhuitlán, la proporción de semillas latentes se redujo de 62% a 29% luego de 14 días de tratamiento a baja temperatura. En esa misma población, la reducción en la proporción de semillas latentes fue de 62 a 8%

después de cuatro meses de almacenamiento a temperatura de cuarto (21 °C). Nicholson (1992) (cit. por Baskin y Baskin, 2014), refiere latencia fisiológica para poblaciones de esta especie en Estados Unidos.

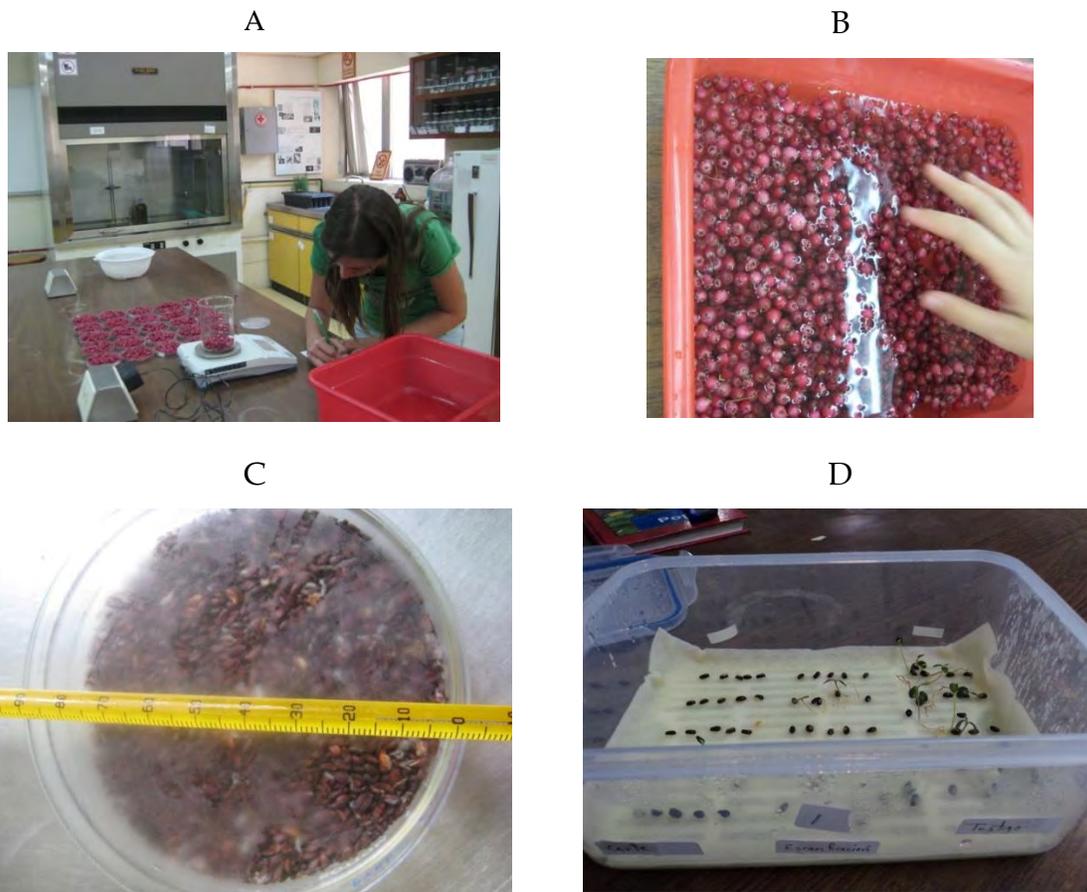


Figura 26.5. A) Pesaje de frutos. B) Beneficio de frutos. C) Semillas en extracción de su estratificación. D) Germinación.

La información en la literatura sobre evidencias de latencia mecánica o fisiológica en la literatura referida, la alta variabilidad genética de la especie, así como las observaciones de estudios en laboratorio de los autores

de este capítulo, permiten concluir que existen distintas poblaciones que desarrollan latencia mecánica, latencia fisiológica o bien una combinación de ambas y, en todos los casos, con diferentes intensidades.

Regeneración natural

Dispersión. La fauna silvestre hace la dispersión de la semilla, pues los frutos son atractivos para ella, y para el ser humano. Es posible que las aves sean un importante agente dispersor. En plantaciones de rehabilitación con exóticas, en el predio experimental las Cruces, de la Dicifo, UACH, en Tequesquínahuac, Edo. de Méx., es común ver estos arbustos cerca de árboles. Cuando las aves usan de percha estos árboles excretan y ahí va la semilla de *M. denticulata*. La latencia mecánica es eliminada al paso por los jugos gástricos del tracto digestivo de aves y mamíferos, con lo cual germina.

Tolerancia a la sombra. Como especie ruderal, requiere de altos niveles de radiación solar. El que germine y se establezca exitosamente junto a árboles deja ver que tolera alguna sombra.

Tipo de germinación. Presenta una germinación de tipo epigeo.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Recolección de semilla. Se espera variabilidad en la cosecha entre poblaciones y en una misma población en diferentes años, como Cruz (2005) encontró para poblaciones de esta especie en Oaxaca. Aunque la semilla se puede recolectar durante gran parte del año, en la zona central del país se hallará más de julio a diciembre. La recolección de frutillas puede ser

realizada a mano. Las frutillas se pueden depositar en bolsas o contenedores. Como todo fruto carnoso, debe ser procesado pronto. Se puede tallar en una malla para molerlo y obtener la semilla. Si el despulpe se efectúa manualmente y sin agua, los frutos se oxidan rápidamente y generan ligeras dosis de cianuro.

Almacenamiento. Esta semilla se ha mantenido viable por ocho meses cuando ha sido almacenada en contenedores con baja humedad y a 5 °C (Riley, 1981).

Tratamiento previo a la siembra. Si las poblaciones de las cuales se obtiene semilla no tienen latencia, no será necesario aplicar tratamiento alguno. De haber latencia fisiológica y mecánica, la estratificación de las semillas y luego un corte son los tratamientos indicados. Sin embargo, es conveniente registrar la información por procedencia, pues no podrá saberse a ciencia cierta si la semilla de alguna localidad de la que no se había recolectado antes semilla, tiene latencia, de qué tipo y, por ende, la clase de tratamiento pregerminativo que requerirá. Pueden hacerse pruebas previas de lijado o corte, con y sin estratificación previa, y establecer así si hay latencia, de qué tipo y el tratamiento necesario para eliminarla.

Siembra. Se recomienda sembrar esta semilla a una profundidad de entre 0.5 a 1 cm.

Literatura citada

- Agronoticias. 2016. <https://agronoticias.com.mx/2016/10/21/rescatan-el-tlaxixtle-planta-emblematica-de-tlaxcala/>
- Baskin, C. C., and J. M. Baskin,. 2014. Seeds. Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. 2nd ed. Academic Press, Elsevier. Amsterdam. 1585 p.
- Calderón de Rzedowski, G. 1981. Rosaceae. *In*: Rzedowski, J., y G. Calderón de Rzedowski (eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. CECSA. México. pp. 257-279.
- Cruz C., E. 2005. Morphological variability and seed dormancy of *Amelanchier denticulata* (Rosaceae) grown in Oaxaca, Mexico. Ph. D. Dissertation. Oregon State University. Corvallis, Oregon. 200 p.
- Franco G., F. J., M. Sánchez R., J. C. Camacho R., J. E. Hernández H., O. A. Villarreal E., E. L. Rodríguez C., y O. Marcito A. 2014. Consumo de especies arbóreas, arbustivas y sus frutos y herbáceas por cabras en pastoreo trashumante en la mixteca oaxaqueña, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 17(2): 267-270.
- González C., D., C. A. Núñez C., E. Villordo P., G. Medina R., y M. M. González C.. 2015. Variabilidad genética del membrillo cimarrón (*Malacomeles denticulata* (Kunth) Jones) obtenida mediante marcadores inter secuenciales simples repetidas o intermicrostélites (ISSR). *Acta Universitaria* 25(4): 26-34.
- Hernández M., M. Á., C. A. Núñez C., S. H. Guzmán M., E. Espinoza T., y M. G. Herrera H. 2011. Variabilidad morfológica mediante caracteres de poblaciones de *Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch, originarias de Guanajuato, México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 17(3): 161-172.
- Hernández C., L., V. Guerra de la C., G. Santiago M., y P. Cautlal C. 2011. Propagación y micorrización de plantas nativas con potencial para restauración de suelos. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 2(7): 87-96.
- Martínez, M. 1979. Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas. F. C. E. México, D. F. 1220 p.
- Núñez C., C. A. 2010. Distribución y caracterización eco-climática del membrillo cimarrón (*Amelanchier denticulata* (Kunth) Koch) en México. *Revista Chapingo. Serie Horticultura* 16(3): 195-206.
- Riley, J. M. 1981. Growing rare fruit from seeds. *California Rare Fruit Growers Yearbook* 13: 1-47.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.
- Rzedowski, J., y G. Calderón de Rzedowski. 2005. Rosaceae. Flora del Bajío y Regiones Adyacentes. Fascículo 135. Instituto de Ecología. y Conabio. Morelia, Mich. 157 p.
- Vibrans, H. 2016. Rosaceae. *Amelanchier denticulata* (Kunth) K. Koch. Conabio. URL: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/rosaceae/amelanchierdenticulata/fichas/ficha.htm>

Mimosa lacerata Rose (Fabaceae)

Manuel Teodoro Tenango y Dante Arturo Rodríguez Trejo

Nombres comunes

Garabato, uña de gato.

Breve descripción

Esta especie puede ser arbustiva o un pequeño árbol. Espinosa, con ramas irregulares. Hojas compuestas. Inflorescencias con flores rosadas a violáceas. Las vainas, con espinas en las orillas, miden entre 1.3 y 3.6 cm, con una media de 2.4 cm. Las hay tendientes a rectas o ligeramente curvadas (Figuras 27.1 y 27.2).

Distribución

Se reporta en Gro., Dgo., Jal., Hgo., Edo. Méx., Mich., Mor., Nay., Oax., Pue., Qro. y Tlax. (Conabio, 2016). Forma parte de matorrales xerófilos.

Importancia

Este arbusto resiste en alguna medida perturbaciones humanas y recoloniza áreas alteradas, por lo que es relevante con fines de restauración ecológica. También se ha observado que sirve de nodriza a la biznaga *Echinocactus platyacanthus* Link & Otto.



Figura 27.1. *Mimosa lacerata*. Foto: Oscar R. García Rubio, Conabio.



Figura 27.2. Vainas de *Mimosa lacerata*.

Descripción de la semilla

Las semillas son pequeñas, con 2 a 3 mm de longitud, por 1.5 a 2 mm de anchura. Tienden a ser aplanadas y de color café oscuro, con cuatro formas principales: de corazón, hígado, redondas u ovals (Figura 27.3). Su cubierta seminal es crustácea, brillante. La cavidad seminal está ocupada principalmente por los cotiledones, que a su vez, en el extremo del micrópilo cubren a la radícula (Figura 27.4).

Análisis de semillas

Procedencia. La semilla para el presente estudio fue recolectada en el

ejido San Antonio, en un matorral xerófilo del municipio de Zimapán, al noreste del estado de Hidalgo, dentro de los límites del valle del mezquital del estado y la Sierra Gorda de Querétaro. Las coordenadas del sitio de recolección fueron 20°43'40"N y 99°24'06"O. La semilla se obtuvo de puntos con poblaciones densas de la especie de interés. De acuerdo con García (1981), la zona tiene una temperatura media anual de 18.8 °C y una precipitación media anual de 391 mm.

Pureza. En este caso se tuvo una pureza de 96.6%.

Peso. En un kilogramo hay 218 919 semillas, es decir, 1000 semillas pesan 4.58 g.

Contenido de humedad. El contenido de humedad alcanzó 7.5%, base en seco, y 7% con base en fresco. Orozco *et al.* (2003) refieren un contenido de humedad de 4.4%.

Germinación y factores ambientales. Las pruebas de germinación para este estudio, se llevaron a cabo en cámaras de ambiente controlado, a 24/19 °C y un fotoperiodo de 12 h, con luz fluorescente. Cabe señalar que la forma de la semilla no tuvo influencia en su germinación. Es decir, todas las formas de las semillas de esta especie, germinan igual.

Los tratamientos más efectivos para eliminar la latencia física fueron el lijado (63.3% de germinación final) y el remojo en ácido sulfúrico por 15 min

(53.3%), sin diferencias estadísticamente significativas entre ambos tratamientos. El testigo, no escarificado, tuvo una germinación de 21.7% (Figura 27.5). Una prueba con incisión dio una germinación de 70%, sin diferencias estadísticamente significativas con el lijado (Figura 27.6). Orozco *et al.* (2003) obtuvieron una germinación superior a 95% en esta especie, gracias a la incisión, con semilla del estado de Querétaro. Su testigo no llegó a 5% de germinación (Teodoro, 2011).

Energía germinativa. Con valores de 4.6 a 6.8 días para alcanzar $\frac{2}{3}$ de la germinación final, no se hallaron diferencias estadísticamente significativas entre los diferentes tratamientos probados. Tampoco se hallaron diferencias para los cuatro tipos de forma encontrados.

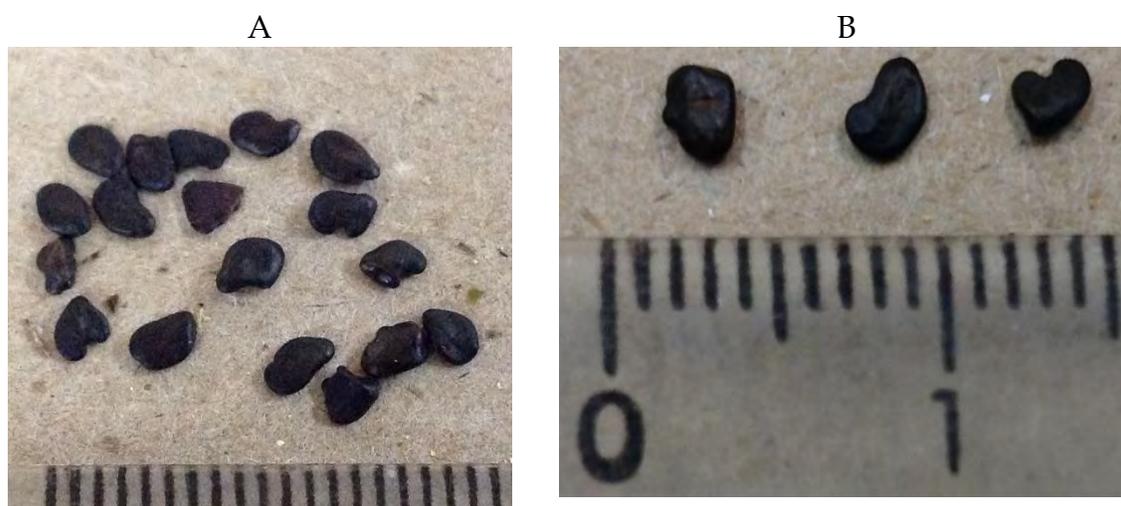


Figura 27.3. A) Diferentes formas de la semilla de *Mimosa lacerata*. B) De izquierda a derecha, formas: oval, de hígado y de corazón. Fotos: DART, 2011.

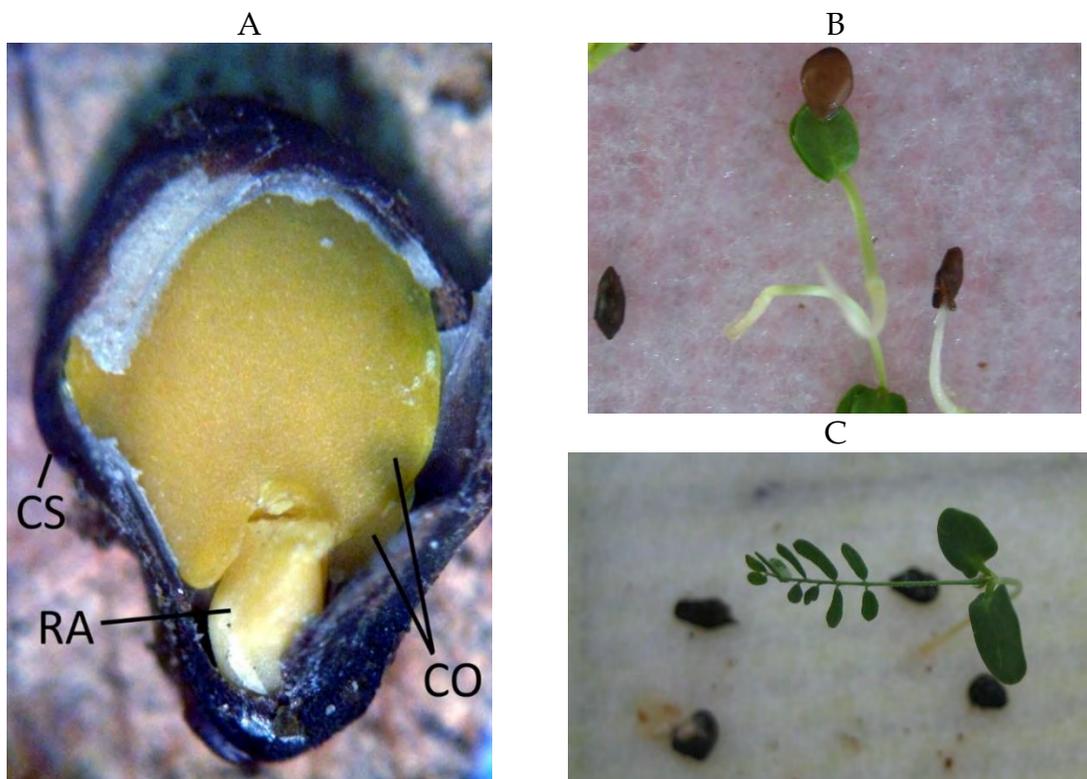


Figura 27.4. A) Corte longitudinal de una semilla de *Mimosa lacerata*. CS=cubierta seminal, CO=cotiledones, RA=radícula. B) y C) Semillas en germinación. Fotos: MTT y DART, Laboratorio de Semillas Forestales Dicifo, 2011.

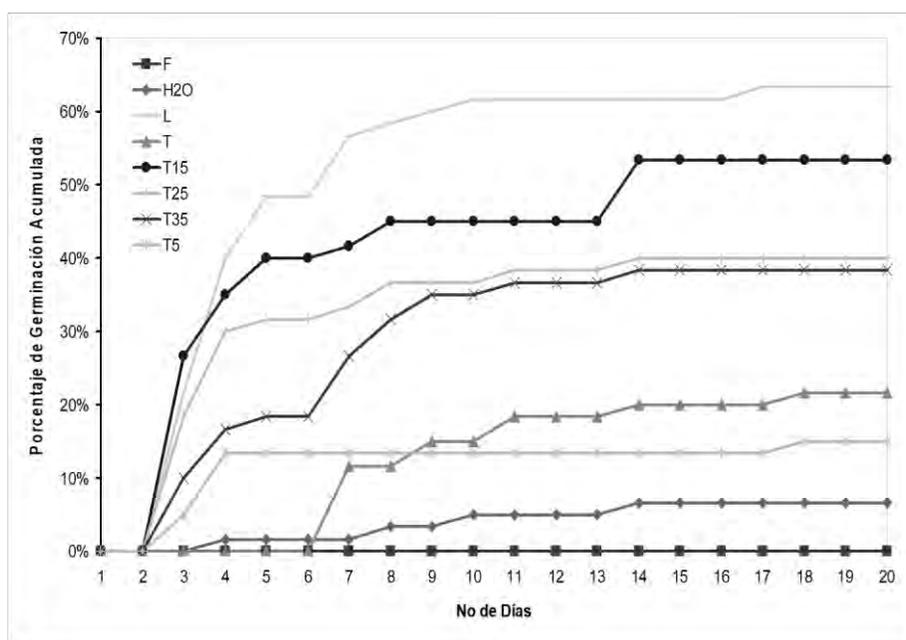


Figura 27.5. Curvas de germinación acumulada por tratamientos. F=fuego, H₂O= remojo en agua hirviendo, L=lijado, T=testigo, T5 a T35, representan escarificación química por 5 a 35 min, respectivamente.

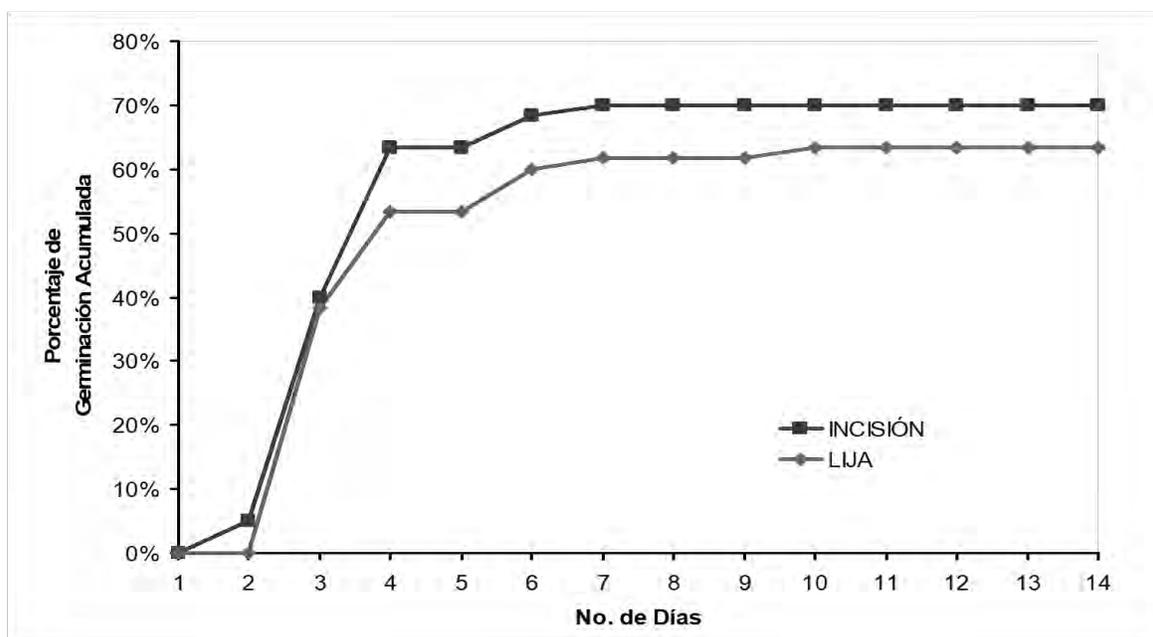


Figura 27.6. Curvas de germinación acumulada para *Mimosa lacerata*. Comparación entre los tratamientos de incisión y lijado.

Viabilidad. Esta variable fue determinada con el método de sales de tetrazolio. Se registró una viabilidad de 53%. Cabe destacar que Orozco *et al.* (2003) señalan una viabilidad de 78.3 % para esta especie, con semilla de Querétaro.

Latencia

La semilla tiene latencia física, pero su intensidad puede variar con la procedencia. En el presente estudio, la recolectada de Zimapán, Hgo., 78.5% de la semilla testigo no germinó por estar latente. Orozco *et al.* (2003), hallaron un 95% de semillas latentes para unas poblaciones de Qro.

Regeneración natural

Dispersión. Las vainas no son muy dehiscentes. Parte de la semilla se

libera cuando abren los frutos, otras conforme éstos se van degradando o dañando sobre el arbusto o en el piso.

Banco de semillas. Como se trata de una leguminosa, la larga viabilidad que le confiere la latencia física que posee, facilita la acumulación de bancos de semillas.

Tolerancia a la sombra. La especie crece en sitios expuestos del matorral, por lo que no requiere sombra.

Tipo de germinación. La germinación en esta especie es epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Las vainas tienen espinas en las orillas. Pueden recolectarse con guantes de carnaza o con tijeras podadoras. Después se

corta con tijeras las orillas con las espinas para extraer con facilidad las semillas. Cada vaina tiene entre 0 y 6 semillas, con una media igual a 2.25 semillas por fruto.

Almacenamiento. Como se trata de una especie con latencia física, no se requieren condiciones especiales para almacenarla durante algunos años, dentro de frascos cerrados, en un cuarto. Evidentemente, refrigerada durará más.

Tratamiento previo a la siembra.

Debido a la latencia física que presenta esta semilla, es necesario escarificarla. Se le puede aplicar ácido sulfúrico concentrado durante 15 minutos, o bien escarificar con lija.

Siembra. La especie no es producida extensivamente. La semilla es pequeña, pero es factible realizar siembra directa con ella. No obstante, resulta más práctico hacer la siembra al voleo en un semillero para después de la germinación llevar a cabo trasplantes a tubetes o bolsas.

Literatura citada

Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2016. Garabato (*Mimosa lacerata*). URL: <http://bios.conabio.gob.mx/especies/6019185>

García, E. 1981. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köeppen. Instituto de Geografía, UNAM. México. 246 p.

Orozco A., M. S., L. Ponce de L., R. Grether, E. García M. 2003. Germination of four species of the genus *Mimosa* (Leguminosae) in a semi-arid zone of Central Mexico. *Journal of Arid Environments* 55: 75–92.

Teodoro Tenango, M. 2011. Rompimiento de latencia en semillas de *Mimosa lacerata* Rose. Tesis Profesional. Ingeniero en Restauración Forestal. DICIFO, UACH. Chapingo, Edo. de Méx (tesis digital).

Myroxylon balsamum (L.) Harms (Fabaceae)

Sophia Loayza Cabezas, Dante Arturo Rodríguez Trejo, Elizabeth Hernández Acosta, Juan José Almaraz Suárez, Jorge Alatorre Cobos

Nombres comunes

Se le conoce como Nabá, bálsamo, palo de bálsamo, hoitzilóxitl, cedro chino, chichipale, chuchupate, chucté, guie-nita, quie-nite, yaga-quie-nite, mo-chi-cu y palo de trapiche (Pennington & Sarukhán, 2005), así como árbol del bálsamo, bálsamo de Perú, bálsamo de Tolú y balsamito (Vázquez *et al.* 1999).

Breve descripción

Árbol de hasta 35 m de altura y 1 m de diámetro normal, con el tronco derecho ramas ascendentes, copa redondeada. Corteza externa lisa, pardo-grisácea con abundantes lenticelas suberificadas y protuberantes. Interna de color amarillento, granulosa, con un olor fragante peculiar, con 10 mm de grosor total. Hojas dispuestas en espiral, imparipinnadas, de 8 a 20 cm de largo incluyendo el peciolo; hojas compuestas de 6 a 8 foliolos alternados, oblongo-lanceolados a lanceolados, con el margen entero, ápice acuminado, base redondeada y oscura en el haz, más pálido en el envés, glabros. Especie hermafrodita. Las flores en racimos axilares de 10 a 20 cm de largo; flores blancas zigomórficas; cáliz de 6 a 8 mm de

largo, anchamente tubular o cupular; pétalos insertos cerca de la base del tubo del cáliz. El fruto es una sámara indehiscente, que alberga a la semilla, el resto en forma de ala, con 7-11 cm de longitud y 2 cm de anchura en el ápice, adelgazándose hacia la base; estipitado, amarillento, glabro, ápice abultado y rugoso, ala de 8 cm de longitud (Vázquez *et al.*, 1999; Pennington y Sarukhán, 2005) (Figura 28.1).

Distribución

Forma parte de las selvas altas o medianas subperennifolias y perennifolias, sobre suelos calcáreos en terrenos planos, en pendientes sobre cerros cársticos de origen ígneo, en suelos negros y pedregosos. También se halla en algunos bosques tropicales caducifolios y bosques de encino (Vázquez *et al.*, 1999; Pennington y Sarukhán, 2005).

Se distribuye en la vertiente del Golfo desde el centro de Veracruz y norte de Oaxaca hasta el sur de la Península de Yucatán y en la vertiente del Pacífico desde Nayarit hasta Chiapas, incluyendo la Cuenca del Río Balsas, extendiéndose hasta Brasil y Argentina (Vázquez *et al.*, 1999; Pennington y Sarukhán, 2005)

Importancia

Se trata de una especie primaria (Vázquez *et al.*, 1999). La madera es de buena calidad y es muy resistente, el árbol se considera una importante fuente de madera comercial (Maeglin, 1991; Rockwell *et al.*, 2007); destilados de su resina son utilizados en perfumería (Api, 2006); su bálsamo es utilizado como un expectorante y para el tratamiento del asma (Robles *et al.*, 2000), y tópicamente se utiliza en medicina tradicional en el tratamiento de la leishmaniasis (Gachet *et al.*, 2010). Localmente se

utiliza para construcciones; diversas partes del árbol se utilizan con fines medicinales. Su albura es de color amarillento, con olor fragante peculiar, con vasos grandes, parénquima vasicéntrico y finas líneas de parénquima apotraqueal (Pennington y Sarukhán, 2005).

Floración y fructificación

La floración se presenta de marzo a mayo, y la fructificación en los meses de mayo (a veces desde marzo) a septiembre. (Vázquez *et al.*, 1999).

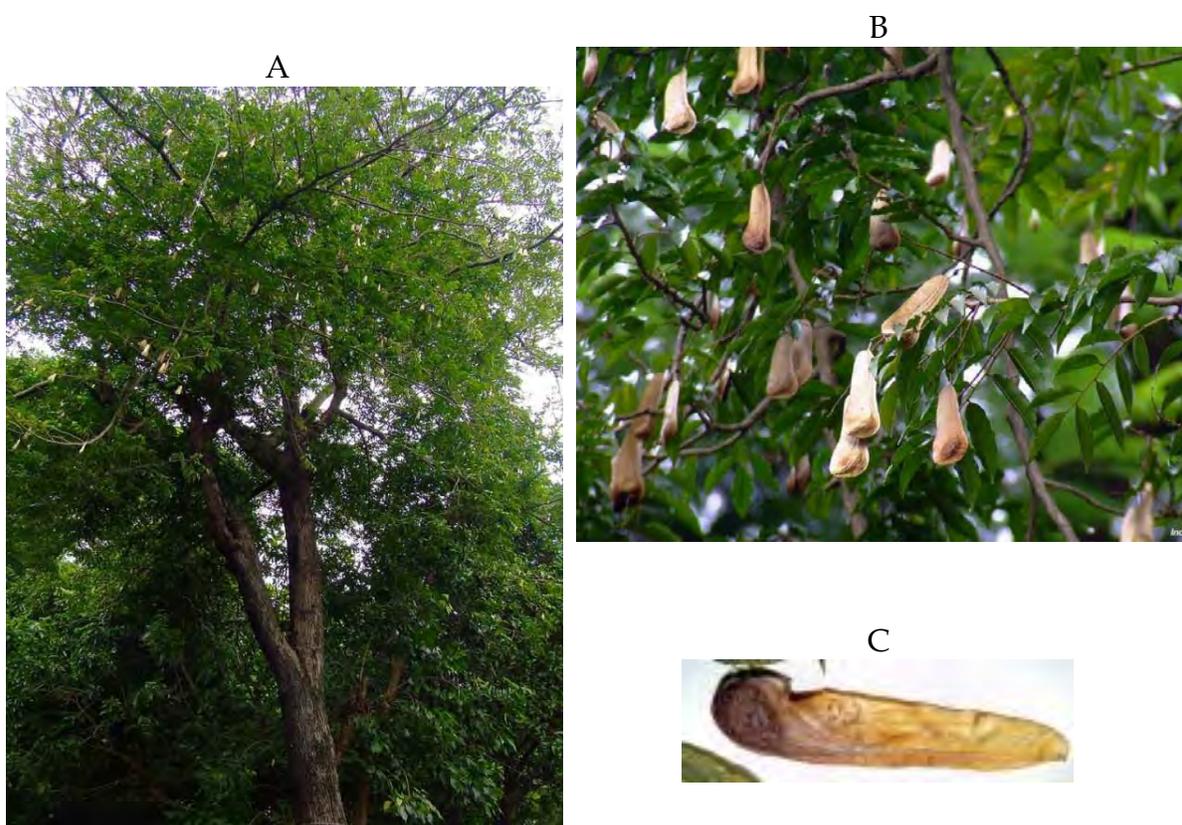


Figura 28.1. A) *Myroxylon balsamum*. B) y C) Frutos. Fuentes: A) Flickr.com (2017). B) Sunshine Seeds (2017). C) Sanchún (2017).

Descripción de la semilla

Cada fruto contiene una o dos semillas de forma reniforme, de 15 a 18 mm de largo, amarillenta, con olor muy fragante (Vázquez *et al.*, 1999) (Figura 28.2).

Análisis de semillas

Procedencia. Los lotes analizados fueron recolectados de tres sitios en el Salto de Eyipantla, Ver.

Peso. El análisis de semillas mostró un peso promedio por fruto y semilla de 9.358 g (107 frutos kg^{-1} ; 1000 frutos pesan 9.358 kg) y 1.41 g (733 semillas kg^{-1} ; 1000 semillas pesan 1.364 kg), respectivamente. No obstante la semilla puede ser más pequeña, ya que Vázquez *et al.* (1999) señalan de 1020 a 5000 semillas kg^{-1} .

Contenido de humedad. El contenido de humedad diez días después de la cosecha fue 17.48%; para las semillas almacenadas durante 146 días se redujo a 5.52%. El bajo contenido de humedad las ubica como ortodoxas.

Germinación y factores ambientales.

Se realizaron dos pruebas de germinación: una para estudiar el efecto de escarificación e intensidad de luz, y otra para determinar el efecto de luz y temperatura. Antes de los ensayos, las semillas fueron lavadas con agua y jabón, sumergidas en una solución de hipoclorito (10%) durante 10 min y finalmente se enjuagaron con agua destilada.

Para las pruebas de germinación se utilizó una cámara de ambiente controlado con un fotoperiodo de 12

h. La siembra se hizo en contenedores con agrolita, los cuales fueron cubiertos por malla de mosquiteros para cubrir y ajustar la intensidad de luz. Se establecieron con dos niveles de radiación fotosintéticamente activa; $32 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (70% malla sombra, recipientes cubiertos) y $124 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ (descubierto en contenedores).

La escarificación se realizó de dos maneras (Figura 28.2): como un corte longitudinal de la fruta en la región hilo (LC), o bien quitando todo el fruto de las estructuras y la cubierta seminal hasta la salida del embrión y cotiledones expuestos (E). Además se tuvo semilla sin escarificación (NS) (control), donde sólo el ala del fruto fue cortada. Los regímenes día/noche fueron 23/19 °C y 27/23 °C.

En el primer experimento, la mayor germinación (87%) se obtuvo cuando se aplicó una escarificación completa (embrión y cotiledones expuestos) y corte longitudinal (76%), pero no fue afectada por la intensidad de la luz (Cuadro 28.1). El máximo de germinación se alcanzó en 35 días y 20 días cuando se hizo un corte longitudinal, con respecto al fruto no escarificado (Figura 28.3).

Para el ensayo de germinación con intensidades de luz y regímenes de temperatura, se usó semilla removida del fruto. En este caso no hubo diferencias significativas entre ambos factores estudiados (Cuadro 28.2). Sin embargo, la germinación acumulada en el régimen térmico 27/23 °C fue alcanzado 19 días antes que en el régimen 23/19 °C (Figura 28.4).

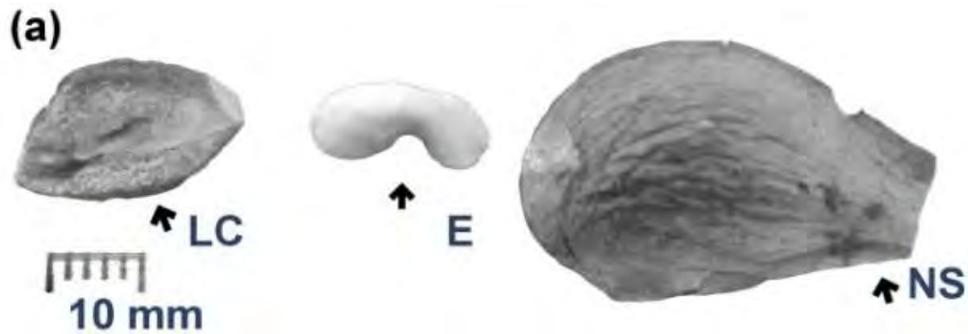


Figura 28.2. Escarificación del fruto de *M. balsamum* frutos y material vegetal: (a) La escarificación con corte longitudinal del fruto en la región hilio (LC); embrión y cotiledones expuestos (E); y no escarificado (NS) (Loayza *et al.*, 2017).

Cuadro 28.1. Capacidad germinativa (%) de *M. balsamum*; semilla en respuesta a la escarificación y la intensidad de luz (Loayza *et al.*, 2017).

| Intensidad de luz $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ (L) | 124 | 32 | | P |
|--|-------|-----|-----|----------|
| | 64a * | 53a | | 0.0751 |
| Escarificación (S) | E | LC | NS | |
| | 87a | 76a | 13b | < 0.0001 |
| Interacción L x S | | | | 0.5615 |

Valores con diferentes letras son estadísticamente diferentes; Tukey ($P \leq 0.05$). E=embrión y cotiledones expuestos, LC=corte longitudinal, NS=no escarificado.

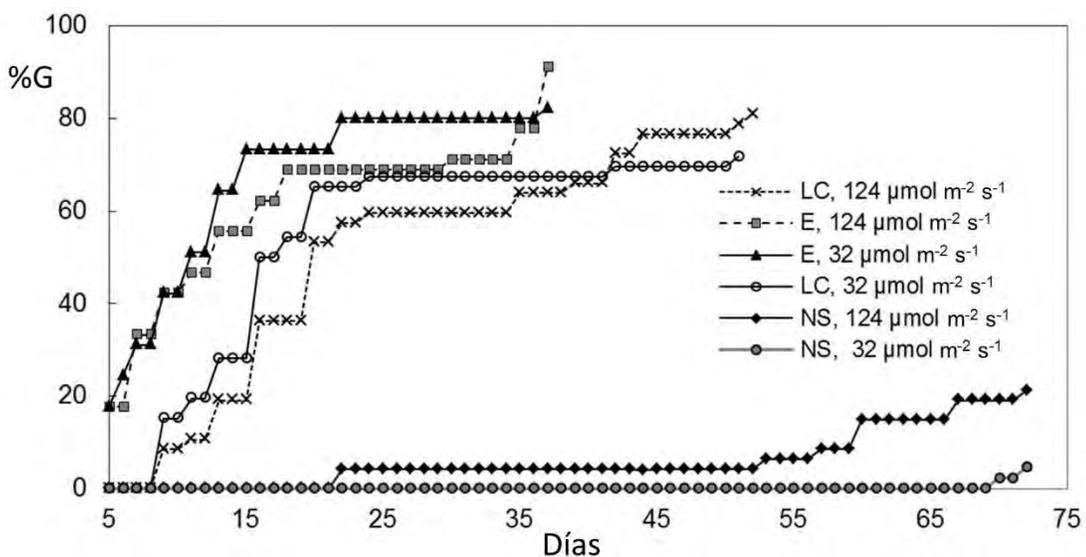


Figura 28.3. La germinación acumulada de *M. balsamum* escarificación de semillas con intensidades de luz y a un régimen de temperatura de 27/23 °C (Loayza *et al.*, 2017).

Cuadro 28.2. Efectos de intensidades de luz y regímenes de temperatura en *M. balsamum* en la capacidad de germinación (%) (Loayza *et al.*, 2017).

| Intensidades de Luz $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ | | | |
|---|---------|---------|--------|
| (L): | 124 | 32 | P |
| | 84 a* | 85 a | 0.7755 |
| Temperatura (T): | 19/23°C | 23/27°C | |
| | 82 a | 87 a | 0.5678 |

Valores con diferentes letras son estadísticamente diferentes; Tukey ($P \leq 0.05$).

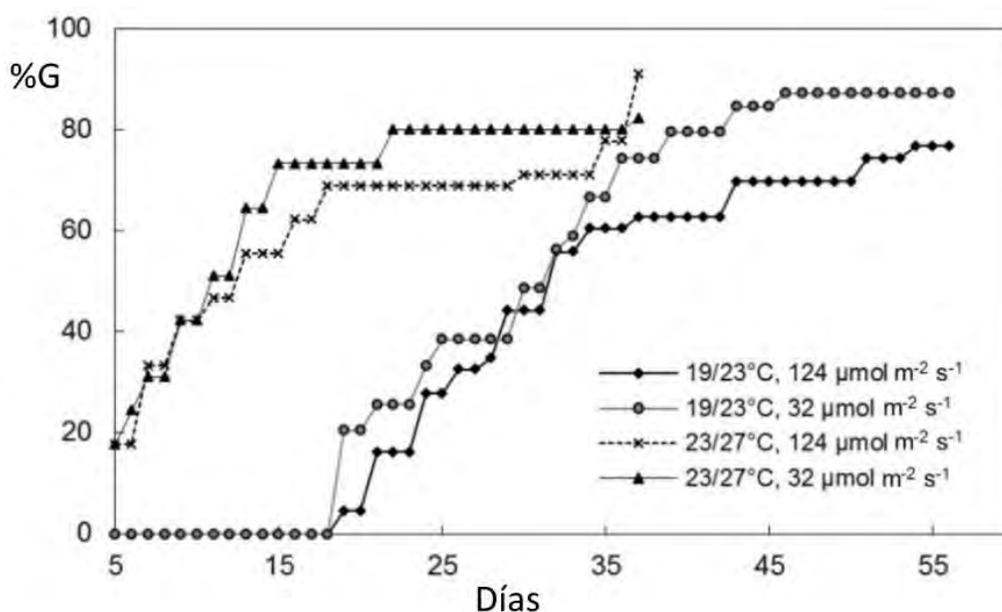


Figura 28.4. Germinación acumulada de *M. balsamum*, embrión y cotiledones expuestos (E), con diferentes intensidades de luz y regímenes de temperatura (Loayza *et al.*, 2017).

Energía germinativa. La capacidad germinativa en el régimen de temperatura superior fue alcanzada a los 19 días, antes que en la temperatura más baja.

Viabilidad. Fue determinada con la prueba de tetrazolio diez días después de la cosecha y alcanzó 89%.

Latencia

La especie presenta latencia mecánica, por la dureza de su fruto indehiscente.

Regeneración natural

Dispersión. La unidad de dispersión es el fruto, que debe intemperizarse o

degradarse para poder liberar la semilla.

Banco de semillas. La especie tiene potencial para formar parte del banco de semillas, dentro de su fruto que le confiere latencia física o mecánica.

Tolerancia a la sombra. Los resultados muestran que *M. balsamum*

sigue una tendencia tolerante a la sombra. Asimismo, las especies tropicales primarias requieren de sombra, pero también necesitan de claros pequeños que proporcionen algo de luz.

Tipo de germinación. La semilla muestra germinación hipógea (Figura 28.5).

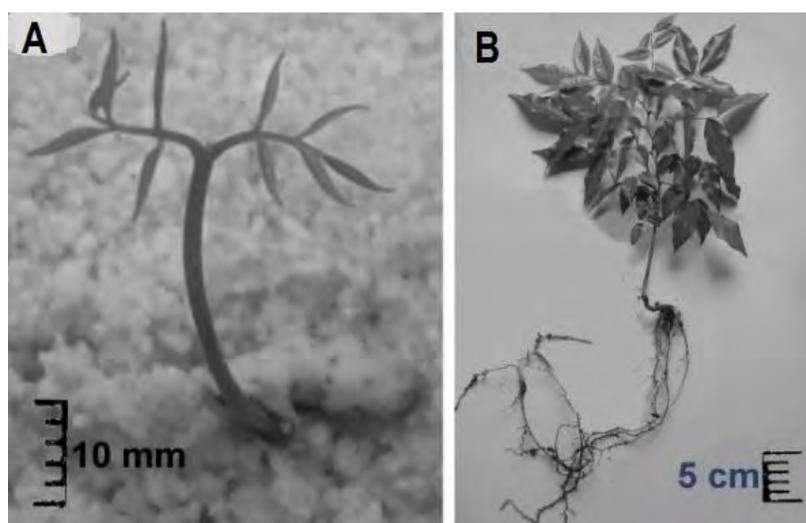


Figura 28.5. A) Plántula recién germinada de *M. balsamum*. B) Brinzal (Loayza *et al.*, 2017).

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Se recolectan las vainas cuando están maduras (al cambiar de color verde a rojizo). Deben ser secadas al sol sobre mallas o lonas durante el día para escarificarlas y extraer la semilla.

Almacenamiento. Hay un registro de que se pueden almacenar a 7 °C con un 70 % de humedad relativa, durante 6 años y por varios años más en un lugar frío (5 °C) y seco en contenedores sellados, reduciendo el

contenido de humedad de la semilla a 13 %.

Tratamiento previo a la siembra. Con base en el presente trabajo, se recomienda cortar la orilla del fruto y extraer la semilla o practicar el corte lateral en la región del hilo. Otras fuentes también recomiendan la inmersión en agua a temperatura de 75 a 85 °C por 3 a 6 min, dejar enfriar y sembrar.

Siembra. Se recomienda sembrar a una profundidad de entre el grosor de la semilla a 1-1.5 cm.

Literatura citada

Api, A. M. 2006. Only Peru balsam extracts or distillates are used in perfumery. Contact Dermatitis. Erlangen 54: 179.

Flickr.com. 2017. https://www.flickr.com/photos/shubhada_nikharge/5945844478

Gachet, M. S., J. S. Lecaro, M. Kaiser, R. Brun, H. Navarrete, R. A. Muñoz, R. Bauer, and W. Schuly. 2010. Assessment of anti-protozoal activity of plants traditionally used in Ecuador in the treatment of leishmaniasis. Journal of Ethnopharmacology 128: 184-197.

Loayza C., S., D. A. Rodríguez-Trejo, E. Hernández A., and J. J. Almaraz. 2017. Effect of light, temperature and scarification on the germination and initial development of *Myroxylon balsamum* (L.) Harms. Revista Caatinga 31(2): 415-423.

Maeglin, R. 1991. Forest Products from Latin America. An Almanac of the State of the Knowledge and the State of the Art. Forest Services. Madison. 151 p.

Pennington, T. D., y J. Sarukhán. 2005. Árboles Tropicales de México. Manual para la Identificación de las Principales Especies. 3a ed. UNAM, FCE. México. 523 p.

Robles V., G. R., K. Oliveira B., y R. Villalobos S. 2000. Evaluación de los Productos Forestales no Madereros en América Central. FAO. Roma.

Rockwell, C. A., K. Kainer, C. L. Staudhammer, and C. Baraloto. 2007. Future crop tree damage in a certified community forest in southwestern Amazonia. Forest Ecology and Management 242(2-3): 108-118.

Sanchún, A. 2017.

http://www.especiesrestauracionuicn.org/data_especie_img.php?sp_name=Myroxylon%20balsamum (consultado en julio de 2017).

Sunshine Seeds. 2017.

<http://www.sunshine-seeds.de/Myroxylon-balsamum-34453p.html?language=en> (consultado en julio de 2017).

Vázquez Yanes, C., A. I. Batis-Muñoz, M. I. Alcocer Silva, M. Guadalupe Díaz y C. Sánchez Dirzo. 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación. Reporte técnico del proyecto J084. CONABIO e Instituto de Ecología, UNAM, México, D.F. En: *Myroxylon balsamum*. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/30-legum34m.pdf (consultado en julio de 2017).

Nicotiana glauca Graham (Solanaceae)

Dante Arturo Rodríguez Trejo

Nombres comunes

Algunos de sus nombres comunes son: Buena moza (Qro.), Cornetón (Son.), Mostaza montés (Oax.), Hoja de Cera (Cam.), Tabaco amarillo (Jal.), Tabaquillo (Edo. Méx.) y Tabachín, entre otros (Martínez, 1987).

Breve descripción

Arbusto de hasta 6 m de altura, tallos esbeltos, poco ramificado, hojas cordado-ovadas, con la lámina de 3 a 25 cm de largo, dos veces más larga que el peciolo, ápice agudo y base obtusa; panículas cortas, pedicelo de 3 a 10 mm de largo, cáliz floral de 5 a 15 mm de largo, cilíndrico, glabro o escasamente pubescente, corola hipocrateriforme, de 3 a 4 cm de longitud, por 4 a 7 mm de anchura, generalmente amarilla, glabra; el fruto es una cápsula. La planta con todas las partes jóvenes glaucas o glabras (Rzedowski y Rzedowski, 1985, Vines, 1976) (Figuras 29.1A a C).

Distribución

Esta planta es nativa de Argentina y Uruguay. Se le halla en diques, bancos de arroyos, a las orillas de carreteras, brechas y sitios con desechos de construcción. Se le cultiva en los estados del sur de Estados Unidos (Vines, 1976, Sánchez, 1980). En México se registra en B. C., Cam., Chih., D. F. -CDMX-, Dgo., Edo. de

Méx., Gto., Gro., Hgo., Jal., Mich., N. L., Oax., Qro., S. L. P., Sin., Son., Tamps., Ver. y diferentes regiones cálidas del país (Aguilar y Zolla, 1982).

Importancia

La planta contiene un alcaloide, la anabasina, eficiente para el control de áfidos. Por ello se le usa en la fabricación de insecticidas. Las hojas suelen aplicarse como chiquiadores para ayudar a aliviar dolores de cabeza (Vines, 1976, González, 1984). El ganado la rechaza, pero si es ingerida por accidente causa su muerte debido a la anabasina principalmente (Aguilar y Zolla, 1982).

Floración y fructificación

Florece a partir de abril (Sánchez, 1980). Se le puede ver florecer de junio a septiembre en el Valle de México, aunque es común observarla con flores y frutos a lo largo de casi todo el año.

Descripción de la semilla

Las semillas son minúsculas, de 0.5 a 0.7 mm de longitud, por 0.3 a 0.5 mm de anchura. De forma tendiente a rectangular, su color es castaño oscuro, presentan unas estrías longitudinales que sobresalen de la cubierta seminal (Figura 29.2).



Figura 29.1. A) *Nicotiana glauca*. B) Flores del tabachín. C) Cápsulas y semillas de *N. glauca*. Laboratorio de Semillas Forestales, DICIFO, UACH. Fotos: DART, 2016.

Análisis de semillas

Procedencia. Para este análisis se recolectó semilla del Mipio, de Texcoco, Edo. de Méx. Se trabajó con semilla limpia.

Peso. Se trata de una de las especies de árbol (aunque pequeño) con la semilla más diminuta en el país. El autor determinó $19\ 607\ 843$ semillas kg^{-1} . El peso de 1000 semillas iguala 0.051 g.



Figura 29.2. Detalle de las semillas de la especie. Foto: DART, 2016.

Contenido de humedad. Fue calculado un 12.7% de contenido de humedad, base en verde, y 14.5%, base en seco.

Germinación y factores ambientales. Para la prueba de germinación se pusieron 400 semillas a germinar en una cámara de ambiente controlado, programada con un régimen día/noche de 25/20 °C y fotoperiodo de 12 h, con luz fluorescente. A dos semanas de establecida la prueba, la capacidad germinativa promedio alcanzó 97.8%. Algunas semillas en germinación y plántulas recién germinadas se ven en la Figura 29.3.

Energía germinativa. Expresada como germinación a los siete días, la energía germinativa alcanza 82.3%.

Viabilidad. La elevada capacidad germinativa hallada, deja ver una viabilidad de o cercana a 100%.

Latencia

La semilla de esta especie no presenta latencia.

Regeneración natural

Dispersión. Las semillas se dispersan por gravedad (barocoria), pero también por viento (anemocoria), debido a su minúsculo tamaño. La fuerza de las gotas del agua de lluvia, el viento o movimientos de aves, mamíferos y otros animales sobre la copa, también contribuyen a la dispersión, ya que las cápsulas guardan diferentes ángulos en su eje longitudinal y abren por el extremo superior. Esto facilita que los agentes mencionados muevan tallo, ramas y cápsulas, y así se libere semilla.

Banco de semillas. Posiblemente la especie forma bancos de semilla.

Tolerancia a la sombra. Como colonizadora, *N. glauca* es semi intolerante a la sombra; la sombra parcial beneficia su germinación a altas temperaturas.

Tipo de germinación. *N. glauca* presenta germinación epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Aunque es una especie introducida, espontánea, que suele actuar como

invasora, puede interesar su cultivo por los alcaloides que tiene, utilizados en la producción de insecticidas.



Figura 29.3. A) y B) Plántulas recién germinadas de *N. glauca*. Fotos: DART, 2016.

Cómo recolectar la semilla. Por el pequeño tamaño de las cápsulas y lo minúsculo de las semillas, se pueden cortar las cápsulas maduras y colocar en bolsas, para luego hacer la extracción en el vivero secándolas. Se recomienda hacer tal actividad en un cuarto, pues debido al pequeño tamaño de las semillas, incluso un viento tenue se las puede llevar. También se puede agitar las cápsulas recién abiertas dentro de bolsas de plástico, para recolectar la semilla.

Almacenamiento. Por su bajo contenido de humedad, la semilla es ortodoxa.

Tratamiento previo a la siembra. No requiere de tratamiento alguno.

Siembra. Resulta impráctico tratar de hacer siembras directas con esta semilla tan pequeña. Se recomienda hacer la siembra en semillero para después hacer trasplante.

Literatura citada

- Aguilar C., A., Zolla, C. 1982. Plantas Tóxicas de México. IMSS. México, D. F. 271 p.
- González de C., M. 1984. Especies Vegetales de Importancia Económica en México. Porrúa. México, D. F. 305 p.
- Martínez, M. 1987. Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas. F.C.E. México. 1247 p.
- Rzedowski, J., Rzedowski, G. C. de. 1985. Flora Fanerogámica del Valle de México. Vol. II. Dicotyledonae. ENCB, IPN, IE. México, D. F. 674 p.
- Sánchez S., O. 1980. Flora Fanerogámica del Valle de México. Ed. Herrero. México. 519 p.
- Vines, R. A. 1976. Trees, Shrubs and Woody Vines of the Southwest. University of Texas Press. Austin. 1104 p.

Nolina cespitifera Trel. (Asparagaceae)

Leticia Quiahua Barrera, Dante Arturo Rodríguez-Trejo, Sergio Mendoza Celino

Nombres comunes

Su nombre común más generalizado es cortadillo.

Breve descripción

Planta arbustiva, perenne, cespitosa, sin tallo, que crece en grupos aislados. Hojas lineares flexibles, de 1 a 1.4 m de longitud y de 5 a 15 mm de anchura, aglomeradas, color verde claro a verde amarillento. Márgenes dentados en su parte lateral. Inflorescencia rígida, corta, de 0.3 a 0.8 m de longitud, en forma de panícula ramosa terminal; con numerosas ramificaciones de color verde a café oscuro, de tamaño igual o un poco menor al tamaño de sus hojas. Flores pequeñas, rosadas, dispuestas en panículas amplias con sépalos ovales y redondeados de 2.5 a 3.5 cm de longitud (Castillo y Sáenz, 1993; Zamora *et al.*, 2009) (Figura 30.1).

Distribución

La especie se halla en las zonas áridas del noreste de México, principalmente al sur de Coah., sur de N. L. y norte de Zac. (García y Galván, 1995).

Importancia

El género *Nolina*, está representado por unas 30 especies y más de la mitad de ellas habitan México (Hawker,

2016). A reserva de su relevancia ecológica, las comunidades rurales del noreste de México aprovechan la fibra de las hojas de *N. cespitifera* para hacer escobas, junto con el sorgo escobero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Muchas familias de las regiones rurales dependen de este recurso para su subsistencia. No obstante, debido a la presión de recolección sobre el cortadillo y a su escasa regeneración, sus poblaciones están menguando, por lo que se requiere de un manejo de este recurso para su aprovechamiento (Castillo *et al.*, 2015), incluyendo programas de reforestación para ayudar a recuperar sus poblaciones.

Floración y fructificación

La floración se da de abril a junio; la fructificación de junio a septiembre (Castillo y Sáenz, 1993; Zamora *et al.*, 2009).

Descripción de la semilla

La semilla tiene forma esférica ligeramente ovoide, un poco más larga que ancha, en promedio con 3.4 a 4.5 milímetros de largo y 3.4 a 4.4 mm de ancho, presenta un color amarillo ámbar hasta un color marrón oscuro a negro, protegida por una testa gruesa. Cubierta seminal dura. El embrión es

recto, cilíndrico y abarca casi toda la longitud media de la semilla, que es de

tipo endospermica (Figuras 30.2 y 30.3).



Figura 30.1. *Nolina cespitifera*. Foto: David Castillo Quiroz (Castillo y Cano, 2005).



Figura 30.2. Semillas color café amarillento y oscuras y de diferentes tamaños. Foto: LQB, Laboratorio Semillas Forestales, Dicifo, UACH, 2018 (Quiahua, 2021).

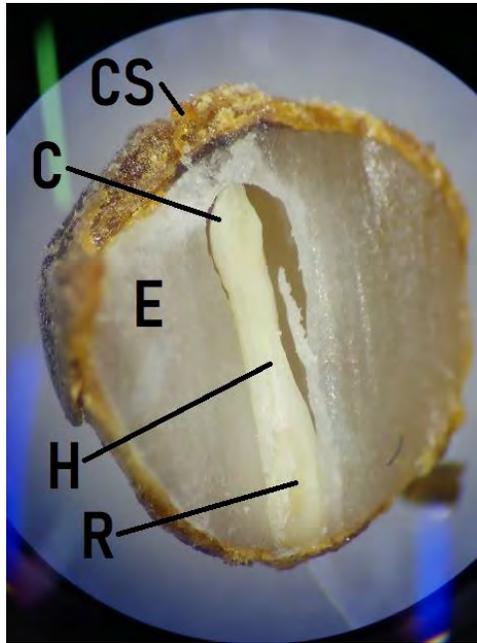


Figura 30.3. Corte de la semilla de *N. cespitifera*. CS=cubierta seminal, C=cotiledón, E=endospermo, H=hipocótilo, R=radícula. Foto: LQB, Laboratorio Semillas Forestales, Dicifo, 2018 (Quiahua, 2021).

Análisis de semilla

Todos los datos referidos en este subtítulo, proceden de Quiahua (2021). El análisis se realizó un año después de la recolección, con la semilla almacenada en condiciones de cuarto fresco.

Procedencia. La semilla fue recolectada en N. L., en los Mipios. De Galeana y Doctor Arroyo, en 2017.

Pureza. Se tuvo una pureza para este lote de 97.8%.

Peso. El peso de 1000 semillas fue 31.783 g. Esto equivale a 31 463 semillas kg⁻¹.

Contenido de humedad. El contenido de humedad, base en fresco, fue 8.1%, en tanto que base en seco alcanzó 8.8%.

Germinación y factores ambientales.

Las pruebas se realizaron en cámara de ambiente controlado, con un régimen día/noche de 25/10 °C y con un termo y fotoperiodo de 12 h. Quiahua (2021) probó cuatro factores con dos niveles cada uno: luz (con y sin), tamaño de semilla (grande y pequeña), color de ésta (claro y oscuro), así como remojo en agua por 24 h (con y sin). Halló una media general de 59.1% de capacidad germinativa. A nivel de factores individuales, la semilla de color claro germinó más (66.6%) que la oscura (51.7%); la semilla grande germinó

mejor (63.9%) que la pequeña (54.7%); la germinación con sombra (67.2%) superó a la germinación con luz (51.1%), y la semilla remojada germinó mejor (65.3%) que la no remojada (53%). Algunas interacciones ($p < 0.05$) de estos factores fueron significativas.

Viabilidad. Con el método de sales de tetrazolio, se alcanzó una viabilidad de 96.7%.

Latencia

Hay evidencia de una ligera latencia física y/o química, pues Juárez (2014) refiere que el lijado de la cubierta mejora la germinación, y Quiahua (2021) halló que el remojo también la mejora. Es posible que la intensidad de la latencia varíe entre poblaciones.

Regeneración natural

Dispersión. La semilla se dispersa por gravedad (barocoria), pero su tamaño y ligereza permite alguna dispersión, a muy corta distancia, por el viento.

Banco de semillas. Al parecer esta especie no puede formar bancos de semilla naturales duraderos.

Tolerancia a la sombra. El trabajo de Quiahua (2021) muestra que la sombra mejora la germinación, lo que evidencia la importancia de micrositios sombreados para la regeneración. Lo mismo se observó en

N. parviflora (capítulo homónimo, presente libro) y Hawker (2016) señala que varias especies del género pueden crecer bien bajo sombra.

Tipo de germinación. La germinación es hipógea, pues después de la germinación la plántula mantiene contacto con la semilla, específicamente con el endospermo, que se mantiene cerca del piso.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. En los meses de agosto a septiembre (como en el presente estudio). Castillo y Cano (2005), consideran que de octubre a diciembre también es buen momento para la recolección.

Almacenamiento. Se recomiendan condiciones de cuarto fresco o en refrigeración. Se considera que la semilla mantendrá alguna viabilidad luego de 3 años en refrigeración.

Tratamiento previo a la germinación. Un remojo en agua por 24 h (Quiahua, 2021) a 48 h (Juárez, 2014) se recomienda para mejorar la germinación.

Siembra. Se recomienda a 1 cm de profundidad, máximo.

Literatura citada

Castillo Q., D., y J. T. Sáenz R. 1993. Aspectos Ecológicos del Cortadillo *Nolina* sp. en el Sur de Saltillo, General Cepeda y Parras de la Fuente, Coah. Folleto Técnico N° 4. INIFAP-CIRNE. México. 17 p.

- Castillo Q., D., y A. Cano P. 2005. Guía técnica para el establecimiento de plantaciones de cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.) para la producción de fibras duras en el estado de Coahuila. Folleto Técnico 16. INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noreste, Campo Experimental Saltillo. México. 18 p.
- Castillo Q., D., D. Y. Ávila F., F. Castillo R., A. Antonio B., y Ó. U. Martínez B. 2015. *Nolina cespitifera* Trel. Recurso forestal no maderable de importancia económica y social del noreste de México. *Interciencia* 40(9): 611-617.
- García, M. A., y R. Galván V. 1995. Riquezas de las familias Agavaceae y Nolinaceae en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 56: 7-24.
- Hawker, J. L. 2016. *Agaves, Yuccas and Their Kin*. Texas Tech University Press. Lubbock, TX. 430 p.
- Juárez D., A. 2014. Eliminación de latencia en semilla de cortadillo (*Nolina cespitifera* Trel.), bajo condiciones de laboratorio e invernadero, utilizando tratamientos físicos, químicos y mecánicos. Tesis de Maestría en Tecnología de Granos y Semillas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coah. 90 p.
- Quiahua B., L. 2021. Estudio de la semilla de *Nolina cespitifera* Trel. Asparagaceae. Tesis Profesional. Dicofo, UACH. Chapingo, Edo. de Méx.
- Zamora M., M. C., E. Velasco B., A. Cano P., E. Villavicencio G., D. Castillo Q. 2009. Criterios Técnicos para el Aprovechamiento Sustentable de Recursos Forestales No Maderables de Clima Árido y Semiárido. Libro Técnico N° 5. CENID-COMEF. INIFAP. México. 124 p.

Nolina parviflora (H.B.K.) Hemsl. (Aspargaceae)

Zenaida Reyes Bautista, Dante Arturo Rodríguez Trejo

Nombres comunes

Sotolín (Puebla), palma sollate, palmilla, cucharilla (Martínez, 1987).

Breve descripción

Monocotiledónea arborescente, caulescente, con tallo (estípote) cilíndrico de 2.5 a 5 m de altura, tronco leñoso, con frecuencia muy dilatado en la base (Shreve y Wiggins, 1964), hojas reflexas, planas, estrechamente lineares, numerosas, flexibles, aserradas y dispuestas en rosetas en los extremos del tronco o ramas, miden 45 a 85 cm de largo por 11 a 25 mm de ancho (Galván, 2001). Las plantas son polígamo-dioicas, pues la especie es funcionalmente dioica, con unos individuos con flores blancas, estrictamente masculinos, y otros con una proporción muy grande de flores femeninas y algunas flores cleistógamas (con apertura de anteras estando todavía dentro de la yema) (Velázquez, 1980, López, 1986). Inflorescencia en panícula racimosas (López, 1986). El fruto maduro es una cápsula subglobosa y seca (Velázquez, 1980, López, 1986) (Figura 31.1).

Distribución

En México el género *Nolina* se halla en zonas áridas y semiáridas de los estados de Hidalgo, Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, Tlaxcala y Veracruz, entre los 17° 15' hasta los 21° 40' N y

de los 96° 40' a 100° 00' O (Rzedowski, 1978; López, 1986). *N. parviflora* se registra en Ver., Pue., Oax., Hgo., S. L. P., Edo. Méx. y D. F. -hoy CDMX- (López, 1986). Se le encuentra formando parte de matorrales xerófilos, rosetófilos, o asociada a pastizales y algunos encinares o pinares en transición con regiones más secas.

Importancia

El género cuenta con unas 30 especies, de las cuales más de la mitad se hallan en México (Hawker, 2016). Estas plantas se utilizan ampliamente en zonas áridas y semiáridas del país. Las hojas de algunas especies se emplean para hacer techados y varios tejidos, como canastos, su fibra en cordelería y para fabricar escobas de paja. El interior de los troncos como alimento y las partes tiernas para el ganado (Cruse, 1949, Galván, 2001). De sus hojas se puede hacer papel duro y también son medicinales (Hernández, 1987). Los esfuerzos de restauración han incluido a especies del género, por ejemplo la que nos ocupa, en Cerro Gordo, Teotihuacan, Edo. de Méx., en la década de los 1980.

Fructificación

En México central se aprecian frutos maduros en los meses de junio a agosto.

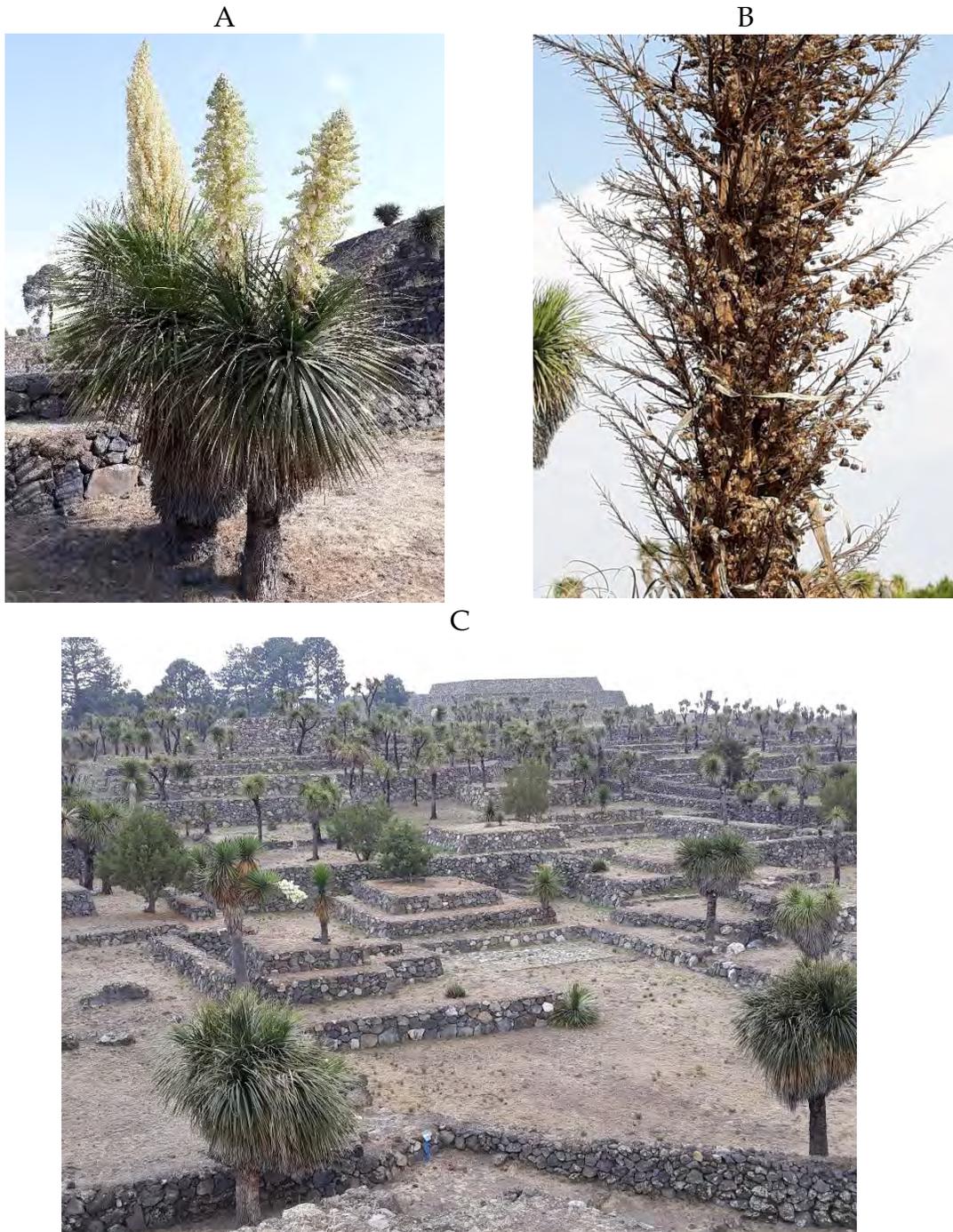


Figura 31.1. A) *Nolina parviflora* floreciendo .B) Infrutescencia en estado avanzado de dispersión. C) Panorámica dominada por *N. parviflora*. Se aprecian algunas *Yucca periculosa* Baker y *Juniperus deppeana* Steud. Fotos: DART, Zona Arqueológica de Cantona, zona árida Poblano-Veracruzana, Pue., 2018.

Descripción de la semilla

La semilla es de forma ovoide, con 3.4 mm de longitud y 2.6 mm de ancho en

promedio. De acuerdo con López (1986), puede alcanzar de 3 a 4 mm de longitud. Está cubierta por una testa papírica algo rígida y posiblemente

impermeable. Embrión con forma cilíndrica, de 2 mm de largo por 0.4 mm de diámetro (Velázquez, 1980, López, 1986) (Figura 31.2).

Análisis de semillas

Procedencia. El lote estudiado para el presente trabajo, fue obtenido del municipio de Axapusco, Edo. de Méx., a una altitud de 2294 m s.n.m. en agosto del año 2000 y se analizó ese mismo año.

Pureza. El lote tuvo una pureza de 83.9%.

Peso. Se obtuvieron 59,131 semillas kg^{-1} , que equivalen a 16.9 g por 1,000 semillas.

Contenido de humedad. El contenido de humedad, base en seco, para el lote alcanzó 9.8 %, y con base en peso fresco alcanzó 8.9%.

Germinación y factores ambientales.

Para este trabajo se analizó la influencia de diversos factores en la germinación de la especie, encontrándose que la interacción luz y temperatura fue significativa, pues a 20 °C la germinación con luz y sin ella fue similar (85 y 85.5 %, respectivamente), pero a 25 °C hubo mayor germinación sin luz que con luz (88.1 y 42.3 %) y a 30 °C la germinación se redujo mucho en ambos casos (15.8 % sin luz, 0.6 % con luz) (Figura 31.3A y B).

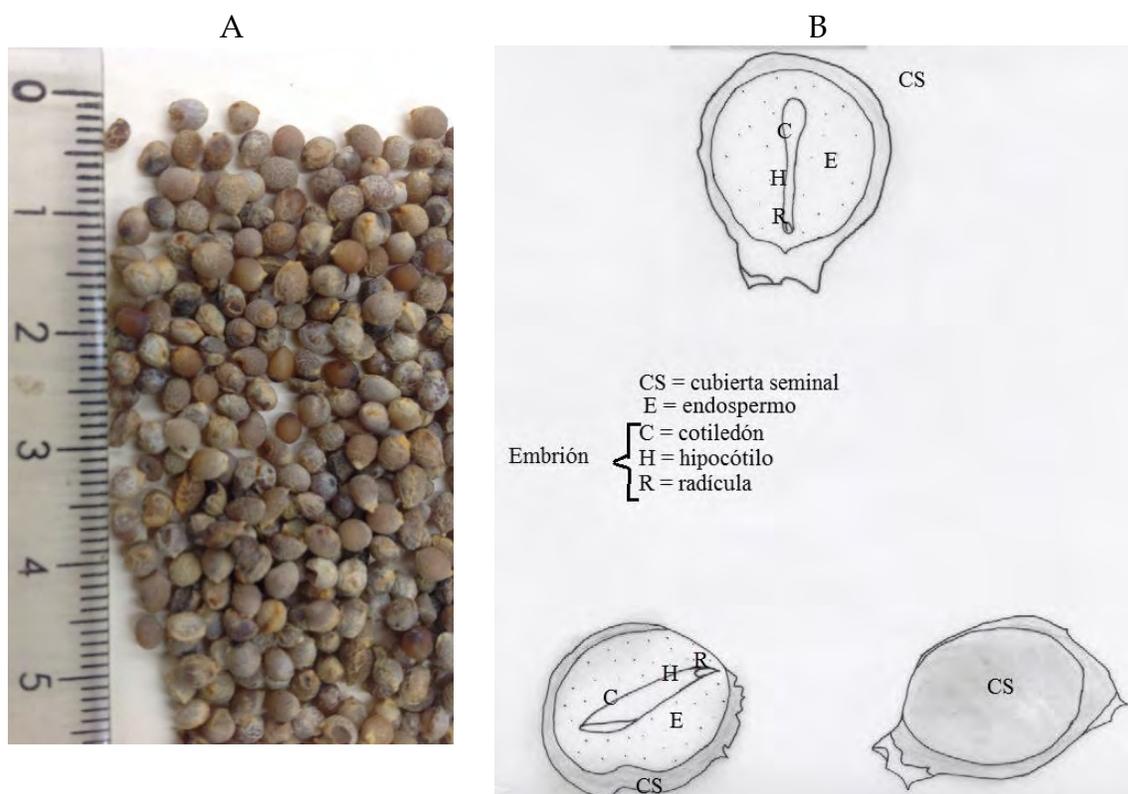


Figura 31.2. A) Semillas y B) principales partes de la semilla de *N. parviflora*. A): Laboratorio de Semillas Forestales, Dicifo, UACH, foto por DART. B) Ilustración por Zenaida Reyes Bautista.

También hubo interacción entre luz y tamaño de la semilla. Sin luz la germinación fue semejante para ambos tamaños de semilla (62.4 y 65.2 %, para semillas grandes y pequeñas), pero con luz las semillas grandes alcanzaron 45.2 % y las pequeñas 40 % (Figura 31.3C).

En la interacción temperatura y tamaño de semilla, a 20 °C ambos tamaños de semilla germinaron prácticamente igual, con 87 % para las semillas grandes y 85.5 % para las pequeñas. A 25 °C, la germinación de la semilla grande fue mayor que la de la semilla pequeña (68.9 y 61.7 %), mientras que a 30 °C la semilla pequeña tuvo una germinación ligeramente mayor a la de la semilla grande, pero ambas tuvieron bajos valores (10.6 y 5.8 %) (Figura 31.3D).

La presencia del factor luz en las interacciones, con mayor germinación en su ausencia en la mayoría de los casos, así como la tendencia a reducción de la germinación a mayores temperaturas, sugieren que las semillas de la especie estudiada tendrían más oportunidad de germinar en los micrositios sombreados, a reserva de la posible influencia de las variaciones de la luz en condiciones naturales (Reyes y Rodríguez-Trejo, 2005).

Energía germinativa. Para los mismos tratamientos probados en germinación, la interacción temperatura y luz resultó significativa para la energía germinativa. Al contrario que la germinación, la energía germinativa alcanzó su mayor

número de días (menor energía germinativa) a 25 °C en presencia de luz (26 días) y el menor número de días (mayor energía germinativa) a 30 °C (1.6 días). Pero sin luz, la energía germinativa fue igual a 20 y a 25 °C (15 días), con su mayor valor (menor energía germinativa) a 30 °C (22 días).

Viabilidad. Tanto la prueba de sales de tetrazolio como la de flotación en agua, arrojaron 100 % de viabilidad.

Latencia

No fue detectada latencia en la semilla.

Regeneración natural

Dispersión. Las semillas se dispersan por el viento y por gravedad.

Banco de semillas. Posiblemente se formen bancos de semilla.

Tolerancia a la sombra. Aunque se trata de una especie heliófita, los resultados del presente estudio indican que los micrositios sombreados le pueden ser favorables para germinar y pueden serlo también para el desarrollo inicial de la planta. Asimismo, Hawker (2016) refiere que varias especies del género, aunque no las especifica, crecen bien bajo sombra.

Tipo de germinación. A la germinación, el embrión comienza a elongarse en un haustorio junto con una vaina cotiledonárea. La elongación alcanza unos 10 mm de longitud y tiene forma de arco. En el codo del arco, cerca del ápice, emerge la primera hoja. En ocasiones el arco del haustorio se endereza y provoca que la semilla se eleve del suelo (Velázquez, 1980, López, 1986).

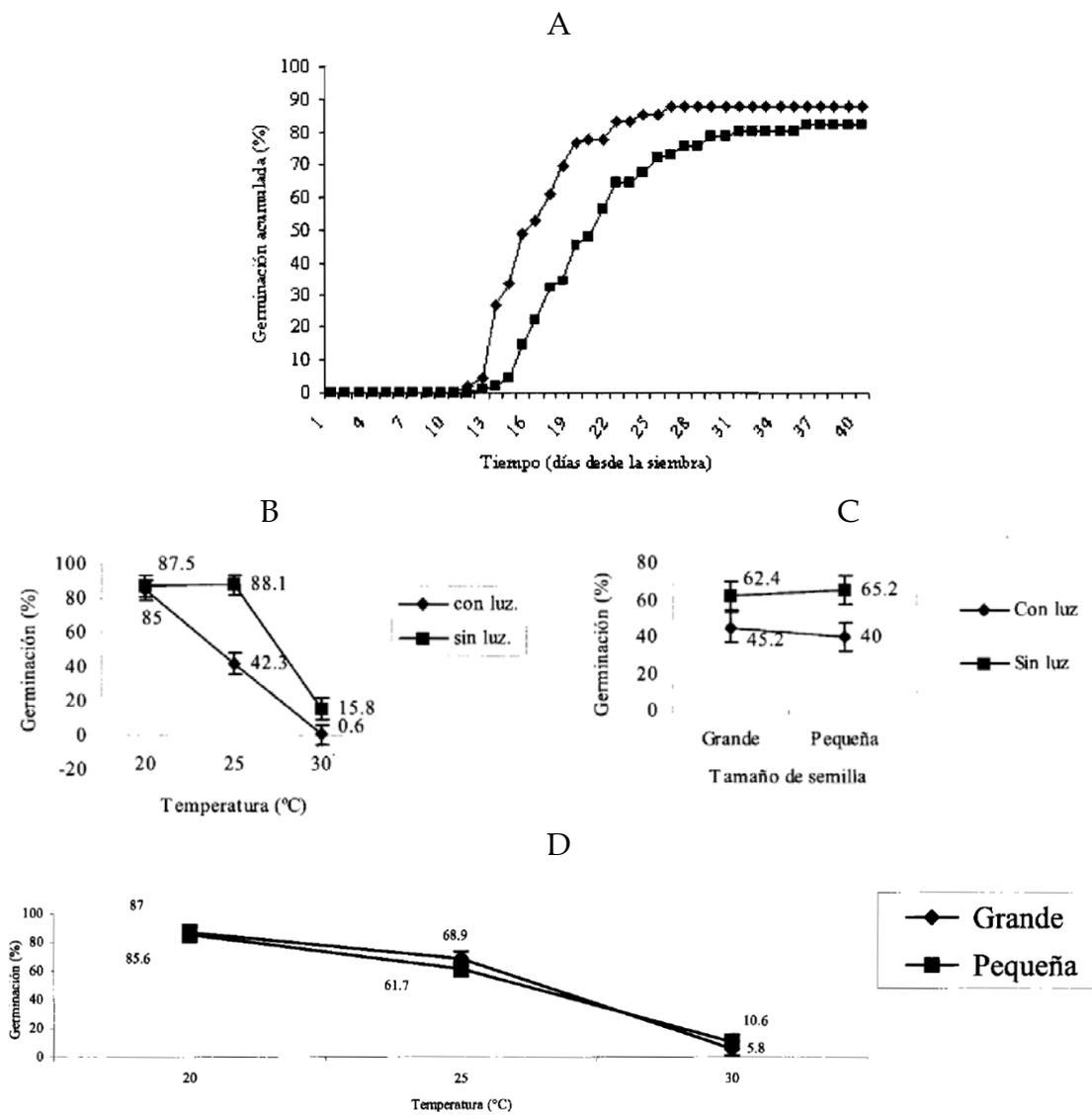


Figura 31.3. A) Germinación acumulada de la semilla de *N. parviflora*. Semilla grande, a 20 °C, sin remojo. Rombos=sin luz, cuadros=con luz. B) Interacción temperatura y luz. C) Interacción tamaño de semilla y luz. D) Interacción temperatura y tamaño de semilla (Reyes y Rodríguez-Trejo, 2005).

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. La semilla de *N. parviflora* puede ser recolectada alrededor del mes de agosto en el valle de México. Se pueden recolectar las cápsulas poco antes de abrir, extenderlas en el vivero para que

sequen al sol, liberen la semilla, limpiarla y usarla o almacenarla.

Almacenamiento. La semilla se puede almacenar en frascos cerrados, en condiciones frescas y secas, por varios años. Desde luego, la refrigeración prolonga su longevidad.

Tratamiento previo a la siembra. Esta semilla no requiere de tratamiento pregerminativo alguno.

Siembra. La semilla se puede sembrar en bolsas o tubetes, una o dos por siembra. Si se utilizan dos semillas

habrá que hacer trasplante de bolsa a bolsa o de tubete a tubete. También se puede hacer siembra en almacigo y posterior trasplante a contenedor. Se recomienda sembrar a 1 cm de profundidad.

Literatura citada

Cruse, R. 1949. A chemurgic survey of the desert flora in the American southwest. *Economic Botany* 3(2): 111-131.

Galván V., R. 2001. Nolinaceae. In: Rzedowski, G. C. de y Rzedowski, J. (eds.). *Flora Fanerogámica del Valle de México*. 2ª ed. Instituto de Ecología. Conabio. Patzcuaro, Michoacán. pp. 1239-1242.

Hawker, J. L. 2016. *Agaves, Yuccas and Their Kin*. Texas Tech. University Press. Lubbock, TX. 430 p.

Hernández Xolocotzi, E. 1987. Experiencia mexicana en zonas áridas. In: *Xolocotzia*. Obras de Efraín Hernández Xolocotzi. Tomo 2. *Revista de Geografía Agrícola*, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. pp. 551-563.

López M., L. 1986. Esfuerzo productivo y sobrevivencia de *Nolina parviflora* (Liliaceae) en la zona semiárida Poblano-Veracruzana. Tesis de M. en C. Colegio de Posgraduados Montecillo, Edo. de méx. 89 p.

Martínez, M. 1987. *Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas*. F.C.E. México. 1248 p.

Reyes Bautista, Z., Rodríguez Trejo, D. A. 2005. Efecto de la luz, temperatura y tamaño de semilla en la germinación de *Nolina parviflora* (H.B.K.) Hemsl. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 11(2): 99-104.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 p.

Shreve F., I. Wiggins 1964. *Vegetation and Flora of the Sonoran Desert*. Vol. 1. Stanford University Press. Stanford, California. 840 p.

Velázquez M., A. 1980. Aprovechamiento de la palmilla *Nolina* spp. en el norte del estado de Sonora. Tesis profesional. Departamento de Bosques, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 55 h.

Pinus L. (Pinaceae)

Dante Arturo Rodríguez Trejo, Leticia Quiahua Barrera

Nota introductoria

En este apartado se busca dar un panorama general sobre la semilla de los pinos del país, más que una revisión exhaustiva.

Nombres comunes

Por su amplia diversidad y distribución, las especies del género *Pinus* han adquirido diferentes nombres. Sus nombres más comunes son ocote o pino. Pero hay una gama de denominaciones locales. Por ejemplo, Perry (1991) menciona, entre otras: ocote, pino real o pino chino (*P. teocote*), pino de las alturas (*P. hartwegii*), pino azul o bien piñón de Zacatecas (*P. marximartinezii*), pino chino (*P. herrerae*), pino negro (*P. jeffreyi*), pino de azúcar (*P. lambertiana*), ortiguillo (*P. lawsoni*), pino lacio (*P. michoacana*), ocote escobetón (*P. michoacana* var. *cornuta*), pino real (*P. montezumae*), pino amarillo (*P. oocarpa*), ocote de carretilla (*P. oocarpa* var. *ochoterenae*), ocote colorado (*P. patula*), pino ponderosa (*P. ponderosa*), pino blanco (*P. pseudostrobus*), pinabete acalocote (*P. strobus*) y pino canis (*P. tenuifolia*), entre muchas otras. Mirov (1967) menciona que el pino triste, pino llorón o pino de barba caída, también es conocido como ocote dormido en Nayarit (*P. lumholtzii*).

Descripción

La siguiente breve descripción se basa en Martínez (1984). Árboles perennifolios, más o menos resinosos, con hojas aciculares (en forma de aguja), en grupos de 1 a 8, cubiertas en la base por una vaina caediza o persistente, dependiendo la especie; las acículas van desde cortas (2.5 cm en algunos piñoneros) a largas (>40 cm en *P. lumholtzii*). El número de hojas en los fascículos varía según las especies, y en parte por las condiciones del medio, siendo tres y cinco las cifras más comunes. Las hay también solitarias (*P. monophylla*) y por pares (*P. cembroides*, *P. edulis*, *P. radiata* var. *binata*, entre otros). Hay alguna variación en el número de hojas de los fascículos en cada especie. Cuentan con un fuste recto que produce ramas delgadas, por lo general en verticilos. Su altura varía con la especie y de la calidad del sitio, van desde árboles pequeños de 5-10 m (*P. cembroides*, *P. flexilis*) hasta 50 m o más (*P. ponderosa* y *P. lambertiana*). En casi todas las especies, la corteza generalmente es lisa y delgada en árboles jóvenes, y gruesa, rugosa y áspera en los viejos. Su color puede ser moreno a moreno rojizo (*P. patula*), más o menos oscuro, unas veces casi negro, otras, es ceniciento. En las Figuras 32.1 y 32.2 se ven varias especies de *Pinus*.



Figura 32.1. Algunas especies de pinos nacionales. A) *P. hartwegii*, Parque Iztaccíhuatl-Popocatepetl, 2011, B) *P. cembroides*, Sierra de Arteaga, Coah., C) *P. montezumae*, ejido Santo Tomás, Hgo., D) *P. leiophylla*, Estación Experimental Las Cruces, UACH, Edo. de Méx., 2005, E) *P. oocarpa*, ejido Niquidámbar, Villaflores, Chis., 2016, F) *P. devoniana*, Jardín Botánico UNAM, CDMX, 2016. G) *P. rudis*, Totolapan, Edo. Méx., 2009, H) *P. ayacahuite*, Jardín Botánico UNAM, CDMX, 2016, I) *P. lagunae*. Fotos: A)-H), DART, I) Víctor Hugo Lujá/Conabio.

A



B



C



Figura 32.2. Árbol y conos de A) *P. jeffreyi*, B) *P. maximinoi*, C) *P. patula*. Ilustraciones científicas obra y cortesía de la Maestra Leticia Arango Caballero ©

Distribución

Los pinos de México se hallan tanto en regiones templado-frías (como *P. montezumae*), como en las semiáridas (por ejemplo, *P. cembroides*) y las tropicales (es el caso de *P. oocarpa*), pero es en las primeras donde manifiestan su mayor diversidad. Altitudinalmente, se encuentran desde cerca del nivel del mar hasta 4300 m s.n.m.

Nuestro país es considerado como un centro secundario de diversidad del género *Pinus*. Los pinos migraron hacia el actual territorio mexicano desde el hemisferio norte por corredores naturales y debido a los cambios climáticos del pasado. Los procesos de diversificación del género acontecieron en las cadenas montañosas de México, las cuales

funcionaron como corredores biológicos o como islas biogeográficas que definieron el patrón de distribución general actual de los pinos (Sánchez, 2008).

Los pinos de México se encuentran principalmente a lo largo de la Sierra Madre Occidental, la Sierra Madre Oriental, la Sierra Madre del Sur, la Faja Volcánica Transmexicana, el Macizo de Oaxaca, la Sierra Madre de Chiapas y las sierras de Juárez y San Pedro Mártir en B. C. (Figura 32.3). El estado con más taxa de pino es Nuevo León (26), le siguen Jalisco y Michoacán (24), después Chihuahua, Estado de México y Puebla (23). Hay 21 estados con más de 10 taxa, sin embargo, Campeche, Tabasco y Yucatán carecen de pinares naturales (Eguiluz, 1978).

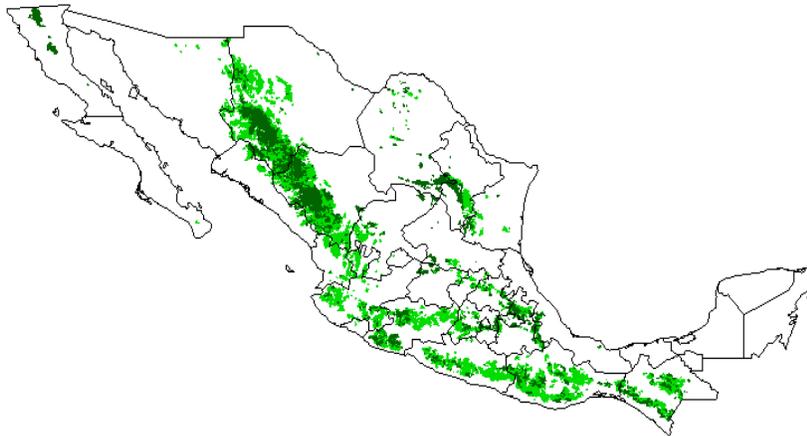


Figura 32.3. Distribución de los bosques de pino (verde oscuro) y de pino-encino (verde claro). Fuente: INEGI (2000).

Importancia

Los pinos representan un recurso natural valioso. La madera para aserrío es su producto más importante, le sigue la pulpa de madera para papel y cartón. En México, entre las especies más aprovechadas están *P. patula*, *P. oocarpa*, *P. pseudostrobus*, *P. herrerae*, *P. leiophylla* y *P. arizonica* (Perry, 1991), sin embargo, es muy común que se aprovechen sin considerar la especie. Localmente son explotados como leña, para postes, construcción de viviendas y muebles, artesanías, y otros. En el norte de México, *P. cembroides* es fuente de leña, carbón y en menor proporción, para obtener madera (Sánchez, 2008). La recolecta de semillas comestibles de los pinos piñoneros se practicaba desde la época precolombina. Otro producto secundario importante es la resina, materia prima para elaborar aguarrás y otros derivados. En estados como Chiapas, Oaxaca, Michoacán, Jalisco y Nuevo León, esta industria es fuente importante de ingresos y parte de las especies que se utilizan con este propósito son *P. oocarpa*, *P. montezumae*, *P. teocote* y *P. pseudostrobus*.

Los pinares proporcionan servicios ambientales, son torales en los ecosistemas de montaña. Contribuyen a la recarga de acuíferos, a la captura de carbono, y a la producción de oxígeno. También contribuyen a la biodiversidad y proporcionan paisajes y sitios para actividades recreativas. Los pinares destacan porque sus

especies con frecuencia representan los primeros árboles que recolonizan sitios perturbados. *P. hartwegii*, junto con *Juniperus deppeana* f. *compacta*, alcanzan la mayor altitud en México. En estos bosques prosperan infinidad de especies faunísticas, varias con estatus de protección.

Especies mexicanas

A reserva de contar con diferentes clasificaciones, México es el país más rico en el número de taxa a nivel mundial. Perry (1991) señala 72 taxa y Farjon *et al.* (1997), 54. El Cuadro 1 da cuenta de las especies. El 55% de estos taxa son endémicos, lo que convierte a México en la nación con mayor diversidad al contener alrededor de 42% de las especies del planeta (Sánchez, 2008). Se considera que 22 taxa están en alguna categoría de riesgo, conforme a la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Semarnat, 2010).

Floración y fructificación

La floración para la mayor parte de las especies se realiza de entre principios de invierno (enero-febrero) a inicios de la primavera (marzo-abril). Entre las excepciones está *P. chihuahuana*, que la presenta en junio, y *P. radiata* var. *binata*, especie que la exhibe en abril y mayo (Patiño *et al.*, 1983).

Frutos y semillas

Los frutos son estróbilos, formados por escamas que abrigan a la semilla. Los conos tienen un pedúnculo más o menos largo y frecuentemente escamoso, moreno o azulado.



Figura 32.4. Conos de varias especies mexicanas de pino: A) *P. douglasiana*, B) *P. durangensis*, C) *P. engelmannii*, D) *P. herrerae*, E) *P. lawsonii*, F) *P. lumholtzii*, G) *P. monophylla*, H) *P. nelsonii*, I) *P. pringlei*, J) *P. quadrifolia*, K) *P. strobiformis*, L) *P. chihuahuana*. Fotos: A), B), K), L) Genaro Parra P., C), Andrés Meraz C., D) Tomás Yescas de los Á., E) José L. Pérez N., F) José L. Chávez M., G), J) José L. Martínez H., H) Alfredo P. Rosales, I) José L. Flores N. Identificación: A) a K) Jorge Calónico Soto, L) David Gernandt. A) a L): Conafor/Instituto de Biología, UNAM, Proyecto Irekani, <http://unibio.unam.mx/irekani/handle/123456789/64359?projecto=Irekani>



Figura 32.5. Conos de algunas otras especies mexicanas de pinos. A) *P. montezumae*, B) *P. nelsonii*, Presa Villa Victoria, Edo. Méx., C) *P. leiophylla*, Estación Experimental Las Cruces, UACH, Edo. de Méx., 2012, D) *P. lawsonii*, E) *P. devoniana*, F) *P. oocarpa*, Mipio. Villaflores, Chis. G) *P. pinceana*, H) *P. greggii*, I) *P. cembroides*, J) *P. ayacahuite*, K) *P. pseudostrobus* var. *oaxacana*, L) *P. patula*, M) *P. hartwegii*, N) *P. arizonica*, O) *P. maximartinezii*. Fotos: A), C), E), F), H), I), M) DART, B), G), N) Carlos G. Velasco M./Conabio, D) María de la L. Pérez G./Conabio, J) Roberto Arreola A./Conabio, K) y L) Martín Paz Paz, O) Iván Montes de O./Conabio.

La forma puede ser ovoide, casi cilíndrica o algo globulosa, y pueden ser simétricos o asimétricos. El eje es leñoso y lleva en el centro una médula, la cual está rodeada de una cubierta cortical recorrida por canales resiníferos (Martínez, 1984). En la Figura 32.2, 32.4 y 32.5, se muestran diversos conos de especies nacionales.

La semilla puede estar provista de un ala papirácea o no (como ocurre en el caso de la sección paracembra o en algunas especies de la sección cembra). En ocasiones está totalmente adherida a la semilla, al grado que no

puede separarse de ella sin destruirse (*P. ayacahuite*, *P. strobus*), a la cual se llama adnada; otras veces en su base lleva dos ganchos formados de tejido higroscópico que, cuando el ambiente está seco, abrazan y sujetan a la semilla, y cuando está húmedo, se abren y la sueltan. En tal caso es una ala articulada o libre, y puede observarse en la mayoría de nuestros pinos (Martínez, 1984). En el Cuadro 32.1 se describen las semillas de las especies mexicanas y en las Figuras 32.6 y 32.7 se exhiben sus partes y algunas de ellas.

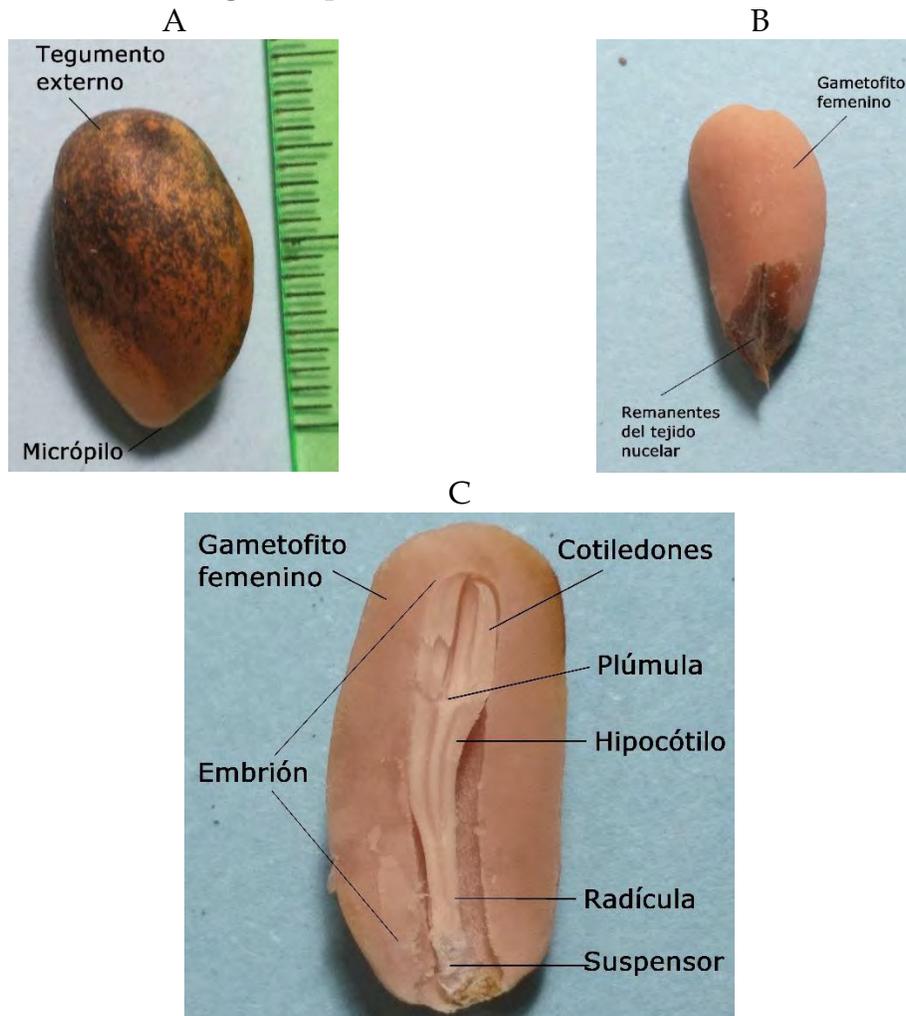


Figura 32.6. Partes externas de una semilla de pino (*P. cembroides*). A) con cubierta seminal y B) sin esta. C) Partes internas dicha semilla. Fotos: DART.



Figura 32.7. Algunas semillas de pinos mexicanos. A) *P. montezumae*, B) *P. leiophylla*, C) *P. cembroides*, D) *P. herrerae*, E) *P. maximinoi*, F) *P. pringlei*, G) *P. ayacahuite*, H) *P. chiapensis*, I) *P. hartwegii*, J) *P. pseudostrobus.*, K) *P. pseudostrobus* var. *oaxacana*, L) *P. patula*. Fotos: A) a C), I), DART, D) E) C. J. Earle, 2007/TGDB (2021), F), J. Valdez P., 2009, TGDB (2021), G), H), y J) Niembro *et al.* (2010), K) y L) Martín Paz Paz, Ixtlán de Juárez, Oax., 2021.

Cuadro 32.1. Descripción de la semilla de especies mexicanas de pinos.

| Espece ¹ | Descripción de la semilla ² |
|---|---|
| <i>P. arizonica</i> Engelm. | Oval o triangular, morena oscura, 6-7 mm, ala articulada, oscura, 23-25 mm. |
| <i>P. arizonica</i> var. <i>stormiae</i> Mart. | Café, 6 mm, ala articulada 20 22 mm. ¹ |
| <i>P. attenuata</i> Lemm. | Elipsoidal, moreno oscura, 5-6 mm, ala articulada, oscura, 18-25 mm. |
| <i>P. ayacahuite</i> Ehrenb. | Ovoide, gris oscura, 7-8 mm, adnada, morena, 30-35 mm. |
| <i>P. ayacahuite</i> var. <i>brachyptera</i> Shaw | Ovoide u oval, café oscura, 12-15 mm, ala adnada, morena, rudimentaria o nula. |
| <i>P. ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> Shaw | Elipsoidal, café oscura, 10-12 mm, ala adnada, morena, 15-20 mm. |
| <i>P. catarinae</i> M-F. Robert-Passini | Cafesosa, 12 X 7 mm, sin ala |
| <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> (Sénécl.) Barr. et Golf. | Café, 5-6 X 4 mm, alada, 20 mm. ¹ |
| <i>P. cembroides</i> Zucc. | Subcilíndrica o triangular, café oscura, 9-10 mm, sin ala. |
| <i>P. cembroides</i> ssp. <i>orizabensis</i> Bailey | Café, 14 mm, sin ala, gametofito femenino rosado. ¹ |
| <i>P. chiapensis</i> (Mart.) Andersen | Elipsoidal, morena, 5-6 mm, ala adnada, morena, 23 mm o más. |
| <i>P. chihuahuana</i> Engelm. | Triangular, grisácea, 4-5 mm, ala articulada, café, 15-17 mm. |
| <i>P. contorta</i> ssp. <i>murrayana</i> (Balf.) Critchfield | (para <i>P. contorta</i> var. <i>latifolia</i> Engelm) Vagamente triangular, café oscura, 5-6 mm, ala articulada, morena, 10-12 mm. |
| <i>P. cooperi</i> Blanco | Ovoide o triangular, café oscura, 6-8 mm, ala articulada, morena, 15-20 mm. |
| <i>P. coulteri</i> D. Don | Elipsoidal, café oscura, 12-16 mm, ala articulada, morena, 20-25 mm. |
| <i>P. culminicola</i> Andresen et Beaman | Subcilíndrica, café, 5-6 mm, sin ala. |
| <i>P. discolor</i> Bailey et Hawksworth | Ovoide, castaña, 14-15 mm sin ala. |
| <i>P. douglasiana</i> Mart. | Ovoide, café oscura, 4-5 mm, ala articulada, morena, 25 mm. |
| <i>P. durangensis</i> Mart. | Triangular, gris oscura, 4-5 mm, ala articulada, morena, 20-30 mm. |
| <i>P. edulis</i> Engelm. | Café, 10-13 X 6-8 mm, sin ala. ¹ |
| <i>P. engelmannii</i> Carr. | Ovoide, café oscura, 5-7 mm, ala articulada, morena, 20-30 mm. |
| <i>P. estevezi</i> (Mart.) Perry | Café oscura, 6-7 mm, ala café, 25 mm. ¹ |
| <i>P. flexilis</i> James | Oblonga, café oscura, 7-8 mm, ala articulada, castaña, 30-40 mm. |
| <i>P. greggii</i> Engelm. | Oval, negra, 6-7 mm, ala articulada, morena, 18-20 mm. |
| <i>P. hartwegii</i> Lindl. | Triangular, negra, 5-7 mm, ala articulada, morena, 10-12 mm.. |
| <i>P. herrerae</i> Mart. | Triangular, café oscuro, 3-4 mm, ala articulada, morena, 8-9 mm. |
| <i>P. jaliscana</i> Pérez de la Rosa | Café oscura, 5-6 mm, ala articulada, café pálida, 12-16 mm. ¹ |
| <i>P. jeffreyi</i> Murr. | Oval, oscura o morena, 10-12 mm, ala articulada, morena, 22-25 mm. |
| <i>P. johannis</i> M-F. Robert | Subcilíndrica, castaña o morena, 8-13 mm, sin ala. |
| <i>P. juarezensis</i> Lanner | Oblonga, café oscura, 14-17 mm, sin ala. |
| <i>P. lagunae</i> M-F. Robert-Passini | Café, 13 X 8 mm, sin ala. ¹ |
| <i>P. lawsoni</i> Roehl. | Triangular, café oscura, 4-5 mm, ala articulada, morena, 15-18 mm. |
| <i>P. lambertiana</i> Dougl. | Triangular, café oscura, 10-12 mm, ala adnada, morena, 20-38 mm. |
| <i>P. leiophylla</i> Sch. et Cham. | Triangular, café oscura, 4-5 mm, ala articulada, amarillenta, 10-12 mm. |
| <i>P. lumholtzii</i> Rob. Et Fern. | Oblonga, café oscura, 5-6 mm, ala articulada, oscura, 14-16 mm |
| <i>P. martinezii</i> Larsen | Café, 6 X 4 mm, café con manchitas oscuras, ala articulada, 12-15 mm. ¹ |
| <i>P. maximartinezii</i> Rzedowski | Oblonga, castaña, 22-26 mm, sin ala. |
| <i>P. maximinoi</i> H. E. Moore | Café oscura, casi negra, 5-7 X 5 mm, ala café amarillento pálida, articulada, 16-20 mm. ¹ |
| <i>P. michoacana</i> Mart. (= <i>P. devoniana</i> Lindl.) | Triangular, morena, 8-9 mm, ala articulada, oscura, 45-50 mm. |
| <i>P. michoacana</i> var. <i>cornuta</i> Mart. | Algo triangular, 6-7 mm, ala articulada, 25 mm. ¹ |

¹Perry (1991), con inclusión de otros taxa. ²Descripción de la mayoría de los taxa, se tomó de Niembro (1986).

Continúa...

Cuadro 32.1. Continuación.

| Especie ¹ | Descripción de la semilla ² |
|---|---|
| <i>P. michoacana</i> var. <i>quevedoi</i> Mart. | Algo triangular, 7-8 X 6 mm, ala articulada, café pálida, 25 mm. ¹ |
| <i>P. monophylla</i> Torr. Et Frem. | Oblonga, morena, 13-15 mm, sin ala. |
| <i>P. montezumae</i> Lamb. | Triangular, morena, 6-7 mm, ala articulada, morena, 18-20 mm. |
| <i>P. montezumae</i> var. <i>lindleyi</i> Loud. | De 6 mm, con ala articulada, 20 mm. ¹ |
| <i>P. muricata</i> D. Don | Triangular, café oscura, 6-8 mm, articulada, morena, 12-15 mm. |
| <i>P. nelsonii</i> Shaw | Oblonga, café oscura, 13-15 mm, sin ala. |
| <i>P. nubicola</i> Perry | Café o con motas negras, 5-7 X 4-5 mm, ala articulada 20-25 mm. ¹ |
| <i>P. oaxacana</i> Mirov | Triangular, café, 7-9 mm, ala articulada, oscura, 20-35 mm. |
| <i>P. oocarpa</i> Schiede | Triangular, morena, 6-7 mm, ala articulada, morena, 10-15 mm. |
| <i>P. oocarpa</i> var. <i>ochoterena</i> Mart. | Café oscura, 6 X 3-5 mm, ala articulada y engrosada en la base, en su unión con la semilla, 10-15 mm, |
| <i>P. oocarpa</i> var. <i>trifoliata</i> Mart. | Café a casi negra, 6 mm, ala articulada y engrosada en la base, en su unión con la semilla, 16 mm. ¹ |
| <i>P. oocarpa</i> var. <i>microphylla</i> Shaw | Café oscura, con motas más oscuras, ala articulada y engrosada en la base, en su unión con la semilla, 13-15 mm. ¹ |
| <i>P. patula</i> Schl. et Cham. | Triangular aguda, negra, 5-6 mm, ala articulada, café, 12-14 mm. |
| <i>P. patula</i> var. <i>longepedunculata</i> Loock | Café muy oscura a casi negra, 5 X 3 mm, ala engrosada en la base, donde se une a la semilla, 15 mm. ¹ |
| <i>P. pinceana</i> Gord. | Elipsoidal, morena, 10-12 mm, sin ala. |
| <i>P. ponderosa</i> Doug. | Redondeada, morena, 8-9 mm, ala articulada, morena, 22-25 mm. |
| <i>P. pringlei</i> Shaw | Oblonga, morena, 4-5 mm, ala articulada, morena, 15-17 mm. |
| <i>P. pseudostrobus</i> Lindl. | Triangular, café oscura, 5-6 mm, ala articulada, castaña, 20-23 mm. |
| <i>P. pseudostrobus</i> f. <i>megacarpa</i> Loock | 7-8 mm, ala articulada, 24 mm. ¹ |
| <i>P. pseudostrobus</i> f. <i>protuberans</i> Mart. | Café, 6-7 mm, ala articulada, 20-22 mm. ¹ |
| <i>P. quadrifolia</i> Parl. | Café oscura a café moteada, 12-15 X 8-10 mm, sin ala. ¹ |
| <i>P. radiata</i> var. <i>binata</i> Lemm. | Ovoide, café oscura, 6-7 mm, ala articulada, morena, 12-14 mm. |
| <i>P. remota</i> (Little) Bailey et Hawksworth | Ovoide o elipsoidal, castaña, 12-14 mm, sin ala. |
| <i>P. rudis</i> Endl. | Ovoide, café oscura, 5-6 mm, ala articulada, morena, 30-35 mm |
| <i>P. rzedowskii</i> Madrigal et Caballero | Triangular, café oscura, 8-10 mm, ala articulada, morena, 20-35 mm. |
| <i>P. tecunumanii</i> (Schwertfeger) Eguiluz et Perry | Café pálida, 4-6 X 3 mm, ala articulada, un poco ensanchada en su unión con la semilla, 9 mm. ¹ |
| <i>P. teocote</i> Schl. et Cham. | Triangular, café oscura, 3-4 mm, ala articulada, morena, 12-15 mm. |

Cuadro. 32.2. Algunos datos de análisis de semillas, y otros, para especies mexicanas de pinos.

| Especie | Peso | C.H. | Germin. | E. G. | Viabilidad | Sem./cono | Almacenamiento | Pureza |
|---|---|---|---|--|---------------------------------------|--------------------|---|------------------------|
| <i>P. arizonica</i> | 23 832 a 34 188 ^(1,2,5) | 8.9% ⁽⁵⁾ | 96.8% ⁽⁵⁾ a 30/25 °C, fotop. 16 h., previo remojo en H ₂ O ₂ por 12 h ⁽⁵⁾ | 6 días (para el 85% de la germin.). ⁽⁵⁾ | 80% (tetrazolio) ⁽⁵⁾ | | | 94.3% ⁽⁵⁾ |
| <i>P. arizonica</i> var. <i>stormiae</i> | 28 000 ⁽²⁾ | | | | | | | |
| <i>P. attenuata</i> | 65 000 ⁽²⁾ 31 000 a 71 000 (EE. UU.) ⁽⁴⁾ | | 80% ⁽⁴⁾ | | | | | |
| <i>P. ayacahuite</i> | 10 297 a 23 487 ⁽¹⁾ | 6-7% para almacenarlas ⁽³⁾ , 10.5% ⁽¹⁶⁾ | 60% ⁽¹⁾ , 10.6% ⁽¹⁶⁾ | | | | 42% (69 meses a aprox. 0 °C) ⁽¹⁾ | |
| <i>P. ayacahuite</i> var. <i>brachyptera</i> | 2433 a 7142 ^(1,2,26) | | 22.7% a 29% ^(27,29) | | | | | |
| <i>P. ayacahuite</i> var. <i>veitchii</i> | 2 544 a 4 269 ^(1,7) | 10.5% ⁽⁷⁾ | 87%, a 25 °C, estratific. A 3 °C por 75 días ⁽⁷⁾ , 84.7% en vivero ⁽²⁸⁾ | | 92% ⁽⁷⁾ | | | 100% ⁽⁷⁾ |
| <i>P. caribaea</i> var. <i>hondurensis</i> (ver además Perera <i>et al.</i> , 2021 ⁽³⁹⁾ , en este libro). | 45 000 a 78 000 ^(2, 22, 39) | 8% ⁽²²⁾ | 80-95% (30/20 °C, fotoperiodo de 16 h ⁽²³⁾) | | 90 a 99% ⁽²²⁾ | 38 ⁽²²⁾ | 5 años a 0-5 °C y 6- 8% de contenido de humedad semilla ⁽²²⁾ | 95-99% ⁽²²⁾ |
| <i>P. catarinae</i> | | | 15.7%, a 30 °C ⁽¹⁴⁾ | | | | | |
| <i>P. cembroides</i> | 2 480 a 4 132 ^(1,7) | 7.7 ⁽³⁶⁾ a 11% ⁽⁷⁾ | 18% a 22 °C, estrat. a 9 °C por 45 días ⁽⁷⁾ da 88.2%. 90% (com. pers. A. de la Rosa V. y obs. personal) | 12.7 d para 50% ger. ⁽³⁶⁾ | 81, 93.5% ⁽³⁶⁾ | | A 4-5 °C, se conservan viables 7 años ⁽³⁾ | 99% ⁽⁷⁾ |
| <i>P. cembroides</i> ssp. <i>orizabensis</i> | | 7.4% ⁽³⁶⁾ | 41% ⁽¹⁾ , 48 ⁽¹³⁾ , 84.2% ⁽³⁶⁾ | | 90.8% ⁽³⁶⁾ | | 35% (75 meses a aprox. 0 °C) ⁽¹⁾ | |

Continúa...

Cuadro 32.2. Continuación.

| Especie | Peso | C.H. | Germin. | E. G. | Viabilidad | Sem./cono | Almacenamiento | Pureza |
|--|--|---------------------------|--|--|--|--|---|--------|
| <i>P. chiapensis</i> | 36 536 a 184 210 ^(1,3) | 6-7% para almacenarlas | 80% ⁽¹⁵⁾ | | ≥80% | 42-178 semillas poten. ⁽³⁰⁾ | A 0 °C mantienen viabilidad por 5-10 años. ⁽³⁾ | |
| <i>P. chihuahuana</i> | 85 000 a 88 000 ⁽²⁾ | | | | | | | |
| <i>P. contorta</i> var. <i>latifolia</i> | 107 642 a 119 331 ⁽¹⁾ 174 000 a 251 000 (EE. UU. ⁽⁴⁾) | | 83% ⁽¹⁾ | | ≥83% | | 80% (47 meses a aprox. 0 °C) ⁽¹⁾ | |
| <i>P. contorta</i> ssp. <i>murrayana</i> | 257 000 ⁽²⁾ 256 000 a 262 000 (EE. UU.) ⁽⁴⁾ | | 73% ⁽⁴⁾ | | ≥73% | | | |
| <i>P. cooperi</i> | 32 786 a 57 077 ⁽¹⁾ | | 60% ⁽¹⁾ , 97.8 ⁽¹¹⁾ | | ≥60-97.8% | | 54% (88 meses a aprox. 0 °C) ⁽¹⁾ | |
| <i>P. coulteri</i> | 2600 a 3500 ^(2,4) | | 80% ⁽⁴⁾ | | ≥80% | | | |
| <i>P. culminicola</i> | | | 21% ⁽³⁷⁾ a 19-21 °C | | 100%(?)(³⁷) | | | |
| <i>P. discolor</i> | | | 50-70% en vivero (com. pers. A. de la Rosa V. y obs. personal) | | ≥50-70% | | | |
| <i>P. douglasiana</i> | 44 244 a 73 146 ⁽¹⁾ | 6.1 ⁽³²⁾ | 91% ⁽¹⁾ | | 59% ⁽³²⁾ a 91% | | 85% (25 meses a aprox. 0 °C)(¹) | |
| <i>P. durangensis</i> | 24 200 a 44 208 ^(1,2,5) | | 93% ⁽¹⁾ , 85.5% a 30/25 ° C, fotop. 16 h ⁽⁵⁾ | 12 días para el 85% de la germin. ⁽⁵⁾ | 94.5% (tetrazolio). ⁽⁵⁾ | | 89% (78 meses a aprox. 0 °C) ⁽¹⁾ | 93.8% |

Continúa...

Cuadro 32.2. Continuación.

| Especie | Peso | C.H. | Germin. | E. G. | Viabilidad | Sem./cono | Almacenamiento | Pureza |
|--|--|------------------------|---|-------|--|--|--|--------|
| <i>P. edulis</i> | 3000 a 5500 ^(2,4) | | 80% ⁽⁴⁾ | | | | | |
| <i>P. engelmannii</i> | 22 000 a 33 046 ^(1,2) | | 85% ⁽¹⁾ , 98.1%, a 25-28 °C ⁽⁹⁾ | | 77% (rayos X) ⁽⁹⁾ | | 70% (49 meses a aprox. 0 °C) ⁽¹⁾ | |
| <i>P. estevezi</i> | 7050 a 15 000 ⁽²⁵⁾ | | | | | | | |
| <i>P. flexilis</i> | 8800 ⁽²⁾ | | | | | | | |
| <i>P. greggii</i> (ver además López y Escobar- Alonso, 2021 ⁽⁴⁰⁾ en este libro). | 55 483 a 98 522 ⁽¹⁾ | 10% ⁽⁴⁰⁾ | 82% ⁽¹⁾ , 94.7% ⁽¹²⁾ | | ≥90% ⁽⁴⁰⁾ | 46-74, según la variedad ⁽⁴⁰⁾ | 61% (76 meses a aprox. 0 °C) ⁽¹⁾ | |
| <i>P. hartwegii</i> | 43 271 a 59 804 ⁽¹⁾ | | 70% ⁽¹⁾ , 98% en invernadero ⁽¹⁹⁾ . | | | | 68% (56 meses a aprox. 0 °C) ⁽¹⁾ | |
| <i>P. herrerae</i> | 102 639 a 144 144 ⁽¹⁾ | | 39% ⁽¹⁾ | | | | 37% (21 meses a aprox. 0 °C) ⁽¹⁾ | |
| <i>P. jaliscana</i> | 120 000 ⁽²⁾ | | | | | | | |
| <i>P. jeffreyi</i> | 7 314 a 9 382 ⁽¹⁾ 5800 a 11 700 (EE. UU.) ⁽⁴⁾ | | 81% ⁽¹⁾ | | | | 74% (50 meses a aprox. 0 °C) ⁽¹⁾ | |
| <i>P. johannis</i> | 2200 ⁽²⁾ | | 25% ⁽¹⁷⁾ | | | | | |
| <i>P. lagunae</i> | 3800 ⁽²⁾ | | | | | | | |
| <i>P. lawsoni</i> | 42 016 a 51 746 ⁽¹⁾ | | 31% ⁽¹⁾ | | | | 26% (33 meses a aprox. 0 °C) ⁽¹⁾ | |
| <i>P. lambertiana</i> | 4 600 a 7 207 ^(1,2) 3257 a 6000 (EE. UU.) ^(4,24) | | 32% ⁽¹⁾ , 51% ⁽⁴⁾ 70-95% ⁽²⁴⁾ | | 67-99% en años semilleros; 28% en años de baja producción ⁽²⁴⁾ | 209-219 (150 sanas) ⁽²⁴⁾ | 30% (43 meses a aprox. 0 °C) ⁽¹⁾ | |
| <i>P. leiophylla</i> (ver Escobar-Alonso y Rodríguez-Trejo, 2021 ⁽⁴¹⁾ , este libro). | 85 000 a 124 416 ⁽¹⁾ | | 24%, 81% ⁽¹⁾ , 82.5% a 25 °C ⁽⁶⁾ | | 80-98% ⁽⁴¹⁾ | | 10% (56 mes., 0 °C) ⁽¹⁾ 72% (36 mes., 0 °C) ⁽¹⁾ | |

Continúa...

Cuadro 32.2. Continuación.

| Especie | Peso | C.H. | Germin. | E. G. | Viabilidad | Sem./co no | Almacenamien to | Pureza |
|---|--|---------------------------|--|---|---------------------------|---------------|--------------------------------------|----------|
| <i>P. lutea</i> Blanco | | | 76% (1) | | | | 49% (120 meses a aprox. 0 °C) (1) | |
| <i>P. martinezii</i> | 48 000 (2) | | 8.9-45.5% (diferentes familias) (31) | | 52.3% (flotación) (31) | 47 (31) | | |
| <i>P. maximartinezii</i> | 776 a 827 (1,2) | 7.9% (7) | 47% (1), 15 % a 22 °C, estrat. a 9 °C por 30 días (7) | | 96% | | 38% (48 meses a aprox. 0 °C) (1) | 98% (7) |
| <i>P. maximinoi</i> | | 6.2 (32) | 97% a 25 °C (32), 64% (1) | | 69-97%(?) (32) | | 61% (1) (56 meses a aprox. 0 °C) | |
| <i>P. michoacana</i> (= <i>P. devoniana</i> Lindl.) | 15 974 a 49 751 (1,16) | 8.2 (16) | 76% (1), 67.9% (16), 86%, 22-23 °C, fotop. 16 h, remojo previo por 12 h en sol. De <i>Arthrobacter agilis</i> UMCV2. (20) | | | | 73% (57 meses a aprox. 0 °C) | |
| <i>P. michoacana</i> var. <i>cornuta</i> | 16 920 a 53 333 (1) | | 89% (1) | | | | 88% (60 meses a aprox. 0 °C) (1) | |
| <i>P. michoacana</i> var. <i>procera</i> | | | 68% (1) | | | | 66% (102 meses a aprox. 0 °C) (1) | |
| <i>P. michoacana</i> var. <i>procera</i> | | | 68% (1) | | | | 66% (102 meses a aprox. 0 °C) (1) | |
| <i>P. michoacana</i> f. <i>tumida</i> | | | 96% (1) | | | | 95% (14 meses a aprox. 0 °C) (1) | |
| <i>P. monophylla</i> | | | 69% (1) | | | | 49% (33 meses a aprox. 0 °C) (1) | |
| <i>P. montezumae</i> (ver Herrera y Escobar- Alonso, 2021(42), en este libro). | 17 000 a 50 000 (8, 42) | 8% (8), 10% (42) | 69% (1), 85% (8), 90% (42) | 13 días p. alcanzar 65% de germin. (8) | >90% (42) | 172 (42) | 69% (67 meses a aprox. 0 °C) (1) | >90%(42) |
| <i>P. muricata</i> | 86 000 a 112 000 (Méx., EE.UU. (2,4) | | 40, 49 y 80% (1, 4, 38); los dos últimos en EE. UU. | | | | 34% (9 meses a aprox. 0 °C) (1) | |

Continúa...

Cuadro 32.2. Continuación.

| Especie | Peso | C.H. | Germin. | E. G. | Viabilidad | Sem./cono | Almacenamiento | Pureza |
|---|-----------------------------|------------------------------------|---|---|---------------------|-----------|--|----------------|
| <i>P. oocarpa</i> | 41 000 a 120 000 (10,2) | 8% ⁽¹⁰⁾ | 86% (1), 90% (10) | | | | 81% (53 meses a aprox. 0 °C) (1) | 99% |
| <i>P. oocarpa</i> var. <i>ochoterenae</i> | | | 91% (1) 50% (1) | | | | 88% (74 meses a aprox. 0 °C) (1) 26% (29 meses a aprox. 0 °C) (1) | |
| <i>P. patula</i> | 85 251 a 180 868 (2,3,8) | 6-10% (3,8) | 89% (1), 79% (8) | 20 días para el 65% de la germin. final. | | | 80% (50 meses a aprox. 0 °C) (1) 2-8 °C (5-10 años) (3) | |
| <i>P. pinceana</i> | | | 9% con cubierta seminal, 86% sin ella (34) | | | | | |
| <i>P. pseudostrobus</i> (ver mpas detalles de 4 variedades en Escobar-Alonso, 2021 ⁽⁴³⁾ , en este libro). | 37 371 a 57 705 (3,8) | 7%, 9.3 a 10.3% ⁽⁴³⁾ | 73% (1), 75.2% (8), 95% (43) | 18 días p. 65% germ. final (8) | 48.3 a >95% (43) | | 69% (39 meses a 0 °C) (1)a 4 °C (3) | 95-99% (43) |
| <i>P. pseudostrobus</i> var. <i>apulcensis</i> | | | 78% (1) | | | | 77% (26 meses a aprox. 0 °C) (1) | |
| <i>P. pseudostrobus</i> var. <i>coatepecensis</i> | | | 82% (1) | | | | 79% (46 meses a aprox. 0 °C) (1) | |
| <i>P. pseudostrobus</i> f. <i>protuberans</i> | | | 98% (1) | | | | 95% (60 meses a aprox. 0 °C) (1) | |
| <i>P. pseudostrobus</i> var. <i>oaxacana</i> (= <i>P. oaxacana</i> Mirov) | | | 63% (1), 77.5% (33), 48.5%, invernadero, almacenada en refrigeración por 2 años (21) | | | | 57% (52 meses a aprox. 0 °C) (1) | |

Continúa...

Cuadro 32.2. Continuación.

| Especie | Peso | C.H. | Germin. | E. G. | Viabilidad | Sem./cono | Almacenamiento | Pureza |
|--|-----------------------------------|---------------------|---|----------------------------------|------------|---|---|----------------------------|
| <i>P. quadrifolia</i> | 2200 ⁽²⁾ | | 21% ⁽¹⁾ | | | | 7% (6 meses a aprox. 0 °C) ⁽¹⁾ | |
| <i>P. radiata</i> var. <i>binata</i> | 103 000 ⁽²⁾ | | | | | | | |
| <i>P. rudis</i> | | | 74%, 40.5% ^(1,18) . | 40 días p. 75% de ger. final. | | | 66% (32 meses a aprox. 0 °C) ⁽¹⁾ | |
| <i>P. rzedowskii</i> | | | 5% (en habitación, estrat. por 8 d a 5 °C ⁽³⁵⁾) | | | | | |
| <i>P. tecunumanii</i> (Schwertfeger) | 55 000 ⁽²³⁾ | | 65-70% (Colombia) ⁽²³⁾ | | | | | |
| <i>P. teocote</i> (ver también Escobar-Alonso y Rodríguez-Trejo, 2021 ⁽⁴⁴⁾ , en este libro. | 142 918 a 161 350 ⁽⁴⁴⁾ | 10% ⁽⁴⁴⁾ | 76% ⁽¹⁾ , 87% ⁽⁴⁴⁾ | | | Potencial de hasta 50-100 ⁽⁴⁴⁾ | 71% (37 meses a aprox. 0 °C) ⁽¹⁾ | Hasta 100% ⁽⁴⁴⁾ |

Fuentes: ⁽¹⁾ Patiño *et al.* (1983), ⁽²⁾ Perry (1991), ⁽³⁾ Niembro *et al.* (2010), ⁽⁴⁾ Krugman y Jenkinson (1974), Young y Young (1992), ⁽⁵⁾ Meraz y Bonilla (2000), ⁽⁶⁾ Gómez *et al.* (2010), ⁽⁷⁾ Villagómez y Carrera (1979), ⁽⁸⁾ Aparicio *et al.* (1999), ⁽⁹⁾ Bustamante *et al.* (2012), ⁽¹⁰⁾ Salazar (2000), ⁽¹¹⁾ Ibarra (1994), ⁽¹²⁾ Martínez (2014), ⁽¹³⁾ Sánchez *et al.* (2005), ⁽¹⁴⁾ Flores y Lemus (2000), ⁽¹⁵⁾ Martínez (1998), ⁽¹⁶⁾ Carrillo *et al.* (1980), ⁽¹⁷⁾ Montalvo *et al.* (2016), ⁽¹⁸⁾ Altamirano y Aparicio (2002), ⁽¹⁹⁾ Ortega *et al.* (2003), ⁽²⁰⁾ Montejo *et al.* (2016), ⁽²¹⁾ Ramírez *et al.* (2009), ⁽²²⁾ Cano (2017), ⁽²³⁾ Austral Andes (2021), ⁽²⁴⁾ Shen y Cho (2021), ⁽²⁵⁾ Steele (1990), ⁽²⁶⁾ Leal Sánchez *et al.* (2020), ⁽²⁷⁾ Goodrich (2016), ⁽²⁸⁾ López *et al.* (2018), ⁽²⁹⁾ Segura (2004), ⁽³⁰⁾ Mendizábal *et al.* (2015), ^(30B) Pineda *et al.* (2018), ⁽³¹⁾ Morales *et al.* (2017), ⁽³²⁾ Ordóñez *et al.* (2021), ⁽³³⁾ Carrillo *et al.* (1980), ⁽³⁴⁾ Ramírez *et al.* (2008), ⁽³⁵⁾ Castilleja *et al.* (2016), ⁽³⁶⁾ Hernández *et al.* (2018), ⁽³⁷⁾ Cervantes (2000), ⁽³⁸⁾ Krugman y Jenkinson (1974), ⁽³⁹⁾ Perera *et al.* (2021), ⁽⁴⁰⁾ López y Escobar-Alonso (2021), ⁽⁴¹⁾ Escobar-Alonso y Rodríguez-Trejo (2021a), ⁽⁴²⁾ Herrera y Escobar-Alonso (2021), ⁽⁴³⁾ Escobar-Alonso (2021), ⁽⁴⁴⁾ Escobar-Alonso y Rodríguez-Trejo (2021b).

En pinos norteamericanos, se observa que, aunque algunas especies producen abundante semilla cada año (como *P. attenuata* y *P. contorta*), muchas lo hacen en periodos de 2 a 10 años (5-8 años en *P. cembroides*, 3-4 años en *P. engelmannii* y *P. leiophylla*, por ejemplo) (Young y Young, 1992).

Análisis de semillas

Pureza. Beneficiados los conos y desalada y limpiada la semilla, la pureza es alta, superior a 95%.

Peso. Hay amplia variabilidad inter e intraespecífica. Para el primer caso, se tienen registrados extremos de entre 776 semillas kg^{-1} (*P. maximartinezii*) y 251 000 (*P. contorta* var. *latifolia*) de EE. UU. Al parecer la mayor variabilidad para una especie, la exhibe *P. chiapensis*, con un intervalo de 36 536 a 184 210 semillas kg^{-1} , es decir, el intervalo superior supera al inferior en poco más de 500%.

Contenido de humedad. Se trata de semillas ortodoxas, con bajo contenido de humedad, del orden de 6 a 11%.

Germinación y factores ambientales. La revisión realizada involucra datos obtenidos en cámaras de ambiente de secado, invernaderos y camas de cultivo, principalmente. De lo anterior, además de la variabilidad entre procedencias, tamaño de las poblaciones, condición de la semilla y que en ocasiones se trató de semilla almacenada, es que se tiene tanta variabilidad en la capacidad germinativa de las especies, tanto inter

como intraespecífica. No obstante, la mayoría de estas, cuando se proporcionan las condiciones adecuadas, arrojan capacidades germinativas de 80% o más. En general, los pinos nacionales germinan bien con temperaturas constantes o un régimen día noche de entre 30 y 20 °C (ver cuadro 32.2).

Energía germinativa. En varias especies, esta variable tomada como el tiempo para alcanzar el 65% de la germinación final, alcanza 13 a 20 días.

Viabilidad. La viabilidad tiene valores similares o ligeramente superiores a los de la capacidad germinativa (Cuadro 32.2).

Latencia

Algunas especies de EE. UU. (que también habitan en México) requieren estratificación en frío, por lo que presentan latencia fisiológica. Por ejemplo, *P. attenuata* (remojo 1-2 días en agua y luego estratificación a 3-5 °C por 60 días) y *P. lambertiana* (estratificación por 60-90 días). También se recomienda para *P. patula* (estratificación durante 60 días), que de forma natural solo lo hay en México (Young y Young, 1992). *Pinus pinceana* muestra latencia (física) por su dura cubierta seminal y también latencia química (Ramírez *et al.*, 2008). Por su parte, Shen y Cho (2021) refieren latencia física para la semilla de *P. lambertiana* de EE. UU.

Regeneración natural

Dispersión. Excepto por los pinos piñoneros, casi todas las especies de pinos cuentan con ala y dispersión por el viento (y por gravedad cuando no sopla el viento). Fauna como mamíferos y aves consumen las semillas del género, en especial de los pinos piñoneros, y así contribuyen también a su dispersión.

Bancos de semilla. Las especies serótinas conforman bancos de semilla aérea donde la semilla permanece viable varios años. Luego de incendios superficiales, o de copa, la semilla es liberada sobre el área quemada donde germina y se establece la regeneración.

Tolerancia a la sombra. La gran mayoría de los pinos son intolerantes a la sombra, se trata de especies pioneras o de etapas sucesionales iniciales o intermedias. En algunos casos conforman la única etapa sucesional disponible en la que participan árboles, como son las partes más altas del bosque de *P. hartwegii*. En otras pueden representar el clímax o una etapa sucesional avanzada. En el caso de los pinos piñoneros, durante su regeneración se pueden beneficiar de micrositios con sombra parcial provistos por otras plantas y donde el final de la serie sucesional serán este tipo de pinos.

Tipo de germinación. Las especies del género tienen germinación epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Para la recolección el personal debe estar dotado de casco, gafas (*googles*), camisa de algodón de manga larga, pantalón de mezclilla y botas con casquillo. Es común ascender a los árboles con la ayuda de equipo como “espolones” o “bicicletas”, con los debidos cinturones de seguridad y cuerdas. Los conos son cortados con tijeras podadoras a una mano o -ya sea desde el suelo o sobre el árbol- utilizando las herramientas llamadas garrochas podadoras o bien los “ganchos”, que cuentan con cuchillas curvas al extremo de un largo mango, para jalar o empujar y hacer así el corte. Los conos son recolectados en sayales. Para proceder con la recolección, los conos deben estar maduros (sin abrir todavía) o verdes a punto de madurar.

Beneficio. Los conos pueden ser puestos a secar al sol en el vivero sobre un plástico o lona, encima de una carpeta de cemento. Conforme van abriendo, se deben rodar con rastrillos. Finalmente, trabajadores del vivero los chocan con las manos uno contra otro para extraer toda la semilla. La extracción de las semillas remanentes también puede hacerse en cilindros rotatorios con aspas en el interior y que se operan manualmente con una manivela. El desalado se hace manualmente, restregando las semillas con las manos. La limpieza se

realiza desde un aro circular con malla, sobre la cual se depositan las semillas, las cuales son aventadas hacia arriba cuando hay viento; las semillas son cachadas en la malla nuevamente y las impurezas, como las alas, se las lleva el viento. Los conos de especies serótinas se pueden envolver en plástico, poner dentro de invernaderos, en estufas de secado o en secadoras para conos (a unos 40-45 °C) en estos últimos casos, para acelerar su apertura.

En viveros tecnificados, el secado se puede hacer en las secadoras de conos, después pasarlos a tolvas que mediante bandas sin fin depositan los conos en grandes golpeadoras de conos mecanizadas (cilindros rotatorios con aspas en el interior) para terminar de extraer bien las semillas. Estas últimas son desaladas en una desaladora de tambor rotatorio donde se humectan y ponen a girar para que se rompa el ala. Después de este paso, la semilla se deja secar y se pasa a una mesa vibradora para separar las impurezas de las semillas. Ya limpias, las semillas se pasan a otra mesa

vibradora que las separa por tamaños. Tal separación también se puede realizar en separadoras de columna vertical de chorro de aire, las cuales aparte pueden ser usadas para separar la semilla vana de la buena.

Almacenamiento. En general se reporta en la literatura que las semillas de pinos, almacenadas con contenidos de humedad de 6 a 8% y a temperaturas de 2 a 5 °C, mantienen una alta viabilidad durante 5-10 años.

Tratamiento previo a la semilla. En algunos casos, particularmente de procedencias de regiones frías del norte del país, así como de zonas de mayor altitud, se requiere estratificación a 2-3 °C por algunas semanas. Por otra parte, se suele remojar la semilla para iniciar y uniformar la germinación antes de la siembra. Los pinos piñoneros pueden requerir de remojo por 24 a 48 h y escarificación mecánica.

Siembra. La profundidad de siembra normalmente es de 0.5 a 1.5 cm; en pinos piñoneros es de 1 a 2 cm.

Literatura Citada

Altamirano Q., M. T., y A. Aparicio R. 2002. Efecto de la lombricultura como sustrato alterno en la germinación y crecimiento inicial de *Pinus oaxacana* Mirov. y *Pinus rudis* Endl. *Foresta veracruzana* 4(1): 35-40.

Austral Andes. 2021. *Pinus tecunumanii*. <http://www.australandes.com/semillas/pino/pinus-tecunumanii/> (Consultado en marzo, 2021).

Aparicio R., A., H. Cruz J., y J. Alba L. 1999. Efecto de seis sustratos sobre la germinación de *Pinus patula* Sch. et Cham., *Pinus montezumae* Lamb. y *Pinus pseudostrobus* Lindl. en condiciones de vivero. *Floresta Veracruzana* 1(2): 31-34.

- Bustamante-García, V., J. A. Prieto-Ruíz, R. Álvarez-Zagoya, A. Carrillo-Parra, J. J. Corral-Rivas, and E. Merlín-Bermudes. 2012. Factors affecting seed production of *Pinus engelmannii* Carr in seed stands in Durango state, Mexico. *Southwestern Entomologist* 37(3): 351-359.
- Cano M., E. E. 2017. Pino Caribe. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* (Sénécl.) W. H. Barrett & Golfari. Instituto Nacional de Bosques. Guatemala. 37 p.
- Carrillo S., A., F. Patiño V., e I. Talavera A. 1980. Contenido de humedad de siete especies de *Pinus* y de *Abies religiosa* y su relación con el porcentaje de germinación. *Ciencia Forestal* 5(24): 39-48.
- Castilleja S., P., P. Delgado V., C. Sáenz R., and Y. Herrerías D. 2016. Reproductive success and inbreeding differ in fragmented populations of *Pinus rzedowskii* and *Pinus ayacahuite* var. *veitchii*, two endemic pines under threat. *Forests* 7(178): 1-17.
- Cervantes M., R. 2000. Detección de patógenos presentes en tres especies de semillas forestales (*Abies vejari* Martínez, *Pinus culminicola* A&B y *Picea engelmannii* (Perry) Engelm. var. mexicana Martínez). Tesis Ingeniero Agrónomo Parasitólogo. División de Agronomía, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buanvista, Saltillo, Coah. 54 p.
- Eguiluz P., T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis profesional. Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. 636 p.
- Escobar-Alonso, S. 2021. *Pinus pseudostrobus*. (presente libro, pp. 266-270).
- Escobar-Alonso, S., y D. A. Rodríguez-Trejo. 2021a. *Pinus leiophylla*. (presente libro, pp. 256-260).
- Escobar-Alonso, S., y D. A. Rodríguez-Trejo. 2021b. *Pinus teocote*. (presente libro, pp. 271-274).
- Farjon, A., J. A. Pérez de la R., B. T. Styles. 1997. Guía de Campo de los Pinos de México y América Central. The Royal Botanic Gardens, Kew y Universidad de Oxford. Kew. 151 p.
- Flores L., C., y J. L. Lemus S. 2000. Maduración de conos y estimación de semillas llenas de *Pinus catarinae* M. F. Robert Passini. Salazar, R. (coord.). Memorias II Simposio sobre Avances en la Producción de Semillas Forestales en América Latina, CATIE, Santo Domingo, República Dominicana, 18-22 de octubre, 1999. Turrialba, Costa Rica. pp. 17-24.
- Gómez J., D. M., C. Ramírez H., J. Jasso M. y J. López U. 2010. Variación en características reproductivas y germinación de semillas de *Pinus leiophylla* ex Schtdl. & Cham. *Revista Fitotecnica Mexicana* 33(4): 297-304.
- Goodrich, B. A., K. M. Waring, and T. E. Kolb. 2016. Genetic variation in *Pinus strobiformis* growth and drought tolerance from southwestern US populations. *Tree Physiology* 36(10): 1219-1235.
- Hernández A., L. A., J. López U., C. Ramírez H., y A. Romero M. 2018. Variación en germinación y vigor de semillas de *Pinus cembroides* y *P. orizabensis*. *Agrociencia* 52: 1161-1178.
- Herrera H., R. y S. Escobar-Alonso. 2021. *Pinus montezumae* (presente libro, pp. 261-265).
- Ibarra H., J. P. 1994. Estudio de conos y semillas de un área semillera de *Pinus cooperi* var. *ornelasii*, en la UCODEFO 5 "El Huehuento" San Dimas, Durango. Tesis de Licenciatura. Escuela de Ciencias Forestales. Universidad Juárez del Estado de Durango. Durango, Dgo. 49 p.
- INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2000. Carta de uso actual del suelo y vegetación. Serie II. INEGI. México.

- Krugman, S. L., J. L. Jenkinson. 1974. *Pinus* L. In: Schopmeyer, C. S. (tech. coord.). Seeds of Woody Plants in the United States. Agriculture Handbook 450. USDA Forest Service. Washington, DC. pp. 598-637.
- Leal S., A., M. K. Waring, M. Menon, A. S. Cushman, A. Eckert, L. Flores-Rentería, J. C. Hernández D., C. A. López-Sánchez, J. H. Martínez G., and C. Wehenkel. 2020. Morphological differences in *Pinus strobiformis* across latitudinal and elevational gradients. *Frontiers in Plant Science* 11:16 (artic. 559 697).
- López L., B., P. Gálvez A., B. Calleja P., J. Méndez G., y J. M. Ríos C. 2018. Sustratos orgánicos en la germinación y crecimiento de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* (Roetzl) Shaw en vivero. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 9(49): 110-124.
- López U., J. y S. Ecobar-Alonso. 2021. *Pinus greggii*. (presente libro, pp. 250-255).
- Martínez C., N. 1998. Atributos poblacionales y reproductivos de *Pinus chiapensis* en Chiapas, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica* 69: 119-134.
- Martínez, M. 1984. Los Pinos Mexicanos. Ed. Botas. México. 361 p.
- Mendizábal H., L. C., J. Alba L., L. Hernández, J., E. O. Ramírez G., y M. C. Rodríguez J. 2015. Potencial de producción de semillas de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen. *Foresta Veracruzana* 17(2): 47-52.
- Meraz G., y R. Bonilla B. 2005. Análisis y tratamientos pregerminativos en semillas de *Pinus arizonica* Engelm. y *Pinus durangensis* Mart. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 6(1): 15-20.
- Mirov, N. T. 1967. The Genus *Pinus*. Ronald. New York. 610 p.
- Montejo M., W., E. Valencia C., P. López Z., y C. Velázquez B. 2016. Efecto de *Arthrobacter agilis* UMCV2 sobre la germinación y crecimiento de *Pinus devoniana* Lindley. *Polibotánica* 41: 79-90.
- Morales-Hernández, J., S. Zepeda-Guzmán, J. Cruz-de León, M. Gómez-Romero, y J. E. Ambríz-Parra. 2017. Descripción macroscópica y germinación de semillas de *Pinus martinezii* Larsen del estado de Michoacán. *Foresta Veracruzana* 19(1): 1-6.
- Niembro R., A. 1986. Mecanismo de Reproducción Sexual en Pinos. Limusa. México. 130 p.
- Niembro R., A., M. Vázquez T., y O. Sánchez S. 2010. Árboles de Veracruz. 100 Especies para la Reforestación Estratégica. Gobierno del Estado de Veracruz. México. 256 p.
- Ordoñez S., C., A. Orozco S., M. Efisio, E. Castillo L., P. Dávila A., H. W. Pritchard, T. Ulian, C. M. Flores O. 2021. Thermal niche for germination and early seedling establishment at the leading edge of two pine species, under a changing climate. *Environmental and Experimental Botany* 181: 1-12.
- Ortega M., A., L. Mendizábal H., J. Alba L., y A. Aparicio R. 2003. Germinación y crecimiento inicial de *Pinus hartwegii* Lind. De siete poblaciones del Estado de México. *Foresta Veracruzana* 5(2): 29-34.
- Patiño V., F., P. de la Garza, Y. Villagómez A., I. Talavera A., y F. Camacho M. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. *Boletín Divulgativo* 63. INIF. México. 181 p.
- Perera L., J. F., M. Á. Musálem S., D. A. Rodríguez-Trejo, J. A. Torres P. 2021. *Pinus caribaea*. (presente libro, pp. 246-249).

- Perry Jr. J. P. 1991. The Pines of Mexico and Central America. Timber Press. Portland, OR. 231 p.
- Ramírez H., C., T. Beardmore, and J. Loo. 2008. Overcoming dormancy of *Pinus pinceana* seeds. Seed Science and Technology 36(1): 1-20.
- Pineda, P., J. A. 2018. Distribución y caracterización ecológica de *Pinus chiapensis* (Martínez) Andresen en el estado de Veracruz. Tesis Maestría en Ciencias en Ecología Forestal. Instituto de Investigaciones Forestales, Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 73 p.
- Salazar, R. (coord. téc.). 2000. Manejo de Semillas de 100 especies Forestales de América Latina. Vol. 1. Manual Técnico 41. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 204 p.
- Sánchez G., A. 2008. Una visión actual de la diversidad y distribución de los pinos de México. Madera y Bosques 14(1): 107-120.
- Sánchez T., V., M. L. Nieto P., y L. C. Mendizábal H. 2005. Producción de semillas de *Pinus cembroides* subsp. *orizabensis* D.K. Bailey de Altzayanca, Tlaxcala, México. Foresta Veracruzana 7: 15-20.
- Segura C., M. A. 2004. Efecto del volumen del contenedor y fertilización en el desarrollo de brinzales de *Pinus ayacahuite* var. *brachyptera* Shaw. Tesis de Maestría en Manejo del Recurso Forestal. Facultad de Ciencias Agrícolas, Universidad Veracruzana. Xalapa de Enríquez, Ver. 109 p.
- Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. NOM-015-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, 30 de diciembre de 2010 (Segunda sección). 78 p.
- Shen, X., and M. J. Cho. 2021. Factors affecting seed germination and establishment of an efficient germination method in sugar pine (*Pinus lambertiana* Dougl.). HortScience 56(3): 299-304.
- Steele, R. 1990. *Pinus flexilis* (James). Limber Pine. In: Burns, R., and B. Honkala (eds.). Silvics of North America. Vol. 1, Conifers. Agriculture Handbook 654. USDA Forest Service. USDA Forest Service. Washington, DC. pp. 348-352.
- TGDB (The Gymnosperm Data Base). 2021. <https://www.conifers.org/> (consultado enero 2021).
- Villagómez A., Y., y S. Carrera G. 1979. Efectos de la estratificación de semillas en tres especies del género *Pinus*. Ciencia Forestal 4(17).
- Young, J. A., and C. G. Young. 1992. Seeds of Woody Plants in North America. Dioscorides Press. Portland, OR. 407 p.

Pinus caribaea Morelet var. *hondurensis* (Sénéclauze) Barrett y Golfari (Pinaceae)

Juan Francisco Perera Lumbí, Miguel Ángel Musálem Santiago, Dante Arturo Rodríguez Trejo, Jorge Antonio Torres Pérez

Nombres comunes

En Belice, Nicaragua y Honduras, este pino es conocido como *Pitch pine*, pino caribe, pero también como *yellow pine* o *white pine* (Belice), Pino de la costa (Honduras), Ocote blanco (Guatemala) y pino caribeño de Honduras, entre otros nombres.

Breve descripción

Árbol de hasta 45 m de altura y 100 cm de diámetro normal, fuste recto, cilíndrico, copa rala, pero agudocónica y densa cuando joven. Corteza gruesa, café-rojiza oscura a grisácea, con placas rugosas, hendiduras verticales y fisuras horizontales. En árboles jóvenes es rojiza a grisácea, rugosa y escamosa. Tres agujas por fascículo, a veces 4 o 5. Árboles monoicos. Flores masculinas en racimos de amentos de 25 a 45 mm de longitud, las femeninas en conillos de forma oblonga, asimétricos, con 6 a 14 cm de longitud y 2.8 a 4.5 cm de anchura. Conos oblongos, color café claro, de 6 a 14 cm de longitud y 2.8 a 4.8 cm de anchura, pedúnculo corto, caedizos, escamas delgadas y flexibles (Figuras 33.1 y 33.2A).

Distribución

Esta especie se halla en latitudes de 18° 14' N en Quintana Roo, hasta 12° 13' N en el norte de la costa este de Nicaragua. También se encuentra en longitudes desde 83° 13' O en Nicaragua, hasta 89° 25' O en Guatemala. En México es relictual, pero en su región de origen Honduras y Belice), se halla hasta 850 m s.n.m. La precipitación media anual va de 600 mm (Valle Choluteca, Honduras) hasta 4200 mm (extremo sur de Nicaragua). De acuerdo con Farjon *et al.* (1997), en Nicaragua, esta especie representa el límite sur de la distribución de los pinos en América.

Importancia

Pinus caribaea es una de las especies más plantadas a nivel mundial en los trópicos. Es fuente de resina y sus derivados para la industria química. De acuerdo con SEFORVEN (1993), la madera se utiliza para construcción, ebanistería, carpintería, pero el principal uso es como pasta celulósica para hacer papel.

Floración y fructificación

En su área de distribución natural, la formación de conos inicia a los 20 años. En esa etapa la mayoría de las semillas son vanas, pero incrementan su viabilidad gradualmente, hasta que a

los 30 a 35 años de edad se inician buenas producciones de semilla viable. La polinización tiene lugar en periodos secos (diciembre a marzo) y los conos maduran al comienzo de la temporada de lluvias, 16 a 17 meses después de la polinización.



Figura 33.1. *Pinus caribaea* var. *hondurensis* en Belice.

Descripción de la semilla

Semillas angostamente ovoides, con 6.5 mm de largo, 3.5 mm de ancho y 2 a 4 mm de espesor, tegumento algo más fuerte que en la variedad típica, color variable, de pardo a castaño y

negruzco, generalmente más oscura que la de la variedad típica. Semilla con ala articulada, que se desprende con facilidad, en 90 % de las semillas, el resto (10%) permanece adherida. Embrión con 5 a 9 cotiledones (Perera Lumbí, 2001) (Figura 33.2B).

Análisis de semillas

Pureza. Después de las fases de cribado y soplado, las semillas alcanzan una alta pureza, del orden de 95 a 99%.

Peso. Esta especie tiene de 50 000 a 78 000 semillas kg^{-1} y un promedio de 64 000 kg^{-1} . Asimismo, 1000 semillas pesan entre 14 y 19 g.

Contenido de humedad. Contenidos de humedad, base en fresco, de hasta 8 % permiten el almacenamiento y manutención de la viabilidad de la semilla de esta especie.

Germinación y factores ambientales.

La ISTA estipula un régimen día/noche de 30/20 °C, con un fotoperiodo de 16 h, luz blanca fluorescente. En estas condiciones de laboratorio, *P. caribaea* alcanza capacidades germinativas de 80 a 95 %. SEFORVEN (1993) anota una capacidad germinativa de 62 % en semilla procedente de plantaciones comerciales de Venezuela.

Viabilidad. En correspondencia con la elevada germinación, la viabilidad también es alta, de 90 a 99%.

Latencia. Esta especie no presenta latencia.

Regeneración natural

Dispersión. La semilla es dispersada por el viento.

Tolerancia a la sombra. Como la mayor parte de las especies de pino, *P. caribaea* var. *hondurensis* es intolerante a la sombra.

Tipo de germinación

Como es típico en los pinos, esta especie cuenta con una germinación de tipo epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Un cono cuenta con 38 semillas en promedio y un árbol tiene una media de 100 conos. Así, el rendimiento varía de 0.25 a 0.50 kg de semilla por árbol. En plantaciones de esta especie en Venezuela, SEFORVEN (1993) anota 20 a 26 semillas por cono, en promedio. En Belice y Guatemala los conos maduran en junio y julio, aunque en Honduras se observan entre abril y hasta principios de agosto. Los conos comienzan a liberar su semilla 2 a 3 semanas luego que se han puesto color café los conos sobre los árboles. Por ello, el periodo de recolección es corto.

Almacenamiento. Como guía general para el almacenamiento de semillas ortodoxas, un contenido de humedad de 6 a 8%, base en fresco, y una temperatura de entre 10 a 20 °C, permitirán mantener viable a la semilla por hasta 6 meses. Temperaturas de 0 a 5 °C y contenidos de humedad de la semilla entre 5 y 8%, favorecerán que la viabilidad se mantenga hasta por 5 años; mientras que un almacenamiento con temperaturas de 0 a -18 °C y contenidos de humedad de 4 a 6%, permitirán la manutención de la viabilidad por más de 5 años.



Figura 33.2. A) Conos y B) semillas desaladas de *P. caribaea*. Fuentes: A) www.pngplants.org, B) El Semillero, www.croper.com

Tratamiento previo a la siembra.

Después del secado de los conos para su apertura, con 4 h a 40 °C y 10-14 h a 45 °C, la semilla es liberada. Entonces se procede a su desalado. No requiere tratamientos previos a la germinación.

Siembra. Reyes (1983) recomienda que si la germinación alcanza 85%, se siembre una semilla por bolsa (o

tubete); si está entre 65 y 84%, 1.5 semillas (una semilla a la mitad de las bolsas y dos semillas a la otra mitad); si el intervalo de germinación está entre 50 y 64% utilizar 2 semillas, y si va de 30 a 49%, entonces utilizar 2.5 semillas por contenedor (2 semillas a la mitad de los contenedores y 3 semillas a la otra mitad).

Literatura citada

Farjon, A., J. A. Pérez de la Rosa, y B. Styles. 1997. Guía de Campo de los Pinos de México y América Central. The Royal Botanic Gardens. Kew. 151 p.

Perera Lumbí, J. F. 2001. Guía de vivero y plantación de *Pinus caribaea* Morelet variedad *hondurensis* (Sénéclauze) Barrett y golfari en Nicaragua. Tesis Maestría en Ciencias. Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de México. 259 p.

Reyes, A. J. 1983. Cantidad de semillas para la producción de plántulas de pino en viveros forestales de Honduras. ESCINAFOR. Siguatepeque, Honduras. 5 p.

SEFORVEN (Servicio Autónomo Forestal Venezolano). 1993. Pino caribe. Cartilla no. 14. SEFORVEN. Caracas, Venezuela. 12 p.

Pinus greggii Engelman *ex* Parlatore (Pinaceae)

Javier López Upton, Sebastián Escobar-Alonso

Nombres comunes

Pinus greggii fue nombrada en honor a J. Gregg quien recolectó el espécimen tipo en 1848 (Farjon, 2017). Es conocida por los nombres comunes de pino prieto, ocote, en el norte como pino garabato y pino garabatillo y en inglés como Gregg's pine.

Breve descripción

Árbol mediano a alto de 20 a 30 m y que ocasionalmente puede llegar a los 35 m, con un diámetro a la altura del pecho de 40 a 85 cm (Farjon y Styles, 1997). En árboles maduros la corteza es café grisácea, gruesa, con fisuras longitudinales y profundas, placas elongadas; la corteza en la parte superior del tronco y en las ramas es lisa a escamosa, igual de lisa que en los árboles jóvenes (Farjon y Styles, 1997). (Figura 34.1A) Se reconocen actualmente dos variedades: *P. greggii* var. *greggii* Engelm. *Ex* Parl. y *P. greggii* var. *australis* Donahue & López. Tiene 3 acículas por fascículo, raramente 4; y son de 1.2 mm de ancho. En la variedad *greggii* las acículas son de 11.3 cm de largo y de color verde oscuro y en la var. *australis* de 12.5 cm de largo y de color verde brillante. La vaina es de 7 mm en ambas taxa. La var. *australis* tiene 5 veces más canales resiníferos internos que la otra variedad (Donahue y López-Upton, 1996). Los conos cerrados son de 4.1 cm de ancho y de largo 11.6 cm en la var. *greggii* y 10.5 cm en la var. *australis* (Donahue y López-Upton, 1996); son

de color marrón claro cuando están maduros, de forma cónica irregular a curvada y se encuentran en grupos de 5 a 10 en las ramas (Farjon y Styles, 1997) (Figura 34.1B y C). Es una especie intolerante a la sombra, pionera, con abundante regeneración después de incendios o disturbios.

Distribución

La distribución natural es de los 20° 13' a los 25° 29' N. con una discontinuidad de 360 km en la parte central. La var. *greggii* crece en Coahuila y Nuevo León y la var. *australis* desde la Huasteca de San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo y escasamente en el norte de Veracruz y Puebla (Donahue y López-Upton, 1999). El intervalo altitudinal de la especie es de 1400 a 2600 m s.n.m. La var. *australis* a menor elevación, con mayor temperatura media y precipitación anual ($\pm 1,720$ m, $\pm 17.5^\circ\text{C}$ y $\pm 1,370$ mm) que las poblaciones de la var. *greggii* ($\pm 2,450$ m, $\pm 13^\circ\text{C}$ y ± 640 mm) (Ramírez *et al.*, 2005). La temperatura media anual es muy variable entre las variedades y sus procedencias, se indica de 12 a 20°C (Donahue, 1992; Hernández *et al.*, 2007). Donahue (1992) reporta que hay hasta 75 días con heladas por año en el norte y en el sur hasta 20 días en su rango de distribución. La variedad sureña habita en dos regiones con precipitación y temperatura contrastantes, por lo que se debe evitar

movimientos de germoplasma entre esas regiones (Hernández *et al.*, 2007).

Importancia

A nivel regional, *P. greggii* es uno de los árboles de mayor valor económico para las poblaciones humanas que habitan en su área de distribución. Se aprovecha la madera en la industria de aserrío y localmente se obtienen postes para cercas y leña de combustible (Ramírez *et al.*, 2005). Además, *P. greggii* muestra altas tasas de crecimiento en plantaciones nacionales e internacionales (López *et al.*, 1999), así como adaptación a condiciones limitantes de humedad (Vargas y Muñoz, 1988, 1991; López y Muñoz, 1991). Estas características lo hacen importante en programas de reforestación para recuperar suelos degradados y para plantaciones comerciales en sitios marginales donde no se adaptan otros árboles; sin embargo, no debe establecerse en lugares a más de 2600 m de altitud, donde el frío limita su desarrollo.

Floración y fructificación

En su ambiente nativo, *P. greggii* comienza la producción de estróbilos y conos cuando alcanza los 4 a 5 años de edad. Los conos tardan dos años para madurar y permanecen por largo tiempo cerrados, a veces por años, hasta que ocurre un incendio o la muerte del árbol. Los conos maduran en diciembre y enero, pero es posible tener otra cosecha de menor cuantía en

agosto. El número promedio de semillas llenas por cono es de 46 para la var. *greggii* y 74 para la var. *australis*; hay más óvulos abortivos y plagas de conos en la var. *greggii* (López-Upton, *et al.*, 1993; Donahue y López-Upton, 1996.). Se ha encontrado una relación de 14 y 23 mg de semilla por gramo de cono (Alva, 2015).

Descripción de la semilla

Las semillas son de color gris a negro, de 6.4 y 6.7 mm de largo y 3.3 y 3.2 mm de ancho en la var. *greggii* y la var. *australis*, respectivamente; el ala de la semilla es amarillenta, articulada, de 15 a 20 mm de largo y de 6 a 8 mm de ancho (Farjon y Styles, 1997). Presentan mayormente 6 a 7 cotiledones, pero también se llegan a presentar 5 (Hernández y Reyes, 1996) (Figuras 34.1D y E).

Análisis de semillas

Pureza. Después de las fases de cribado y soplado las semillas pueden alcanzar una alta pureza, del orden del 96%.

Peso. Se reportan de 57 800 (var. *greggii*) a 68 000 (var. *australis*) semillas por kilogramo (17.3 a 14.7 g por 1000 semillas). No obstante, existe una alta variabilidad entre procedencias: 16.1 a 18.7 mg en var. *greggii* y 11.8 a 15.8 mg de peso por semilla en var. *australis*; son más pesadas en la zona de menor precipitación (Donahue y López-Upton, 1996; Alva, 2015).

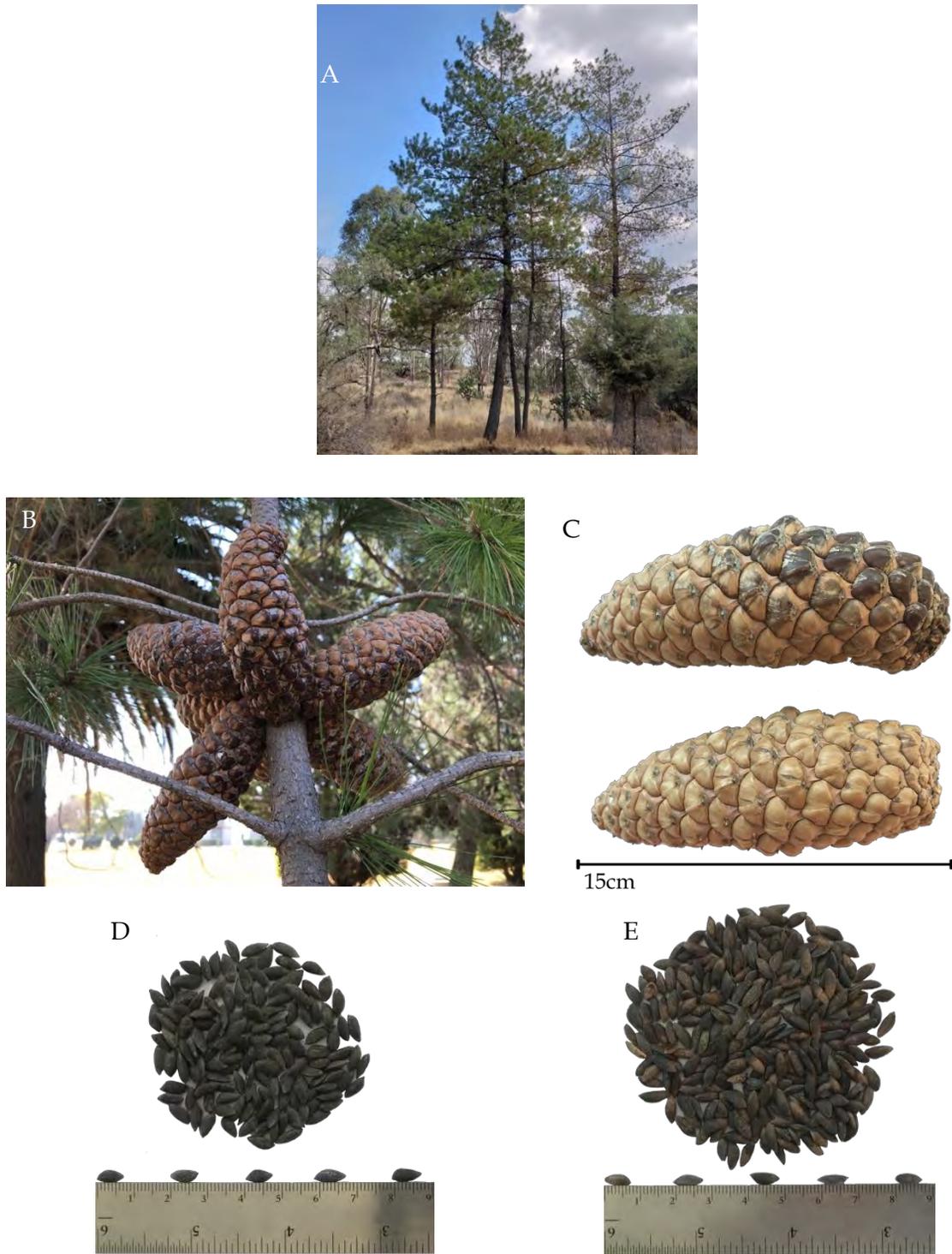


Figura 34.1 A) Árbol maduro de *P. greggii*. B) Estróbilos femeninos de *P. greggii* agrupados, nótese el color característico guinda, propio de la especie al recién madurar. C) Conos de la var. *australis*. D) Semillas de *P. greggii* var. *greggii* E) Semillas de *P. greggii* var. *australis*. Fotos: A) DART, B) a E) JLU y SEA. Edición de imágenes por Marlene Castañeda Hernández.

Contenido de humedad. Contenidos de humedad base en fresco hasta un 10%, valor obtenido después de que los conos fueron secados al aire libre y las semillas se sometieron al desalado y limpieza de impurezas. Se recomienda secar con desecantes para bajar a 7% y almacenar.

Germinación. Se han encontrado tasas de germinación variables de 66 a 95% en la var. *australis* y de 85 a 95% en la var. *greggii* usando una temperatura de 20 °C o fluctuaciones de 24 a 29 °C en la segunda (Rodríguez, 1992; Dvorak, 2002). La var. *greggii* germina más rápido, 7 días *vs.* 14 días en la var. *australis* para lograr un 50% de la germinación a 20 °C (Rodríguez, 1992). Las procedencias de lugares más cálidos germinan más lento.

Viabilidad. No se encontró información disponible sobre la viabilidad para *P. greggii*; pero en correspondencia a la germinación, la viabilidad puede tomar valores mayores al 90% (Viñas, 1990).

Latencia. Posiblemente la var. *australis* presenta una leve latencia fisiológica debido a que se puede mejorar la germinación con estratificación (Donahue, 1990).

Dispersión. La semilla es dispersada por el viento.

Tipo de germinación. Presenta germinación epigea como todo el género *Pinus*.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Los conos se recolectan directamente del árbol usando equipo apropiado. Los conos que se pueden alcanzar se arrancan de las ramas a mano. Los conos al final de las ramas largas se obtienen cortando ramas con una garrocha telescópica de aluminio o fibra de vidrio. Si se obtienen verdes, se recomienda guardar los conos bajo sombra en costales que permitan ventilación durante 3 semanas hasta la maduración completa, cuando pasan de color guinda a ocre. Los conos maduros se remojan en agua casi hirviendo por unos cinco segundos hasta que algunas escamas terminales se abran. Los conos se secan al aire libre, se exponen al sol por una semana o hasta que se abran; también pueden ser dispuestos en un horno a temperaturas entre 45 y 48 °C durante 24 a 48 h (Dvorak, 2002). Después se realiza la extracción y desalado para obtener la semilla limpia. Por ser conos seróticos (permanecen cerrados), la recolecta puede ser desde enero hasta mayo antes de la época de lluvias, incluso a fines de agosto para la segunda cosecha. Esta especie es prolífica y, debido a que mantiene los conos cerrados por años, se puede obtener grandes cantidades de semilla en una recolecta. Así, de un árbol se puede obtener de 100 hasta 700 g de semillas llenas.

Almacenamiento. Semilla ortodoxa; almacenamiento en seco a 4 °C y en condiciones herméticas. Con una temperatura menor, puede permanecer viable hasta por 30 años.

Tratamiento previo a la siembra. La estratificación en frío por 30 días aumenta la tasa de germinación en la var. *australis*; para la var. *greggii* este tratamiento pregerminativo no tiene ningún efecto (Donahue, 1990). En grandes viveros comerciales de Sudáfrica, *P. greggii* se coloca en una bolsa de tela porosa en un baño de agua, pH 5.6, 28°C de temperatura, y se burbujea con aire comprimido durante 24 horas (Dvorak, 2002). El exceso de humedad se seca con un papel absorbente.

Siembra. Las semillas de esta especie deben sembrarse a 0.8 cm de profundidad en un sustrato con buena aireación y retención de humedad, y

un pH ligeramente ácido. Para activar la germinación y favorecer una emergencia homogénea, la semilla se puede remojar durante 18 h. Las semillas de *P. greggii* germinan bien en arena húmeda o perlita. Los trasplantes se deben hacer preferiblemente al iniciar el día o en la tarde, con plántulas que tengan una longitud de 4 a 5 cm de altura. Esta especie es susceptible a *damping off*, se recomienda la aplicación de fungicidas, como Captán 50. Antes de sembrar, cubrir la semilla usando el polvo del fungicida en una proporción de 3% del peso de la semilla. En el primer riego, 3 g por litro de agua, y en subsiguientes cada semana, a razón de 2.5 g L⁻¹ de agua.

Literatura citada

- Alva R., S. 2015. Potencial y eficiencia de producción de semillas de *Pinus greggii* var. *australis* en el estado de Hidalgo. Tesis Profesional. Instituto Tecnológico Superior de Zacapoaxtla. 57 p.
- Donahue, J.K. 1990. Geographic variation in *Pinus greggii* Engelm. in relation to soil acidity. M.S. thesis. College of Forest Resources. North Carolina State University. Raleigh, NC. 68 p.
- Donahue, J. K. 1992. Geographic variation in *Pinus greggii* seedlings in relation to soil acidity. In: Breeding tropical trees; Resolving tropical forest resource concerns through tree improvement, gene conservation and domestication of new species. Proc. IUFRO Conf. Cali, Colombia. pp. 172-177.
- Donahue, J. K., and J. López-Upton. 1996. Geographic variation in leaf, cone and seed morphology of *Pinus greggii* Engelm. in native forest. Forest Ecology and Management 82: 145-157.
- Donahue, J. K., and J. López-Upton. 1999. A new variety of *Pinus greggii* (PINACEAE) in Mexico. SIDA, Contribution to Botany 18(4): 1083-1093.
- Dvorak, W. S. 2002. *Pinus greggii* Engelm. ex Parl. In: J. Vozzo (ed.). Tropical Tree Seed Manual. Agriculture Handbook. 721. USDA Forest Service. Washington, DC. pp. 615-617.
- Farjon, A., 2017. A Handbook of the World's Conifers: Revised and Updated Edition, 2nd ed. Brill, Leiden-Boston, USA. 722 p.
- Farjon, A., and B. T. Styles. 1997. *Pinus* (Pinaceae). Flora Neotropica Monograph 75. The New York Botanical Garden, New York, NY. pp. 192-194.

- Hernández Martínez, M., y J. M. Reyes Cisneros. 1996. Variación morfológica de 21 especies de pinos mexicanos a nivel de plántulas. Tesis Profesional. División de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma Chapingo. 136 p.
- Hernández-Martínez, J., J. López-Upton, J.J. Vargas-Hernández, y J. Jasso-Mata. 2007. Zonas semilleras de *Pinus greggii* var. *australis* en Hidalgo, México. Revista Fitotecnia Mexicana 30(3): 241-249.
- López Upton, J. y A. Muñoz O. 1991. Selección familiar por tolerancia a sequía en *Pinus greggii* Engelm. I. Evaluación en plántula. Agrociencia, serie Fitociencia 2 (2): 111-123.
- López Upton, J., J. Jasso M., J. J. Vargas H., y J. C. Ayala Sosa. 1993. Variación de características morfológicas en conos y semillas de *Pinus greggii* Engelm. Agrociencia, serie Recursos Naturales Renovables 3(1): 81-95.
- López A., J. L., J. J. Vargas H., C. Ramírez H., y J. López Upton 1999. Variación intraespecífica en el patrón de crecimiento del brote terminal de *Pinus greggii* Engelm. Revista Chapingo, serie Ciencias Forestales y del Ambiente 5(2): 133-140.
- Ramírez-Herrera, C., J. J. Vargas-Hernández y J. López-Upton. 2005. Distribución y conservación de las poblaciones naturales de *Pinus greggii*. Acta Botánica Mexicana 72: 1-16.
- Rodríguez M., H. 1992. Estabilidad de la germinación de siete procedencias de *Pinus greggii* Engelm. sometidas a cuatro tratamientos de temperatura. Tesis Profesional. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán. UNAM. 105 p.
- Vargas-Hernández, J. J., y A. Muñoz Orozco. 1988. Resistencia a sequía II. Crecimiento y supervivencia en plántulas de cuatro especies de *Pinus*. Agrociencia 72: 197-208.
- Vargas-Hernández, J. J., y A. Muñoz Orozco. 1991. Potencial hídrico, transpiración y resistencia estomatal en plántulas de cuatro especies de *Pinus*. Agrociencia, Serie Recursos Naturales Renovables 1(3): 25-38.
- Viñas M., C. 1990. Ecuaciones generales de pérdida de viabilidad de semillas almacenadas bajo refrigeración de *Pinus greggii*, *Pinus leiophylla* y *Pinus montezumae*. Tesis Profesional. Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, UNAM. 90 p.

Pinus leiophylla Schiede ex Schlechtendal & Chamisso (Pinaceae)

Sebastián Escobar-Alonso, Dante Arturo Rodríguez Trejo

Nombres comunes

Pinus leiophylla, cuyo epíteto latino significa “con la hoja lisa”, es conocido por los nombres comunes de ocote, ocote prieto, pino chino, pino chihuahua y en inglés como *smooth-leaved pine* (Martínez, 1948).

Breve descripción

Árbol mediano a alto de 15 a 30 m y que ocasionalmente puede llegar a los 35 m, con un diámetro a la altura del pecho de 20 a 85 cm (Farjon y Styles, 1997). Corteza gruesa, rugosa y con fisuras longitudinales y horizontales que forman figuras irregulares en árboles adultos; en árboles jóvenes es rojiza, delgada y escamosa. Tiene 5 acículas por fascículo, raramente 2, 3, 4 o 6, de 8 a 15 cm de largo, con vainas de 10 a 15 mm prontamente caducas (Perry, 1991). Los conos son de forma ovoide a ovocónica y simétricos; cuando están recién maduros tienen un color marrón amarillento lustroso y pedúnculo de 5 a 15 mm de largo, y conos de 4 a 8 cm de longitud y 3 a 5.5 cm de ancho cuando están abiertos (López-Upton, 2002; Farjon, 2017). Se reconocen actualmente dos variedades: *P. leiophylla* var. *leiophylla* y *P. leiophylla* var. *chihuahuana* (Engelmann) G. R. Shaw, la primera crece en el sur y la segunda en el norte de su distribución natural (Farjon y Styles, 1997). Estos dos taxones han

sido tratados como especies distintas, pero existe evidencia basada en ADN que confirman su parentesco varietal (Parks *et al.*, 2012). Como la mayor parte de las especies de pino, *P. leiophylla* es intolerante a la sombra.

Distribución

Se distribuye desde Chihuahua hacia el sur, a través de la sierra Madre Occidental en Oaxaca, y a lo largo del Eje Neovolcánico (Martínez, 1948; Perry, 1991). En este último, las poblaciones son muy fragmentadas y están desapareciendo por la deforestación asociada al cambio de uso del suelo. Esta especie no forma masas puras y convive con otras especies como *P. montezumae* Lamb., *P. ayacahuite* Ehrenb. ex Schltdl., *P. pseudostrobus* Lindl., *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. & Cham., *Quercus* spp., *Arbutus* sp., y otras. Su intervalo altitudinal va desde 1900 hasta 2900 m s.n.m., aunque a veces se le ubica de 1500 a 3300 m s.n.m.; puede tolerar temperaturas extremas desde los -15 a 38°C (Perry, 1991; López-Upton, 2002). Su amplia distribución altitudinal y latitudinal le permite crecer en lugares con precipitación media anual de 700 hasta 1950 mm (Farjon, 2017).

Importancia

Esta especie produce una madera relativamente densa, pesada y dura,

con un duramen de color marrón pálido, que la hace útil principalmente para la construcción, fabricación de durmientes y combustible (López-Upton, 2002). Es una especie con una producción abundante de resina que se utiliza en programas de reforestación y conservación de suelos por su capacidad de establecerse en lugares pobres y pedregosos, y presentar resistencia relativa al estrés abiótico (Musálem y Martínez, 2003). Algunos estudios han demostrado que existe una variación importante entre poblaciones (procedencias) en la resistencia a la sequía (Martínez-Trinidad *et al.* 2002). Es uno de los pinos con la capacidad de rebrotar; desarrolla brotes desde el cuello de la raíz y a lo largo de sus ramas y tronco en respuesta a la defoliación, la poda, el fuego y otros factores ambientales adversos (Lanner, 2002; Rodríguez-Trejo y Fulé, 2003; Farjon, 2017) (Figura 35.1A a C).

Floración y fructificación

P. leiophylla alcanza su edad reproductiva a los 5 o 6 años (Jasso-Mata y Jiménez-Casas, 1994). Su floración se presenta entre los meses de febrero y abril (Jasso-Mata *et al.*, 1995). Los conos tardan aproximadamente 32 a 33 meses para su maduración, después de la polinización, y persisten por 2 o 3 años en el árbol después de liberar sus semillas, características excepcionales de este pino (Martínez, 1948; Bailey y Hawksworth, 1983). La dispersión de la semilla ocurre entre diciembre y febrero. Se pueden encontrar 13 a 19 semillas llenas por cono (López-

Upton, 2002; Gómez *et al.*, 2010). Se ha encontrado una relación de 15.9 mg de semilla por gramo de cono (Gómez *et al.*, 2010); sin embargo, en poblaciones de baja densidad y escasez de polen se pueden encontrar eficiencias de tan solo 2.49 mg de semillas llenas por gramo de cono (Morales-Velázquez *et al.*, 2010).

Descripción de la semilla

Las semillas son de color gris a negro, de 3 a 4.5 mm de largo y aproximadamente 3 mm de ancho; el ala de la semilla es amarillenta, articulada, de 10 a 17 mm de largo y de 5 a 8 mm de ancho (Perry, 1991). Presentan generalmente 6 cotiledones, pero se llegan a ver de 5 o 7 (Salazar y Soihet, 2001) (Figura 35.1D y E).

Análisis de semillas

Pureza. Después del cribado y soplado, las semillas pueden alcanzar una alta pureza del orden del 98%.

Peso. Se registran de 85 000 a 86 200 semillas kg^{-1} (11.76 a 11.6 g por 1000 semillas), un peso promedio de 11.6 mg por semilla (Perry, 1991; Gómez *et al.*, 2010) En nuestro laboratorio se estimaron 104,180 semillas kg^{-1} (9.6 g por 1000 semillas), en una procedencia de Chignahuapan, Pue., por la variabilidad que hay entre procedencias y árboles.

Contenido de humedad. Después de secar los conos al aire libre, desalar y limpiar la semilla, se encontró 10.5% de humedad, base peso fresco.

Germinación. Se han registrado germinaciones promedio de 82.5 a

95%, con 15 días aproximadamente para alcanzar el valor máximo de germinación (Gómez *et al.*, 2010; Patiño-Valera, 1973). Delgado-Valerio

(1994) encontró un porcentaje de germinación de 93% con semilla procedente de un rodal natural en el centro de Michoacán.

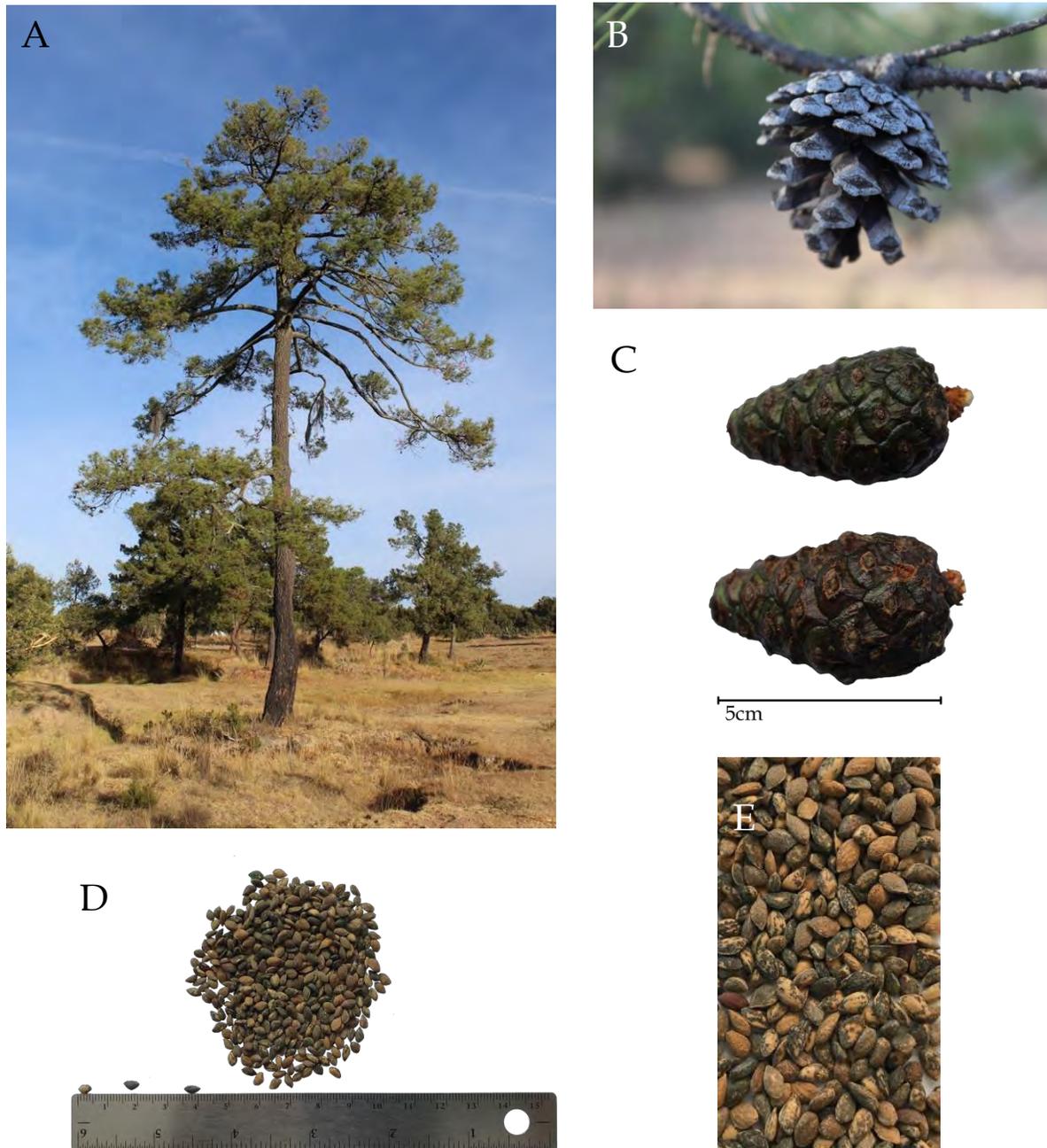


Figura 35.1. A) *Árbol de Pinus leiophylla* var. *leiophylla* adulto en suelo con grado de erosión B) Estróbilos femeninos de *P. leiophylla* abiertos en el árbol. C) Estróbilos femeninos de *P. leiophylla* maduros. D) Semillas de *P. leiophylla*. E) Ampliación a detalle de semillas. Fotos: SEA. Edición de imágenes por Marlene Castañeda Hernández.

Viabilidad. No se encontró información disponible sobre el porcentaje de viabilidad en semilla de *P. leiophylla*; pero en correspondencia a la germinación, la viabilidad puede tomar valores mayores al 80%.

Latencia. No presenta latencia (Gómez *et al.*, 2010).

Dispersión. La semilla es dispersada por el viento.

Tipo de germinación. Presenta germinación epigea como todo el género *Pinus*.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Los conos se recolectan directamente del árbol usando el equipo apropiado. Si se recolectan verdes, se recomienda guardar en costales que permitan ventilación bajo sombra durante 3 semanas hasta que se complete su maduración. Los conos maduros se exponen al sol por 1 a 2 semanas hasta que se abren y se realiza la posterior extracción y desalado mecánico para obtener la semilla limpia. Se recomienda hacer la recolección a mediados de los meses de diciembre a febrero, lo que depende de la madurez en cada sitio (Aldrete y López-Upton, 1993).

Almacenamiento. Semilla ortodoxa; almacenamiento en seco a 4 °C y en condiciones herméticas (López-Upton, 2002).

Tratamiento previo a la siembra. Para activar la germinación y emergencia homogénea, la semilla se puede remojar durante 18 horas.

Siembra. Las semillas de esta especie deben ser sembradas a 5 mm de profundidad en un sustrato con buena aireación y retención de humedad, así como un pH ligeramente ácido. Si se sembraron en almácigo, el transplante se debe hacer a una temperatura fresca, preferiblemente al iniciar el día o en la tarde, con plántulas que tengan una longitud de 4 a 5 cm de altura. Dado que ésta especie es susceptible a padecer por *damping off*, se recomienda la aplicación preventiva de fungicidas en el agua de riego durante su establecimiento.

Literatura citada

Aldrete, A., y J. López-Upton. 1993. Colecta, manejo y evaluación de semilla en la región forestal de Patzcuaro, Michoacán. *In: Primer Congreso Mexicano Sobre Recursos Forestales*. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales. Saltillo, Coahuila, México. 49 p.

Bailey, D. K., and F. G. Hawksworth. 1983. Pinaceae of the Chihuahuan desert region. *Phytologia* 53: 226-234.

- Delgado-Valerio, P. 1994. Evaluación de la capacidad productiva y eficiencia de semillas para tres especies del género *Pinus* (*P. montezumae* Lamb., *P. pseudostrobus* Lind. y *P. leiophylla* Schl. & Cham.), en la zona boscosa de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 53: 267-274.
- Farjon, A., 2017. A Handbook of the World's Conifers: Revised and Updated Edition, 2nd ed. Brill. Leiden, Boston. pp. 722-723.
- Farjon, A., y B. T. Styles. 1997. *Pinus* (Pinaceae). Flora Neotropica Monograph 75. The New York Botanical Garden, New York, NY. pp. 71-76.
- Gómez Jiménez, D. M., C. Ramírez Herrera, J. Jasso Mata, and J. López Upton. 2010. Variación en características reproductivas y germinación de semillas de *Pinus leiophylla* Schiede ex Schltldl. & Cham. Revista Fitotecnia Mexicana 3(4): 297-304.
- Jasso-Mata, J., H. I. Martínez, M. Jiménez-Casas, y P. Solis. 1995. Manejo y floración de huerto semillero de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham. In: II Congreso Mexicano Sobre Recursos Forestales, Sociedad Mexicana de Recursos Forestales A.C. Montecillo, Estado de México, México. 25 p.
- Jasso-Mata, J., M. Jiménez-Casas. 1994. Fenología vegetativa y reproductiva de *Pinus leiophylla* en un huerto semillero sexual. In: XI Congreso Latinoamericano de Genética y XC Congreso de Fitogenética, Sociedad Mexicana de Fitogenética. Monterrey, N.L., México. 193 p.
- Lanner R. M. 2002. Why do trees live so long? Ageing Research Reviews 1: 653-671.
- López-Upton, J. 2002. *Pinus leiophylla*. In: J. Vozzo (ed.). Tropical Tree Seed Manual. Agriculture Handbook 721. Washington, DC. USDA Forest Service. pp. 619-620.
- Martínez, M. 1948. Los pinos mexicanos. Ed. Botas. México. 361 p.
- Martínez-Trinidad, T., J. J. Vargas-Hernández, A. Muñoz-Orozco, y J. López-Upton. 2002. Respuesta al déficit hídrico en *Pinus leiophylla*: consumo de agua y crecimiento en plántulas de diferentes poblaciones. Agrociencia 36: 365-376.
- Morales-Velázquez, M. G., C.A. Ramírez-Mandujano, P. Delgado-Valerio, y J. López-Upton. 2010. Indicadores reproductivos de *Pinus leiophylla* Schltldl. et Cham. en la cuenca del río Angulo, Michoacán. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 1(2): 31-38.
- Musálem Santiago, M. A., and S. Martínez García. 2003. Monografía de *Pinus leiophylla* Schl. et Cham.: proyecto de investigación manejo sustentable y conservación de la biodiversidad de los bosques de clima templado y frío de México (No. 16796). INIFAP, México. 85 p.
- Parks, M., R. Cronn, and A. Liston 2012. Separating the wheat from the chaff: mitigating the effects of noise in a plastome phylogenomic data set from *Pinus* L. (Pinaceae). BMC Evolutionary Biology 12: 100.
- Patiño-Valera, F. 1973. Floración, fructificación y recolección de conos y aspectos sobre semilla de pinos mexicanos. Bosques y Fauna (México) 10(4): 20-30.
- Perry, J.P. 1991. The Pines of Mexico and Central America. Timber Press Inc, Portland, Oregon. 231 p.
- Rodríguez-Trejo, D. A., and P. Z. Fulé. 2003. Fire ecology of Mexican pines and a fire management proposal. International Journal of Wildland Fire 12: 23-37.
- Salazar, R., y C. Soihet. (2001). *Pinus leiophylla* Schlecht. & Cham. Manejo de semillas de 75 especies forestales de América Latina. Serie Técnica. Manual Técnico No. 172 (Vol 2). CATIE. Turrialba, Costa. 143 p.

Pinus montezumae Lambert (Pinaceae)

Raquel Herrera-Hernández, Sebastián Escobar-Alonso

Nombres comunes

Pinus montezumae Lamb. es conocido también como ocote, pino montezuma, chalmaite blanco (Veracruz) y pino real (Oaxaca) (Gutiérrez-Hernández, 2007).

Breve descripción

El árbol es monopódico con una altura de 20 a 30 m, con un diámetro normal que alcanza 100 cm (Farjon y Styles, 1997). La copa tiene una forma redondeada que se distribuye en la tercera parte superior del árbol, aunque en densidades bajas la copa es marcadamente amplia desde el segundo tercio del fuste. La corteza es gruesa, escamosa, rompiéndose en escamas o placas irregulares, divididas por surcos someros o profundos, café-oscuro, grisácea o gris-negrusco (Estrada-Castillón *et al.*, 2014). Las acículas son lisas, de color verde claro, en ocasiones son verde oscuro, con una longitud de 20 a 28 cm, dispuestas en grupos de 5 (raramente 4) por fascículo; la vaina es persistente, de un color café claro con una longitud de 2.0 a 2.5 cm. Los conos femeninos aparecen solitarios o en grupos de 3 a 6; con forma ovoide y curvado, y en ocasiones es recto. Antes de madurar son color verde claro, ocasionalmente verde oscuro; hemos estimado 110 a 270 escamas por cono (Herrera, 2021). La apófisis es notable, con el umbo poco pronunciado que contiene una pequeña espina débil que la mantiene hasta el final de su

desarrollo (Estrada-Castillón *et al.*, 2014) (Figuras 36.1A y B).

Distribución

Es una especie con una amplia distribución discontinua, reportada en 17 estados del norte, centro y sur de México, llegando hasta las partes altas de Guatemala, con mayor presencia en el centro, a lo largo del Eje Neovolcánico Transversal; hacia el norte se distribuye sobre la Sierra Madre Oriental (Farjon y Styles, 1997). El rango altitudinal de la especie es de 1150 a 3500 m s.n.m. (Perry, 1991). En las partes bajas se asocia con *Quercus* sp. mientras que en las zonas altas coexiste con otras especies de coníferas, aunque también se observa en rodales puros. Las zonas donde se distribuye la especie mantienen una precipitación anual que varía entre los 800 y 1400 mm (Hernández-Molina, 2004). La temperatura media es de 22 °C en el mes más cálido y -5 °C en el mes más frío (Rodríguez-Franco, 1997).

Importancia

P. montezumae es la segunda especie más utilizada en los programas de reforestación y restauración de suelos degradados en los bosques templados de México, principalmente en los estados de la zona centro y sureste, debido al valor de la madera que es empleada en la construcción y en la industria para la obtención de chapa, celulosa, papel, minas, durmientes, postes, muebles, duelas y resina

(Eguiluz, 1978; Manzanilla-Quiñones *et al.*, 2019).

Floración y fructificación

Comienza a producir semilla a los 14 años de edad (Rodríguez-Franco, 1997). La diferenciación de los primordios ocurre en abril; en primavera del año siguiente ocurre la floración y polinización, en un periodo

de receptividad de 24 a 48 h, de manera sincrónica con la liberación del polen entre los meses de febrero y abril; los conos alcanzan la madurez fisiológica en el invierno, época adecuada para la recolecta de conos, a mitad del mes de diciembre y a mitad del mes de enero (Rodríguez-Franco, 1997) (Figura 36.1C).

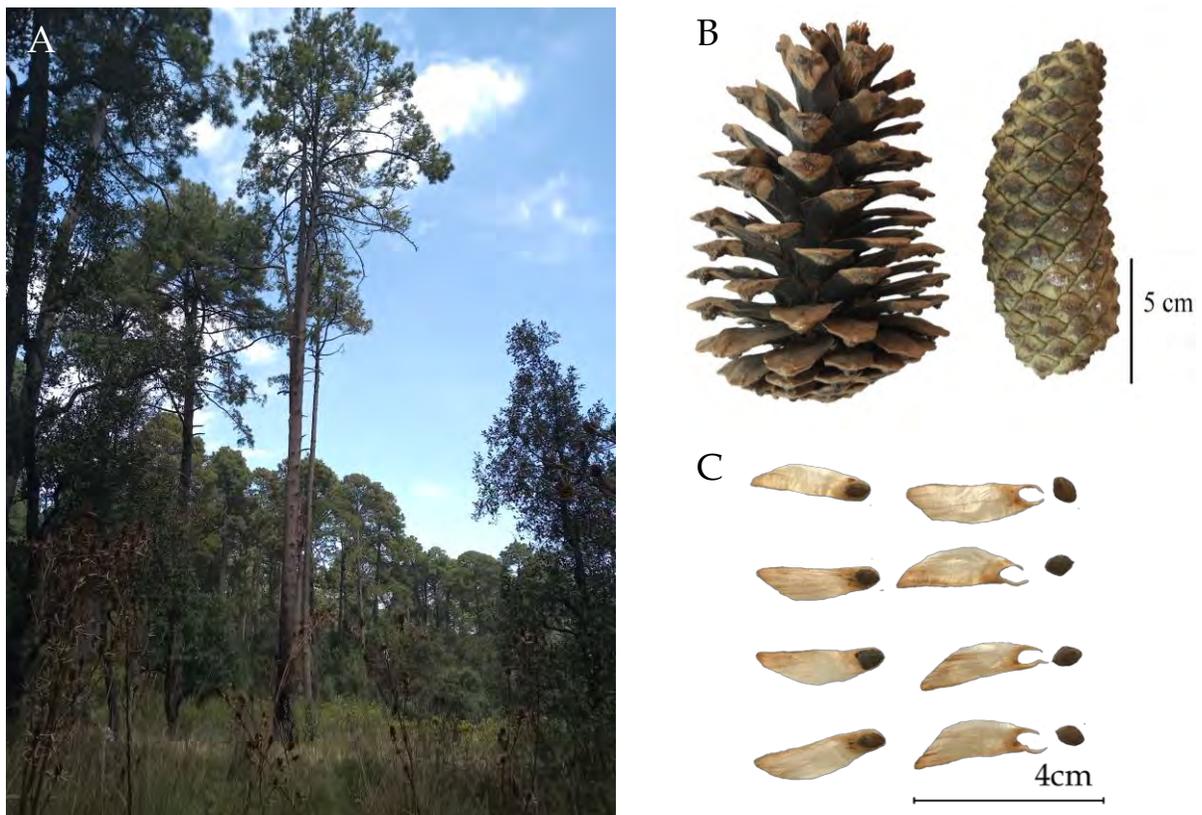


Figura 36.1 A) Árbol adulto de *Pinus montezumae* (Delegación Tlalpan, CDMX). B) Estróbilos femeninos, abierto (izquierda) y cerrado (derecha) de *Pinus montezumae*. C) Semillas de *Pinus montezumae* con ala articulada. Fotos: RHH, edición de imágenes por Marlene Castañeda Hernández.

Descripción de la semilla

Las semillas son oblicuas ovoides, con un ancho de 4 a 5 mm y una longitud de 5 a 7 mm (Farjon, 2017). Se han identificado en nuestro laboratorio

tres colores de la testa: negro, café claro y moteado; esta diferencia se puede apreciar incluso en conos del mismo árbol. El ala articulada que es color café claro, café o negro, varía

entre 18 a 26 mm de largo y de 7 a 11 mm de ancho (Estrada-Castillón *et al.*, 2014).

Análisis de semillas

Pureza. No se encontró información, pero como la mayoría de las semillas del género *Pinus* se pueden encontrar porcentajes mayores al 90%.

Peso. El número de semillas por kilogramo varía entre 17 000 a 24 000 en Guatemala (peso de mil semillas, de 58.82 a 41.67 g) (Hernández-Molina, 2004). CONAFOR (2007) reporta una variación de 35 000 a 50 000 semillas kg^{-1} (28.57 a 20 g por 1000 semillas). En nuestro laboratorio se estimaron 47 000 semillas kg^{-1} (peso de mil semillas, 21.28 g) en poblaciones del centro de México.

Contenido de humedad. Las semillas son ortodoxas. En condiciones de almacenamiento mantienen un contenido de humedad de 10% aproximadamente, lo que permite su conservación por periodos largos, sin comprometer la viabilidad (Carrillo *et al.*, 1980).

Germinación. Las semillas pueden alcanzar una germinación hasta del 90% (Hernández-Molina, 2004). El tiempo promedio para la germinación es de 21 días (Aldrete, 2002)

Viabilidad. En correspondencia a la germinación, la viabilidad puede tomar valores mayores al 90%.

Latencia. No presenta latencia.

Dispersión. Las semillas son dispersadas por acción del viento (anemocoria), el ala permite la colonización de sitios alejados de la planta madre.

Tipo de germinación. Es epigea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Producción de semilla. En un rodal coetáneo, con dominancia de esta especie, Delgado-Valerio (1994) obtuvo un potencial de 219 semillas: de las cuales 172 son semillas desarrolladas, con 86.6% de semillas llenas (149 semillas) y una eficiencia de producción de semilla del 68%; los óvulos abortados del primer y segundo año suman el 21.5%. La producción de semilla en *P. montezumae* es buena en comparación con las otras especies del mismo género que se desarrollan en el mismo rodal (Delgado-Valerio, 1994).

Procesamiento de frutos y semillas. Los conos recolectados deben almacenarse en un lugar bajo sombra para la pérdida gradual de humedad y la maduración completa de las semillas. El lugar debe tener buena circulación de aire para un mejor secado de los conos y evitar la aparición de hongos que puedan perjudicar la calidad de las semillas. Posteriormente, los conos pueden ser colocados directamente al sol para estimular la apertura de sus escamas, lo cual puede durar varias semanas, dependiendo de la madurez de estos, de la humedad relativa y la circulación

del aire. Se deben evitar grandes cambios de humedad ambiental que impidan el secado completo, y altas temperaturas que comprometan la calidad de la semilla.

Almacenamiento. Las semillas son ortodoxas, lo que permite su almacenamiento con un contenido de humedad de 6 a 8% (Willan, 1991) o de 10% (Carrillo *et al.*, 1980) y en un ambiente con temperaturas inferiores a 0 °C (Willan, 1991).

Tratamiento previo a la siembra. Se recomienda la imbibición de las semillas por 24 horas, para activar y uniformar la germinación.

Siembra. Las plantas deben permanecer en vivero un periodo de 10 a 11 meses antes de establecerlas en el sitio de plantación, con un diámetro recomendado mayor a 6 mm (Aguilera-Rodríguez *et al.*, 2016). El sustrato para la siembra debe tener una porosidad superior al 80 % que

permita una buena aireación para favorecer el crecimiento de las raíces (Peñuelas y Ocaña, 1996). La mezcla de corteza, aserrín, perlita y vermiculita (en proporción, 10, 70, 10 y 10%, respectivamente) es un sustrato que promueve el desarrollo de plántulas con características morfológicas adecuadas para el establecimiento en campo (Hernández-Zárate *et al.*, 2014). Las semillas deben sembrarse a una profundidad de 0.5 a 2.0 cm, después de un remojo previo en agua por 24 h para promover una germinación homogénea (Aldrete, 2002). Durante la etapa en vivero, esta especie es susceptible al ataque de diversos hongos que disminuyen la calidad de las plántulas (complejo *damping off*) (García-Díaz *et al.*, 2017), por lo que es recomendable la aplicación de un fungicida para prevenir la aparición de estos patógenos, como el biofungicida Bactiva® en una proporción de 100 g m⁻³ de sustrato (Hernández-Zarate *et al.*, 2014).

Literatura citada

Aguilera-Rodríguez, M., A. Aldrete, T. Martínez-Trinidad, y V. M. Ordáz-Chaparro. 2016. Producción de *Pinus montezumae* Lamb. con diferentes sustratos y fertilizantes de liberación controlada. *Agrociencia* 50(1): 107-118.

Aldrete, A. 2002. *Pinus montezumae* Lamb. In: Vozzo, J. A. (Ed.). *Tropical Tree Seed Manual*. USDA Forest Service, Agriculture Handbook. pp. 625-627.

Carrillo, S. A., F. Patiño-Valera, e I. Talavera-Armas. 1980. El contenido de humedad en semillas de 7 especies de *Pinus* y una de *Abies* bajo almacenamiento y su relación con el porcentaje de germinación. *Ciencia Forestal* 5(24): 39-48.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2007. *Pinus montezumae*. Ficha técnica para la reforestación. 7 p.

Delgado-Valerio, P. 1994. Evaluación de la capacidad productiva y eficiencia de semillas para tres especies del género *Pinus* (*P. montezumae* Lamb. *P. pseudostrabus* Lind. y *P. leiophylla* Schl. & Cham.),

en la zona boscosa de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 54: 267-274.

Eguiluz P., T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 623 p.

Estrada-Castillón, A. E., J. A. Villarreal-Quintanilla, M. M. Salinas-Rodríguez, C. M. Cantú-Ayala, H. González-Rodríguez, y J. Jiménez-Pérez. 2014. Coníferas de Nuevo León, México. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de Nuevo León. 111 p.

Farjon, A., 2017. A Handbook of the World's Conifers. 2nd ed. Brill. Leiden, Boston. 734 p.

Farjon, A., and B. T. Styles. 1997. *Pinus* (Pinaceae). Flora Neotropical Monograph 75. New York Botanical Garden Press. New York, USA. 291 p.

García-Díaz, S. E., A. Aldrete, D. Alvarado-Rosales, D. Cibrián-Tovar, J. T. Méndez-Montiel, G. Valdovinos-Ponce, y A. Equihua-Martínez. 2017. Efecto de *Fusarium circinatum* en la germinación y crecimiento de plántulas de *Pinus greggii* en tres sustratos. Agrociencia 51: 895-908.

Gutiérrez-Hernández, N. Z. 2007. Variación en densidad de la madera en el perfil interno de árboles de *Pinus montezumae* Lamb. de Gerahuario, Michoacán. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. 54 p.

Hernández-Molina, E. G. 2004. Experiencias en recolección y acondicionamiento de frutos y semillas de 25 especies forestales con demanda en el programa de incentivos forestales. Tesis de Licenciatura. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 66 p.

Hernández-Zarate, L., A. Aldrete, V. M. Ordaz-Chaparro, J. López-Upton y M. Á. López-López. 2014. Crecimiento de *Pinus montezumae* Lamb. en vivero influenciado por diferentes mezclas de sustratos. Agrociencia 48(6): 627-637.

Herrera-Hernández, R. 2021. Producción y calidad de semilla de *Pinus montezumae* de siete sitios en el centro de México. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, México. (en curso).

Manzanilla-Quiñones, U., P. Delgado-Valerio, J. Hernández-Ramos, A. Molina-Sánchez, J. J. García-Magaña, y M. del C. Rocha-Granados. 2019. Similaridad del nicho ecológico de *Pinus montezumae* y *P. pseudostrobus* (Pinaceae) en México: implicaciones para la selección de áreas productoras de semillas y de conservación. Acta Botánica Mexicana 126: 1-22 .

Peñuelas R., J. L., y B. Ocaña L. 1996. Cultivo de Plantas Forestales en Contenedor. Mundi-Prensa. Madrid, España. 190 p.

Perry, J. 1991. The pines of Mexico and Central America. Oregon Timber Press. Portland, USA. 231 p.

Rodríguez-Franco, C. 1997. La silvicultura de *Pinus montezumae* Lamb. en la región central de México. Ciencia Forestal en México 22(81): 91-115.

Willan, R. L. 1991. Guía para la Manipulación de Semillas Forestales. FAO, Roma. 502 p.

Pinus pseudostrobus Lindley (Pinaceae)

Sebastián Escobar-Alonso

Nombres comunes

Pinus pseudostrobus Lindl., conocido también como pacingo, mocohtaj (lengua tojolobal), pino ortiguillo, pino triste, pino blanco, pino canís, pino real u ocote (Martínez, 1948). La etimología del epíteto *pseudostrobus* se refiere a que esta especie se asemeja a *Pinus strobus*, un pino originario del este de Norteamérica (Farjon, 2017).

Breve descripción

P. pseudostrobus sensu lato es un árbol de talla mediana a larga; con una altura de 20 a 40 m, y ocasionalmente 45 m, con un diámetro a la altura del pecho de 40 a 80 cm y hasta 100 cm. La corteza en individuos adultos es gruesa, escamosa, con placas alargadas y fisuras profundas y longitudinales, de color marrón grisáceo a marrón oscuro; mientras que en individuos jóvenes es lisa, de color marrón rojizo a marrón grisáceo. El número de acículas por fascículo es de 5, pero raramente se pueden presentar 4 o 6, con una longevidad de 2 a 3 años; son delgadas, rectas, extendidas o caídas, generalmente laxas y de longitud de 20–30 cm y ancho de 0.8–1.3 mm, con márgenes serrulados y de color verde glauco. Conos femeninos ovoides u ovoides largos, ligeramente curvados, casi simétricos, de 8 a 12 cm de largo y de 5 a 8 cm de ancho, con pedúnculo corto de 10 mm o más (Martínez, 1948;

Perry, 1991; Farjon, 2017) (Figuras 37.1B y C).

La taxonomía de esta especie es controversial, con visiones muy diferentes presentadas en dos monografías que abordan el problema: las de Perry (1991) y las de Farjon y Styles (1997). El problema de clasificación taxonómica de la especie radica en definir las variedades y las formas que puede llegar a presentar la especie tan diversa. Actualmente las variedades más aceptadas son *apulcensis* y *pseudostrobus*; sin embargo, muchos siguen aceptando a las variedades *oaxacana* (Aragón *et al.*, 2020) y *coatepecensis* (Viveros-Viveros *et al.*, 2006) (Figura 37.1A).

Distribución

Se distribuye ampliamente sobre aproximadamente 2500 km desde México hasta Honduras (Farjon y Filer, 2013). En México, se puede encontrar entre los paralelos 15° a 29° de latitud norte y los meridianos 92° a 108° de longitud oeste, incluyéndose la Sierra Madre Oriental, el Eje Neovolcánico, la Sierra Madre del Sur, la Sierra Madre de Chiapas y parte de la Sierra Madre Occidental (Martínez, 1948; Eguiluz-Piedra, 1982).

El rango altitudinal de esta especie es considerable, con valores de 1900–3000 m s.n.m. (Farjon, 2017), mientras que en el norte de México, se restringe a un rango altitudinal de 1900–2400 m s.n.m. (Farjon y Styles, 1997), los

mejores rodales se pueden encontrar en México en alturas de 2500 m s.n.m. en suelos profundos de origen volcánico tipo andosol; aunque esta especie también se puede encontrar en suelos someros (poco profundos) y calcáreos (López-Upton, 2002). Esta especie habita en localidades cuya precipitación media anual puede variar de 800 a 1500 mm, aunque hay autores que refieren 600 a 2000 mm (Martínez, 1948; Eguiluz-Piedra, 1978; Perry, 1991). El clima donde crece es templado a templado-cálido, donde es común que la temperatura descienda a la de congelación en temporada de invierno (diciembre-enero), oscilando entre -9 y 40°C (Eguiluz-Piedra, 1978; Perry 1991).

Importancia

Es una de las especies más importantes y comunes usadas en el centro-sur de México, en las zonas altas de Guatemala y algunas partes de Honduras. Su uso radica en la calidad de la madera considerada como dura, ligera con gravedad específica de 0.32 a 0.51 g cm⁻³ y una densidad promedio de 0.54 g cm⁻³ (Eguiluz-Piedra, 1978; Perry, 1991). Las trozas son de buena calidad porque presentan grandes tramos libres de nudos y poca resina (Farjon y Styles, 1997). El árbol se usa para la construcción, fabricación de durmientes, chapa, triplay y cajas de empaques; también en la producción de artesanías y resinas (Farjon y Styles, 1997; Perry, 1991).

Floración y frutificación

La especie inicia la producción de flores a los 6 o 7 años (Patiño-Valera, 1973). La floración y recepción de

polen en las estructuras reproductivas femeninas puede ocurrir desde marzo, con un pico en la floración en la época más seca del año (Hernández y Carreón-Abud, 2017). Los conos polinizados maduran hasta el segundo año y se puede realizar su recolecta aún cerrados entre noviembre y febrero, siendo la mejor época entre enero y febrero (Aldrete y López, 1993). Un cono contiene alrededor de 25 a 30 semillas llenas y un árbol produce en promedio 90 conos, así, el rendimiento usual varía entre 0.20 a 0.40 kg de semillas por árbol (Salazar *et al.*, 2000).

Descripción de la semilla

Aunque puede variar según de la procedencia y el taxón (Figura 37.1D.1 a 4), por lo general las semillas son de color marrón oscuro, de 6 mm de largo, aproximadamente 4 mm de ancho. Las alas son articuladas, de color marrón pálido, con 20-23 mm de largo y 6-12 mm de ancho (Martínez, 1948; Carbajal y McVaugh 1992).

Análisis de semillas

Pureza. Purezas de 95 a 99% (Salazar *et al.*, 2000).

Peso. Un kilogramo de semilla procedente del centro de México, puede tener en promedio 53 705 semillas (18.62 g por 1000 semillas) (López-Upton, 2002); mientras que en Chiapas, 44 500 (22.47 g por 1000 semillas) (Patiño-Valera, 1973; Zamora *et al.*, 1993).

Contenido de humedad. Se ha reportado una humedad inicial que puede variar de 9.3 a 10.3% (Salazar *et al.*, 2000).

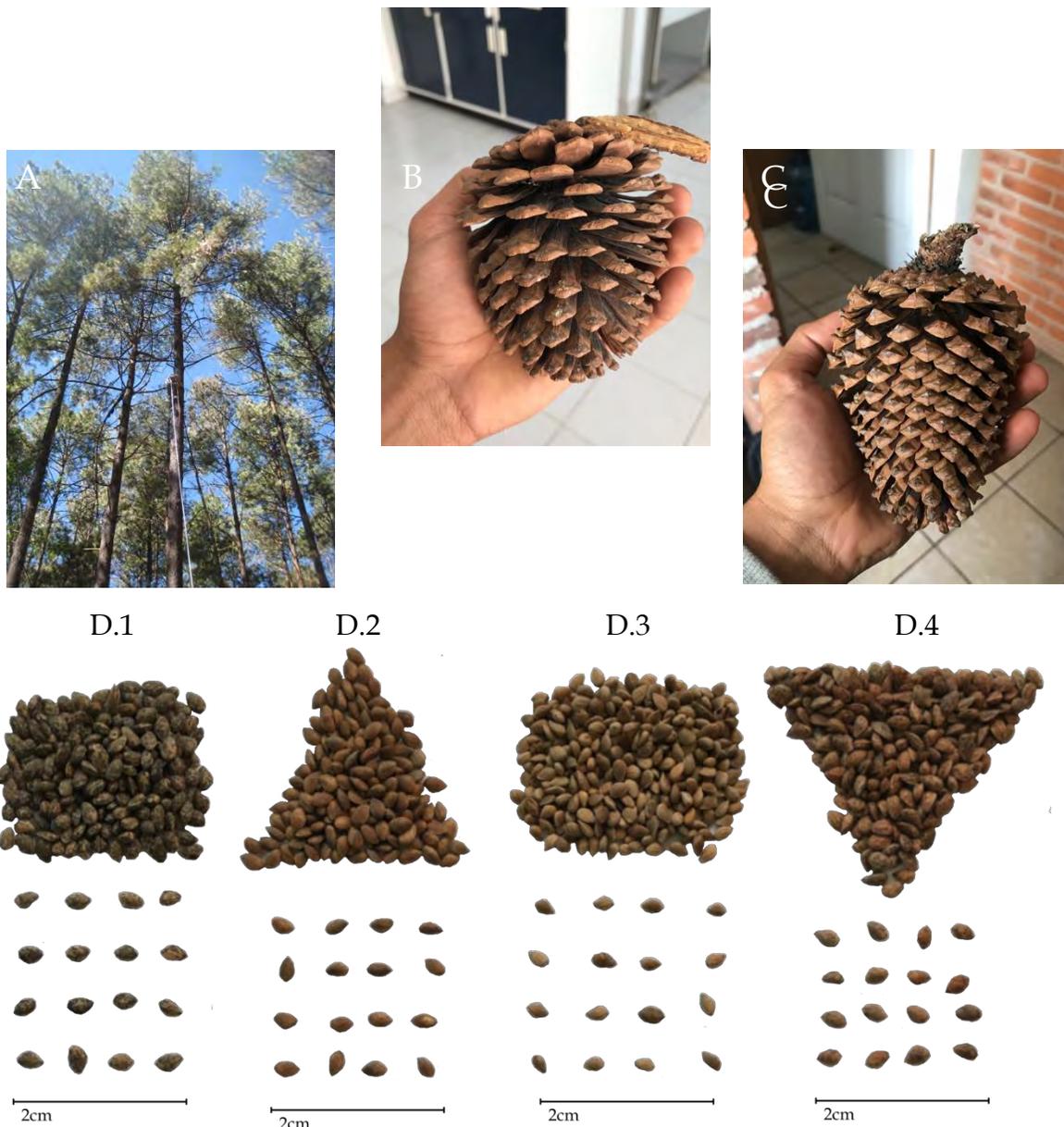


Figura 37.1 A) Árbol de *Pinus pseudostrobus* adulto B) Estróbilos femeninos de *P. pseudostrobus* var. *pseudostrobus* C) Estróbilos femeninos de *P. pseudostrobus* var. *apulcensis*. D) Semillas de *P. pseudostrobus* variedad: 1) *pseudostrobus*; 2) *oaxacana*; 3) *apulcensis*; 4) *coatepecensis*. Fotos: SEA. Edición de imágenes Marlene Castañeda Hernández.

Germinación. La literatura recoge distintos valores de germinación, los cuales van de 74% (Romero-Rangel *et al.*, 2017) a 95% (Delgado-Valerio, 1994). La mejor temperatura para la

germinación es de 25 °C, lo que da como resultado un 50% de germinación en 8 días y un 90% de germinación en 12 días (López-Upton, 2002).

Viabilidad. En poblaciones del norte, con uso de rayos X, se encontraron valores de 48.3% a 65.7% (Domínguez *et al.*, 2016).

Latencia. No presenta latencia.

Dispersión. La semilla es dispersada por el viento.

Tipo de germinación. Presenta germinación epigea como todas las especies del género *Pinus*.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Los conos se recolectan directamente del árbol en pie o apeado, cuidando de las características fenotípicas sobresalientes de los individuos. Aún sin abrir, se exponen durante 4 a 6 semanas a la radiación solar para su apertura y posterior beneficio y desalado y limpieza de la semilla (Patiño-Valera 1973).

Almacenamiento. Semilla ortodoxa. Se puede almacenar en envases herméticos a una temperatura de 3 a 4 °C y contenido de humedad de 6 a 8%. Bajo estas condiciones la viabilidad se puede conservar hasta 10 años; en condiciones no controladas, a partir de cinco a siete semanas se comienza a reducir la viabilidad (Salazar *et al.*, 2000).

Tratamiento previo a la siembra. Basta con un remojo en agua común por 12 h o la noche anterior para homogenizar la germinación (López-Upton, 2002).

Siembra. Las semillas de esta especie deben ser sembradas a 1 cm de profundidad. El sustrato utilizado debe contar con buena aireación y retención de humedad, así como un pH ligeramente ácido. Debido a la heterogeneidad en la viabilidad y germinación se recomienda poner dos semillas por bolsa, tubete o cavidad de charola para asegurar las metas de producción de planta.

Literatura citada

Aldrete, A., y J. López-Upton. 1993. Colecta, manejo y evaluación de semilla en la región forestal de Patzcuaro, Michoacán. *In: Primer Congreso Mexicano Sobre Recursos Forestales*. Sociedad Mexicana de Recursos Forestales. Saltillo, Coahuila, México. 49 p.

Aragón Peralta, R. D., G. Rodríguez Ortiz, J. J. Vargas Hernández, J. R. Enríquez del Valle, A. Hernández Hernández, y G. V. Campos Ángeles. 2020. Selección fenotípica y características reproductivas de *Pinus pseudostrobus* var. *oaxacana* (Mirov) SG Harrison. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 11(59): 118-140.

Carbajal, S., and R. McVaugh. 1992. *Pinus* L. *In: Flora Novo-Galiciana: a descriptive account of the vascular plants of western Mexico* (Vol. 17). Ann Arbor, MI: The University of Michigan Herbarium. 65 p.

Delgado-Valerio, P. 1994. Evaluación de la capacidad productiva y eficiencia de semillas para tres especies del género *Pinus* (*P. montezumae* Lamb. *P. pseudostrobus* Lind. y *P. leiophylla* Schl. & Cham.),

en la zona boscosa de Nuevo San Juan Parangaricutiro, Michoacán, México. Boletín de la Sociedad Botánica de México 53: 267-274.

Domínguez Calleros, P. A., J. Navar-Chaidez, M. Pompa-Carcía, y E. J. Treviño-Garza. 2016. Producción de conos y semillas de *Pinus pseudostrobus* Lindl. en Nuevo León, México. Foresta Veracruzana 18(2): 29-36.

Eguiluz-Piedra, T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México. Tesis Profesional. Depto. de Bosques, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. pp. 224-230.

Eguiluz-Piedra, T. 1982. Clima y distribución del género *Pinus* en México. Revista Mexicana de Ciencias Forestales 7: 30-44.

Farjon, A., and D. Filer. 2013. An Atlas of the World's Conifers: An Analysis of their Distribution, Biogeography, Diversity and Conservation Status. Brill. Leiden, Boston. 97 p.

Farjon, A., 2017. A Handbook of the World's Conifers: Revised and Updated Edition, 2nd ed. Brill. Leiden, Boston. pp. 765-768.

Farjon, A., y B. T. Styles. 1997. *Pinus* (Pinaceae). Flora Neotropica Monograph 75. The New York Botanical Garden, New York, NY. pp. 121-129.

Hernández, H. M., and Y. Carreón-Abud. 2017. On the reproductive ecology of trees in a mountain mesophytic forest in Michoacán, Mexico. Botanical Sciences 47: 25-35.

López-Upton, J. 2002. *Pinus pseudostrobus*. In: J. Vozzo (ed.). Tropical Tree Seed Manual. Agriculture Handbook 721. USDA Forest Service. Washington, DC. pp. 636-638.

Martínez, M. 1948. Los Pinos Mexicanos. Ediciones Botas. México. 361 p.

Patiño-Valera, F. 1973. Floración, fructificación y recolección de conos y aspectos sobre semilla de pinos mexicanos. Bosques y Fauna (México) 10(4): 20-30.

Perry, J.P. 1991. The Pines of Mexico and Central America. Timber Press Inc. Portland, Oregon. 231 p.

Romero-Rangel, S. R., L. E. Rubio-Licona, L. Chávez-Serrano, E. C. Rojas-Zenteno, y M. G. Pineda. 2017. Comportamiento germinativo y crecimiento temprano de *Pinus devoniana* y *Pinus pseudostrobus* (Pinaceae). Biocyt: Biología, Ciencia y Tecnología 10(37): 749-756.

Salazar, R., C. Soihet, y J. M. Méndez. 2000. *Pinus pseudostrobus* Lindl. Manejo de semillas de 100 especies forestales de América Latina (Vol 1). Serie Técnica. Manual Técnico No. 41. CATIE. Turrialba, Costa Rica. pp. 25-26.

Viveros-Viveros, H., C. Sáenz-Romero, J. J. Vargas-Hernández, y J. López-Upton. 2006. Variación entre procedencias de *Pinus pseudostrobus* establecidas en dos sitios en Michoacán, México. Revista Fitotecnia Mexicana 29(2): 121-126.

Zamora, C., F. Molina, P. Gamboa, R. García, y M. Martínez. 1993. Manual para plantaciones de coníferas en Chiapas. Folleto Misceláneo I. Campo Experimental Rancho Nuevo, Chiapas, México. 64 p.

Pinus teocote Schiede ex Schlechtendal & Chamisso (Pinaceae)

Sebastián Escobar-Alonso, Dante Arturo Rodríguez Trejo

Nombres comunes

Pinus teocote también es conocido como pino real, pino chino, pino colorado, pino escobetón, pino rosillo, teocotl, xakilche, xachilche, ocote, ocotl, jalocote, tos-arza, tsat-adi y en la lengua náhuatl como xalócotl (Eguiluz, 1978). En inglés se le conoce como *aztec pine*, *mexican smallcone pine* y *twisted-leaved pine*.

Breve descripción

Árbol con altura de 10 a 20 m, aunque puede llegar a variar entre 8 y 25 m; se describe como de tamaño medio (Perry, 1991). Fuste recto, a veces bifurcado y un diámetro de hasta 75 cm (Farjon y Styles, 1997). Árbol maduro de copa con forma redonda, y piramidal cuando es joven (Figura 38.1A). Corteza gruesa y áspera en árboles adultos, con placas amplias, irregulares y profundas de color café-rojizo por dentro y café-grisáceo por fuera; en árboles jóvenes es delgada, de color café-rojizo. Tiene tres y, raramente, cuatro hojas por fascículo; el largo de la acícula varía de 9 a 16 cm y con vainas persistentes, de color café oscuro, y longitud de 5 a 10 mm (Perry, 1991). Los conos son ovoides u ovoide cónicos, rara vez subcilíndricos, de 4 a 7 cm de largo; simétricos o casi simétricos (Figura 38.1B). Las escamas de los conos son pequeñas, de 15 a 20 mm de largo y 8

a 10 mm de ancho, aplanadas o ligeramente protuberantes (Martínez, 1948).

Distribución

Parece ser la gimnosperma más ampliamente distribuida en el territorio mexicano, encontrándose en 23 estados (Contreras y Luna, 2007), en forma dispersa, formando rodales o manchones discontinuos no muy extensos. Su rango altitudinal es de (1000-) 1500-3000 (-3300) m s.n.m.; algunas recolecciones se han registrado desde los 700-800 m, pero estas pueden estar basadas en estimaciones incorrectas (Farjón, 2017). *P. teocote* prospera en sitios con una precipitación de 600 a 1500 mm anuales y puede tolerar temperaturas de -14 a 38 °C (Mirov, 1967).

Importancia

Se utiliza para la obtención de madera aserrada, aunque debido a su moderada talla y lento crecimiento, la producción local de resinas es el modo de aprovechamiento más relevante (Farjon y Styles, 1997).

Floración y fructificación

La floración se da entre febrero y abril; la maduración de los conos de noviembre a enero (Patiño *et al.*, 1983). En nuestro laboratorio se encontraron en promedio 130±5 escamas en cada cono; de las cuales 55 eran escamas

fértiles y 75 escamas infértiles. Lo anterior permitiría obtener un potencial de 110 semillas por cono.

Descripción de la semilla

Semillas muy pequeñas, de 3 a 5 mm de longitud (Figura 38.1D y E), color gris-café oscuro, con ala articulada de color más claro, translúcida, de 12 a 18 X 6 a 8 mm (Farjon *et al.*, 1997).

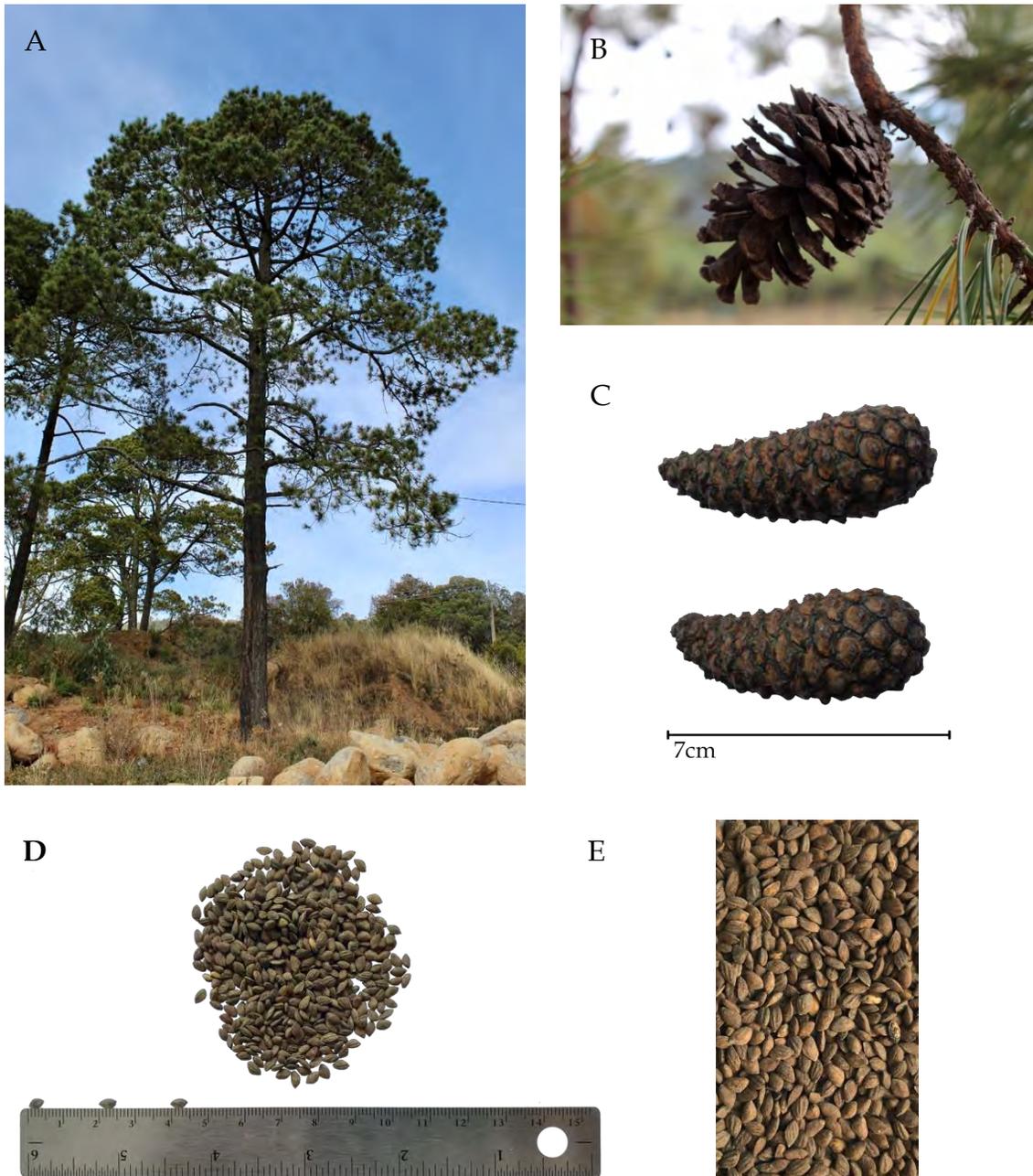


Figura 38.1 A) *Pinus teocote* B) Estrobilos femeninos (conos) abiertos en árbol. C) Conos de *P. teocote* maduros y sin abrir. D) Semillas de *P. teocote*. E) Ampliación de semillas. Fotos: SEA, edición de imágenes: Marlene Castañeda Hernández.

Análisis de semillas

Pureza. Después de las fases de cribado y soplado, las semillas pueden alcanzar una pureza de hasta el 98%.

Peso. Se han estimado 161 350 semillas kg^{-1} (6.2 g por 1000 semillas) (Pimentel, 2009) y una media de 162 057 (6.17 g por 1000 semillas) (Patiño *et al.*, 1983). En nuestro laboratorio se estimaron 142 918 semillas kg^{-1} (7 g por 1000 semillas).

Contenido de humedad. Se encontró un contenido de humedad, base en fresco, de 10%, la semilla es ortodoxa. Tal contenido de humedad se obtuvo luego que los conos fueron secados al aire libre y del desalado y limpieza.

Germinación. El porcentaje de germinación reportado por Salazar y Soihet (2001) fue del 87%, en semillas con cuatro años de almacenamiento y una energía germinativa de 15 días. El almacenamiento se realizó en botes de lata con temperaturas entre los 0 y 3°C; no se especifica si eran herméticos.

Viabilidad. La viabilidad es alta, se han obtenido valores del 100% utilizando el método de sales de tetrazolio en laboratorio. Por otro lado, con el método de flotación en agua se ha encontrado hasta un 97% de semilla llena, por lo que es un método confiable para esta especie.

Latencia

No presenta o no hay evidencia sobre este fenómeno para *P. teocote*.

Regeneración natural

Dispersión. La dispersión de la semilla es anemócora (por el viento).

Tipo de germinación. Como en las especies del género *Pinus*, *P. teocote* presenta una germinación epígea.

Tolerancia. Como es típico en pinos, es una especie intolerante a la sombra.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Producción de semilla. Aunque puede variar según la procedencia y el año de la cosecha, se ha encontrado un potencial de producción de semilla (dos veces la cantidad de escamas fértiles) de 50 hasta 100 por cono (Mendizabal-Hernández *et al.*, 2010).

Procesamiento de frutos y semillas. Según Salazar y Soihet (2001), los conos se transportan al lugar destinado para su beneficio en sacos. Se exponen sobre mallas al sol por 3 a 4 h diarias hasta que se abran. Las semillas se extraen mecánicamente del cono para luego ser desaladas y limpiadas de impurezas y semillas vacías utilizando corrientes de aire.

Almacenamiento. Las semillas pueden almacenarse con contenidos de humedad de 6-7% a $\leq 0^\circ\text{C}$; lo que permite mantenerlas viables varios años (Baskin y Baskin, 1998).

Tratamiento previo a la siembra. No requiere tratamiento pregerminativo, pero para activar y uniformar la

germinación se recomienda un ciclo de remojo de 24 h con secado (Salazar y Soihet, 2001).

Siembra. La siembra preferiblemente debe realizarse directamente en el envase (dos semillas por cavidad).

Para germinación en almácigo y trasplante, éste se debe hacer cuando las plántulas alcancen 3-4 cm y estén en la etapa de “fosforito”, antes que aparezcan las acículas primarias (Arriaga *et al.*, 1994).

Literatura citada

- Arriaga, V., V. Cervantes, y A. Vargas, A. 1994. Manual de Reforestación con Especies Nativas: Colecta y Preservación de Semillas, Propagación y Manejo de Plantas. SEDESOL / INE - Facultad de Ciencias UNAM. México, D.F. 186 p.
- Baskin, C., y M. Baskin. 1998. Seeds: Ecology, Biogeography, and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press. San Diego. USA. 666 p.
- Contreras-Medina, R., e I. Luna-Vega. 2007. Species richness, endemism and conservation of Mexican gymnosperms. *Biodiversity and Conservation* 16: 1803-1821.
- Eguiluz Piedra, T. 1978. Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género *Pinus* en México Tesis Profesional. Depto. de Bosques, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. pp. 169-183.
- Farjon, A., J. A. Pérez de la Rosa, y B.T. Styles. 1997. Guía de campo de los pinos de México y América Central. Royal Botanic Gardens, Kew, Kew, UK. 151 p.
- Farjon, A., y B. T. Styles. 1997. *Pinus (Pinaceae)*. Flora Neotropica Monograph 75. The New York Botanical Garden, New York, NY. 180 p.
- Farjon, A., 2017. A Handbook of the World's Conifers: Revised and Updated Edition, 2nd ed. 796 p.
- Martínez, M. 1948. Los Pinos Mexicanos. Ed. Botas. México. 366 p.
- Mendizábal-Hernández, L. D. C., J. Alba-Landa, J. M. Ramírez, E. O. Ramírez-García, y Cruz-Jiménez, H. 2010. Potencial de producción y eficiencia de semillas de dos cosechas de *Pinus teocote* Schl. et Cham. *Foresta Veracruzana* 12(2): 21-26.
- Mirov, N. T. 1967. The Genus *Pinus*. Ronald Press Company. New York, USA. 602 p.
- Patiño V., F., P. Garza, Y. A. Villa-Gómez, I. Talavera A., y F. Camacho M. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales. Ciudad de México, México. 181 p.
- Perry, J. P. 1991. The Pines of Mexico and Central America. Timber Press Inc, Portland, Oregon. 191 p.
- Pimentel Bribiesca, L. 2009. Producción de Árboles y Arbustos de Uso Múltiple. México, D. F. Mundi-Prensa. México. 237 p.
- Salazar, R., y C. Soihet. 2001. *Pinus teocote* Schlecht. et Cham. Manejo de Semillas de 75 Especies Forestales de América Latina. Serie Técnica. Manual Técnico No. 48 (Vol 2). CATIE. Turrialba, Costa Rica. 147 p.

Piranhea mexicana (Standl.) Radcl.-Sm. (Euphorbiaceae)

Dante Arturo Rodríguez Trejo y Enrique Guizar Nolzco

Nombres comunes

Palo prieto y guayabillo borcelano (Barajas y León, 1989).

Breve descripción

Árbol de hasta 25 m de altura y puede alcanzar un diámetro normal de 60 cm. Su fuste es recto, con copa de forma elíptica a piramidal abierta, en ocasiones con pequeños contrafuertes en la base. Corteza externa lisa, color verde olivo oscuro, pero de aspecto manchado. Las manchas son dejadas por el desprendimiento de piezas de color café rojizo. Cuenta con lenticelas dispersas muy abundantes (Barajas y Pérez, 1990). Sus hojas son alternas, con pecíolos de 14 a 27 mm, trifoliadas, los folíolos cortamente peciolados, oblongo-elípticos de 3.5 a 7.5 cm de longitud y 1.5 a 4 cm de ancho, ápice agudo u obtuso, la base obtusa o redondeada y cortamente decurrente; racimos estaminados de 2.5 cm de longitud, flores pequeñas de 1.5 mm de ancho; flores pistiladas axilares, solitarias, largamente pediceladas. Los frutos son cápsulas subglobosas, trivalvadas, cubiertas por numerosas lenticelas, con un pedúnculo de 1.5 a 2.5 cm de longitud (Figura 39.1).

Distribución

La especie se encuentra en el sur de Sin., en la Isla Madre de Nay., en la costa de Chamela, Jal. y en las cercanías del puerto de Manzanillo, Col. Árbol representativo del bosque tropical caducifolio. Pennington y Sarukhán (2005) anotan que, aunque su distribución es restringida, localmente es muy abundante.

Importancia

Su madera tiene la albura de color amarillo-grisáceo claro, bien diferenciada del duramen de color gris verdoso, con veteado de arcos superpuestos, muy atractivo en la sección tangencial, debido a la gran cantidad de anillos de crecimiento. Su olor es característico y desagradable, su sabor ligeramente amargo. Es notablemente opaca, de textura muy fina y grano recto, porosidad difusa, dura y pesada, con 0.99 de gravedad específica (Barajas y León, 1989). La madera se emplea para la fabricación de muebles y diferentes utensilios de campo y para durmientes (Pennington y Sarukhán, 2005).

Maduración del fruto

La semilla se puede recolectar entre mayo y junio.

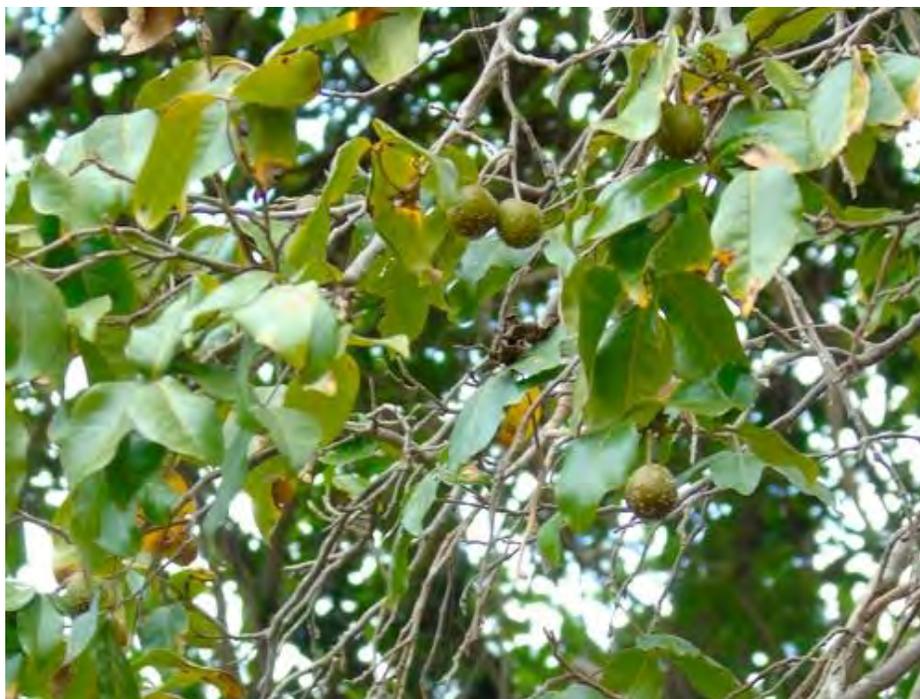


Figura 39.1. Frutos y follaje de *Piranhea mexicana*. Foto: Conabio (2015).

Descripción de la semilla

La semilla es de forma ovoidea, tendiente a terminar en punta de un lado. Semilla con simetría bilateral longitudinalmente. Cubierta seminal papirácea, lustrosa, lisa, color café oscuro a café claro, normalmente más oscura del lado contrario al hilo y en torno a éste. El hilo se ubica en el tercio inferior hacia la punta. La longitud de la semilla es de 0.55 a 0.8 cm y su ancho de 0.4 a 0.55 cm (Figura 39.2A).

La semilla es endospermica, el embrión es de color crema, folial, espatulado, consta de epicótilo, hipocótilo, radícula y cotiledones. Los cotiledones son planos, con margen entero, base cuneada y vernación

recta. Están cubiertos por encima y por debajo por un endospermo abundante, lateral, que se aprecia claramente en un corte transversal. Endospermo entero, carnoso y blanquecino, ocupa una pequeña parte inferior en la cavidad seminal. Parte del embrión en la base, en contacto con cotiledones y endospermo (Figura 39.2B y C).

Análisis de semillas

El lote de semilla analizado procede de la Isla de la Piedra, Mipio. de Mazatlán, Sinaloa. La semilla fue recolectada en mayo. La muestra de trabajo consistió de 284 g. Se recolectó de bosque tropical caducifolio, sobre suelos someros, pedregosos, rojizos, en lomeríos.

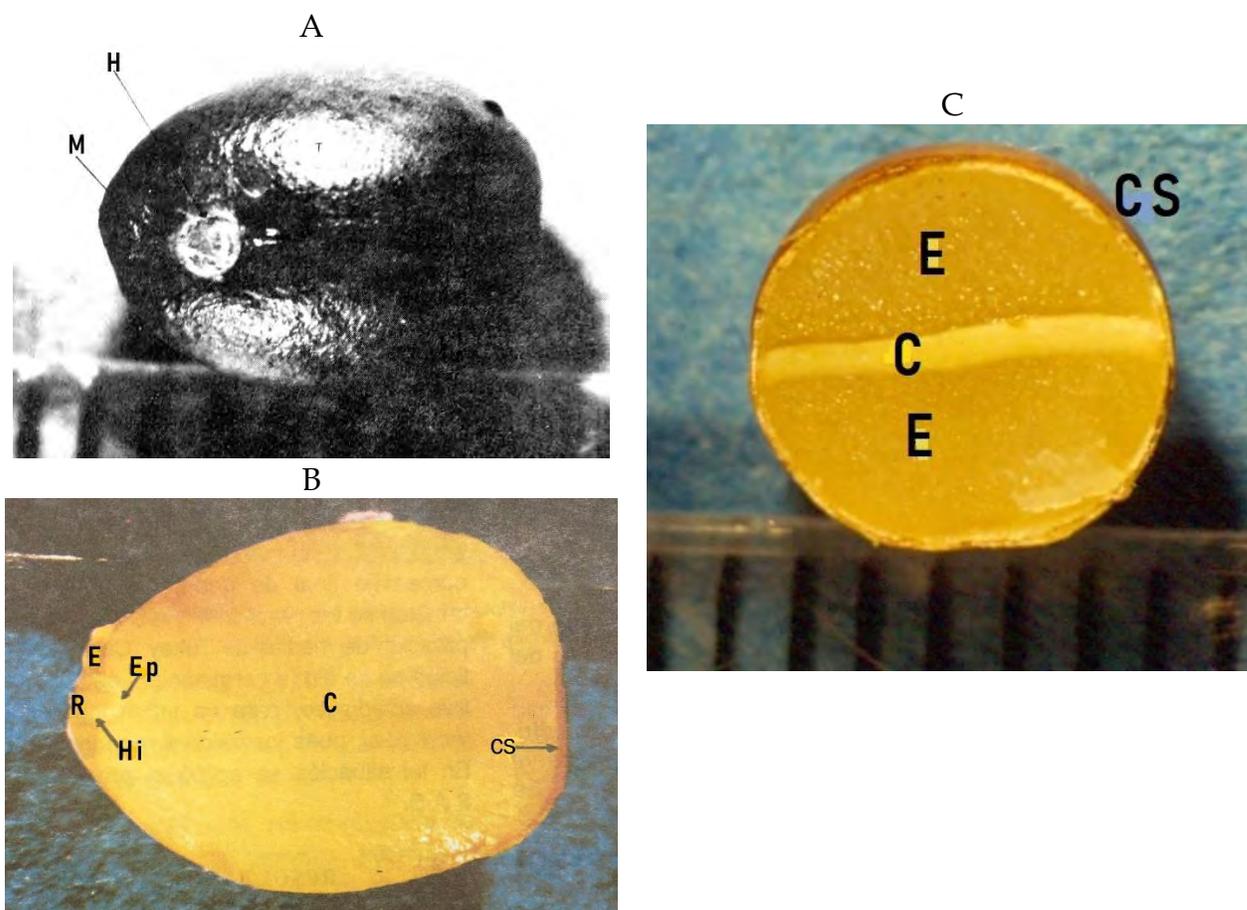


Figura 39.2. Semilla de *P. mexicana*. A) vista externa (H, hilo; M, micrópilo). B) Corte longitudinal (CS, cubierta seminal; C, cotiledón; Ep, epicótilo; Hi, hipocótilo; E, endospermo; R, radícula. C) Corte transversal. Fotos: DART. Fuente de A a C, Rodríguez y Guízar (1997).

Pureza. La pureza del lote evaluado fue igual a 96.8%.

Peso. Se hizo la determinación de 11 956 semillas kg^{-1} , con lo que 1000 semillas pesan 83.6 g.

Contenido de humedad. El contenido de humedad base anhidra fue de 6.7% y el de base en húmedo 6.3%. El bajo contenido de humedad, ubica a la especie como ortodoxa.

Germinación y factores ambientales. Las pruebas de germinación fueron llevadas a cabo en cámaras de

ambiente controlado del Laboratorio de Semillas Forestales de la DICIFO, UACH, a 30 °C constantes, con fotoperiodo de 10 h. La luz fue de lámparas fluorescentes, con una radiación fotosintéticamente activa de entre 13.8 a 66.7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, medida con fotómetro portátil. Las siembras se hicieron en cajas de Petri, con agrolita como sustrato y fueron regadas con agua destilada. En un experimento al azar, con un total de 1920 semillas, fueron probados los tratamientos remojo en agua caliente (94 °C),

retirando la fuente de calor en cuanto la semilla era sumergida, por 72, 48 y 24 h. También se aplicó remojo en agua al tiempo durante los mismos tiempos y un testigo.

La germinación inició el día siete y finalizó el día 25 desde la instalación del experimento. Solamente hubo

diferencias entre el testigo y el tratamiento de remojo en agua al tiempo durante 24 h, que alcanzaron germinaciones de 76.3 y 97.5%, respectivamente. Las curvas de germinación acumulada para los tratamientos se muestran en la figura 39.3 (Rodríguez-Trejo y Guízar, 1997).

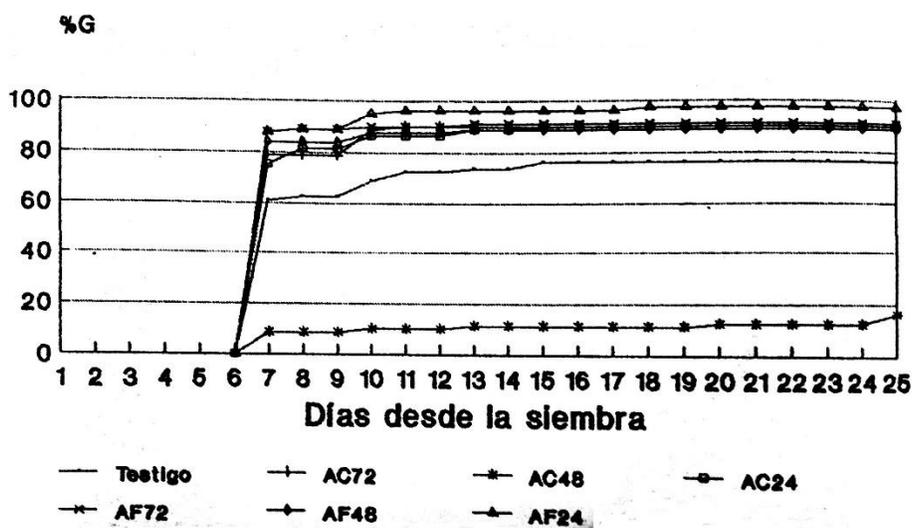


Figura 39.3. Curvas de germinación acumulada para la germinación de *P. mexicana*. AF representa remojo en agua al tiempo, AC en agua caliente. Los números son las horas que duró el remojo (Rodríguez-Trejo y Guízar, 1997)

Energía germinativa. No se encontraron diferencias significativas para esta variable entre los distintos tratamientos probados. El valor medio fue 8 días para alcanzar 70% de la germinación final.

Viabilidad. Fue determinada para 204 semillas a través de placas radiográficas de alto contraste. El valor hallado fue 99%.

Latencia

No se detectó una latencia en la especie.

Regeneración natural

Dispersión. La semilla es liberada cuando abren las cápsulas y se dispersa por gravedad. Posiblemente la consumen algunos animales que al transportarla o almacenarla contribuyen a su dispersión.

Banco de semillas. No se cuenta con información sobre el potencial de la especie para formar bancos de semillas.

Tolerancia a la sombra. Las pruebas, realizadas a plena luz, sugieren que se trata de una especie intolerante a la

sombra. No obstante, podría tolerar niveles ligeros de sombra.

Tipo de germinación. La semilla muestra germinación epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Lo más recomendable, es recolectar la semilla de las cápsulas maduras en las copas de los árboles, hacia el mes de mayo. El germoplasma se puede obtener con garrocha podadora, tijeras de podar o recogerlo del suelo. Extraer la semilla del fruto a la brevedad, para prevenir pudriciones.

Almacenamiento. Como se trata de una especie ortodoxa, una vez beneficiado el fruto, puede almacenarse a temperatura de cuarto, pero evidentemente se obtendrá una mayor longevidad bajo condiciones de refrigeración.

Tratamiento previo a la siembra. Un remojo con agua al tiempo durante 24 h beneficiará la germinación.

Siembra. Se recomienda sembrar a una profundidad de entre el grosor de la semilla a 1 cm.

Literatura citada

- Barajas M., J., y C. León G. 1989. Anatomía de Maderas de México: Especies de una Selva Baja Caducifolia. Publicaciones Especiales del Instituto de Biología no. 1. UNAM. México, D. F. 161 p.
- Barajas M., J., y L. A. Pérez J. 1990. Manual de Identificación de Árboles de Selva Baja Mediante Cortezas. Cuadernos del Instituto de Biología no. 6. UNAM. México, D. F. 83 p.
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2015. Conabio.org.mx
- Pennington, T. D., y J. Sarukhán K. 2005. Árboles Tropicales de México. UNAM, FCE. México. 523 p.
- Rodríguez T., D. A., y E. Guízar N. 1997. La semilla de dos árboles del bosque tropical caducifolio sinaloense. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales III(1): 55-66.

Prosopis glandulosa Torr. (Fabaceae)

Everardo Illescas Gallegos, Dante Arturo Rodríguez-Trejo, Antonio Villanueva Morales, María Amparo Borja de la Rosa, Luis Alejandro Ortega-Aragón y Víctor Rubén Ordóñez-Candelaria

Nombres comunes

Mezquite dulce, mezquite (Naturalista, 2021).

Breve descripción

Árbol pequeño o arbusto decíduo, espinoso, con mucha variación en sus formas de crecimiento. Una forma común es la de un árbol de 6 a 12 m de altura, con un tronco. Ramas caídas. Espinoso, con las espinas de 2.5 a 5 cm de largo, individuales en las ramas jóvenes. Hojas doblemente compuestas, verde brillante. Foliolos de hasta 5 cm de longitud y 0.5 cm de anchura. Flores hermafroditas, en racimos fragantes. Legumbres aplanadas, rectas o curvas, con 10 a 20 cm de longitud, en racimos caídos (Vines, 1960; The University of Texas at Austin, 2021) (Figuras 40.1 y 40.2A).

Los árboles más altos se hallan a lo largo de cursos de agua. Si una perturbación natural o una alteración antropógena afecta al árbol, tenderá a desarrollar múltiples tallos (Morton y Hull, 1975; Steinberg, 2001).

Distribución

La especie se ha registrado desde Pue., Edo. Méx. y Jal., hasta todos los

estados del norte del país, inclusive B. C. y B. C. S. (Naturalista, 2021). Rzedowski (1978) refiere a la especie como dominante en mezquiales de Tamps., así como en matorrales asociados a pastizales en N. L.

Importancia

En las zonas rurales del sur de EE. UU. y norte de México, se puede elaborar una harina con las semillas molidas, para hacer pan. Vainas y goma del tronco comestibles. Las flores se comen o se utilizan para hacer té. Corteza y hojas medicinales. La corteza contiene taninos, útiles en curtiduría. Especie fijadora de nitrógeno y su follaje, al descomponerse, enriquece al suelo. Su madera se utiliza en construcciones rurales, muebles rústicos y mangos de herramientas. La madera también se usa como leña y para hacer carbón (Useful Tropical Plants, 2021).

Floración y fructificación

Florece de febrero hasta septiembre (agosto y septiembre solo en años húmedos) (The University of Texas, 2021). Fructifica en agosto y septiembre (Arizona State University, 2021).



Figura 40.1. *Prosopis glandulosa*. Foto: Arid Zone Trees (2020).

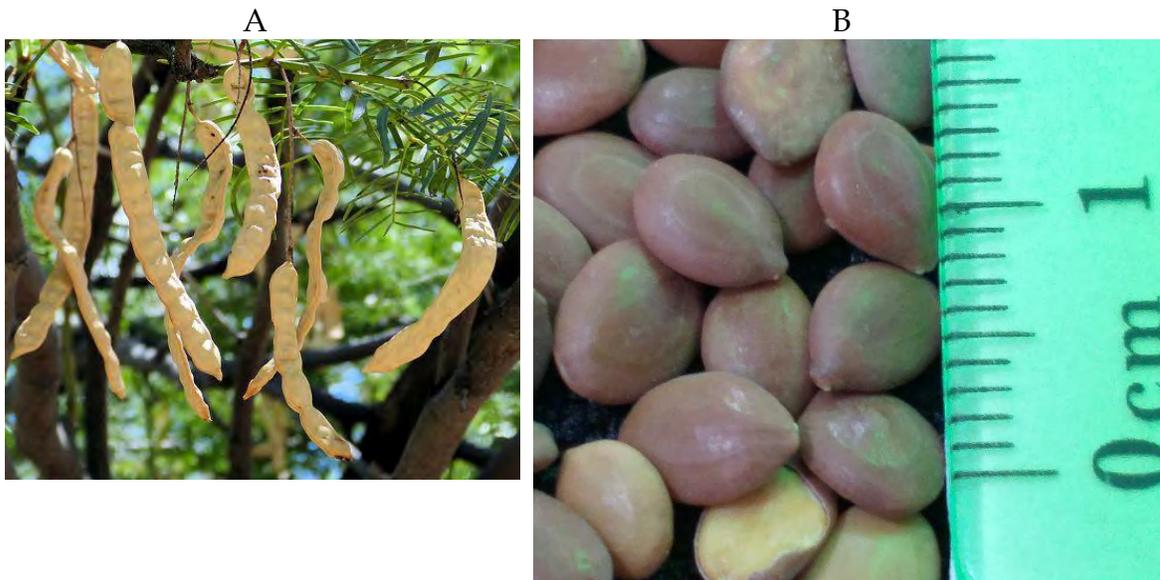


Figura 40.2. A) Vainas y B) semillas de *P. glandulosa*. Fotos: A, Gardening (2021), B, DART, 2021.

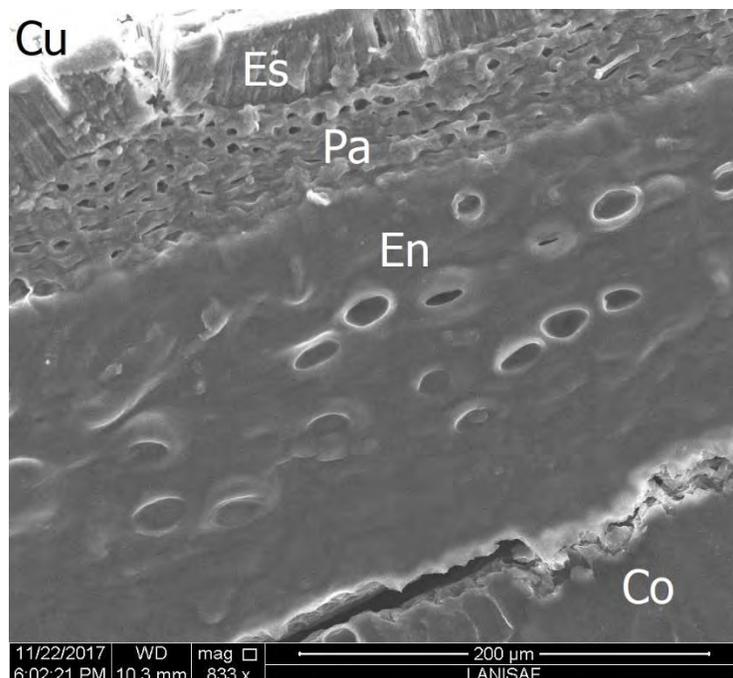


Figura 40.3. Región de la cubierta seminal en *P. glandulosa*. Cu=cutícula, Es=esclerenquima, Pa=parénquima, En=endospermo, Co=cotiledones. Microfoto Lanisaf, UACH (Illescas, 2018).

Descripción de la semilla

Semilla ovoide, ligeramente aplastada, color café amarillo; pleurograma con una trayectoria de 90% para completar un óvalo. La muestra de trabajo tuvo las siguientes medidas promedio: longitud, 6.8 mm; anchura, 4.6 mm y grosor, 2.4 mm (Illescas, 2018) (Figuras 40.2B y 40.3).

Análisis de semilla

Los datos para este subtítulo proceden de Illescas (2018).

Procedencia. La semilla se obtuvo de Zacatecas.

Pureza. Se tuvo 93%.

Peso. El peso fue 22 305 semillas kg⁻¹ (1000 semillas pesan 433.8 g).

Contenido de humedad. El lote registró un contenido de humedad igual a 6.4%.

Germinación y factores ambientales.

La germinación de semilla no tratada, alcanzó 48.7%, lo que indica una latencia leve. Sin embargo, la escarificación mecánica con lija, mejoró la germinación hasta 100%. Todo esto en cámara de ambiente controlado, con un régimen día/noche de 30/20 °C, con foto y termoperiodo de 12 h.

Viabilidad. Con el método de sales de tetrazolio se obtuvo 100% de viabilidad.

Latencia

Las semillas están rodeadas por un duro endocarpo y además su cubierta seminal es dura e impermeable. Todo esto les confiere latencia física a las semillas. En la naturaleza, factores como el paso por el tracto digestivo de animales, el intemperismo o el fuego, terminan con dicha latencia (Haas *et al.*, 1973). Como se refiere en el subtítulo de germinación, la latencia de la semilla ya eliminado el endocarpo, es leve.

Regeneración natural

Dispersión. Las semillas de esta especie son consumidas tanto por animales silvestres como domésticos. Permanecen de 42 a 60 h en el tracto digestivo del ganado (Fisher *et al.*, 1959), antes de ser excretadas ya escarificadas.

Banco de semillas. Por su latencia física, esta semilla puede formar bancos de semillas viables por muchos años.

Tolerancia a la sombra. Una sombra moderada puede favorecer

germinación y establecimiento de la planta, pero posteriormente requerirá de mayor radiación solar.

Tipo de germinación. Epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar y extraer la semilla.

Cuando las vainas están caféas (alrededor de agosto). Debido al endocarpo duro que rodea a la semilla, las vainas se deben colocar en bolsas de tela o lona y ser golpeadas con martillo.

Almacenamiento. En condiciones de cuarto fresco, pero especialmente en refrigeración, las semillas pueden durar viables décadas. De acuerdo con Tschirley y Martin (1960), muestras de herbario tuvieron una viabilidad de 60% después de 44 años de guardadas.

Tratamiento previo a la germinación.

Además del rompimiento de las vainas (y su duro endocarpo), las semillas deben escarificarse mecánicamente, con papel lija por ejemplo.

Siembra. Se recomienda 1 cm de profundidad.

Literatura citada

Arid Zone Trees. 2020. <http://www.aridzonetrees.com/prosopis-glandulosa.html> (consultado el 9 de enero de 2021).

Arizona State University. 2021. Arizona State University. Public Site. <https://www.public.asu.edu/~camartin/plants/Plant%20html%20files/honeymesquite.html> (Consultado el 9 de enero de 2021).

Fisher, C. E., C. H. Meadors, R. Behrens, E. D. Robinson, P. T. Marion, and H. L. Morton. 1959. Control of mesquite on grazing lands. Bulletin 935. College Station, TX, Texas A&M University, Texas Agricultural Experiment Station, USDA. 24 p.

Gardening 2021. Growing *Prosopis glandulosa*: Honey Mesquite <https://gardenoracle.com/images/prosopis-glandulosa.html> (Consultado el 11 de enero de 2021).

Haas, R. H. R. E. Meyer, C. J. Scifres, and J. H. Brock. 1973. Growth and development of mesquite. *In*: Mesquite: Growth and Development, Management, Economics, Control, Uses. Research Monograph 1. College Station, TX: Texas A&M University. The Texas Agricultural Experiment Station. pp. 10-23.

Illescas Gallegos, E. 2018. Mecanismos de latencia física en dos géneros de leguminosas. Tesis de Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Dicyfo, UACH. Chapingo, Edo. de Méx.

Morton, H. L., and H. Hull. 1975. Morphology and phenology of desert shrubs. *In*: Hyder, D. N. (ed.). Arid shrublands-Proceedings of the 3rd workshop of the United States/Australia rangelands panel. Tucson, AZ, March 26-April 5, 1973. Denver, CO. Society for Range Management. pp. 39-46.

Naturalista (2021). <https://www.naturalista.mx/taxa/58160-Prosopis-glandulosa> (Consultado el 9 de enero de 2021).

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.

Steinberg, P. 2001. *Prosopis glandulosa*. *In*: Fire Effects Information System. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, Fire Sciences Laboratory (Producer). <https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/tree/progla/all.html> (consultado el 9 de enero de 2021).

The University of Texas. 2021. The University of Texas at Austin. https://www.wildflower.org/plants/result.php?id_plant=prgl2 (consultado el 9 de enero de 2021).

Tschirley, F. H., S. C. Martin. 1960. Germination and longevity of velvet mesquite seed in the soil. *Journal of Range Management* 13: 94-97.

Useful Tropical Plants. 2021. *Prosopis glandulosa* Torr. (Fabaceae). <http://tropical.theferns.info/viewtropical.php?id=Prosopis+glandulosa> (consultado el 9 de enero de 2021).

Vines, R. A. 1960. Trees, Shrubs, and Woody Vines of the Southwest. University of Texas Press. Austin, TX. 1104 p.

Prosopis laevigata (H.&B. ex Willd.) M.C. Johnst. (Fabaceae)

Francisco Javier Hernández Archundia, Miguel Ángel Vega Zeferino, Dante Arturo Rodríguez-Trejo, Reyes Bonilla Beas, Luis Pimentel Bribiesca, Daniel Hernández Archundia, José A. Gil Vera Castillo, Leopoldo Mohedano Caballero

Nombres comunes

Mezquite (nombre aplicado en toda su área de distribución); útuh (huasteco), chúcata, tiritzecua (tarasco, Mich.), algarrobo (Col., Jal., Nay.) (Pennington y Sarukhán, 1998). Vargas (2004), menciona que el nombre de "mezquite" proviene de la palabra azteca de origen náhuatl para nombrar al árbol: *misquitl*.

Breve descripción

Árbol que alcanza 13 m de altura y diámetro normal de hasta 80 cm, pero generalmente menor (Pennington y Sarukhán, 1998). Su sistema radical es amplio y profundo, la raíz principal puede alcanzar profundidades de más de 50 m, y sus raíces laterales se extienden hasta 15 m a los lados del árbol (Conaza e INE, 1994). El tronco es de corteza oscura o negruzca; las ramas flexuosas formando una copa esférica o deprimida. El tronco se ramifica a baja altura, en ocasiones al nivel del suelo. Los tallos más delgados son espinosos, frecuentemente áfilos y provistos de abundante parénquima cortical (Conaza e INE, 1994). Espinas generalmente abundantes, axiliares (Ffolliott y Thames, 1983a). La madera

es dura y pesada, en el centro es café o negra, muy resistente por su dureza y consistencia (Cedillo y Mayoral, 1997). Pueden presentarse uno o dos pares de pinna por hoja, de 2.5 a 12 cm de largo, con 20 a 30 pares de folíolos cada una. Los folíolos son glabros, lineares, oblongos, de 5 a 10 mm de largo, y de 2 a 7 veces más largos que anchos. Sus intervalos sobre el raquis son inferiores a sus anchos; su color es verde pálido a grisáceo, y en la parte inferior tiene una fuerte nervadura pinada (Ffolliott y Thames, 1983a) (Figuras 41.1A y B).

Los racimos son de 4 a 10 cm de largo y llevan flores blanco-verdosas con pétalos de 3 a 4 mm de largo. El cáliz es de alrededor de 1 mm de largo (Ffolliott y Thames, 1983a). Las flores son bisexuales, actinomorfas, con cinco sépalos y diez estambres. Los estambres son rectos, divergentes y con un tamaño doble al de la corola; el ovario está cubierto por filamentos sedosos. El pistilo tiene una forma de urna y el estilo de cilindro; el ovario es súpero, unilocular, unicarpelar y de placentación parietal; el estigma es cóncavo. Los frutos son vainas o legumbres en forma de lomento drupáceo; alargadas, rectas o

arqueadas y en algunos casos espiraladas, indehiscentes, de 10 a 30 cm de longitud; pueden ser planas o cilíndricas en la madurez, y contienen de 12 a 20 semillas; la cáscara o pericarpio es coriácea, de color amarillento. El mesocarpio presenta una pulpa gruesa y esponjosa, de sabor dulce, que envuelve el endocarpio el cual está articulado en pequeños compartimentos donde se alojan las semillas, dispuestas en una hilera ventral (Pennington y Sarukhán, 1998) (Figura 41.1C).

Distribución

Rzedowski (1988) menciona que *P. laevigata* es el mezquite típico del centro y del sur de México. En cuanto a su morfología no se trata de una entidad uniforme y lo mismo es válido para sus entidades ecológicas. En un extremo se hallan plantas de tierra caliente en climas semihúmedos, mientras que otras poblaciones prosperan en altitudes próximas a 2500 m s.n.m. y hacia el norte, donde la precipitación media anual apenas llega a 300 mm.

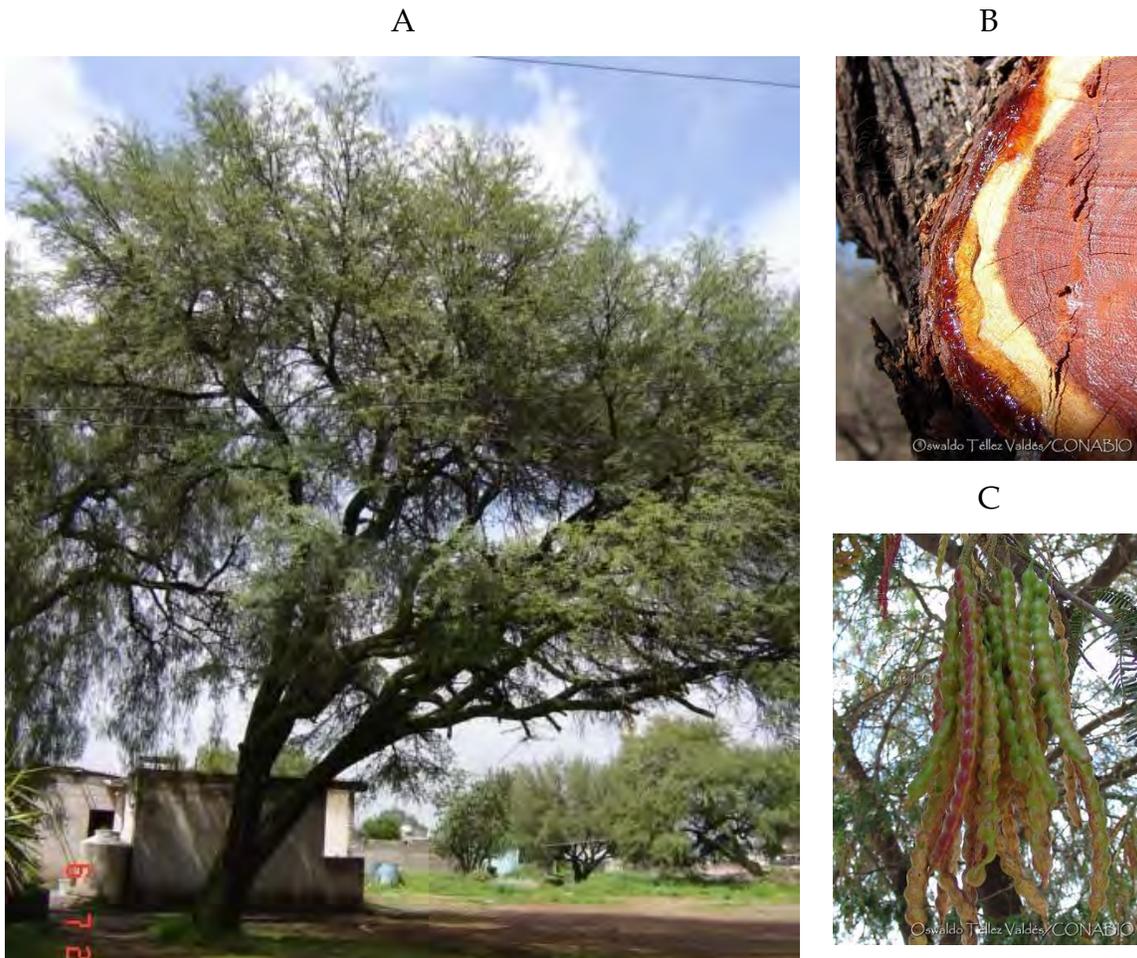


Figura 41.1. A) Mezquite (*P. laevigata*) en el poblado de Xaltocan, Estado de México. B) Corte con exudado de goma y donde se aprecia el oscuro duramen de la madera. C) Frutos en maduración. Fotos: A) FJHA, B) y C) Oswaldo Téllez Valdés/Conabio.

Importancia

Su madera es fuerte y durable, de la cual se fabrican muebles, objetos decorativos y artesanías; es muy usado como leña y altamente demandado como carbón (Arteaga *et al.*, 2000). Los frutos y el follaje son fuente de forraje para el ganado doméstico, siendo los primeros de alto valor alimenticio en algunas áreas de México; se recogen, se muelen y se dan como alimento al ganado (Vargas, 2004). En el caso del follaje es aprovechado cuando muy tierno en Estados Unidos (Burkart, 1952). Las vainas del mezquite contienen grandes cantidades de azúcar y el contenido proteínico de las semillas es similar al de la soya, son usadas para la alimentación humana como sustituto de café y harina. Dicha harina hecha de las semillas y vainas del mezquite mezclada en pequeñas cantidades con harina de trigo ha sido probada en varias recetas que incluyen panes y galletas, con resultados favorables (Burkart, 1952; Vargas, 2004).

En el altiplano potosino y en general en regiones de climas secos, la vaina se consume como fruta, se utiliza para elaborar atole, pinole, pan, piloncillo, queso e incluso para preparar una bebida alcohólica (Burkart, 1952; Galindo y García, 1986; Ábrego, 1991). En los territorios áridos de la India, el cultivo de mezquite ha demostrado producir 1 kg de miel de abeja por año a partir del néctar de cada planta de mezquite, para un total de 100 a 400 kg de miel por hectárea por año (Conaza e INE, 1994). En varias comunidades lejanas de las ciudades, el mezquite

sigue siendo la única fuente de combustible que utilizan sus habitantes como leña o carbón en el hogar para preparar sus alimentos, y como fuente de calor durante la noche y sobre todo en el invierno, esto debido a su excelente poder calorífico, en el orden de $17\ 000\ \text{J kg}^{-1}$ (Ffolliott y Thames, 1983a; Conaza e INE, 1994; Arteaga *et al.*, 2000; INE, 2002; Meza y Osuna, 2003).

La goma que exuda el tronco es translúcida, de color ambarino, firme, quebradiza y astringente al gusto, se ha reportado que contiene 20% de taninos, la cual posee características similares a la goma arábica, por lo que puede ser empleada para los mismos fines que ésta y sugiere la posibilidad de ser utilizada para reemplazar gomas importadas (INE, 2002; Espinosa y Lina, 2006). Estas características y propiedades le confieren un gran potencial para su uso como material estructural en la elaboración de recubrimientos y películas (Bosquez-Molina *et al.*, 2000). Desde el punto de vista ecológico, los mezquites son importantes en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas, constituyen el hábitat para una buena cantidad de fauna silvestre y mejoran la estética del paisaje (Felker, 1988). Además, Torres (2000, cit. por Palacios, 2006) menciona que esta especie brinda protección como cortina rompe viento y mejora la calidad del suelo al incorporar cantidades considerables de nitrógeno, lo que aumenta la productividad de los cultivos asociados.

Es un excelente proveedor de abono verde y materia orgánica útil como forraje cuya producción varía desde los 300 hasta 8000 kg ha⁻¹; dependiendo de la intensidad de la poda, su producción de madera es de 50 a 100 t ha⁻¹; y la de frutos, que son ricos en proteínas, oscila entre 3 a 4 t ha⁻¹. Puede llegar a obtenerse hasta 10 t ha⁻¹ en sitios con alta disponibilidad de agua subterránea; incluso el promedio de producción de vaina por individuo es de 7.2 kg.

Un uso poco conocido y con alto potencial es el reportado por Hernández-Archundia (2011), quien utilizó la vaina de mezquite molida para suplementar paja de cebada usada como sustrato en el cultivo del hongo seta (*Pleurotus ostreatus*). A través del balanceo a 40/1 de la relación C/N se obtuvieron los mejores rendimientos en peso húmedo de producto.

Floración y fructificación

Florece durante un lapso corto que inicia en febrero-marzo y termina en abril-mayo y la época de floración coincide con la brotación de los folíolos (Gómez, *et al.* 1970; Conaza e INE, 1994). Producen un aroma y néctar agradable a los polinizadores (Cedillo y Mayoral, 1997). De acuerdo con Gómez *et al.* (1970), la fructificación ocurre entre los meses de junio y julio. Sin embargo, en Conaza e INE (1994) se menciona que se extiende durante los meses de mayo a agosto; en el Edo. de Méx. la floración puede observarse a partir del mes de abril. Las vainas empiezan a madurar en el mes de junio, en agosto han

adquirido una forma abultada y toman un color paja. Ffolliott y Thames (1983b) reportan que la cosecha en nuestro país se puede realizar a partir de agosto y puede concluir hasta el mes de octubre.

Descripción de la semilla

La semilla es de forma oblonga o aplastada, dura, su coloración varía desde café claro al oscuro, según la variedad y el sitio donde se produce (Figura 41.2A a C). La diseminación de las semillas es zoócora, en particular endozoócora, es decir, a través del tracto digestivo de animales (Conaza e INE, 1994).

Análisis de semilla

Procedencia. Se recolectó vaina en el año 2007 del municipio de Nextlalpan, Edo. de Méx. a 2250 m s.n.m.; un área de suelos profundos de origen lacustre. Los árboles fueron seleccionados de entre los que se encuentran en jardines y calles del poblado de Xaltocan, y fueron los de mayor altura y diámetro, así como de mejor apariencia estética.

Peso. Se tuvieron 17,624 semillas kg⁻¹. Equivalen a 56.74 g por 1000 simientes.

Viabilidad. Se obtuvo el 100%.

Germinación y factores ambientales. Se colocaron las semillas en cajas de Petri con agrolita como sustrato y al inicio se le aplicó una solución con fungicida (Captán). Las cajas de Petri se introdujeron en la cámara de ambiente controlado con un régimen día/noche de 30/15 °C, con termo y fotoperiodo de 12 h.

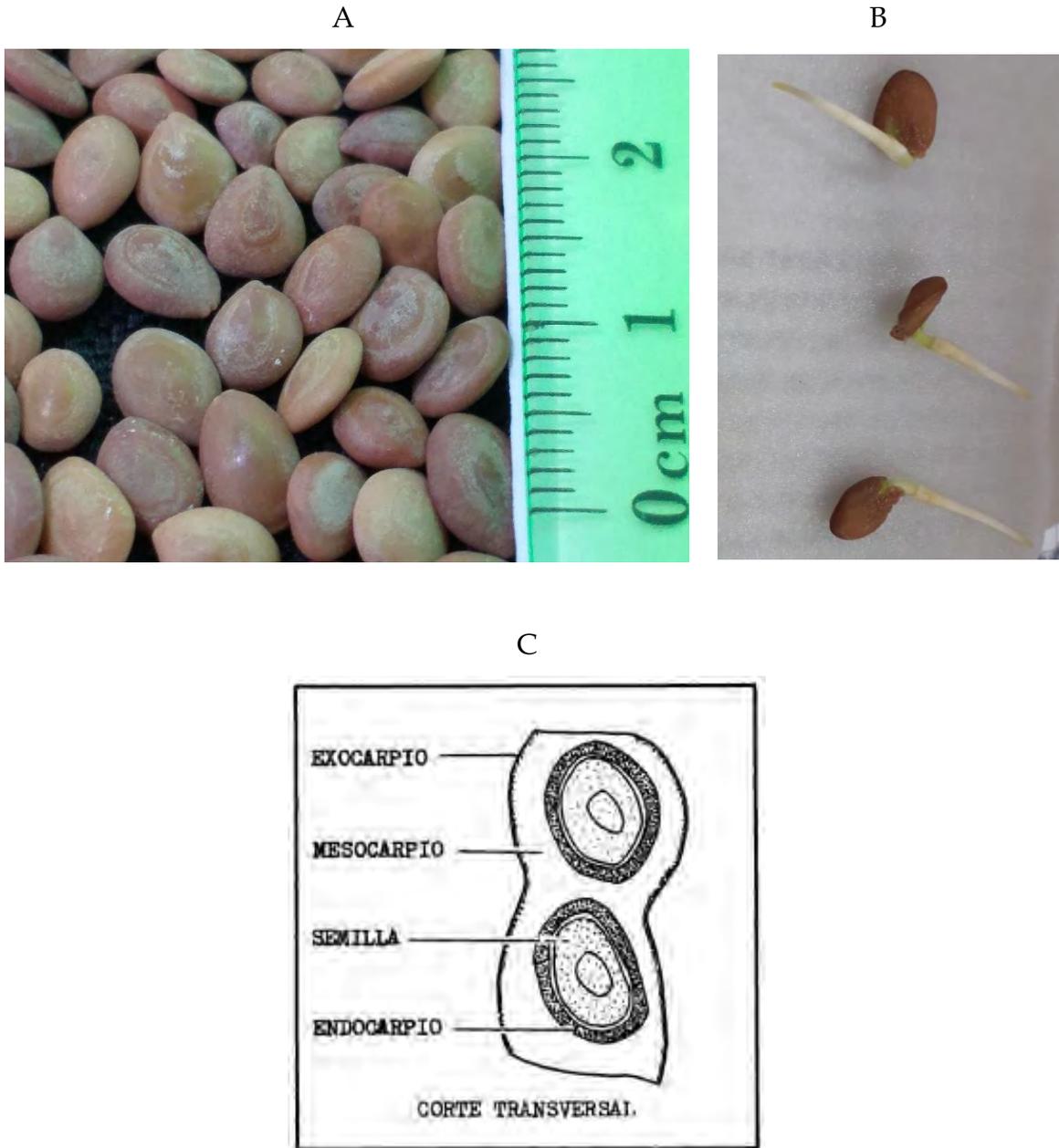


Figura 41.2. A) Semillas de *Prosopis laevigata*. Foto: DART, 2021. B) Semilla en germinación (Vega, 2019). C) Esquema del corte transversal de la semilla (Ffolliott y Thames, 1983a).

Se probaron los siguientes tratamientos para eliminar la latencia física: remojo en agua al tiempo por 24 h (T1), escarificación mecánica y remojo en agua al tiempo durante 24 h (T2), inmersión en agua a 80°C durante 2 min (T3), inmersión en ácido

clorhídrico (HCl) diluido al 35%, durante 30 min (T4), y testigo (T5).

Los tratamientos más efectivos en el experimento y sin diferencias entre sí, fueron el T2, el cual alcanzó 100% de germinación en 3 días; y el T3, del cual

97% de las semillas germinaron. Con resultados similares entre sí, el T1, alcanzó 86% de germinación, y el T4, 83%. El testigo obtuvo el porcentaje más bajo, 73%, en 9 días. El día 11 se observó la última semilla que germinó (Hernández, 2011) (Figura 41.3).

En otra investigación con un régimen día/noche de 30/20 °C, con 12 h de fotoperiodo y aplicación de altas temperaturas (40, 60 y 80 °C) durante diferentes tiempos (1, 5, 35, 55 y 75

min) a semilla de la especie procedente de Zacatecas, Vega (2019) halló que la temperatura de 80 °C, aplicada durante 35, 75 y 55 min, arrojó germinaciones de 62.5, 67.5 y 70%, las cuales tuvieron diferencias estadísticamente significativas con respecto al testigo (40%). Lo anterior muestra que altas temperaturas relacionadas con incendios forestales, eliminan la latencia de la especie y favorecen su germinación.

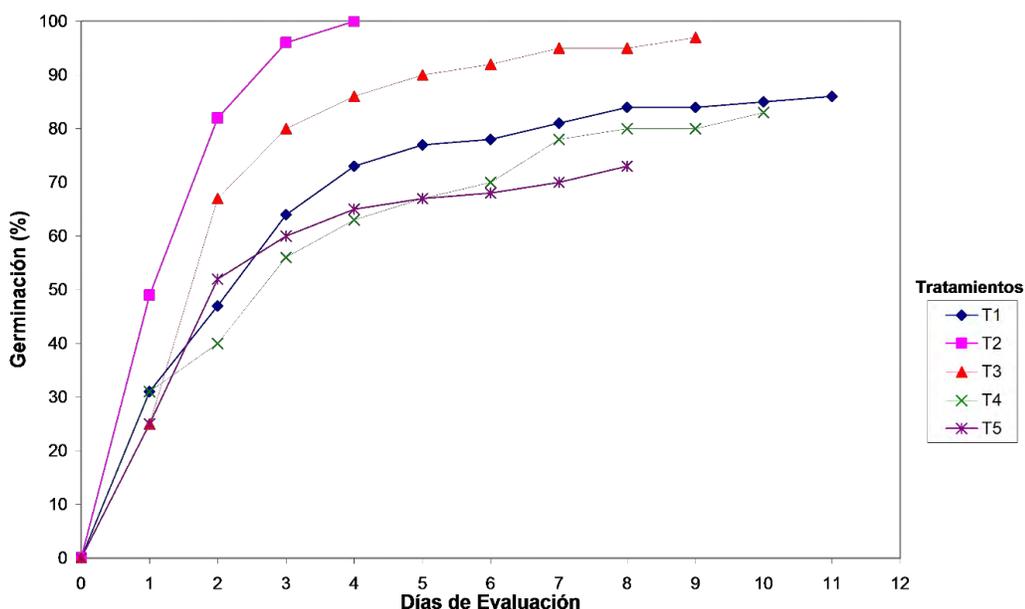


Figura 41.3. Germinación acumulada de *P. laevigata* (Hernández, 2011).

Latencia

Cuando se beneficia el fruto se separan exocarpio y el mesocarpio, la semilla queda entonces cubierta por el endocarpio, el cual es impermeable y limita la germinación, por ello debe ser retirado. También el pericarpio debe ser rebajado mediante tratamientos físicos o químicos para favorecer una

germinación homogénea. La semilla tiene una cubierta seminal dura e impermeable, presenta latencia física (Ffolliott y Thames, 1983b). En la naturaleza, factores como el paso de la semilla por el tracto digestivo de animales silvestres (o ganado), el fuego y el arrastre por escurrimientos sobre el piso, eliminan la latencia física.

Regeneración natural

Dispersión. La principal vía de dispersión de las semillas es la endozoocoria; los animales que consumen las vainas diseminan las semillas

Banco de semillas. Bajo la copa del árbol pueden almacenarse semillas, pero su viabilidad es baja ya que la abundante cantidad de carbohidratos en el fruto y el contenido de proteína en la semilla, favorece la aparición de plagas y enfermedades en los frutos que caen al suelo.

Tolerancia a la sombra. El desarrollo de las plántulas y brinzales se ve limitado con abundante sombra, comportándose de mejor manera con exposición total a la luz.

Tipo de germinación. Es epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. El momento más recomendable para recolectar los frutos es cuando estos se tornan en un color amarillo pajizo y han perdido humedad. Los frutos deben obtenerse directamente del árbol pues los que se encuentran sobre el suelo no siempre se encuentran en las mejores condiciones.

Beneficio. Las vainas de mezquite que se colectaron recibieron el siguiente tratamiento (Hernández, 2011):

- Remojo en agua a temperatura ambiente por 24 h.
- Lavado para retirar el epicarpio y el mesocarpio.

- Las semillas (aún con endocarpio), se dejaron secar al sol por 24 h.
- Para extraer la semilla del endocarpio se empleó una licuadora, se colocaron las semillas dentro del frasco y se escarificaron por 3 min, después se agregó un poco de agua y se escarificaron por otros 3 min. Transcurrido este tiempo la semilla se separó del endocarpio.
- Para separar las semillas de la basura, se tamizó con una malla del número 16.
- Se escogieron las semillas, utilizando dicho tratamiento, algunas semillas resultan dañadas (alrededor del 15%), las cuales fueron desechadas al igual que los residuos de endocarpio, quedando semilla pura.

Almacenamiento. La semilla es ortodoxa y puede ser almacenada sin refrigerar, no obstante, debe de tratarse para evitar la incidencia de gorgojos.

Tratamiento previo a la siembra. Después de retirar el endocarpio, se recomienda escarificar la semilla, con lija por ejemplo, y remojarla en agua a temperatura ambiente durante 24 h. Tratamientos térmicos de 80° C en horno de secado durante 55 min, también da resultados aceptables.

Siembra. Para obtener una emergencia en tres días, las semillas, tratadas como se mencionó, se deben sembrar a una profundidad de 1 cm.

Literatura citada

- Ábrego, J. H. 1991. Estudio fenológico del mezquite (*Prosopis* spp.) en cuatro localidades del estado de Nuevo León. Tesis profesional. IAF, UANL. México. 40 p.
- Arteaga, R., R. Castro, P. Coras, y M. Peña. 2000. El mezquite (*Prosopis* spp.) en México: una planta en vías de extinción. Agricultura, Ciencia y Técnica 13: 20-24.
- Bosquez-Molina, E., E. J. Vernon, L. Pérez, y L. I. Guerrero. 2000. Películas y cubiertas comestibles para la conservación en fresco de frutas y hortalizas. Industria alimentaria 22(1): 14-29.
- Burkart, A. 1952. Las Leguminosas Argentinas Silvestres y Cultivadas. ACME. Argentina. 567p.
- Cedillo, V., y P. Mayoral. 1997. Agroforestería en Zonas Áridas. FAO. Roma, Italia, 326p.
- Conaza (Comisión Nacional de Zonas Áridas), e INE (Instituto Nacional de Ecología). 1994. Mezquite, *Prosopis* spp.: cultivo alternativo en zonas áridas y semiáridas de México. INE. México. 31p.
- Espinosa, A., y P. Lina. 2006. La sobreexplotación del mezquite y el deterioro de los Ecosistemas. In: Proyecto de Investigación Sustentabilidad de la planificación territorial del desarrollo y medio ambiente de la ZMVM en la Zona Centro del País. IPN, México, D. F. pp. 16-32.
- Felker, P. 1988. Árboles Útiles de la Parte Tropical de América del Norte. Comisión Forestal de América del Norte. E. U. A. 397 p.
- Ffolliott, P. F., y J. Thames. 1983a. Manual sobre Taxonomía de *Prosopis* en México, Perú y Chile. FAO. Roma. 35 p.
- Ffolliott, P. F., y J. Thames. 1983b. Recolección, manipuleo, almacenaje y pretratamiento de las semillas de *Prosopis* en América Latina. FAO. Roma. 39 p.
- Galindo, A. S., y M. García 1986. Uso del mezquite (*Prosopis* L.) en el altiplano potosino. Agrociencia (67): 7-16.
- Gómez, F., J. Signoret, y M. C. Abuín. 1970. Mezquites y Huizaches. Algunos Aspectos de la Economía, Ecología y Taxonomía de los Géneros *Prosopis* y *Acacia* en México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables, A. C. México, D.F., 192 p.
- Hernández-Archundia, F. J. 2011. Uso integral de recursos agroforestales: suplementación de harina de vaina de mezquite (*Prosopis laevigata*) en la producción de hongos seta (*Pleurotus ostreatus*). Tesis M. C. Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, UACH. Chapingo, Edo. Méx. 122 p.
- INE (Instituto Nacional de Ecología). 2002. Cultivo del mezquite. <http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/libros/72/cultivo.html>. (consultado 15 mayo 2008).
- Meza, R., y E. Osuna. 2003. Estudio dasométrico del mezquite en la zona de las Pocitas, B. C. S. INIFAP. México. 56 p.
- Palacios, R. A. 2006. Los mezquites mexicanos: biodiversidad y distribución geográfica. Boletín Sociedad Argentina Botánica 41(1-2): 99-121.

Pennington, T., y J. Sarukhán. 1998. Árboles Tropicales de México. 2ª ed. UNAM, F.C.E. México, 554p.

Rzedowski, J. 1988. Análisis de la distribución geográfica del complejo *Prosopis* (Leguminosae, Mimosoidae) en Norteamérica. Acta Botánica Mexicana 3: 7-19.

Vargas, J. M. 2004. El mezquite: historia, importancia y usos. Universidad de Sonora. <http://www.epistemus.uson.mx/revistas/> (Consultado el 15 de marzo de 2008).

Vega Z., M. Á. 2019. Evaluación de germinación a diferentes tratamientos térmicos para mezquite (*Prosopis laevigata* Humb. & Bonpl. ex Willd M. C. Johnston). Tesis Profesional. Ingeniería Forestal. Dicifo, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 39 p.

Pseudotsuga menziesii (Mirb.) Franco (Pinaceae)

Manuel Mápula Larreta, Reyes Bonilla Beas, Dante Arturo Rodríguez-Trejo,
Edgar Fernando Vázquez-Soto

Nota introductoria

Se denominó como *Pseudotsuga menziesii* a la especie, pues es posible que la semilla aquí analizada corresponda a una nueva variedad todavía por determinar, que no es la var. *glauca* (com. pers. Javier López-Upton), si bien originalmente se había considerado como *P. macrolepis* Flous.

Nombres comunes

Se le conoce como romerillo y pinabete. En el norte se le llama ayarín.

Breve descripción

Árbol de 12 a 35 m de altura, y diámetro normal de 35 a 50 cm, con ramas subverticiladas o irregularmente dispuestas, copa irregular y hojas lineares. Conos largamente ovoides de 5.5 a 7 cm de longitud, por 3.5 a 4 cm de diámetro (Martínez, 1963) (Figuras 42.1 y 42.2A). Taxónomos de EE. UU. consideran que en México solo hay *P. menziesii* var. *glauca* (Espinosa, 1981).

Distribución

Se distribuye en los territorios del Valle de México, Pachuca, Hgo. Chih., Coah., N. L., Pue. y Tlax. (Espinosa, 1981), así como NO de México y se extiende, sin distribución continua, hasta Oax. (Com. pers. Francisco Alberto Domínguez Álvarez, 2015). Se

piensa que originalmente tuvo más amplia distribución. A causa del cambio climático, en el centro de México las poblaciones de la especie han migrado sobre las montañas donde se le localiza, al punto que ya no pueden ir más arriba y las poblaciones continúan reduciéndose. Rzedowski (1978) refiere que los bosques de *Pseudotsuga* en México se hallan entre 2000 y 3200 m s.n.m., en sitios sombríos y húmedos, en laderas de cañadas y barrancas o valles muy protegidos, formando masas entre pinares o mezclándose con otras especies, principalmente *Abies*.

Importancia

Especie con alto potencial comercial debido a la calidad de su madera, producción de taninos, así como en la producción de árboles de navidad (Arteaga y Zenil, 2005). La Norma Oficial Mexicana 059 (Semarnat, 2010), la considera bajo protección especial.

Floración y fructificación

La maduración de conos se da de agosto a septiembre, la dispersión de la semilla ocurre de fines de septiembre a mediados de octubre.

Descripción de la semilla

Semilla vagamente ovoide o subtriangular, tamaño mediano, color castaño, superficie lisa en la cara plana

y estrías en la cara convexa, con ala adnada, color castaño claro, con una longitud media de 11.5 mm (11.3 a 11.8 mm) y 6.7 mm (6.65 a 6.76 mm) de longitud con y sin ala, 4.3 mm (4.22 a 4.27 mm) y 3.45 mm (3.8 a 3.10 mm) de ancho con y sin ala, y 1.8 mm de grosor. Embrión con seis hojas cotiledonares (Martínez, 1963) (Figura 42.2B).

Análisis de semillas

Procedencia. Los lotes analizados fueron recolectados en la Presa Jaramillo del Parque Nacional El Chico, Hidalgo, y en Terrenate y Tlaxco, Tlax. Se trata de poblaciones pequeñas, relictuales, afectadas por endogamia.



Figura 42.1. *Pseudotsuga*. Foto: Efraín Hernández Xolocotzi/Conabio.

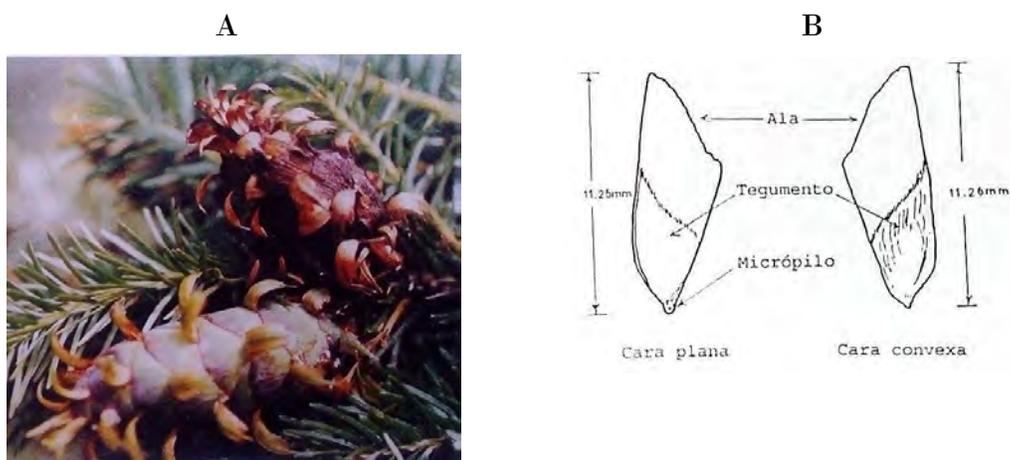


Figura 42.2. A) Maduración del fruto, B) Semilla de *Pseudotsuga menziesii* (Mápula *et al.*, 1996).

Peso. Su peso es de 93 124 semillas llenas kg^{-1} (1000 semillas llenas pesan 10.7 g). Patiño *et al.* (1983), refieren 110 967 a 114 613 semillas kg^{-1} (peso de 1000 semillas de 9.01 a 8.73 g).

Contenido de humedad. El contenido de humedad (base peso en húmedo) de la semilla es de 9.2 %. Esto la tipifica como ortodoxa.

Germinación y factores ambientales. Las pruebas de germinación fueron conducidas en cámaras de ambiente controlado, con un régimen día/noche de 30/20 °C y 10 h de fotoperiodo. A la semilla se le aplicaron tratamientos de remojo en agua destilada (12, 18 y 24 h), más un testigo. El testigo tuvo una germinación de 26.3%, mientras el remojo con 12, 18 y 24 horas la germinación fue 22.3%, 16.7% y 14.3%, respectivamente, sin diferencias significativas entre tratamientos. A nivel de localidades, Terrenate (27.8%) y Tlaxco (24%) mostraron mayor capacidad germinativa que El Chico (8%). Es claro el efecto de la endogamia, relacionada con la reducción de las poblaciones, por los pobres resultados de germinación (Mápula *et al.*, 1996). Patiño *et al.* (1983), obtuvieron una capacidad germinativa de 68%.

Energía germinativa. Se consideró el tiempo en el cual alcanza a germinar 70% de la capacidad germinativa. Ésta varía de 19 a 25 días, sin diferencias por tratamiento ni procedencia.

Latencia

La semilla analizada no presenta latencia.

Regeneración natural

Dispersión. Una vez que los conos abren la semilla es dispersada por el viento.

Tolerancia a la sombra. Las observaciones en campo sugieren que se trata de una especie parcialmente tolerante a la sombra.

Tipo de germinación. Presenta germinación epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla y beneficiar los conos. La semilla se debe recolectar en septiembre y octubre, cuando las escamas de los conos presentaran una coloración café, que se ha considerado un indicador de madurez. Se recolecta de árboles en pie normalmente, en costales que permitan ventilación (así pueden almacenarse 2-3 meses sin que mengue la viabilidad de la semilla). Los conos se pueden secar al aire libre o en hornos (a 32-44 °C) por 2 a 48 h. Los conos secos se pueden poner en tambores rotatorios para extraer la semilla, para proceder luego con su limpieza utilizando separadores mecánicos (por vibración) o que trabajan a base de corrientes de aire, desalado (mecánico en tambor rotatorio o manual cuando la semilla no es mucha), otra limpieza y clasificación por tamaño, de ser requerida (Young y Young, 1992).

Almacenamiento. Se recomienda su almacenamiento con 6-9% de contenido de humedad de la semilla, entre 0 y -18 °C (Young y Young, 1992). Patiño *et al.* (1983), señalan que luego

de 85 meses de almacenamiento a unos 0 °C, la capacidad germinativa de la semilla de esta especie se redujo de 68 a 29%.

Tratamiento previo a la siembra. No necesita tratamiento pregerminativo.

Puede darse un remojo en agua para activar y uniformar la germinación.

Siembra. Las semillas pueden sembrarse directamente en camas de crecimiento o en almácigos, con una profundidad de siembra de 1 cm.

Literatura citada

Alba, L. J., M. Hernández L. del C., T. Ramos O. S. 2006. Variación en plantas de *Pseudotsuga macrolepis* Flous de tres procedencias del Estado de Tlaxcala, México. *Foresta Veracruzana* 8 (2): 1-6.

Arteaga, M. B., y Zenil, R. J. 2005. Fertilización en vivero de *Pseudotsuga macrolepis* Flous. *Foresta Veracruzana* 7(1):41-45.

Espinosa de G. R., J. 1981. Gymnospermae. In: Rzedowski, J., y G. C. de Rzedowski (eds.). *Flora Fanerogámica del Valle de México*. CECSA. México. pp. 63-76.

Mápula L., J. M., Bonilla B., R. y Rodríguez Trejo, D. A. 1996. Pruebas de germinación y evaluación del crecimiento inicial de *Pseudotsuga macrolepis* Fluos en Chapingo, Méx. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales* II(1): 111-117.

Martínez, M. 1963. *Las Pináceas Mexicanas*. 3ª ed. Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México, México, D.F. 401 p.

Patiño V., F., P. de la Garza, Y. Villagómez A., I. Talavera A., y F. Camacho M. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. *Boletín Divulgativo* 63. INIFAP. México. 181 p.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 432 p.

Semarnat (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-015-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres -Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. *Diario Oficial de la Federación (Segunda Sección)*, jueves 30 de diciembre de 2010. 78 p.

Young, J. A., and C. G. Young. 1992. *Seeds of Woody Plants in North America* Dioscorides Press. Portland, OR. 407 p.

Quercus L. (Fagaceae)

Dante Arturo Rodríguez Trejo, Esperanza García Pascual

Nombres comunes

La gran cantidad de especies del género tiene una gama de nombres y una sola especie de encino puede recibir cantidad de nombres comunes en diferentes regiones. Como muestra, a continuación, se proporcionan algunos de ellos, que incluyen los epítetos encino o roble, de acuerdo con Martínez (1987).

Encino amarillo (*Q. castanea* Muhl), encino capulahuatl (*Q. xalapensis* Bonpl.), encino capulincillo (*Q. microphylla* Née), encino chino (*Q. salicifolia* Née), encino hojascalco (*Q. crassifolia* Benth.), encino laurelillo (*Q. laurina* M. Martens & Galeotti), encino naps (*Q. magnoliifolia* Née), encino rey (*Q. corrugata* Hook.), encino roble amarillo (*Q. glaucescens* Bonpl.), encino tapahuite (*Q. elliptica* Née), encino tesmolillo (*Q. crassipes* Bonpl.), roble serrano (*Q. virginiana* Mill.). En la obra referida, el nombre común más frecuente es encino colorado, en 15 especies. Asimismo, *Q. crassifolia* cuenta con 10 nombres comunes.

Breve descripción

La forma biológica de los encinos, va desde árboles (*Q. uxoris* McVaugh puede alcanzar 45 m de altura, y *Q. skinneri* Benth., 40 m), hasta arbustos (como *Q. microphylla*, *Q. frutex* Trel. y *Q. repanda* Michx.) (Zavala, 2003;

Romero *et al.*, 2015), con algunos que, según las condiciones de crecimiento, pueden ser arbusto o árbol. Así, *Q. microphylla*, típicamente arbustivo, también puede hallarse como árbol bajo (por ejemplo, en Perote, Ver.).

Hay especies típicamente caducifolias (*Q. acutifolia* Née, *Q. candicans* Née, *Q. mexicana* Bonpl.) y otras perennes, o que tienden a serlo (*Q. crassipes*, *Q. frutex*, *Q. laurina*, *Q. rugosa* Née). En los encinos blancos (subgénero *Lepidobalanus*), la corteza es relativamente suave, escamosa, gris o café grisáceo, pero en tonalidades generalmente claras. En los encinos rojos y negros (subgénero *Erythrobalanus*), la corteza es profundamente fisurada o escasamente escamosa, oscura y dura. Las formas de las hojas más comunes en encinos mexicanos son elíptica, ovada, obovada, lanceolada, oblanceolada, suborbicular y oblongo acuminada. Su margen puede ser dentado, entero, dentado sinuado, dentado ondulado, crenado, revoluto, recto y otros. La presencia de aristas en los dientes de la hoja es típica del subgénero *Erythrobalanus*. El ápice es aristado en los encinos rojos y mucronado en los blancos. Con mucha frecuencia el envés de las hojas es tomentoso (Zavala, 2003) (Figuras 43.1 y 43.2).

A



B



C



Figura 43.1. A) La contribución a la biodiversidad y servicios ambientales de los bosques de encino y pino-encino, es grande. Bosque de pino-encino en la comunidad de Villahermosa, Mipio. Villaflores, Chis., 2016. B) y C) Estos bosques también ofrecen una gama de productos forestales. Elaboración de un horno de carbón en Villa del Carbón, Edo. de México, 2012. Fotos: DART.

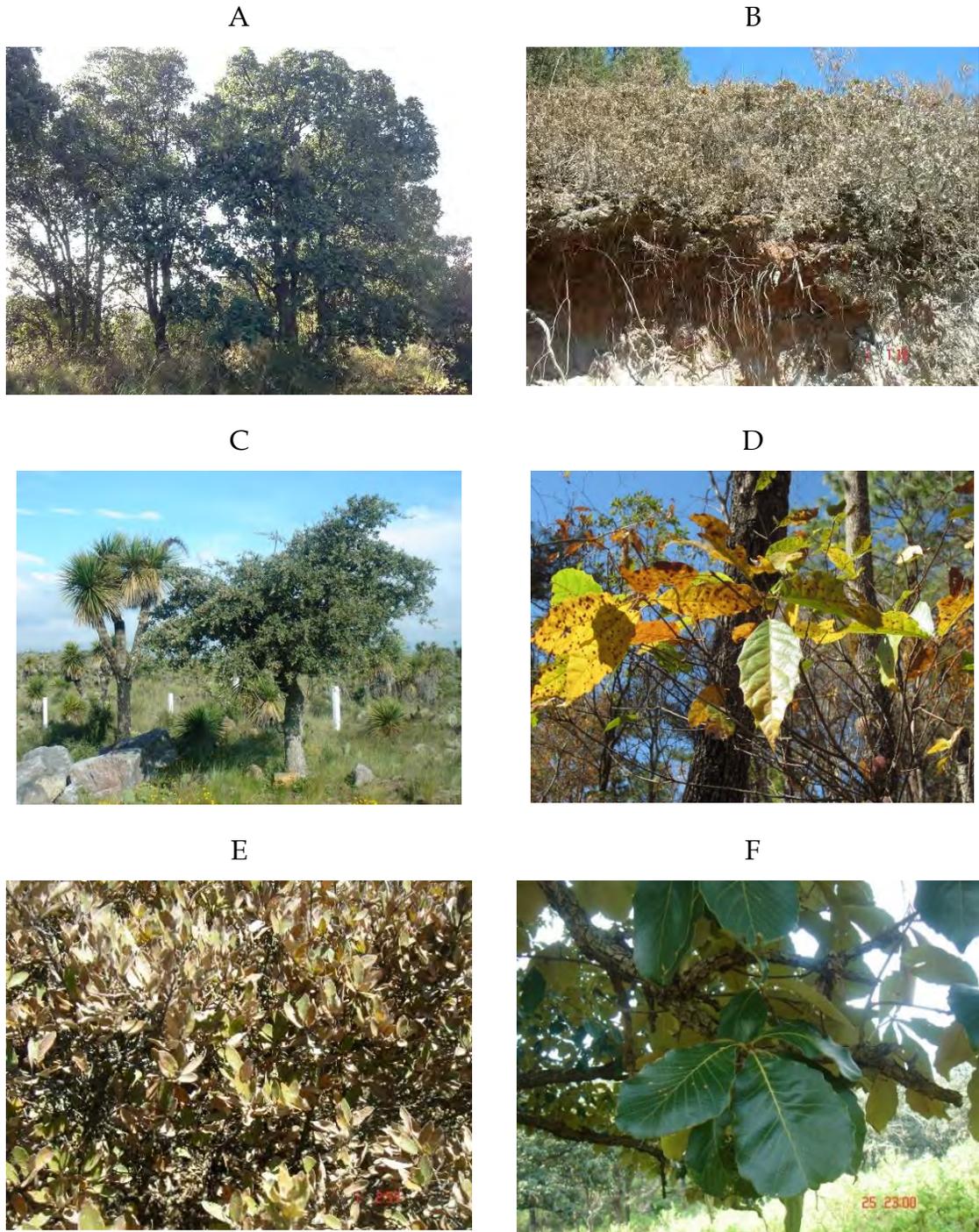


Figura 43.2. Muestra de la variabilidad en caracteres en especies de encinos. A) árboles de *Q. rugosa* en las faldas del Tlálloc, Edo. Méx., 2015. B) *Quercus frutex*, típica especie arbustiva, Totolapan, Edo. Méx., 2009. C) El *Q. microphylla*, puede ser un pequeño árbol, como en esta foto de la zona árida poblano-veracruzana (2010) o arbustivo. D) Hojas de *Q. skinneri* (Villaflora, Chis., 2016), E) *Q. frutex* (Edo. Méx., 2009) y F) *Q. magnoliifolia* (Jal., 2010). Fotos: DART.

Los encinos producen sus flores masculinas en amentos y las femeninas en espigas, en el mismo árbol (Zavala y García, 1996). Si bien se considera que Fagaceae tiene plantas monoicas (Nixon, 1993), Trelease (1924) alude rudimentos de pistilo en flores estaminadas de algunos *Quercus* asiáticos. En México, Romero *et al.* (2000) hallaron flores hermafroditas en *Quercus glaucoides* M. Martens & Galeotti de Michoacán. Más aún, en EE.UU. se notó cambio de expresión masculina a femenina cuando algunos individuos de *Q. gambelli* Sarg. crecen bajo dosel (Zavala y García, 1996). El fruto es una nuez adherida a un involucre (cúpula), conocida en conjunto como bellota, de tamaño y características variables entre especies (Zavala, 2003).

Distribución

En el país existen 14 200 000 ha de bosques de coníferas y latifoliadas, que en su mayoría son de *Pinus* y *Quercus*, así como 9 600 000 ha de bosques de latifoliadas, en particular con *Quercus*. Este género se halla en regiones templado-frías, semiáridas y tropicales del país, tanto sobre rocas ígneas como sedimentarias o metamórficas (Rzedowski, 1978), entre 0 y 3500 m s.n.m. (Zavala, 1998). Puede formar masas con especies del género o bien mezclarse con pinos, dominando o no. Zavala (2002) señala que la única entidad federativa en la cual no hay encinos es Yucatán. Asimismo, de acuerdo con esta última fuente, el estado con más especies de encino es Jalisco, con 41 de ellas, en tanto que los estados con menos

especies son Quintana Roo y Campeche, donde sólo tienen a *Q. oleoides* Schltdl. & Cham. (Figura 43.3). Por otra parte, entre las especies de más amplia distribución y dominantes en México se encuentran *Q. rugosa*, *Q. castanea* y *Q. laurina*. En contraste, entre las que se hallan en varias entidades, pero casi nunca dominan se encuentran *Q. conspersa* Benth. y *Q. peduncularis* Née (Zavala *et al.*, 1999). Asimismo, especies como *Q. benthamii* A.DC., *Q. cupreata* Trel. & C.H.Mull., *Q. duratifolia* C.H.Mull., *Q. greggii* Trel., *Q. hypoxantha* Trel., *Q. insignis* M.Martens & Galeotti, *Q. martinezii* C.H.Mull., *Q. orizabae* Liebm. y *Q. uxoris*, habitan uno o pocos estados (Zavala, 1995; Romero *et al.*, 2015).

Importancia

Zavala (2007) refiere que en México existen cerca de 170 especies de encinos. Valencia (2003) considera 109 de ellas endémicas. La última autora señala que en Estados Unidos hay 90 especies y 35 en Centroamérica, para un total de 234 a nivel continental (eliminando las repeticiones por especies compartidas). México posee 69% de las especies del género en el continente. Los bosques de encino o los de pino-encino, proveen relevantes servicios ambientales y recursos económicos para las sociedades urbana y rural. Son hábitat para innumerables especies, muchas de las cuales se restringen al encinar o al bosque de pino-encino. Ostentan una gran biodiversidad (Rodríguez-Trejo y Myers, 2010). Coombes *et al.* (2020), señalan que un encino adulto puede albergar 2000 organismos.

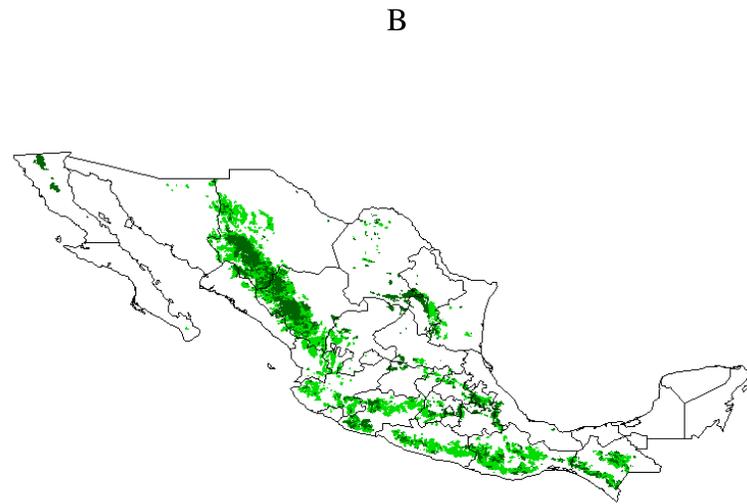
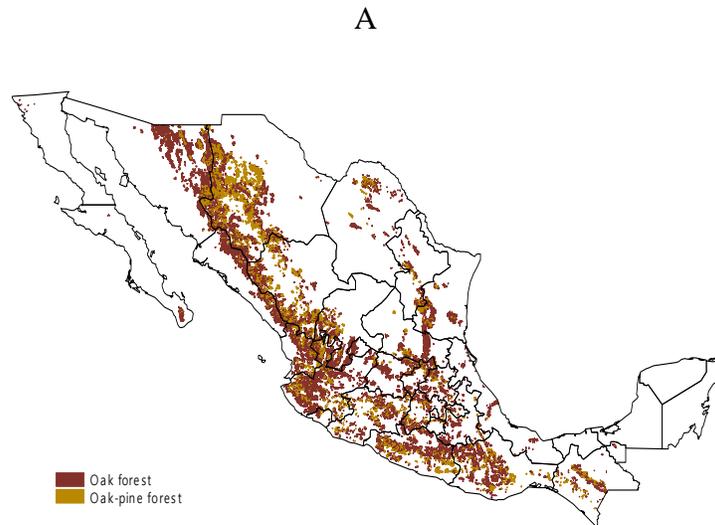


Figura 43.3. A) Distribución de los bosques de encino (café oscuro) y de encino-pino (Café claro), así como los de B) pino-encino (verde claro) y pino (verde oscuro), en México (Con base en INEGI, 2000).

Infinidad de comunidades rurales se encuentran en o cerca de encinares o bosques de pino-encino, donde elaboran carbón. La madera de los encinos se emplea para la construcción de viviendas, muebles y como leña. Un uso común para la madera de este género, dada su alta densidad, es

como mango o cabo de herramientas. También se utiliza para hacer muebles y duelas, en postes para cercas, cajas para empaque, construcciones, artesanías, entre otros. Las bellotas de los encinos se utilizan como alimento para cerdos en muchas partes (LeSur, 2011, Rodríguez-Trejo, 2014).

Floración y fructificación

Las flores se producen en la primavera (marzo a mayo) (Figura 43.4), los frutos maduros se tienen de agosto a noviembre, a veces hasta diciembre y en algunas especies hasta enero o febrero; las nueces de encinos blancos se producen en un año, las de los rojos tardan dos (Zavala y García, 1996). Diversos encinos norteamericanos comienzan su producción de semillas a los 15-25 años. Algunos se anticipan (5-12 años de edad), mientras que algunos otros inician tardíamente (30-40 años) (Young y Young, 1992).

Descripción de fruto y semilla

Los frutos de los encinos son conocidos como bellotas, que constan de un involucre (cúpula) y la nuez, dentro de la cual está la semilla. Esta última es cotiledonar, con los cotiledones cubriendo la gran mayor parte de la cavidad seminal (Figuras 43.5 a 43.9). Zavala y García (1996) refieren que rara vez es posible hallar dos semillas en una sola nuez, en especies como *Q. mexicana* y *Q. rugosa*, entre otras.

Análisis de semillas

Pureza. En el vivero se utiliza a la nuez directamente, sin extraer la semilla. Por ello, el procesamiento es poco. Se remueven las cúpulas, si no cayeron ya, y algunos restos de hojas y ramas. La pureza normalmente es elevada, de 72 a 100% (Cuadro 43.1).

Peso. Existe una gran variabilidad inter e intraespecífica en el tamaño de las nueces y las semillas que contienen. En este párrafo nos referimos a las

nueces. En varias especies su longitud puede ser de 0.8 cm o apenas pasar de 1 cm, como en *Q. affinis* [Scheidw.], *Q. coccolobifolia* Trel. o *Q. frutex*, entre otros. Esas especies pueden tener cerca de o poco más de 1000 semillas kg⁻¹. En cambio, las semillas de *Q. skinneri* y de *Q. germana* Schltdl. & Cham. pueden alcanzar casi 4 cm de longitud y la de *Q. insignis* 5 o 6 cm de diámetro. Esta última con sólo 17 a 29 semillas kg⁻¹ (1000 semillas pesan 58.82 y 34.48 kg, respectivamente) (Cuadro 43.1). La de *Q. insignis*, está reconocida como la bellota de *Quercus* más grande de entre todas las especies del género en el planeta (García *et al.*, 2014) (Figura 43.7C y 43.9A). Desde luego, hay variación intraespecífica importante en el tamaño de nuez y semilla. Por ejemplo, Márquez *et al.* (2005) hallaron significativa variación en longitud, ancho y peso de la semilla de *Q. oleoides* entre árboles y entre tres poblaciones del centro de Ver.

Contenido de humedad. Las semillas del género son recalcitrantes, es decir, tienen elevados contenidos de humedad y poca longevidad bajo almacenamiento. Se ha observado que, en condiciones de cuarto fresco, se pueden almacenar por tres a seis meses. En estratificación a temperatura de cuarto fresco pero entre arena ligeramente húmeda, o en refrigeración, el lapso de almacenamiento aumenta de seis meses a poco más de un año. Aunque son muy pocas las investigaciones sobre almacenamiento de semillas mexicanas de *Quercus*, en general puede decirse que hay una reducción tendiente a lineal en la viabilidad a

mayor tiempo de almacenamiento. Se sabe que las semillas de encinos rojos pueden ser almacenadas durante más tiempo que las de los blancos, lo cual se comenta con más detalle en el subtítulo de Almacenamiento.

En la literatura donde se ha analizado esta variable se incluyen desde

semillas recientemente recolectadas hasta otras que llevan varios meses de almacenamiento. En especies del país se han registrado extremos para el contenido de humedad, base en fresco, como 18.7% para *Q. glaucescens* y 74.3% para *Q. greggii* (Cuadro 43.1).

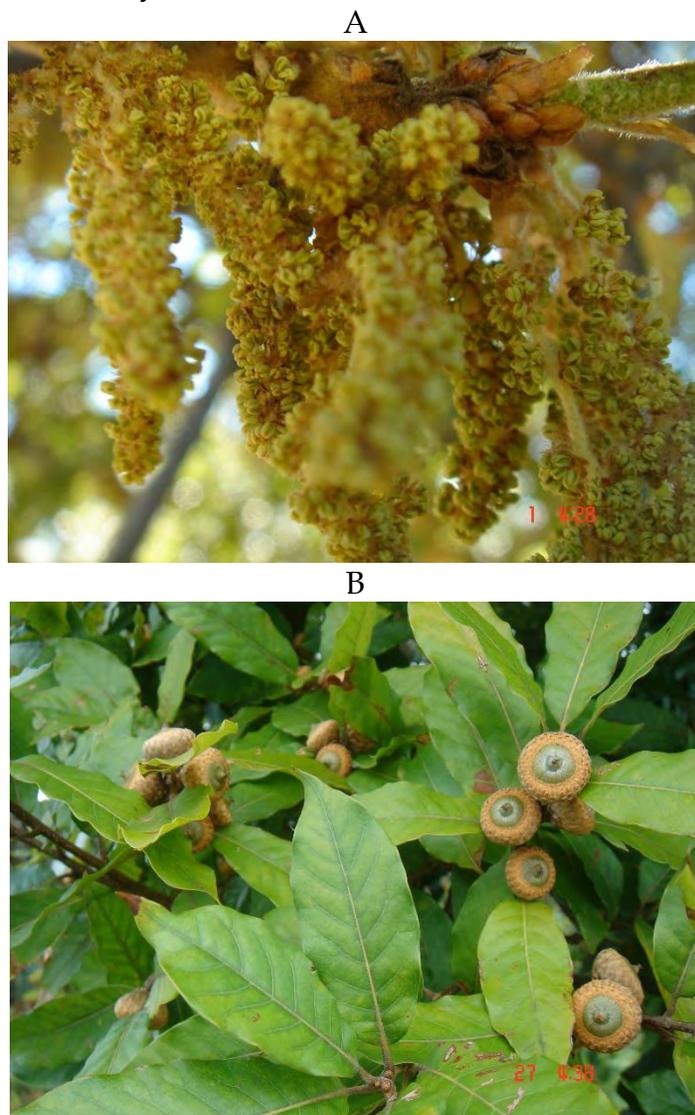


Figura 43.4. A) Amentos de *Q. rugosa.*, Totolapan, Edo. de Méx. B) Bellota de *Q. acatenangensis* en desarrollo, Reserva de la Biosfera El Triunfo, Chis. Fotos: DART, 2009 y 2005.

Germinación y factores ambientales.

Como se trata de un género con semillas recalcitrantes, es claro que el

tiempo de realización de las pruebas de germinación después de la recolecta, o bien el tiempo de

almacenamiento así sea breve, es un factor que influye en la capacidad germinativa. El género además consta de especies colonizadoras, intermedias o de etapas sucesionales avanzadas, lo cual puede afectar la temperatura óptima, así como los requerimientos de luz para la germinación.

En distintas procedencias y recolecciones de semilla llevadas a

cabo en diferentes años, el tamaño de la semilla, afectación por insectos plaga y enfermedades de frutos y semillas, pueden variar y tener influencia en la capacidad germinativa de las diferentes especies. Asimismo, las pruebas de germinación se han llevado a cabo en una gama de condiciones, tanto de cámara de ambiente controlado como de vivero, invernadero o campo.

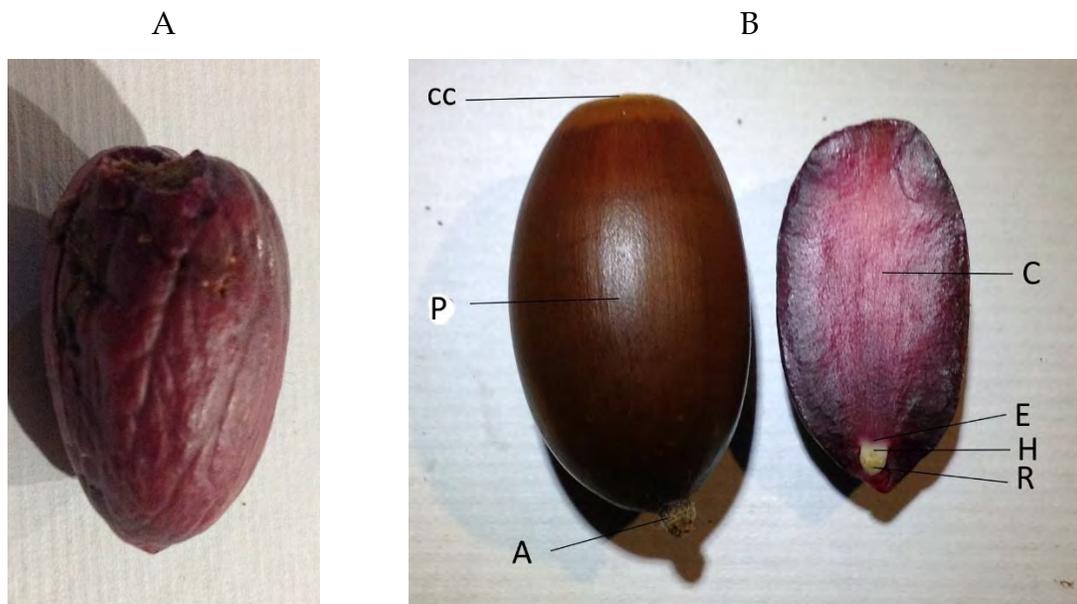


Figura 43.5. A) Vista exterior de la semilla de *Q. rugosa*. B) Izquierda: nuez (CC=cicatriz de la cúpula, P=pericarpio, A=ápice). Derecha: semilla (C=cotiledón, E=epicótilo, H=hipocótilo, R=radícula) de *Q. rugosa* (Huerta y Rodríguez-Trejo, 2011).

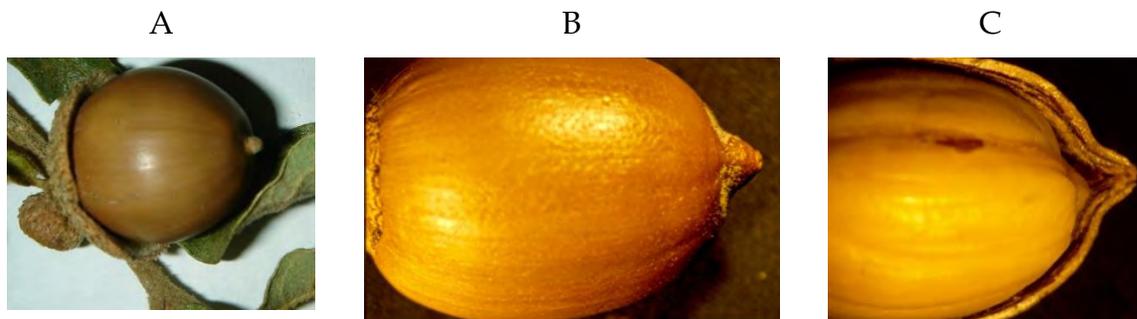


Figura 43.6. A) Bellota de *Q. frutex*, aunque esta especie arbustiva se reproduce más comúnmente por rizomas. Totolapan, Edo. de Méx. B) Nuez y C) semilla de *Q. crassipes*. Fotos: A) DART, 2009, B) y C) DART, 1994, Lab. Semillas Forestales, Dicifo, UACH.

A



B



Figura 43.7. A) Muestra de la variabilidad intraespecífica del tamaño de las nueces y semillas, en este caso *Q. rugosa* del Edo. de Méx., 2016. B) Muestra de la variabilidad interespecífica de las nueces (y semillas) de encinos. De izquierda a derecha y de arriba hacia abajo: *Q. laurina*, *Q. mexicana*, *Q. candicans*, *Q. skinneri* y *Q. insignis*, 2014. Fotos: DART.

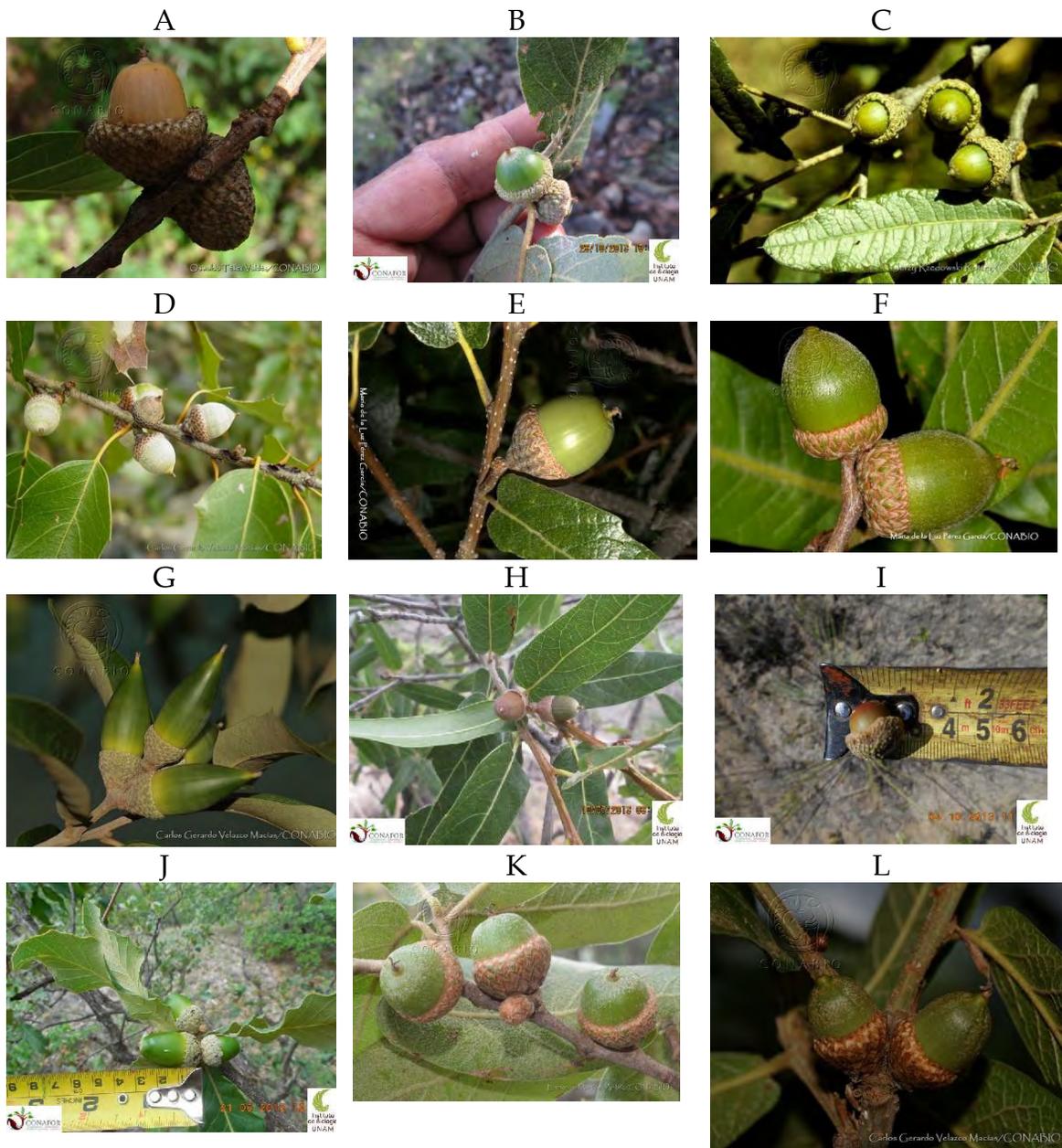


Figura 43.8. Frutos de varios encinos mexicanos. A) *Q. acutifolia*, B) *Q. arizonica*, C) *Q. candicans*, D) *Q. canbyi*, E) *Q. castanea*, F) *Q. elliptica*, G) *Q. fusiformis*, H) *Q. emoryi*, I) *Q. greggii*, J) *Q. liebmannii*, K) *Q. mexicana*, L) *Q. rysophylla*. Fotos: A) Oswaldo Téllez Valdés/Conabio, B) Julio Delgado Alvarado, Mauricio A. Mora Jarvio, C) Jerzy Rzedowski Rotter/Conabio, D), F), G) y L) Carlos Gerardo Velazco Macías/Conabio, E) y F) María de la Luz Pérez García/Conabio, H) Andrés Meraz Cárdenas, Mauricio A. Mora Jarvio, I) Tomás Yescas de los Ángeles, Mauricio A. Mora Jarvio, J) Miriam Icela Alvarado Flores, Mauricio A. Mora Jarvio, K) Emmanuel Martínez Ambriz/Conabio. B), H), I) y J) Conafor, Instituto de Biología UNAM, Proyecto Irekani.

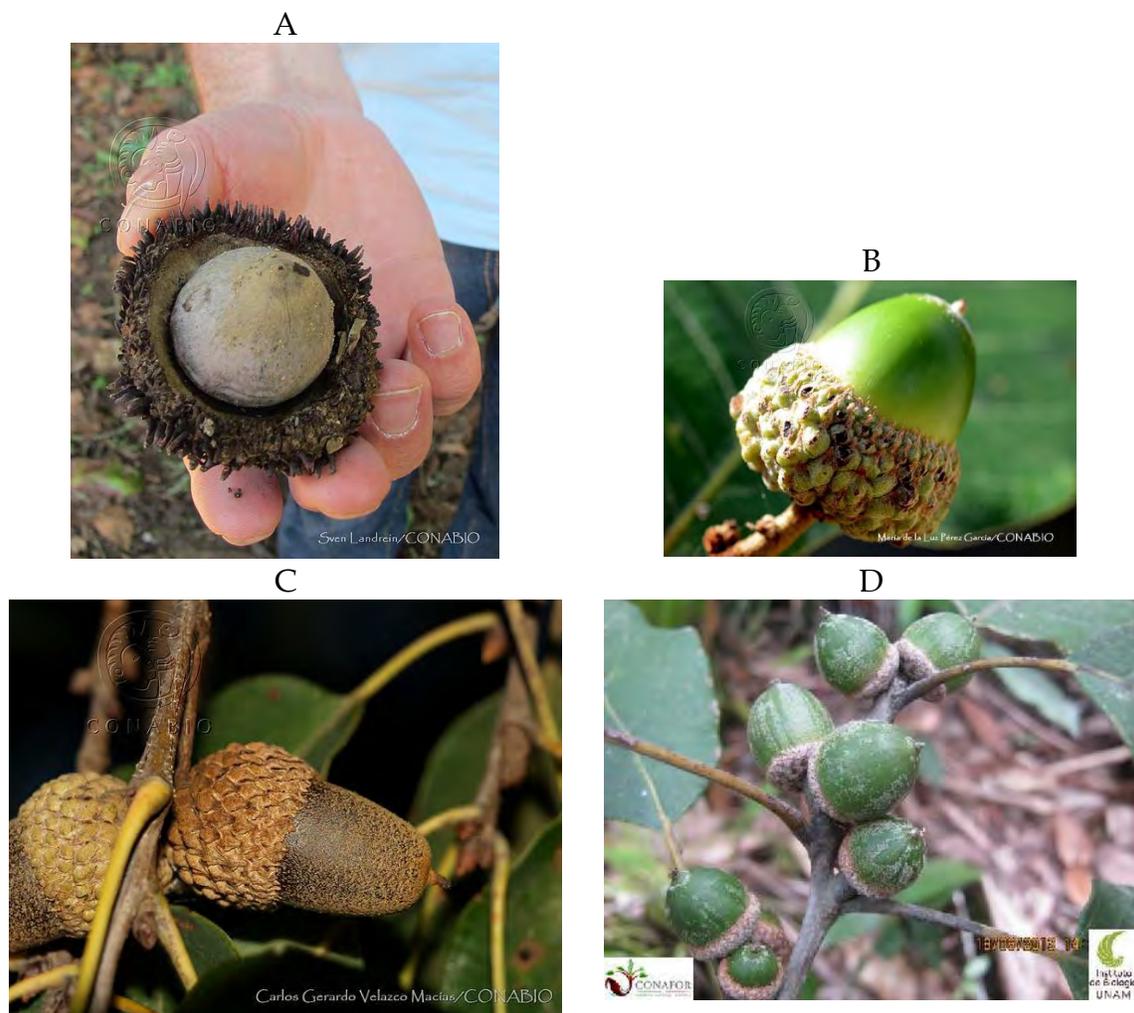


Figura 43.9. Más nueces de encinos mexicanos. A) *Q. insignis*, B) *Q. magnoliifolia*, C) *Q. polymorpha*, D) *Q. scytophylla*. Fuentes: A) Sven Landrein/Conabio, B) María de la Luz Pérez García/Conabio, C) Carlos Gerardo Velazco Macías/Conabio, D) José Luis Flores Nicanor, Mauricio A. Mora Jarvio, Conafor, Instituto de Biología UNAM, Proyecto Irekani.

Por todas las razones mencionadas, los resultados de capacidad germinativa son muy variables entre y dentro de las distintas especies estudiadas. En este capítulo se concentra la información, producto de revisión bibliográfica y de integración de algunos trabajos propios, sobre 34 especies del género. La cifra implica que existe información por lo menos

para 22% de las especies con las que contamos en México, pero no cabe duda que la mayor parte de las especies del género *Quercus*, tan relevante ecológicamente, no han sido estudiadas lo suficiente, ni en su semilla ni en su propagación en viveros forestales, si bien hay avances.

Bajo la influencia de la variedad de factores aludidos que influyen la

capacidad germinativa, la literatura reporta capacidades germinativas desde 27% en una procedencia de *Q. mexicana*, hasta 100% para varias especies (Cuadro 43.1). Al parecer, bajo condiciones óptimas, las especies del género pueden producir altas capacidades germinativas, de 100% o cercanas a este valor.

Normalmente se consigue mejor germinación en cámaras de ambiente controlado que en invernadero o campo. Los principales regímenes día/noche que han dado buenos resultados en las pruebas de germinación son: 30/20, 30/25, 25/20 °C, así como temperaturas constantes dentro del intervalo 20-30 °C. Clark *et al.* (2018) refieren, para *Q. macdougalii* Martínez, 50% de germinación en laboratorio, pero solo 20% en campo.

Como en pinos, la semilla grande de encinos germina mejor. En un lote con germinación promedio de 51.7% para *Q. rugosa*, Huerta y Rodríguez-Trejo (2011) hallaron diferentes capacidades germinativas según el tamaño de la semilla: 70% (grande), 50% (mediana) y 40% (pequeña). Bonfil (1998) encontró, para esta última especie y para *Q. laurina*, que a mayor tamaño de semilla mayor supervivencia y crecimiento de la plántula. La producción de semilla también guarda relación con la capacidad germinativa. En Tejupilco, Hgo., en 2005 y 2006 hubo una escasa producción de semilla de *Q. hintonii* E.F.Warb., la cual mostró una pobre capacidad germinativa (10%). Hacia 2007 hubo una abundante producción y dicha

variable alcanzó 90% (Díaz y Reyes, 2009).

Energía germinativa. En diferentes especies, se han reportado de 16 a 35 días para alcanzar 75% de la capacidad germinativa (Cuadro 43.1).

Viabilidad. La viabilidad es igual o ligeramente superior a la capacidad germinativa.

Latencia

Generalmente las semillas de encinos blancos tienen poca o ninguna latencia, germinan bien después de madurar. En cambio, las semillas de encinos rojos o negros pueden exhibir latencia variable (Young y Young, 1992, Zavala 2001, 2004). En los encinos blancos, la recalcitrancia es muy marcada. Su deshidratación reduce drásticamente la viabilidad (Bonner, 1996). La latencia que presentan algunos encinos es fisiológica. Por ello, algunas especies mexicanas pueden requerir estratificación para germinar. Entre las especies de Estados Unidos, también presentes en México, que tienen dicha latencia, están: *Q. agrifolia* Née (encino del subgénero *Erythrobalanus*, rojo), *Q. chrysolepis* Liebm. (*Protobalanus*, negro), *Q. dumosa* Nutt. (*Lepidobalanus*, blanco), *Q. polymorpha* Schlttdl. & Cham. (blanco) y *Q. wislizeni* A.DC. (rojo) (Young y Young, 1992, Baskin y Baskin, 2001). La estratificación en encinos norteamericanos con latencia, puede hacerse en arena húmeda, pero bien drenada, o material similar, por 30 a 90 días a 0-5 °C (Young y Young, 1992).

Regeneración natural

Producción de semilla y depredación.

Aunque tanto la producción de semilla como su consumo por animales silvestres y afectación por insectos plaga es sumamente variable, la siguiente investigación nos da una idea de estos fenómenos. Clark *et al.* (2018), hallaron para *Q. macdougallii* que en promedio un árbol produce 1735 bellotas por año, de las que son consumidas por animales el 7% y 8.7% son afectadas por parasitismo. Bonner (2003) señala que, en años no productivos, se producen unos cientos de nueces por árbol, pero que, en años buenos, se producen entre 2000 y 30 000 nueces por individuo, también anota que las cifras más altas solo se observarán en árboles maduros que cuentan con plenitud de espacio de crecimiento, por ejemplo, entre pastizales. Willan (1991) refiere que, en años con abundante producción, pueden producirse $> 2 \text{ t ha}^{-1}$ de bellota de *Quercus* europeos. En California, EE. UU., los encinos tienen años semilleros cada 2 a 6 años (McCreary, 2009). En encinos californianos, donde el lapso entre floración y producción de nueces es de un año, los años secos y cálidos durante la primavera de la floración, favorecen la polinización, que es por el viento, y la producción de nueces del año siguiente (Koenig *et al.*, 1996).

Dispersión. Las semillas de encinos se dispersan por gravedad y gracias a la fauna (Figura 43.10). De acuerdo con Zavala y García Moya (1996), son fuente de alimento atractiva para muchos elementos faunísticos, al

punto que se han registrado datos de consumo de 98.5% en el encino de Europa *Q. petraea* (Matt.) Liebl. ratones y ardillas de forma común guardan nueces en sus madrigueras, a unos 10 a 30 m de la fuente de las mismas. El contraste lo ofrece el ave azul *Cyanocitta cristata* Linnaeus, del centro y este de Estados Unidos, que puede transportar nueces desde cientos de metros hasta 5 km de distancia. Otros consumidores relevantes y que también contribuyen a la dispersión, son las ardillas arborícolas, *Sciurus* sp., como en la Sierra de Pachuca (Zavala y García Moya, 1996).

Banco de semillas. A pesar de la recalcitrancia de las semillas del género, con frecuencia los árboles producen semilla anual o bianualmente y constituyen bancos efímeros de tal forma. De acuerdo con Moscoso y Diez (2005), en Colombia *Q. humboldtii* Kotschy ex A.DC. es una de las especies dominantes en el banco de semillas, de entre 41 géneros. Si bien la composición del banco no reflejó la del bosque, tal banco está formado principalmente por especies herbáceas, con pocas entre la hojarasca y abundancia de semillas viables en los primeros 10 cm de profundidad del suelo. Asimismo, existe una gran variabilidad en la distribución espacial de las semillas.

Tolerancia a la sombra. En general los encinos son sensibles a la desecación de su semilla. Por ejemplo, Zavala (2007) refiere que *Q. microphylla* y *Q. obtusata* Bonpl. requieren de alguna sombra del dosel o de la hojarasca para no deshidratarse y poder germinar.

Varias especies de encino pueden permanecer como árboles de regeneración (brinzales) mientras estén bajo sombra. Así pueden pasar 20 años y no crecerán en tanto no se abra un claro que les proporcione luz (Zavala, 2001).

Existe una tendencia en la cual las especies de semilla grande tienden a requerir más sombra para germinar,

pues corresponden a etapas sucesionales avanzadas. Rodríguez-Trejo y Myers (2010) hacen una síntesis de diversas características de los encinos y sus frutos en relación con adaptaciones al fuego. Ahí analizan 72 especies de *Quercus* nacionales, de las cuales para 35 se halló información sobre etapas sucesionales y tamaño de la bellota.

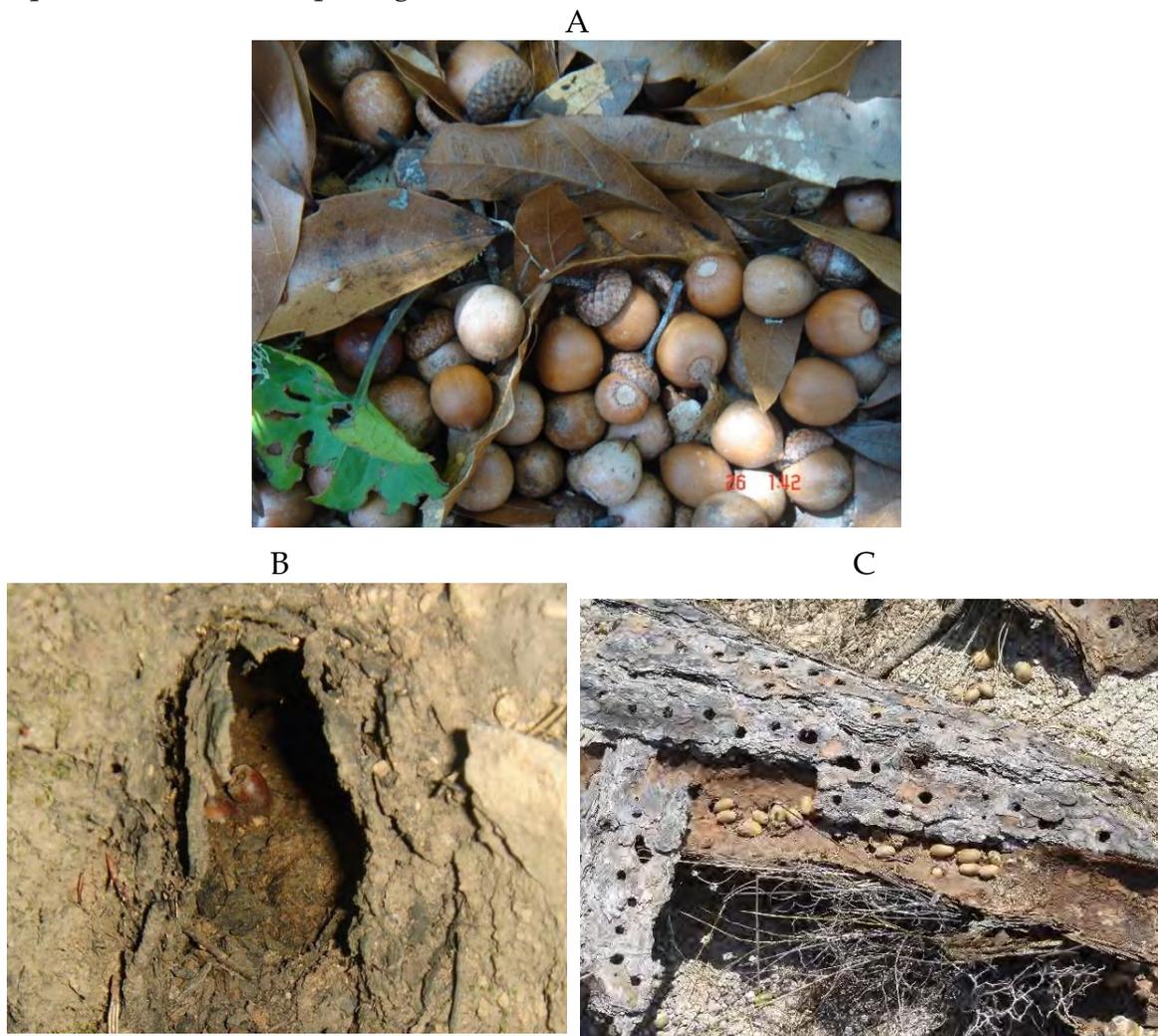


Figura 43.10. A) La gravedad deposita las bellotas (*Q. crassifolia*) en el piso forestal, pero los roedores la llevan a sus madrigueras (B) (ambas fotos en Chignahuapan, Puebla, 2009). Las aves también dispersan la semilla. Esta corteza de pino, antes de resultar desprendida, fue depósito de semillas en las perforaciones hechas por un pájaro carpintero (C) (Coahuila, 2011). Fotos: DART.

En algunos encinos de EE. UU., Japón y México (en Tamps., *Q. germana* y *Q. sartorii*), se ha observado el denominado “síndrome de Óscar”, que consiste en que luego de la germinación se forman densas poblaciones juveniles bajo dosel, hasta por unos 20 años, sin crecimiento en tanto no se abra un claro (Zavala y García, 1996).

Un total de 23 especies son arbóreas, y el resto (12) arbustivas o que pueden presentar cualquiera de las dos formas de vida. Entre las especies arbóreas, nueve tienen semilla grande (o que pueden tenerla de pequeña a grande) y se han registrado en etapas sucesionales intermedias o tardías (o bien de iniciales a intermedias). Tales especies son *Q. germana*, *Q. glaucescens*, *Q. insignis*, *Q. magnoliifolia*, *Q. martinii*, *Q. obtusata*, *Q. oleoides*, *Q. virginiana* y *Q. xalapensis*. Asimismo, doce especies de encinos arbóreos tienen semilla pequeña y se encuentran en etapas sucesionales iniciales (o bien de iniciales a intermedias). Tal es el caso de *Q. corrugata*, *Q. crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. laurina*, *Q. peduncularis*, *Q. rhysophylla* Weath. y *Q. sartorii* Liebm. Solamente dos especies, *Q. rugosa* y *Q. laeta* Liebm., tienen bellota grande y son de etapas sucesionales iniciales (Rodríguez-Trejo y Myers, 2010).

Entre los encinos arbustivos la tendencia es menos clara. De las 12 especies, cinco tienen semilla grande (o de pequeña a grande) y se presentan en etapas sucesionales intermedias a tardías (o bien de temprana a intermedia): *Q. agrifolia*, *Q. arizonica*

Sarg., *Q. chrysolepis*, *Q. glabrescens* A.Kern. y *Q. wislizeni*. Cuatro especies cuentan con semilla pequeña y son de etapas sucesionales tempranas: *Q. frutex*, *Q. microphylla*, *Q. potosina* Trel. y *Q. repanda*. Finalmente, en tres especies la semilla es pequeña y se presentan en etapas sucesionales desde tempranas hasta tardías: *Q. emoryi* Porter & J.M.Coult., *Q. hypoleucoides* A.Camus y *Q. oblongifolia* Torr. Los encinos arbustivos desarrollan una red rizomatosa que les permite una abundante rebrotación, su principal medio reproductivo (Rodríguez-Trejo y Myers, 2010).

Factores que dificultan la regeneración de encinos.

En California, es posible que los siguientes factores expliquen la poca regeneración de diversos encinares: pastos y herbáceas dicotiledóneas introducidos, que absorben mucha humedad del suelo y la regeneración de encinos compite sin éxito por ella; vacunos y ovinos que incluyen en su dieta nueces y plántulas de encinos; aumento en poblaciones de roedores que se alimentan de semillas de herbáceas pero también consumen las de encinos; la reducción en frecuencia de incendios que antes de la colonización europea eran causados por naturaleza e indios y que favorecía la regeneración por semilla y rebrotación de encinos; el cambio climático global, con condiciones más cálidas y secas que no favorecen la regeneración de encinos; y posibles fluctuaciones naturales en la regeneración de las especies de este género (McCreary, 2009).

Tipo de germinación

La germinación de los encinos es típicamente hipógea, ya que durante este proceso y algún tiempo después, los cotiledones se mantienen en el piso o sustrato (Figura 43.11).

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. La recolección puede hacerse del árbol, muy cerca de la madurez, cuando la nuez está verde pero ya ha alcanzado el tamaño máximo o cuando comienza a madurar o ya está madura. Esto puede hacerse a mano o agitando las ramas con una garrocha para que las nueces caigan sobre lonas previamente dispuestas bajo la copa. Las bellotas también se pueden recolectar del piso, pero cuando su color café sea oscuro. En la medida que la semilla del piso comienza a presentar un tono más claro (indicativo de que se deseca y descompone), pierde capacidad germinativa, como hallaron Rodríguez-Trejo y Pompa-García (2016) para *Q. deserticola*. El paso de color verde a café (madurez) y luego a tonos más claros, inicia de la cicatriz de la cúpula al ápice (Figura 43.12). De acuerdo con Willan (1991), en Europa la recolección se hace con una aspiradora especial.

Además del color del fruto, Bonner (2003) señala que otros indicadores de que una bellota está madura, son: facilidad con la que se separa la cúpula de la nuez (más fácil en nueces maduras, aunque hay algunas excepciones), el color de la cicatriz en la cúpula (en encinos rojos tal cicatriz

es “brillosa”) y el color de los cotiledones. Este último puede ser blanco, amarillento o incluso anaranjado, con color más intenso en la medida que haya más grasas en los cotiledones. Por otro lado, en el caso de México, destaca *Q. rugosa* con sus cotiledones de un color morado intenso.

En Colombia, fueron comparadas dos localidades con *Q. humboldtii*, una con mayor producción que otra (producción de frutos, peso seco y húmedo por nuez y por unidad de área de copa). Se halló que en la primera fueron mayores P y K en el suelo, mientras que los niveles de Al fueron más elevados en la segunda (González y Parrado, 2010).

Algunas especies, como *Q. magnoliifolia* y *Q. glaucooides* pueden presentar en ciertos casos semillas vivíparas, es decir, germinan cuando todavía no son liberadas por el árbol. Estas semillas, así como las que recién iniciaron su germinación en el piso, también pueden ser recolectadas, puestas en una bolsa con turba de musgo (*peat moss*) húmeda, para su posterior trasplante (Coombes, 2020).

Una vez recolectadas las semillas, durante su transporte al vivero deben ser colocadas bajo sombra para prevenir sobrecalentamiento y pérdida de humedad (Bonner, 2003). La pérdida de solo 10% del peso fresco de las semillas reduce a la mitad su capacidad germinativa, y la reducción en 25% de tal peso fresco, nulifica la germinación en *Q. douglasii* Hook. & Arn. de California (McCreary y Koukoura, 1990). La nuez de algunas

especies puede recuperar parte de su capacidad germinativa volviéndola a humedecer si sufrió secado, pero es mejor prevenir su deshidratación (McCreary, 2009).

Llegando al vivero se recomienda poner en agua las bellotas por 24 h. Esto permitirá separar, por su densidad, impurezas (hojas, restos de ramas, cúpulas) y semillas vanas, las cuales flotarán, de las semillas viables, que se irán al fondo. Las semillas de unas pocas especies pueden flotar a pesar de ser viables, como es el caso de *Q. lyrata* Walter, del E de EE. UU. (Bonner, 2003) y dada la gran diversidad de encinos en México, podría haber algunos con esa característica. De acuerdo con Bonner (2003), al término del periodo de tiempo establecido, se deben retirar las semillas del agua y dejarlas escurrir. Si se sospecha que hay presencia de plagas cuyas larvas puedan emerger posteriormente de las semillas, se recomienda sumergirlas en agua caliente (49 °C), durante 40 minutos, para eliminarlas.

Las semillas pueden separarse por tamaños. Investigación con encinos mexicanos, como *Q. rugosa*, ha encontrado mayor capacidad germinativa en bellotas grandes (3.1 X 1.6 cm en promedio para esta especie) y medianas (2.5 X 1.3 cm), con respecto a las pequeñas (2.2 X 1.2 cm), con 70, 50 y 40%, respectivamente; asimismo, 25, 40 y 25% de las nueces quedaron en las categorías grande, mediana y pequeña (Huerta y Rodríguez-Trejo, 2011). De forma similar, con *Q. deserticola* se observó que bellotas

grandes, color café oscuro y bajo sombra, tuvieron un 100% de capacidad germinativa, mientras que bellotas pequeñas, color café claro y sin sombra alcanzaron solo 50% de germinación (Rodríguez-Trejo y Pompa-García, 2016).

Almacenamiento. En teoría, cabría esperar que a mayor tamaño de semilla y contenido de humedad a la madurez fisiológica, así como en hábitats más húmedos, las semillas tienden a contar con una viabilidad más corta que a menores tamaños de semilla, menor contenido de humedad a la madurez fisiológica y en ambientes más secos (Figura 43.11). En el subtítulo de Tolerancia a la sombra se proporciona información sobre la relación tamaño de bellota, sucesión ecológica y sombra.

La recalcitrancia es característica de las semillas del género. La de *Q. hintonii*, a sólo un mes luego de su liberación, reduce su tasa de germinación hasta 4.5%. Asimismo, factores ambientales como el nivel de humedad durante la época de recolección de semilla influyen su capacidad germinativa. Semillas cosechadas en 2004 y que experimentaron un ambiente más seco, no germinaron en campo una vez maduras. En cambio, en 2007, más húmedo, un mayor número de nueces germinaron en campo al tiempo de la recolección. En este último caso fue más difícil alcanzar el 30% de humedad requerido para almacenarlas a 7 °C (condición hallada como la más adecuada), deteriorando una mayor proporción de semillas y

reduciendo germinación y vigor de la plántula (Díaz y Reyes, 2012).

Otro ejemplo de viabilidad corta es *Q. microphylla*. Aunque su principal forma de reproducción es vegetativa, a través de rizomas, produce semilla cuyo almacenamiento no debe rebasar 2-3 semanas (Zavala, 2004). Algunas especies, como *Q. rugosa* pueden ser almacenadas en refrigeración por un

año o un poco más, como se ha hecho en el Laboratorio de Semillas Forestales de la Dicifo y como señalan Zavala y García (1996), si bien su viabilidad se ve afectada. Para almacenar la semilla de entre unos pocos meses hasta un año, puede ser estratificada en cubetas, alternando capas de semillas y de arena poco húmeda, en un cuarto fresco.

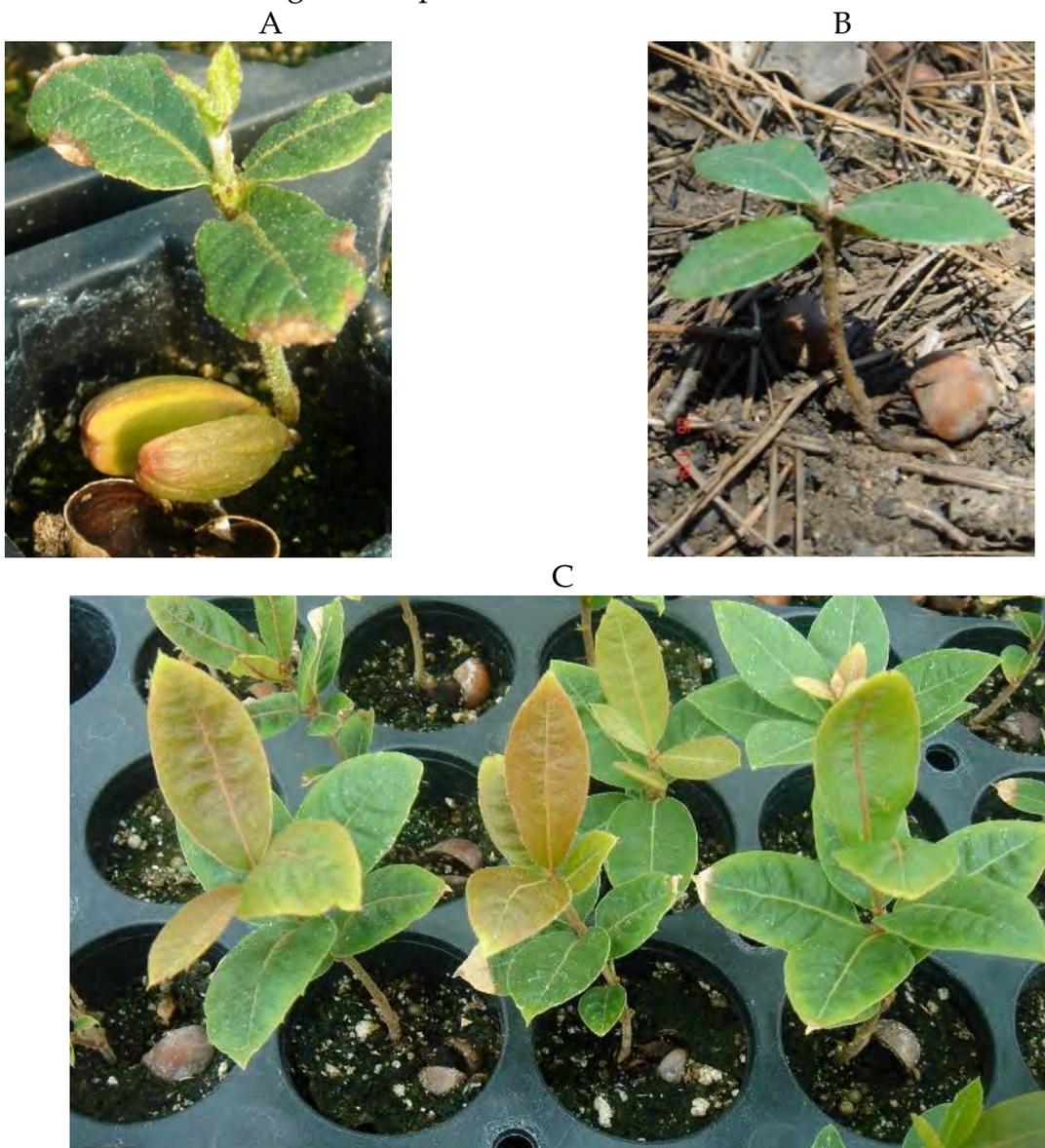


Figura 43.11. Germinación hipógea de: *Q. rugosa* (A), *Q. crassifolia* (B) y plántulas de *Q. hintonii* (C) en vivero. Fotos: A) y C) vivero forestal experimental, Dicifo, UACH y B) Chignahuapan, Pue. Fotos: DART.

A



B



C



Figura 43.12. Secuencia de semillas con diferente nivel de maduración en A) *Q. deserticola* y B) *Q. rugosa*. C) semillas sobremaduras (café claro) y maduras (café oscuro) de *Q. deserticola*. Fotos: DART, Laboratorio de Semillas Forestales de la Dicifo, UACH, 2016.



Figura 43.13. A) y B) Semilla de encino almacenada en el cuarto frío del vivero San Luis Tlaxialtemalco, Gobierno de la Ciudad de México, 2013. Nótese la aireación que se proporciona a la semilla. Foto: DART.

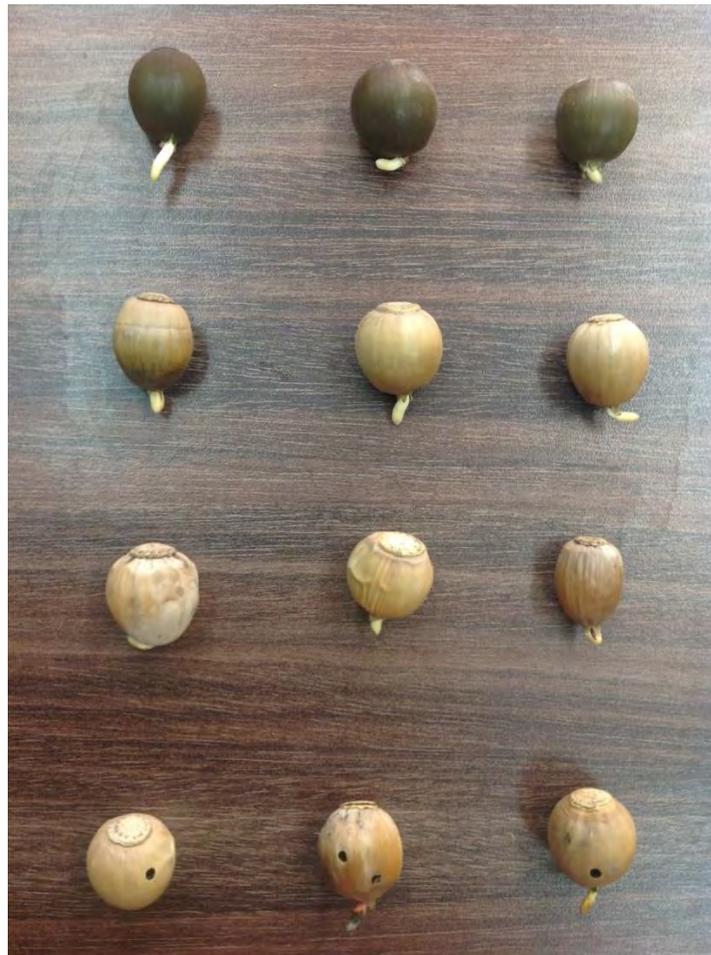


Figura 43.14. Bellotas de *Q. deserticola* maduras y sobremaduras, así como plagadas con *Curculio* (línea inferior), todas ellas en germinación.

La semilla de encinos rojos se puede almacenar hasta por 3 años sin pérdida considerable de viabilidad; en cambio, la de encinos blancos solo puede almacenarse unos 6 meses y pierde casi toda su viabilidad. En particular con estos últimos se recomienda evitar almacenar su semilla y sembrarlos pronto. Las condiciones de almacenamiento para encinos rojos deben ser: 30% de contenido humedad de la semilla como mínimo, contenedores con aireación (Figura 43.13) (o muestras pequeñas en bolsas de plástico, pero con suficiente aire dentro) y temperaturas de 1 a 4 °C (Bonner, 2003).

Tratamiento previo a la siembra.

Algunas especies requieren de estratificación en frío para obtener una mejor germinación (ver subtítulo de Latencia y Cuadro 43.1). Hasta donde se sabe, con la mayoría de las especies se obtiene la misma germinación si se siembra la semilla con o sin la nuez. No obstante, hay algunas excepciones, como *Q. macdougalii*, que de 58.8% de germinación con nuez, aumenta a 91.1% cuando ésta se remueve (Pariona *et al.*, 2017).

Siembra. Se recomienda hacer la siembra enterrando toda la nuez, para reducir la probabilidad de deshidratación. La posición natural para la germinación de la semilla es horizontal. De acuerdo con Velázquez *et al.* (1996), no hubo diferencias en capacidad germinativa entre nueces de *Q. crassipes* sembradas con el ápice hacia arriba, hacia abajo u horizontalmente, si bien esta última reduce la posibilidad de alguna

deformación en la raíz y el brote. Para obtener un sistema radical de calidad, es importante que a la siembra la nuez no quede en el centro de la bolsa o del tubete, sino el ápice de ella. Por el ápice emergen radícula y brote, de modo que, al centrarlo en la maceta, la futura raíz contará con espacio uniforme para desarrollarse en todas direcciones. Si la nuez es sembrada centrada y no su ápice, la raíz desarrollará menos del lado hacia donde haya quedado el ápice en la siembra.

No obstante, puede haber excepciones a la recomendación anterior. Rodríguez-Acosta (2020) señala que la enorme nuez de *Quercus insignis* no emite la radícula por el ápice, sino por la base. Por otra parte, es claro que esta especie requiere de macetas grandes para su siembra.

Con baja viabilidad en el lote, se recomienda sembrar en semillero, dejando espacio entre semillas (unos 2 cm), para que las radículas de semillas vecinas que germinen no se enreden entre sí.

Sanidad

Sin duda, uno de los problemas fitosanitarios más comunes en la semilla de encinos, es la presencia de larvas de insectos, por ejemplo, del género *Curculio*. El 70% de las semillas de *Q. polymorpha* Schltdl. & Cham. recolectadas en una procedencia de S. L. P., resultaron plagadas por insectos (González *et al.*, 2013). A su vez, Zavala (2007) refiere que en *Q. obtusata* hay ocasiones en que los gorgojos consumen 80 a 90% de la semilla.

Respecto a hongos fitopatógenos, uno de los que se ha registrado en *Q. rugosa* y *Q. obtusata* es *Diplodia*. También se ha observado el moho por *Rhizopus*, moho por *Aspergillus* y a *Fusarium* (Cibrián *et al.*, 2007). Entre los insectos plaga en semillas del género está *Curculio occidentalis*, registrado en *Q. crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. glaucescens*, *Q. laeta*, *Q. mexicana* y *Q. rugosa* (Cibrián *et al.*, 1995).

Es recomendable no recolectar semillas plagadas y desecharlas en el

vivero; en distintas investigaciones se ha estudiado su efecto en la capacidad germinativa de la semilla. Huerta y Rodríguez-Trejo (2011) y Rodríguez-Trejo y Pompa-García (2016) encontraron en semillas plagadas que, mientras la larva de *Curculio* no consuma el eje del embrión, las semillas de *Q. rugosa* y de *Q. deserticola* se mantienen viables y producen plántulas (Figura 43.14).

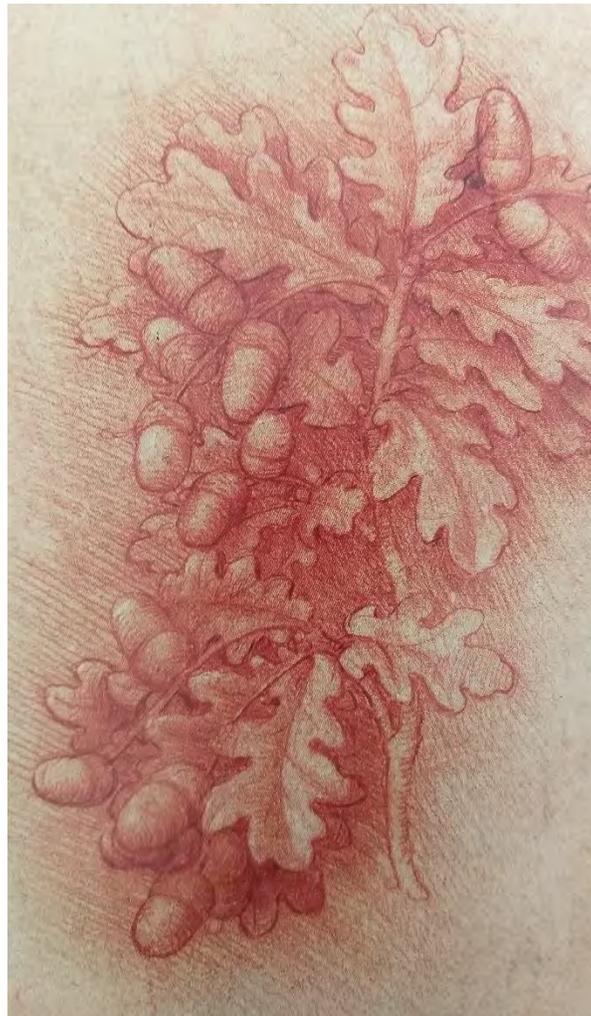


Figura 43.15. Una rama con hojas de encina (fragmento), Leonardo da Vinci, 1506-1508, sanguina sobre papel

Cuadro 43.1. Época de recolección, pureza, peso y contenido de humedad de semillas de varios encinos del país. Las fuentes se indican en la continuación del cuadro, por especie.

| Especie | Lugar de recolección | Época de recolección | Pureza (%) | Peso (n kg ⁻¹) | CHo (%) | CHf (%) |
|---|--|-------------------------------------|------------|----------------------------|---------|--------------|
| <i>Q. acutifolia</i> Née | Chis. | nov. (jun.-feb.) ⁺ | | 510-560 | | |
| <i>Q. agrifolia</i> Née * | EE. UU. | | | | | |
| <i>Q. benthamii</i> A.DC. | Chis. | dic., ene. (may.-jun.) ⁺ | | 600-650 | | |
| <i>Q. candicans</i> Née | Parque Ecológico El Haya, Ver. Villa del Carbón, Edo. Méx | (oct.-nov.) ⁺ | | 264.6 | | |
| | Chis. | | | 420-506 | | |
| <i>Q. chrysolepis</i> Liebm. * | EE. UU. | | | | | |
| <i>Q. crassifolia</i> Benth. | Chis. Parque El Chico, Hgo. | feb. (oct.) ⁺ | | 310 a 354 538 | | 58.7 |
| <i>Q. crassipes</i> Bonpl. | Edo. Méx | (sept.-dic.) ⁺ | 72.4 | 701 | 78.4 | 43.4 |
| <i>Q. crispipilis</i> Trel. | Chis. | (oct.) ⁺ nov. - feb. | | 510 a 784 | | |
| <i>Q. deserticola</i> Trel. | Edo. Méx Parque El Chico, Hgo. | (jul.) ⁺ | 100 | 434 279 | | 51.2 51.8 |
| <i>Q. dumosa</i> Nutt. * | EE. UU. | | | 220.5 | | |
| <i>Q. durandii</i> Buckley | EE. UU. | | | 639.3 | | |
| <i>Q. germana</i> Schltdl. & Cham. | Qro., Ver. | nov. | 77.6 | 94.3 | | |
| <i>Q. glabrescens</i> A.Kern. | Parque El Chico, Hgo. | (sept.) ⁺ | | 424 | | 47 |
| <i>Q. glaucescens</i> Bonpl. | Los Tuxtlas, Ver. | mar.-may. (jun.-ago.) ⁺ | 100 | 307 | 23 | 18.7 |
| <i>Q. greggii</i> Trel. | Qro. Cadereyta, Qro. | (nov.-dic.) ⁺ | | 526.3 559 | | 74.3 |
| <i>Q. hintonii</i> E.F.Warb. | Tejupilco, Edo. de Méx Sierra Madre del Sur | (jun.-ago.) ⁺ | | | | |
| <i>Q. insignis</i> M.Martens & Galeotti | Ver. | jul. - oct. | | 17, 29 | | |

| | | | | | |
|--|---|----------------------------------|--------------------------------|----|------|
| <i>Q. laurina</i> M.Martens & Galeotti | Chis. Parque El Chico, Hgo. Chis., Jal. | nov. - feb. sept. - dic. | 420 a 477 617 | | 51.7 |
| <i>Q. macdougalii</i> Martínez | Oax. | (oct.-nov.) ⁺ | 730 | | |
| <i>Q. mexicana</i> Bonpl. | Sierra de Pachuca, Hgo. Parque El Chico, Hgo. S. Tepotzotlán, Edo. Méx. | (ago.-ene.) ⁺ | 1176 | | 40.9 |
| <i>Q. microphylla</i> Née | Texcoco, Edo. Méx. Sierra Tepotzotlán, Edo. Méx. | (sept.) ⁺ oct. - dic. | 481 | | 63.6 |
| <i>Q. muhlenbergii</i> | EE. UU., presente en NE Méx. | | 870 | | |
| <i>Q. oleoides</i> Schltdl. & Cham. | Ver. Centro de Ver. | jul. - oct. dic. | 322 a 787 | | |
| <i>Q. peduncularis</i> Née | Qro. Chis. | jul. - sept. nov. - ene. | 892.9 360 a 450 | | |
| <i>Q. polymorpha</i> Schltdl. & Cham. | Qro. Chis. S.L.P. | oct. - dic. sept.- oct. | 598.8 600 a 724 | | |
| <i>Q. pringlei</i> Seemen | Cadereyta, Qro. | (sept.) ⁺ | 952 | | 60.4 |
| <i>Q. rugosa</i> Née | Totolapan, Edo. Méx Sierra de Pachuca, Hgo. Chis. Sierra Tepotzotlán, Edo. Méx. | | 100 406 478 254 a 320 | 65 | 48.9 |
| <i>Q. sapotifolia</i> Liebm. | Chis. | feb. - mzo. | 1000 a 1350 | | |
| <i>Q. sartorii</i> Liebm. | Ver. | | 327.8 | | |
| <i>Q. segoviensis</i> Liebm. | Chis. | feb. - mzo. | 500 a 630 | | |
| <i>Q. trinitatis</i> Trel. | Chis. | dic. - ene. | 613 a 695 | | |
| <i>Q. virginiana</i> Mill. * | EE. UU. | | 529.1 a 1124.3 | | |
| <i>Q. wislizenii</i> A.DC. * | EE. UU. | | 220.5 a 335.1, prom. 275.6 | | |
| <i>Q. xalapensis</i> Bonpl. | Qro., Ver. | sept. - nov. | 361, 552.5 | | |

Cuadro 43.1. Continuación. Capacidad germinativa, energía germinativa, viabilidad y latencia en semillas de *Quercus*.

| Especie (Rojo, Blanco, Intermedio) | CG (%) | Condiciones de germinación | EG | Prueba EG | V (%) | PV | TP | Fuentes (Cuadro 43.1 y su continuación) |
|------------------------------------|----------------------|--|--------|-----------|-----------|----------|-------------|--|
| <i>Q. acutifolia</i> (R) | 90-100 | | | | | | | Ramírez <i>et al.</i> (2010). |
| <i>Q. agrifolia</i> (R) | 73 (15-40 d) | | | | | | 17-18 d est | Olson (1974), Young y Young (1992), Baskin y Baskin (1991). |
| <i>Q. benthamii</i> (R) | 90-100 | | | | | | | Ramírez <i>et al.</i> (2010). |
| <i>Q. candicans</i> (R) | 53.2% (semilla sana) | Vivero, siembra directa | | | 78.4 (np) | RX | | Díaz <i>et al.</i> (2010). Rubio <i>et al.</i> (2011). Ramírez <i>et al.</i> (2010). |
| <i>Q. chrysolepis</i> (In) | 80-90 | | | | | | | |
| <i>Q. chrysolepis</i> (In) | 56-75 (50-60 d) | 30/20 °C | | | | | 0-60 d est | Olson (1974) Young y Young (1992). Baskin y Baskin (1991). |
| <i>Q. crassifolia</i> (R) | 90 a 100 | | | | | | | Ramírez <i>et al.</i> (2010). |
| <i>Q. crassifolia</i> (R) | 80 | | | | | | | Zavala (2004). |
| <i>Q. crassipes</i> (R) | 73 | 30/20 °C, 8 h luz | 22 d | t 75% G | 96.6 | RX | | Velázquez <i>et al.</i> (1996, presente libro). |
| <i>Q. crispipilis</i> (R) | 60, 90 a 100 | | | | | | | Ramírez <i>et al.</i> (2010). |
| <i>Q. deserticola</i> (B) | 100 | 25/20 °C, 10 h luz, semilla grande, con o sin sombra | 11.5 d | t 70% G | 100 | estimada | | Rodríguez-Trejo y Pompa-García (2016). Zavala (2004). |
| <i>Q. dumosa</i> (B) | 100 | | | | | | 30-90 d est | |
| <i>Q. dumosa</i> (B) | 80-90 (28 d) | 30/20 °C | | | | | | Olson (1974), Young y Young (1992). |
| <i>Q. durandii</i> (B) | 87 (30 d) | 30/20 °C | 21 d | (t 81% G) | | | | Olson (1974), Young y Young (1992). |
| <i>Q. germana</i> (B) | 60.7 a 71.3 | I, B, c/s som | 17 d | t 75% G | (100) | | | Rubio <i>et al.</i> (2011), OW (2017), García <i>et al.</i> (2016). |
| <i>Q. glabrescens</i> (B) | 100 | | | | (≥76) | | | Zavala (2004) |
| <i>Q. glaucescens</i> (B) | 76 | 21 °C, 12 h luz | | | | | | Rodríguez-Trejo y Mendoza (2021, presente libro), OW (2017). |
| <i>Q. greggii</i> (B) | 100 | | | | | | | Rubio <i>et al.</i> (2011). Zavala (2004). |

| | | | | | | | | | |
|----------------------------|-----------------------------------|--|-----------|---------|------------|--------|----------|--|--|
| <i>Q. hintonii</i> (R) | 94 | | | | | | | | Díaz y Reyes (2009, 2012). |
| <i>Q. insignis</i> (B) | 50-70; 48-68.7 | Viv., HR 80-90%, 17-18 °C; c/s luz I, FB | 30 d | t 75% G | | | | | García <i>et al.</i> (2014, 2016), OW (2017). |
| <i>Q. laurina</i> (R) | 90 a 100 100 | | | | | | | | Ramírez <i>et al.</i> (2010). Zavala (2004). González (1986), Camacho y González (2002). |
| | 69.7, 70, 44.4 | Robledal, pinar y bosque mixto. Simulaciones sustrato natural, vivero. | | | | | | | Camacho <i>et al.</i> (2000). |
| | 69.4 a 91.7 | | | | | | | | |
| | Con nuez: 58.8, Sin nuez: 91.1 | | | | | | | | |
| <i>Q. macdougallii</i> (B) | Lab.: 50 Campo: 20 | | | | 74.5-86.3% | | | | Pariona <i>et al.</i> (2017). Clark <i>et al.</i> (2018). |
| <i>Q. mexicana</i> (R) | 27 | | | | | | | | Zavala y García (1996). |
| <i>Q. microphylla</i> (B) | 100 | | | | | | | | Zavala (2004, 2007). |
| <i>Q. muhlenbergii</i> (B) | 91.3 | | | | | | | | Bonner y Vozzo (1987). |
| <i>Q. oleoides</i> (B) | 88-95% | | | | | | | | Márquez <i>et al.</i> (2005), OW (2017), Salazar (2000) |
| <i>Q. peduncularis</i> (B) | 80 a 90 | | | | | | | | Rubio <i>et al.</i> (2011), OW (2017). Ramírez <i>et al.</i> (2010). |
| <i>Q. polymorpha</i> (B) | 80 a 90 64.2 (1 año alm.) | 25 °C, 12 h luz | | | 61 30 | T F | 50 d est | | Rubio <i>et al.</i> (2011), OW (2017). Ramírez <i>et al.</i> (2010). González <i>et al.</i> (2013). |
| <i>Q. pringlei</i> (B) | 90 | | | | | | | | |
| <i>Q. rugosa</i> (B) | 51.5 95, 100 90 a 100 | 24/19 °C, 19/14 °C, 12 h luz | 24 a 30 d | t 50% G | 83.3 | F, T | | | Huerta y Rodríguez-Trejo (2011). Zavala y García (1996), Zavala (2004). Ramírez <i>et al.</i> (2010), Zavala (2007). |
| <i>Q. sapotifolia</i> (R) | 90 a 100 | | | | | | | | Ramírez <i>et al.</i> (2010). |
| <i>Q. sartorii</i> (R) | 66 a 80.7 | V, HR 80-90%, 17-18 °C; c/s luz I, FB | 35 d | t 75% G | | | | | García <i>et al.</i> (2016). |
| <i>Q. segoviensis</i> (B) | 60 a 90 | | | | | | | | Ramírez <i>et al.</i> (2010). |

| | | | | | |
|--------------------------|-----------|------------------------|--------------|---------------------------|---|
| <i>Q. trinitatis</i> (R) | 80 a 100 | | | | Ramírez <i>et al.</i> (2010). |
| <i>Q. virginiana</i> (B) | 96, 97 | 30/20 | 92% en 8 d | | Olson (1974) Young y Young (1992). |
| <i>Q. wislizenii</i> (R) | 75 (69 d) | 30/20 | | 17-28 o 30-60 d est | Olson (1974) Young y Young (1992), Baskin y Baskin (1991). |
| <i>Q. xalapensis</i> (R) | 44 a 60.7 | Varias, I y B, c/s som | 16 d t 75% G | | Rubio <i>et al.</i> (2011), OW (2017), García <i>et al.</i> (2016). |

B=bosque, CG=capacidad germinativa, c/s=con y sin, d=días, EG=energía germinativa, est=estratificación en frío, F=flotación, FB=fragmentos de bosque, G=germinación,

I=vernadero, np=no plagada, PV=prueba de viabilidad, RX=rayos X, s=semillas, som=sombra, T=tetrazolio, t=tiempo a, TP=tiempo para la germinación, V=viabilidad, viv=vivero.

[†]Estas fechas de maduración y recolección de semilla, se tomaron de Romero *et al.* (2015) y se refieren a diversos estados del país.

*Latencia fisiológica registrada para la especie en EE. UU. (Young y Young, 1992).

R=encino rojo, B=encino blanco, In=encino intermedio.



Figura 43.16. En esta obra, Vista de la Carbonera, de José María Velasco (1887) se aprecian encinares. Museo Nacional de Arte, CDMX.

Literatura citada

- Baskin, C. C., and J. C. Baskin. 1991. Seeds. A. P. San Diego. 666 p.
- Bonner, F. T. 1996. Responses to drying of recalcitrant seeds of *Quercus nigra* L. *Annals of Botany* 78(2): 181-187.
- Bonner, F. T. 2003. Collection and care of acorns. S.E. EE. UU. 28 p. <https://pdfs.semanticscholar.org/207f/d2e608c1532313a7c97309e36fba6da74772.pdf> (consultado en marzo de 2021).
- Bonner, F. T., and J. A. Vozzo. 1987. Seed biology and technology of *Quercus*. Gen. Tech. Rep. SO-66. USDA, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. New Orleans, LA. 6 p.
- Bonfil, C. 1998. The effect of seed size, cotyledon reserves and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae). *American Journal of Botany* 85(1): 79-87.
- Camacho Cruz, A., y M. González Espinoza. 2002. Establecimiento temprano de árboles nativos en bosques perturbados de Los Altos, Chiapas, México. *Ecosistemas* XI(1): 1-9.
- Camacho Cruz, A., M. González Espinoza, J. H. D. Wolf, and B. H. J. de Jong. 2000. Germination and survival of tree species in disturbed forests of the highlands of Chiapas, Mexico. *Canadian Journal of Botany* 78: 1309-1318.
- Cibrián Tovar, D., T. Méndez Montiel, y R. Campos Bolaños. 1995. Insectos Forestales de México. UACH, SARH, SFF, USDA Forest Service, Natural Resources Canada, COFAN. Pub. Esp. 6. 453 p.
- Cibrián Tovar, D., S. E. Garza Díaz, y D. Alvarado Rosales. 2007. Hongos asociados a semillas forestales. In: Cibrián Tovar, D., D. Alvarado Rosales, S. E. García Díaz (eds.). *Enfermedades Forestales de México*. UACH, Semarnat, Conafor, USDA Forest Service, Natural Resources Canadian Forest Service, COFAN. México. pp. 490-497.
- Clark T., R., A. Mendoza O., V. Aguirre H., P. Antúnez, J. E. Campos C., S. Valencia A., M. D. Luna K., y C. Alfonso C. 2018. Reproducción sexual de *Quercus macdougalii* un encino endémico de la Sierra Juárez, Oaxaca. *Madera y Bosques* 24(2): 1-12.
- Coombes, A. J. 2020. Colecta y almacenamiento de bellotas. Aspectos claves. In: Rodríguez A., M., y A. J. Coombes. *Manual para la Producción de Quercus: Una Guía Fácil y Rápida para la Propagación de Encinos en México y América Central*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, The Morton Arboretum. México. pp. 21-27.
- Coombes, A. J., S. Valencia Á., y M. Rodríguez A. 2020. La importancia de cultivar encinos. In: Rodríguez A., M., y A. J. Coombes. *Manual para la Producción de Quercus: Una Guía Fácil y Rápida para la Propagación de Encinos en México y América Central*. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, The Morton Arboretum. México. pp. 5-20.
- Díaz Fleischer, F., V. Hernández Arellano, L. Sánchez Velásquez, T. Cano Medina, R. Cervantes Alday, y M. López Ortega. 2010. Investigación preliminar de la depredación de semillas en la germinación de las bellotas de *Quercus candicans* Née. *Agrociencia* 44(1): 83-92.
- Díaz Fleischer, F., V. Hernández Arellano, L. Sánchez Velásquez, T. Cano Medina, R. Cervantes Alday, y M. López Ortega. 2010. Investigación preliminar de la depredación de semillas en la germinación de las bellotas de *Quercus candicans* Née. *Agrociencia* 44(1): 83-92.
- Díaz Pontones, D., e I. Reyes Jaramillo. 2009. Producción y almacenamiento de bellotas de *Quercus hintonii* Warburg (Fagaceae) de la depresión del Balsas, México. *Polibotánica* 27: 131-143.
- Díaz Pontones, D. M., e I. Reyes Jaramillo. 2012. Controllable storage conditions increase survival and germination rates of *Quercus hintonii* acorns. *Current Topics in Plant Biology* 13: 45-55.

García de la Cruz, Y., J. Becerra Zavaleta, P. A. Quintanar Isaías, J. M. Ramos Prado, y A. M. Hernández Ramírez. 2014. La bellota de *Quercus insignis* Martens & Galeotti, 1843, la más grande del mundo. Cuadernos de Biodiversidad 46: 1-8.

García de la Cruz, Y., F. López-Barrera, and J. M. Ramos Prado. 2016. Germination and seedling emergence of four endangered oak species. *Madera y Bosques* 22(2): 77-87.

González Villarreal, L. M. 1986. Contribución al conocimiento del género *Quercus* (Fagaceae) en el estado de Jalisco. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara. Guadalajara, Jal. 240 p.

González Melo, A., y Á. Parrado Rosselli. 2010. Diferencias en la producción de frutos del roble *Quercus humboldtii* Bonpl. en dos bosques andinos de la cordillera oriental colombiana. *Colombia Forestal* 13(1): 141-162.

González S., C., E. I. Badano, J. Flores, y J. P. Rodas. 2013. Germinación, infestación y viabilidad en bellotas de *Quercus polymorpha* (Schltdl. & Cham.) tras un año de almacenamiento. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 19(3): 351-362.

Huerta Paniagua, R., y D. A. Rodríguez-Trejo. 2011. Tamaño de semilla y temperatura: sus efectos en la germinación de *Quercus rugosa* Née. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17(2): 179-187.

INEGI (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 2000. Carta de uso actual del suelo y vegetación. Serie II. INEGI. México.

Koenig, W. D., J. M. H. Knops, W. J. Carmen, M. T. Stanback, and R. L. Mumme. 1996. Acorn production by oaks in central Coastal California: Influence of weather at three levels. *Canadian Journal of Forest Research* 26: 1677-1683.

LeSur, L. 2011. Árboles de México. Trillas. México. 368 p.

Márquez Ramírez, J., L. del C. Mendizábal Hernández, y C. I. Flores Romero. 2005. Variación en semillas de *Quercus oleoides* Schl. et Cham. de tres poblaciones del centro de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana* 7(1): 31-36.

Martínez, M. 1987. Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas. F.C. E. México. 1247 p.

McCreary, D. D. 2009. Regenerating Rangeland Oaks in California. Agriculture & Natural Resources Publication 21601e. University of California. Oakland, CA. 62 p.

McCreary, D. D, and Z. Koukoura. 1990. The effects of collection date and pre-storage treatment of the germination of blue oak acorns. *New Forests* 3: 303-10.

Moscoso Marín L. B., y M. C. Diez Gómez. 2005. Banco de semillas en un bosque de roble de la Cordillera Central Colombiana. *Revista de la Facultad Nacional de Agricultura de Medellín* 58(2): 2931-2943.

Nixon, K. 1993. Infrageneric classification of *Quercus* (Fagaceae) and typification of sectional names. *Ann. Sci. For.* 50, Suppl. 1: 25s-34s.

Olson, D. F. 1974. *Quercus* L. Oak. In: Schopmeyer, C. S. (tech. coord.). Seeds of Woody Plants in the United States. Agriculture Handbook 450. USDA Forest Service. Washington, D. C. pp. 692-703.

OW (Oaks of the World). 2017. http://oaks.of.the.world.free.fr/quercus_insignis.htm

Pariona, N., A. I. Martínez, H. Hernández F., and R. Clark T. 2017. Effect of magnetite nanoparticles on the germination and early growth of *Quercus macdougalii*. *Science of the Total Environment* 575: 869-875.

- Ramírez Marcial, N., A. Camacho Cruz, M. Martínez Icó, A. Luna Gómez, D. Golicher, y M. González Espinosa. 2010. Árboles y Arbustos de los Bosques de Montaña de Chiapas. ECOSUR. San Cristobal de las Casas. 243 p.
- Rodríguez-Acosta, M. 2020. La germinación de los encinos. La experiencia mexicana. *In*: Rodríguez A., M., y A. J. Coombes. Manual para la Producción de *Quercus*: Una Guía Fácil y Rápida para la Propagación de Encinos en México y América Central. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, The Morton Arboretum. México. pp. 28-34.
- Rodríguez-Trejo, D. A. 2014. Incendios de Vegetación. Su Ecología, Manejo e Historia. Ed. C.P., C. P., UACH, PPCIF, Semarnat, Conafor, Conanp, AMPF, ANCF, PNIP. México. 889 p.
- Rodríguez-Trejo, D. A., y M. Pompa-García. 2016. Tamaño, color de nuez y sombra afectan la germinación de *Quercus deserticola*. *Madera y Bosques* 22(2): 67-75.
- Rodríguez-Trejo, D. A., y G. Mendoza Ángeles. 2021. *Quercus glaucescens*. *In*: Rodríguez Trejo, D. A. (coord. y ed.) (presente libro).
- Rodríguez-Trejo, D. A., y R. L. Myers. 2010. Using oak characteristics to guide fire regime restoration in Mexican pine-oak forests. *Ecological Restoration* 28(3): 304-323.
- Romero Rangel, S., E. C. Rojas Z., y S. Gómez Maqueda. 2000. Flores hermafroditas de *Quercus glaucooides* Mart. & Gal. (Fagaceae) en el estado de Michoacán, México. *Acta Botánica Mexicana* 52: 49-54.
- Romero Rangel, S., E. C. Rojo Z., y L. E. Rubio L. 2015. Descripción morfológica de 100 especies de encino. *In*: Romero R., S., E. C. Rojo Z., y L. E. Rubio L. (eds.). Encinos de México. UNAM. México. pp. 129-278.
- Rubio Licona, L. E., S. Romero Rangel, E. C. Rojas Zenteno, A. Durán Díaz, y J. C. Gutiérrez Guzmán. 2011. Variación del tamaño de frutos y semillas en siete especies de encino (*Quercus*, Fagaceae). *Polibotánica* 32: 135-151.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 431 p.
- Salazar, R. (coord. téc.). 2000. Manejo de Semillas de 100 especies Forestales de América Latina. Vol. 1. Manual Técnico 41. CATIE. Turrialba, Costa Rica. 204 p.
- Trelease, W. 1924. The American oaks. *Memoirs of the National Academy of Sciences* 20: 1-255.
- Valencia A., S. 2003. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 33-53.
- Velázquez R., J. M., D. A. Rodríguez-Trejo, y R. Bonilla B. 1996. Evaluación de *Quercus crassipes* Humb. et Bonpl. en vivero, bajo diferentes tipos de sustrato e intensidades de luz. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales* II(1): 97-109.
- Willan, R. L. (comp.). 1991. Guía para la Manipulación de Semillas Forestales. DANIDA, FAO. Roma. 502 p.
- Young, J. A., and C. G. Young. 1992. Seeds of Woody Plants in North America. Revised and Enlarged Edition. Dioscorides Press. Portland. 407 p.
- Zavala Ch., F. 1995. Encinos y Robles. Notas Fitogeográficas. UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 44 p.
- Zavala Ch., F. 1998. Observaciones sobre la distribución de encinos en México. *Polibotánica* 8: 47-64.
- Zavala Ch., F. 2001. Introducción a la Ecología de la Regeneración Natural de Encinos. UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 94 p.
- Zavala Ch., F. 2002. Encinos y Robles. Notas Fitogeográficas. UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 44 p.

Zavala Ch., F. 2003. Identificación de Encinos de México. UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 150 p.

Zavala-Ch., F. 2004. Deseccación de bellotas y su relación con la viabilidad y germinación en nueve especies de encinos mexicanos. *Ciencia Ergo Sum* 11(2): 177-185.

Zavala Ch., F. 2007. Guía de los Encinos de la Sierra de Tepotzotlán, México. UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 89 p.

Zavala Ch., F., y E. García Moya. 1996. Frutos y semillas de encinos. UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 47 p.

Zavala Ch., F., E. Estrada M., y V. J. Arriola P. 1999. Los Encinos del Herbario de la Universidad Autónoma Chapingo. UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 116 p.



Figura 43.17. Detalle del medallón central de la herrería a la entrada del Museo Nacional de Arte, que representa hojas y nueces de encinos.

Quercus crassipes Bonpl. (Fagaceae)

J. Manuel Velázquez Ramírez, Dante Arturo Rodríguez Trejo y Reyes Bonilla

Beas

Nombres comunes

Se le conoce como encino blanco, encino capulincillo, encino chilillo, encino colorado, encino laurelillo, encino pepitillo, encino pipitza, encino prieto, encino saucillo, encino tesmolillo, encino urikua y roble (Arizaga *et al.*, 2009).

Breve descripción

Se trata de un árbol de 3 a 35 m de altura, tronco de hasta 1 m de diámetro, corteza pardo oscura con placas alargadas, hojas elípticas o lanceoladas, coriáceas, con 2.5 a 14 cm de longitud y 0.6 a 4.0 cm de anchura, margen revoluto, haz algo lustroso, verde grisáceo o verde oscuro, envés amarillento y grisáceo, tomentoso. Amentos masculinos de 3 a 6 cm de largo, flores femeninas una o dos en un pedúnculo de 5 mm de largo (Arizaga *et al.*, 2009) (Figuras 44.1A, B y C).

Distribución

Esta especie se distribuye principalmente en los estados del centro del país, de costa a costa. IncurSIONa en varios estados del sur. Al norte se le ha registrado hasta Durango (Figura 44.1). Este encino se desarrolla en valles húmedos, sobre laderas de montañas y barrancas, en suelos profundos o someros, forma encinares o bosques de pino-encino y se observa en bosque mesófilo, así

como en áreas perturbadas. se mezcla con pinos, otros encinos y otras latifoliadas, en altitudes de 1180 a 2800 m s.n.m. Registrado en CDMX, Gto., Hgo., Jal., Méx., Mich., Mor., Oax., Pue., Qro. y Tlax. (Zavala, 2007; Arizaga *et al.*, 2009; Romero *et al.*, 2015) (Figura 44.1D).

Importancia

Las semillas de esta especie son parte de la dieta de la cotorra serrana (*Rynchopsitta pachyrhyncha*) en Colima, ave que está en riesgo (Salas y Orduña, 1986). Como muchos otros encinos, su madera se emplea para hacer carbón, como leña y para hacer cercas. También se le utiliza en cabos, herramientas, arcos de violín, trompos, baleros, plataformas para camiones y papel (Zavala, 2007; Arizaga *et al.*, 2009). La madera de este encino es recomendable para pisos de residencias, auditorios, museos, almacenes, pistas de baile, en forma de duela, parquet y adoquín; para chapa fina, muebles y gabinetes de alta calidad ebanística, lambrín, decorado de estudios y corredores, cocinas integrales, baúles, canastos, macetas, cofres, diversos artículos decorativos, mangos para herramientas, lomos y mangos de cepillos, brochas y utensilios de cocina, pasamanos, escalones y descansos de escaleras, cachas de pistolas y fusil, hormas para zapatos y cajas para pianos (Paz, 1982).

A



B



C



D



Figura 44.1. A) *Quercus crassipes*, Totolapan, Edo. de Méx. B) Muestra botánica. C) Propagación experimental en el vivero de la Dicifo, UACH. D) Distribución de la especie. Fotos: A y C por DART, escaneo de B por JMVR. C, ilustración por JMVR.

Floración y fructificación

La siguiente información procede de observaciones realizadas en el paraje El lindero, en Totolapan, Edo. de México, hacia 1993. El inicio de la floración masculina se observó en mayo; mientras que su plenitud, con liberación de polen, en junio. Los amentos marchitaron hacia julio,

mientras que el inicio de la fructificación se observó en agosto. La plenitud de esta última ocurrió en agosto, pero fue hasta el periodo de septiembre a diciembre que los frutos alcanzaron su máximo tamaño y que maduraron, pasando de color verde a café (Figura 44.2). Cabe señalar que en enero de 1994 todavía se hallaron abundantes semillas viables en el piso.

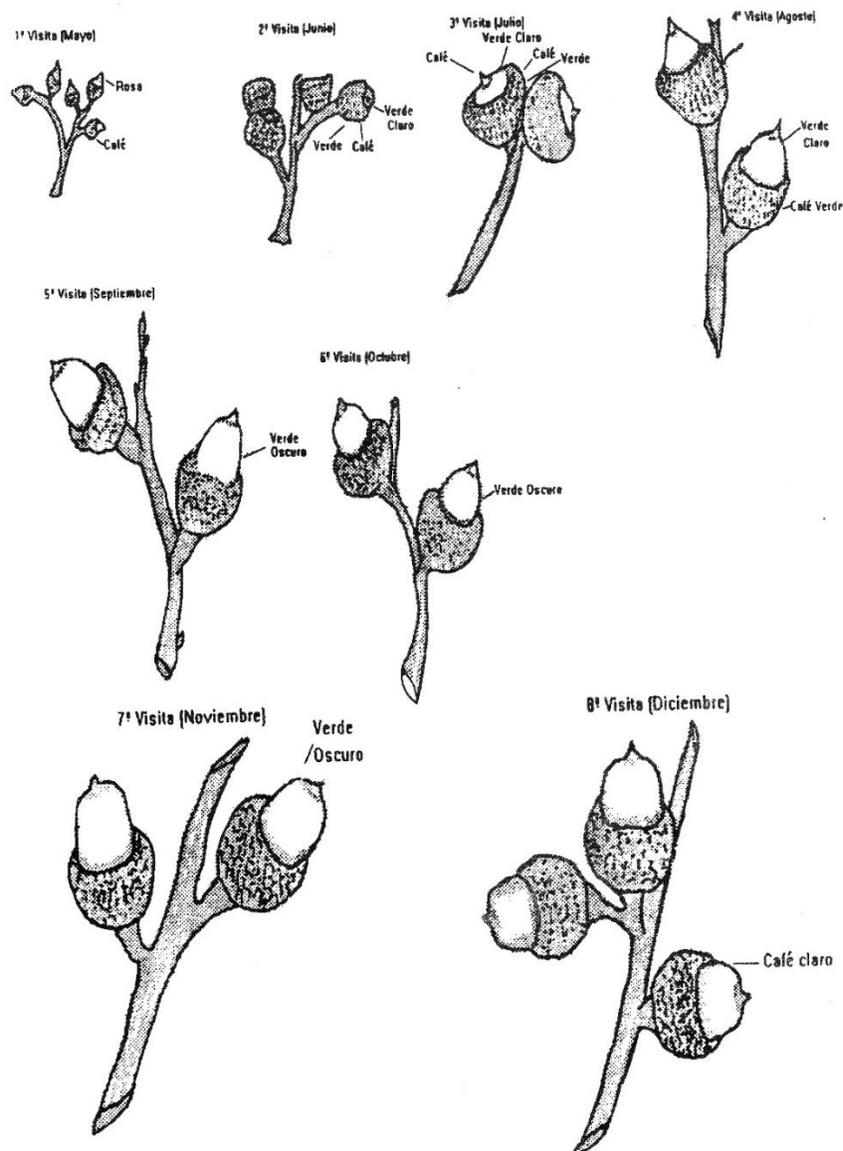


Figura 44.2. Desarrollo de los frutos de *Q. crassipes*. Ilustración por J. M. Velázquez Ramírez.

Descripción de fruto y semilla

Dado que en todos los encinos las semillas tienen casi el mismo volumen que las nueces (comúnmente llamadas bellotas) que las contienen y ante la ausencia de mecanismos de latencia, no resulta práctica ni necesaria la extracción de la semilla en los viveros forestales. Por ello también se describe el fruto en esta sección.

El fruto solitario o en pares, bianual, en un pedúnculo muy grueso, con 5 a 12 mm de longitud y 3 a 5 mm de diámetro. Cúpula hemisférica o con la parte deprimida recta, con 15 a 20 mm de diámetro, con el borde involuto (doblado hacia adentro) y las escamas tomentosas. La nuez cortamente ovoide, de 10-16 mm de largo por 10-12 mm de grosor, incluida en la cúpula hasta la tercera parte de su longitud (Zavala, 2007).

La semilla ocupa casi toda la cavidad de la nuez, en algunos casos un poco menos. En promedio tiene 1.5 cm de longitud y 1.25 cm de anchura. Testa café oscuro, un tanto papirácea. Los cotiledones constituyen la gran mayor parte del volumen de la semilla. La radícula se enclava en el ápice, el extremo superior de los cotiledones está del lado de la unión de la nuez con la cúpula. Del embrión se distinguen radícula, hipocótilo y cotiledones (Figura 44.3).

Análisis de semillas

Procedencia. Las pruebas descritas en este subtítulo se llevaron a cabo con semilla recolectada en el paraje Los linderos, San Juan Totolapan, Texcoco,

Edo. de Méx. La recolección se realizó de noviembre a enero.

Pureza. Se obtuvo 72.4%.

Peso. Se tuvieron 701 nueces (sin cúpula) kg^{-1} . El peso de 1000 nueces correspondió a 1.43 kg.

Contenido de humedad. El contenido de humedad base anhidra fue igual a 78.4%, mientras que el contenido de humedad base en fresco alcanzó 43.4%. Se trata de una semilla recalcitrante, microbiótica.

Germinación y factores ambientales.

Las pruebas se realizaron en cámaras de ambiente controlado de la Dificio, UACH, y un régimen día/noche de 30/20 °C, un fotoperiodo de 8 h (luz fluorescente y una radiación fotosintéticamente activa de 50 a 66 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}$). La prueba se realizó en cajas de Petri, con agrolita como sustrato, fue regada con agua destilada. Se aplicó el fungicida Captán (1.5 g L^{-1}) como medida precautoria. La germinación inició a los 15 días de instalada la prueba. Se comparó la germinación entre nueces íntegras y rajadas. No se hallaron diferencias entre ellas, con un promedio de 73% (Velázquez *et al.*, 1996) (Figura 44.4).

Energía germinativa. En 15 días se alcanzó 50% de la germinación final; en 22 días el 75% de ésta y en 27 días el 100% de la germinación final.

Viabilidad. Mediante radiografías de alto contraste, se registró una viabilidad de 96.6% (Figura 44.5).

Latencia. No la hay en esta especie.

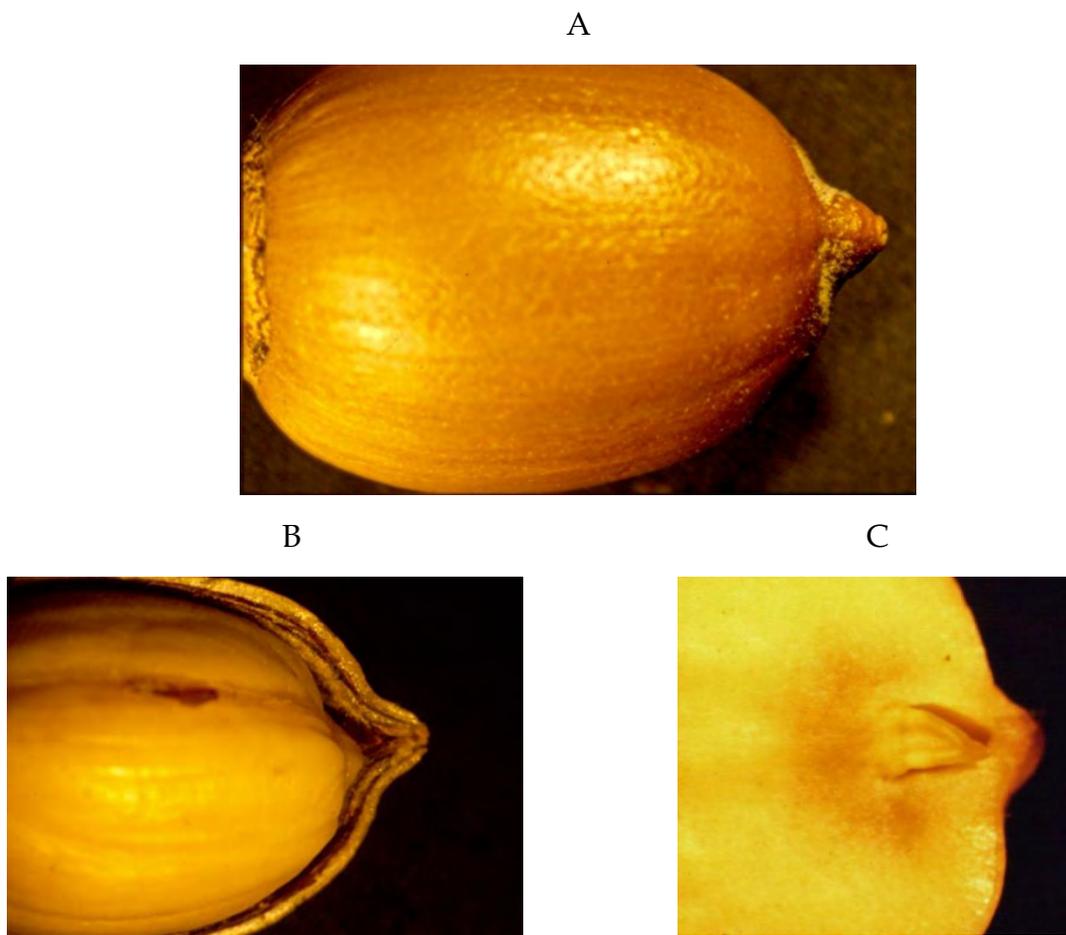


Figura 44.3. Fruto y semilla de *Q. crassipes*. A) Detalle de nuez. B) Semilla expuesta y extremo distal. C) Detalle de la radícula, en el extremo distal. Fotos: DART, Laboratorio de Semillas Forestales, Dicifo, UACH.



Figura 44.4. Crecimiento de la radícula durante germinación y desarrollo inicial (Velázquez *et al.*, 1996).

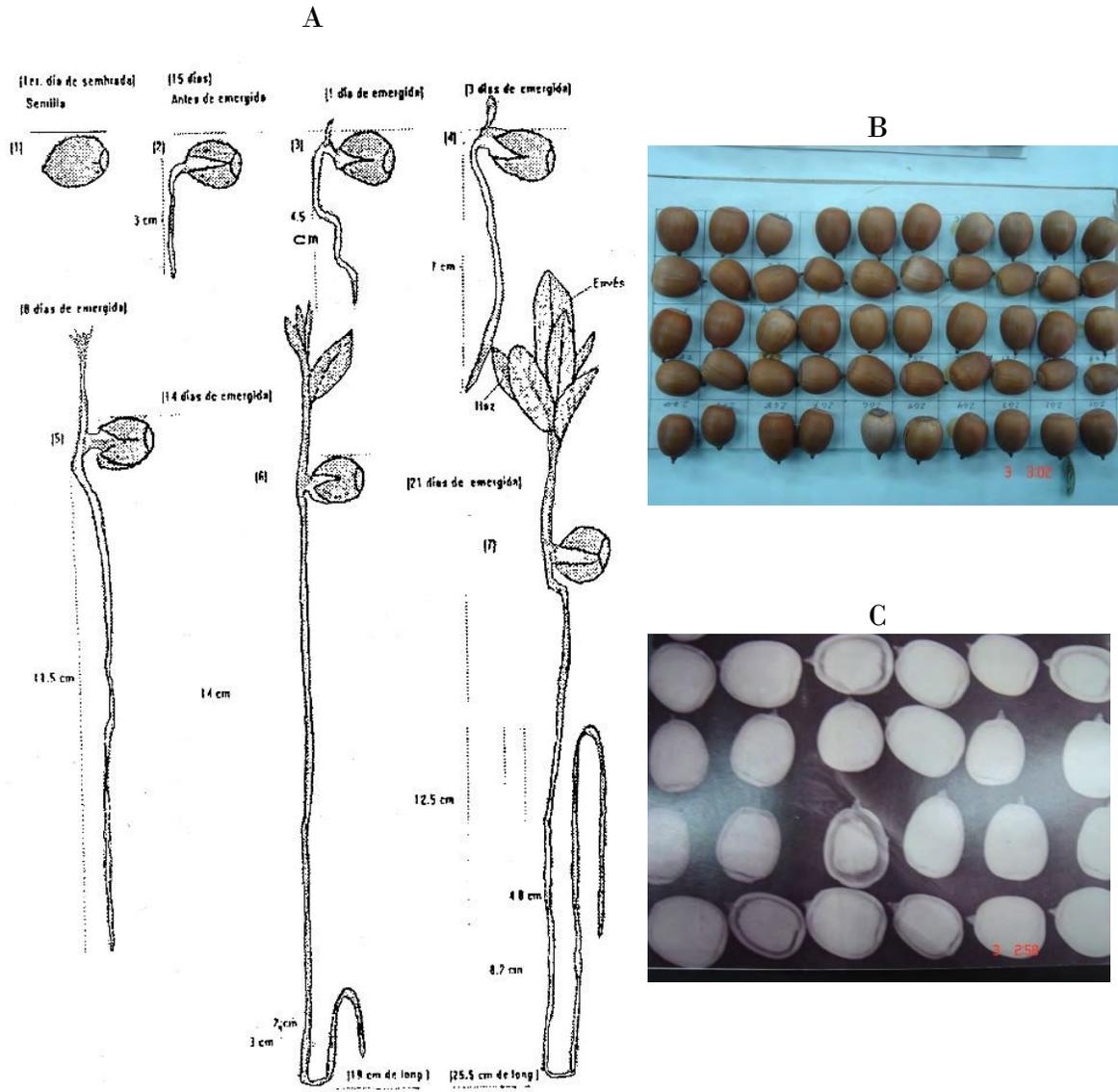


Figura 44.5. A) Diagrama de germinación y desarrollo inicial de plántula (Ilustración por JMVR). B) Semillas pegadas a lámina para obtener placa. C) Esta radiografía de alto contraste es una de las obtenidas. Se aprecia la elevada viabilidad del lote. Fotos: A, DART; B, Unidad Médica, UACH (Velázquez *et al.*, 1996).

Regeneración natural

Dispersión y banco de semillas. La dispersión de la semilla es por gravedad (barócora), ornitócora y por mamíferocoria, normalmente. Las semillas que caen quedan bajo la copa principalmente. De haber ladera y

permitirlo sotobosque y detritos, puede rodar y dispersarse un poco más. Las aves y mamíferos consumen las semillas, pero también ayudan a dispersarlas, en particular cuando hacen reservorios en las cortezas o en cavidades del suelo que después pueden quedar abandonadas. En el

caso de los reservorios en cortezas, sólo si las semillas caen o hay descortezado antes de que pierdan la viabilidad las semillas, podría haber dispersión efectiva.

Tolerancia a la sombra. Las pruebas de germinación fueron realizadas a plena luz. Sin embargo, en una fase de vivero de esta misma investigación, se probó luz plena ($1910.7 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}$), así como 35 y 65% de sombra con malla sombra verde ($1\ 253.7$ y $793.6 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}$, respectivamente). En todos los casos se obtuvo una germinación semejante y aunque se consideró que la planta de mejor calidad fue producida a plena luz, la producida con sombra no fue deficiente.

Tipo de germinación. La germinación, como en todos los encinos, es hipógea. Primero emerge la radícula, si bien desde el primer día de la germinación ya se aprecia un pequeño desarrollo del epicótilo. Al día 8 desde el inicio de la germinación ya se aprecian raicillas saliendo de la radícula, la cual alcanza 45 cm a los 90 días. La progresión del crecimiento de la radícula se aprecia en las Figuras 44.4 y 44.5. Después de 70 días de iniciada la germinación todavía se observaban rudimentos de los cotiledones.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Almacenamiento. Las semillas de éste y todos los encinos son recalcitrantes. A temperatura de cuarto, puede mantenerse viable por unos 6 meses. En el vivero San Luis Tlaxialtemalco, del Gobierno de la Ciudad de México, han logrado mantener viable la semilla

de algunos encinos, como *Q. rugosa*, durante algunos años a temperaturas del orden de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Com. Pers. Ing. Celerino Cigarrero, Vivero San Luis Tlaxialtemalco, Gob. de la Ciudad de México, 2014).

Tratamientos a la semilla. No requiere de tratamientos previos a la germinación. Puede darse un remojo para activar la germinación.

Siembra. Hemos realizado pruebas poniendo la semilla acostada, con el ápice hacia abajo o hacia arriba y no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas en la germinación. No obstante, posiciones como el ápice hacia abajo podrían deformar así sea ligeramente la base del tallo y la parte alta de la radícula, reduciendo en alguna medida la calidad de la planta.

Se recomienda que al sembrar la semilla se coloque acostada y enterrada (a una profundidad igual a su anchura), para ayudar a que se mantenga húmeda. Si se deja expuesta será más fácilmente depredada y se puede deshidratar. Es crucial que el ápice de la semilla se coloque justo en el centro de la bolsa o tubete, pues por ahí emergerá la radícula. Si el ápice no queda en el centro, el desarrollo del sistema radical será mayor del lado donde cuente con más espacio y menor en el que cuente con menos espacio, es decir, tendrá simetría bilateral en lugar de simetría radial.

Nota. Para más detalles sobre recolección, beneficio, almacenaje y siembra de nueces de encinos, favor de

remitirse al capítulo intitulado *Quercus*
L., del presente libro

Literatura Citada

- Arizaga, S., J. Martínez-Cruz, M. Salcedo-Cabrales, y M. Á. Bello-González. 2009. Manual de la Biodiversidad de Encinos Michoacanos. Semarnat, INE. México. 147 p.
- Paz P., C. 1982. Estructura anatómica de cinco especies del género *Quercus*. Boletín Técnico no. 88, INIF. México, D. F. 63 p.
- Romero R., S., E. C. Rojas Z., y E. Rubio L. 2015. Descripción morfológica de 100 especies de *Quercus* en México. *In*: Romero R., S., E. C. Rojas Z., y E. Rubio L. (coords.). Encinos de México. UNAM. México. pp. 129-278.
- Salas P., M. A., y T. C. Orduña. 1986. Observaciones sobre la cotorra serrana (*Rynchopsitta pachyrhyncha*) en la Meseta Tarasca, Mich. Ciencia Forestal 11(59): 152-162.
- Velázquez R., J. M., D. A. Rodríguez T., y R. Bonilla B. 1996. Evaluación de *Quercus crassipes* Humb. Et Bonpl. en vivero, bajo diferentes tipos de sustrato e intensidades de luz. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales II(1): 97-109.
- Zavala Ch., F. 2007. Guía de los Encinos de la Sierra de Tepotzotlán, México. UACH. México. 89 p.

Quercus deserticola Trel. (Fagaceae)

Dante Arturo Rodríguez Trejo, Marín Pompa-García

Nombres comunes

Encino, encino blanco, encino chico, encino colorado, encino hoja ancha, encino prieto, encino roble, encino tecux, palo chino y tocuz (Arizaga *et al.*, 2009; Romero *et al.*, 2015).

Breve descripción

Árbol de 2.5 a 10 m de altura y diámetro normal de 12 a 70 cm, a veces arbusto. Su corteza es café oscura, con surcos muy marcados. Ramillas amarillo-verdosas, densamente pubescentes. Hojas oblongo-oblancoadas a lanceoladas u ovaladas, con 3 a 16 cm de longitud y 1.2 a 5.0 cm de anchura; haz verde oscuro, algo brillante, rugoso; envés claro con abundantes tomentos. Las flores femeninas forman espigas y las masculinas, amentos (Zavala, 2003; Arizaga *et al.*, 2009). Al fruto se le llama bellota, pero es una nuez (Figuras 45.1A y B).

Distribución

Esta especie se halla entre 2000 y 3000 m s.n.m., formando principalmente bosques de encino y asociándose con matorrales. Ocasionalmente forma parte de selvas bajas y de vegetación secundaria. Se ha registrado en 12 entidades, como: CDMX, Gto., Hgo., Jal., Edo. Méx., Mich., Oax., Pue., Qro. y Sin. (Zavala, 2003; Arizaga *et al.*, 2009; Romero *et al.*, 2015).

Importancia

Quercus deserticola es una especie endémica de México. Esta especie es empleada para leña, carbón, fabricación de postes, horcones, cabos, arados, así como en el curtido de pieles y la obtención de celulosa para papel (Arizaga *et al.*, 2009).

Floración y fructificación

Generalmente se observan frutos maduros en los meses de octubre y noviembre (Figura 45.1B).

Descripción de fruto y semilla

Frutos anuales, solitarios o formando grupos de 2-3 nueces; pedúnculos de 2-9 mm de longitud; cúpulas hemisféricas de 10 mm de longitud por 14-20 mm de diámetro; escamas con ápice obtuso y base engrosada, pubescentes. Nuez ovoide, de 11-19 mm de longitud por 11-15 mm de diámetro, incluida en la cúpula una tercera parte de su longitud (Romero *et al.*, 2015). De acuerdo con Rodríguez-Trejo y Pompa-García (2016), las nueces tienen una importante variación en tamaño, entre 1.36 a 2.30 cm de longitud (Figura 45.1C), aunque Vázquez (1992) refiere nueces más pequeñas para esta especie, de hasta 0.8 cm. Sus partes principales se muestran en las figuras 45.1B y 45.2.



Figura 45.1. A) *Quercus deserticola*. B) Fruto (nuez) en proceso de maduración. C) Variabilidad en el tamaño de la nuez de *Q. deserticola*. Fotos: DART (2015).

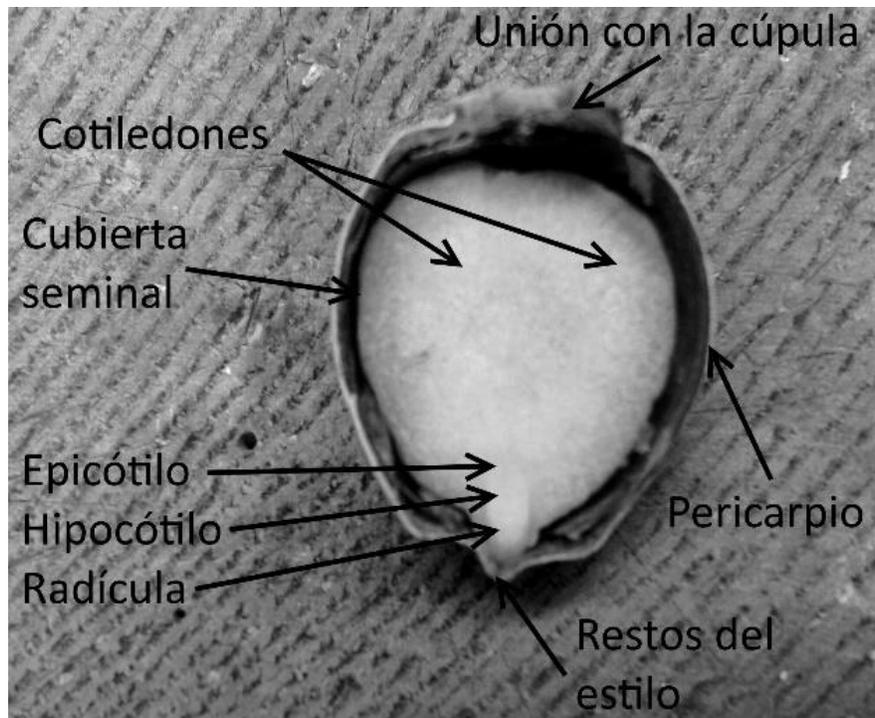


Figura 45.2. Partes del fruto y de la semilla de *Q. deserticola*.

Análisis de semillas

Procedencia. El análisis que se describe a continuación, fue llevado a cabo a partir de una muestra de semillas obtenida de 10 árboles en las inmediaciones de San Miguel Tlaixpan, Edo. de Méx., en octubre de 2015.

Pureza. Como en el laboratorio se trabajó con bellotas limpias, la pureza fue de 100%.

Peso. El peso de mil semillas fue igual a 2305.6 g; se tuvieron 433.7 semillas kg^{-1} .

Contenido de humedad. El contenido de humedad, base anhidra, fue de 105%, en tanto que con base en verde alcanzó 51.2%.

Germinación y factores ambientales. Las pruebas de germinación fueron

realizadas en cámara de ambiente controlado, con un régimen día/noche de 25/20 °C, y fotoperiodo de 10 h. Se empleó luz fluorescente. Al probar la germinación de nueces por tamaño (grandes y pequeñas, ≤ 1.7 cm y > 1.7 cm, respectivamente), color (café oscuro y café claro) y con sombra o sin ésta, todos estos factores resultaron estadísticamente significativos ($p=0.0067$, $p<0.0001$ y $p=0.0078$, respectivamente) (Figuras 45.3 y 45.4). La mayor germinación se observó con semillas grandes, color café oscuro y son sombra (100% de capacidad germinativa). No se halló diferencia estadísticamente significativa entre la combinación anterior de tratamientos y la semilla pequeña, café oscura y con sombra (97.4%) y la semilla grande, café oscura y sin sombra (91.8%). El análisis de factor por factor y en combinación se muestra en los

Cuadros 45.1 y 45.2. Las curvas de germinación acumulada, para los diferentes tratamientos, se muestran en la Figura 45.5.

Cabe señalar que a una procedencia de *Q. deserticola* de la Mixteca Alta, Oaxaca, se le reporta germinación de 53% a 18 °C y con un fotoperiodo de 12 h (Martínez *et al.*, 2006).

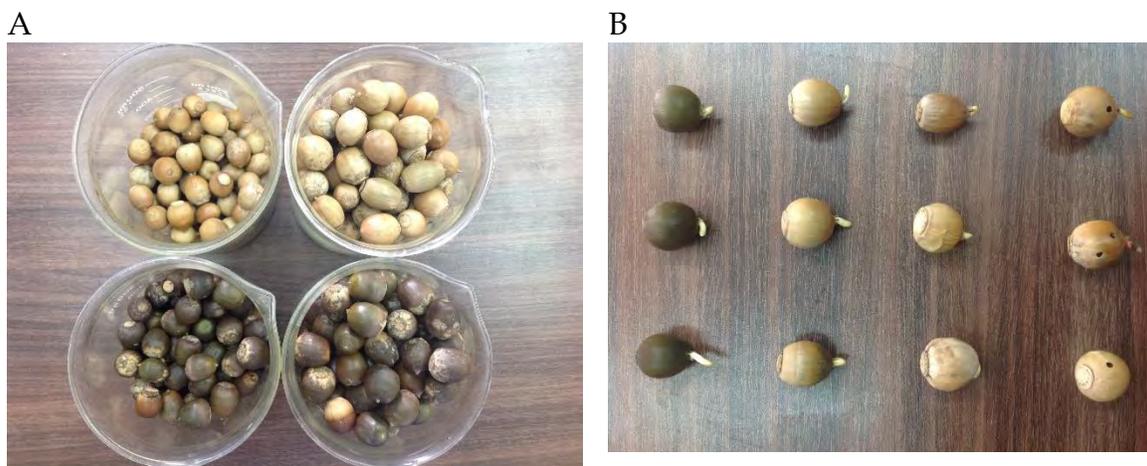


Figura 45.3. A) De izquierda a derecha y de arriba abajo, nueces: pequeñas café claro, grandes café claro, pequeñas café oscuro y grandes café oscuro. B) Semillas con distintas características, incluso plagadas (línea inferior), inician su germinación.

Cuadro 45.1. Resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey, variable capacidad germinativa de *Q. deserticola*, para cada factor considerado.

| Factor | Nivel | Capacidad germinativa (%) |
|----------------|-------------|---------------------------|
| Tamaño de nuez | Grande | 77.5a |
| | Pequeña | 70.6b |
| Color de nuez | Café oscuro | 92.9a |
| | Café claro | 55.2b |
| Sombra | Con | 77.1a |
| | Sin | 71.0b |

Pares de niveles de factores con letra distinta tuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre sí (Rodríguez-Trejo y Pompa-García, 2016).

Cuadro 45.2. Resultados de la prueba de comparación de medias de Tukey, para la variable capacidad germinativa de *Q. deserticola*, entre tratamientos.

| Tratamiento | Capacidad germinativa (%) |
|-------------|---------------------------|
| GCOS | 100.0a |
| CHCOS | 94.7ab |
| GCON | 91.8ab |
| CHCON | 85.0b |
| GCCS | 61.0c |
| GCCN | 57.0c |
| CHCCS | 52.8c |
| CHCCN | 50.0c |

G = semilla grande, CH = semilla pequeña, CO = color café oscuro, CC = color café claro, S = con sombra, N = sin sombra (Rodríguez-Trejo y Pompa-García, 2016).

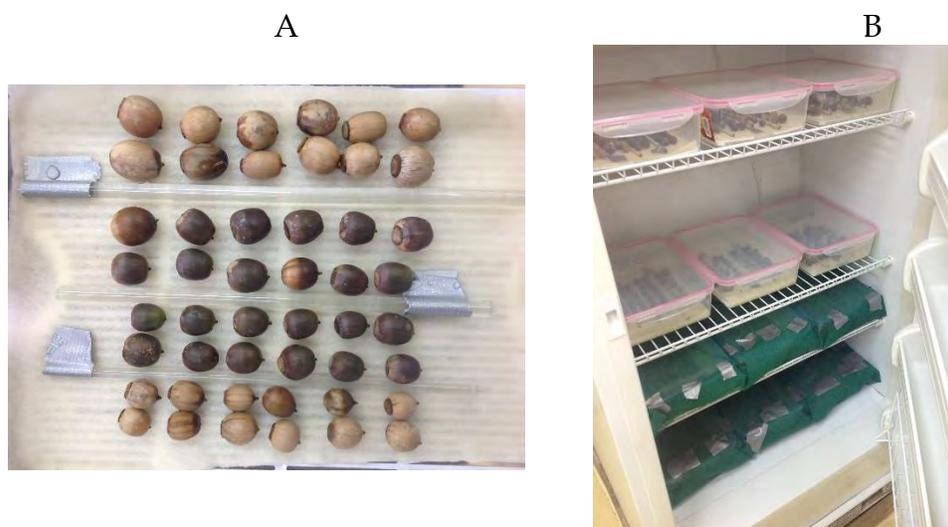


Figura 45.4. Experimento con la especie de interés. A) Bloque (caja) que constó de 12 nueces de dos tratamientos (tamaño y color de semilla). B) Disposición en cámara. Los dos niveles superiores sin sombra y los dos inferiores con ella. Los bloques (cajas) quedaron anidados dentro del factor sombra.

La especie es común en bosques de encino y de oyamel, en áreas abiertas o perturbadas (Zavala, 2007). En esas localidades, la sombra de la misma copa del árbol madre puede generar un microclima favorable, que prevenga la deshidratación, favoreciendo la germinación de la semilla. Hay evidencia de que la germinación de especies de *Quercus* con semilla grande se ve favorecida por la sombra, mientras que en las especies con semilla pequeña favorece la exposición a la radiación solar directa (Zavala y García, 1996).

Energía germinativa. La energía tuvo diferencias significativas en los factores color ($p < 0.0001$) y para la interacción tamaño*color ($p = 0.0267$). La prueba de comparación de medias de Tukey arrojó diferencias entre colores ($p < 0.05$), con promedios iguales a 14.5 días para la semilla café oscuro y 34.2 para la semilla color café claro. Se halló la mayor energía germinativa en las semillas grandes y color café oscuro, con 11.5 días para alcanzar el 70% de la capacidad germinativa. La interacción tamaño*color se observa en la Figura 45.6.

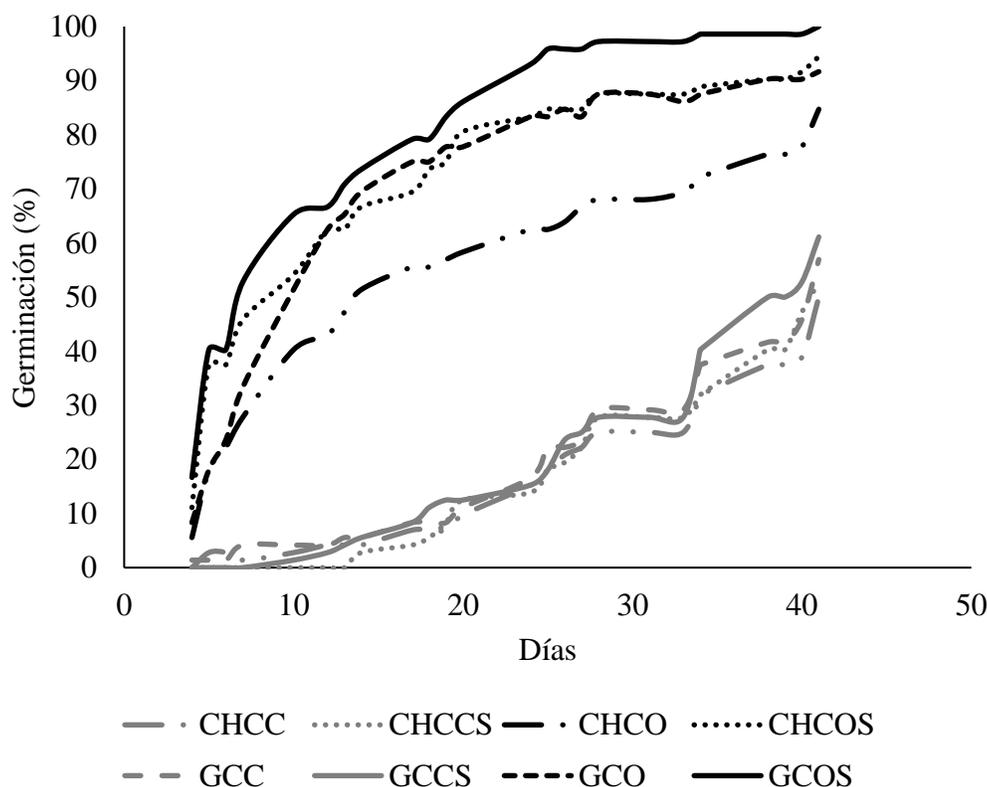


Figura 45.5. Curvas de germinación acumulada en *Quercus deserticola*, para los diferentes tratamientos. CH=semilla chica, G=semilla grande, CC=color café claro, CO=color café oscuro, S=con sombra (Rodríguez-Trejo y Pompa-García, 2016).

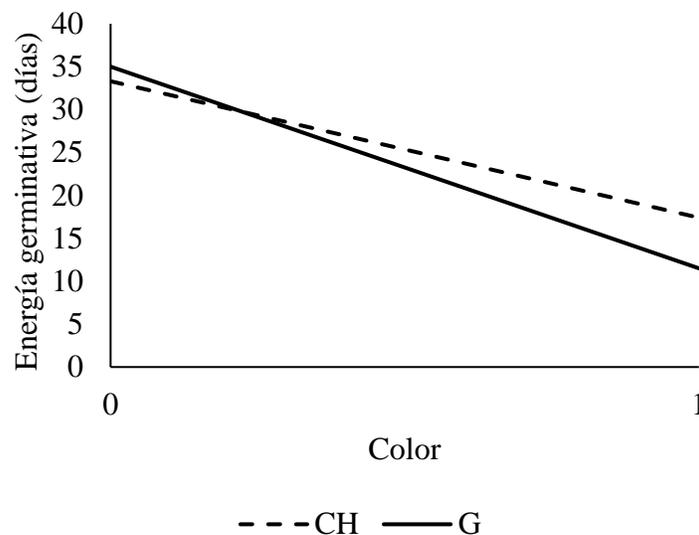


Figura 45.6. Interacción tamaño y color de semilla para energía germinativa de *Q. deserticola*. CH=chica, G=grande, 0=café claro, 1=café oscuro (Rodríguez-Trejo y Pompa-García, 2016).

Viabilidad. Variable no medida, pero de 100%, dada la germinación total lograda en un tratamiento.

Latencia. Semilla sin latencia.

Regeneración natural

Dispersión. La semilla de *Q. deserticola* se dispersa como es típico en encinos: por gravedad, con mayor posibilidad de alejarse del árbol madre cuando hay pendiente y no muchos sotobosque o combustibles forestales. La fauna, como aves y roedores, son un relevante agente de dispersión. Parte de la semilla es almacenada en depósitos o soltada y cuando queda en un micrositio favorable para la germinación, ahí tendrá más oportunidad de establecer su plántula.

Banco de semillas. Algunos animales pueden almacenar semillas en oquedades formadas por raíces ya descompuestas o en cavidades naturales o excavadas por ellos como

madriguera. Estos bancos duran poco, pues las semillas son recalcitrantes.

Tolerancia a la sombra. Este encino es medianamente tolerante, se regenera con sombra parcial.

Tipo de germinación. Como es típico del género *Quercus*, la germinación de la semilla en *Q. deserticola*, es hipógea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Monitorear a partir de septiembre, para recolectar la semilla apenas esté por madurar y antes de que caiga al piso forestal. Si se recolecta del piso, la semilla recién caída, color café oscuro, germinará mejor que la café claro, con más tiempo de haber sido liberada. No recolectar semilla con indicios de descomposición ni afectada por larvas.

Almacenamiento. La semilla es recalcitrante. En condiciones de cuarto

es difícil que dure viable más de 6 meses, y la capacidad germinativa se reducirá con el tiempo. Hay avances en el almacenamiento de encinos a muy bajas temperaturas (-20 °C), con lo cual se mantiene a la semilla viable por varios años, pero se requiere de equipo especializado para ello. Zavala (2004) señala que, aunque el contenido de humedad de la semilla de *Q. deserticola* sea reducido a poco < 50%, germinará bien y se puede almacenar a 3-7 °C por 6 meses o más, al cabo de los cuales su viabilidad será ≥ 50%.

Tratamiento previo a la siembra. No necesita de tratamiento alguno.

Siembra. Colocar la semilla horizontal, con el ápice en el centro de la maceta, pues por ahí saldrá la radícula. El centrar la semilla sin considerar la colocación del ápice, hará que la raíz se desarrolle asimétrica, y una buena raíz debe tener simetría radial. Por su germinación hipógea, la semilla puede ser enterrada hasta 50% de su anchura, o a una profundidad de hasta su anchura.

Nota. Para mayores detalles sobre recolección, beneficio y almacenamiento de nueces, favor de remitirse al capítulo de *Quercus L.*, del presente libro.

Literatura citada

- Arizaga, S., J. Martínez-Cruz., M. Salcedo-Cabrales y M.A. Bello-González. 2009. Manual de la Biodiversidad de Encinos Michoacanos. Semarnat, INE. México. 147 p.
- Martínez-Pérez, G., A. Orozco-Segovia, y C. Martorell. 2006. Efectividad de algunos tratamientos pre-germinativos para ocho especies leñosas de la Mixteca Alta oaxaqueña con características relevantes para la restauración. Boletín de la Sociedad Botánica de México 79: 9-20.
- Rodríguez T., D. A., y M. Pompa-García. 2016. Tamaño, color de semilla y sombra, afectan la germinación de *Quercus deserticola*. Madera y Bosques 22: 67-75.
- Romero R., S., E. C. Rojas Z., y L. E. Rubio L. 2015. Descripción morfológica de 100 especies de *Quercus* de México. In: Romero R., S., E. C. Rojas Z., y L. E. Rubio L. (coords.). Encinos de México. UNAM. México. pp. 129-278.
- Vázquez V., M. L. 1992. El género *Quercus* (Fagaceae) en el estado de Puebla, México. Tesis de licenciatura. Escuela Nacional de Estudios Profesionales Zaragoza, UNAM. México, D. F. 246 p.
- Zavala Ch., F. 2003. Identificación de Encinos de México. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. 188 p.
- Zavala Ch., F. 2004. Desecación de bellotas y su relación con la viabilidad y germinación en nueve especies de encinos mexicanos. Ciencia ergo sum 11(2): 177-185.
- Zavala Ch., F. 2007. Guía de los Encinos de la Sierra de Tepetzotlán, México. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. 89 p.
- Zavala Ch., F., y E. García M. 1996. Frutos y Semillas de Encinos. 1996. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. 47 p.

Quercus glaucescens Humb. & Bonpl. (Fagaceae)

Dante Arturo Rodríguez Trejo, Gerardo Mendoza Ángeles

Nombres comunes

Encino blanco, encino prieto, roble, tocuz (Arizaga *et al.*, 2009).

Breve descripción

Árbol de 6 a 20 m de altura, diámetro normal de 15 a 40 cm, corteza gris escamosa. Hojas oblanceoladas a obovadas, con 9 a 18 cm de longitud por 3 a 6 cm de anchura, con 3-5 dientes de cada lado, haz verde café, envés verde claro o verde café pubescente o glabro (Arizaga *et al.*, 2009). Racimos estaminados de 5 a 6 cm de longitud, con numerosas flores pubescentes, inflorescencias pistiladas de 1 cm de longitud, con 1 a 2 flores pubescentes (Romero *et al.*, 2015; Oaks of the World, 2016) (Figura 46.1).

Distribución

En Sin., Nay., Jal., Edo. Méx., Mich., Gro., Oax. y Ver. Bosques de encino (Zavala, 2003; Romero *et al.*, 2015).

Importancia

Además de la relevancia ecológica de todo encino, Arizaga *et al.* (2009) refieren que en Michoacán está en peligro; se usa para leña, elaboración de carbón y en la fabricación de postes.

Floración y fructificación

Florece de marzo a mayo. Los frutos maduran entre junio y agosto (Oaks of the World, 2016).

Descripción de fruto y semilla

Fruto de 2 a 3 cm de longitud, solitario o en pares, con pedúnculo de 1 a 2 cm. Nuez cubierta en 1/3 por la cúpula; esta última de 8-11 mm de longitud por 14-24 mm de diámetro. Nuez ovoide, de 20-30 mm de longitud por 13 a 24 mm de diámetro (Romero *et al.*, 2015; Oaks of the World, 2016). Cubierta seminal papirácea; como es típico en encinos, los cotiledones ocupan la mayor parte del volumen de la semilla, el resto del embrión en el ápice.

Análisis de semillas

La muestra de semillas que fue utilizada para el presente análisis, fue proporcionada por el Sr. Wilfrido Orozco Pantaleón, de Desarrollo Comunitario Los Tuxtles, Ver. La semilla fue recolectada en Chinameca, Veracruz, a fines del año 2010. La muestra de trabajo fue pequeña, 187 semillas, que pesaron 610 g. Se analizó a dos meses de su recolección.

Pureza. La muestra ya venía limpia, por lo que este indicador alcanzó 100 %.

Peso. El peso de la semilla corresponde a 307 kg⁻¹, es decir que 1000 semillas pesan 3.257 kg.

Contenido de humedad. El contenido de humedad, base anhidra, fue de

23%. El contenido de humedad, base en fresco, fue igual a 18.7 %.

Germinación y factores ambientales.

Las condiciones de germinación fueron 21 °C constantes y un fotoperiodo de 12 h luz, en cámara de ambiente controlado. De esta forma se alcanzó una capacidad germinativa igual a 76 %.

Energía germinativa. No fue determinado este indicador.

Viabilidad. No fue determinado este indicador.

Latencia

La semilla de esta especie carece de latencia.

Regeneración natural

Dispersión. Las semillas de encino se dispersan por gravedad, o bien por aves y mamíferos como roedores que se las comen, pero también las almacenan, se les caen algunas.



Figura 46.1. *Quercus glaucescens*. Fuente: Marco Antonio Díaz Ojendis, Mauricio A. Mora Jarvio, Conafor, Instituto de Biología, UNAM, Proyecto Irekani.

Banco de semillas. Las semillas de los encinos pueden ser acumuladas por aves y por mamíferos, por ejemplo roedores, que buscan almacenarlas. Algunos de esos almacenes son olvidados o su acopiador es depredado y constituyen bancos de corta duración con semilla de encinos.

Tolerancia a la sombra. Se considera que requiere cierta porción de sombra para que la plántula no se deshidrate.

Tipo de germinación. Como es típico de los encinos, la germinación es hipógea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. En diferentes regiones del país, es posible recolectar la semilla entre junio y agosto. Las semillas casi maduras se pueden obtener directamente de la copa o del suelo, siempre que hayan caído recientemente. Para ello es necesario verificar que no tengan señales de deterioro.

Almacenamiento. La semilla recalcitrante de los encinos se puede almacenar por poco tiempo (algunos

meses) en condiciones de cuarto antes que empiece a declinar la viabilidad. Hay experiencias con otras especies del género, almacenándolas a -20 °C, que han dado buenos resultados, manteniendo viable la semilla durante años.

Tratamiento previo a la siembra. Remojar en agua por 12-24 h para separar impurezas y semillas vanas, así como para mantener la humedad de la semilla.

Siembra. Si la germinación es buena, se recomienda hacer siembra directa en contenedor, con 1-2 semillas por cavidad. Es recomendable colocar horizontal la semilla, enterrándola a una profundidad igual a su grosor, máximo. El ápice de la semilla, por donde emergerá la radícula hay que ponerlo en el centro de la cavidad, de lo contrario la planta tendrá un desarrollo asimétrico de su sistema radical, lo cual demeritará su calidad.

Nota. Para mayor detalle sobre aspectos de recolección, beneficio, almacenamiento y siembra de nueces de encino, favor de remitirse al capítulo *Quercus* L. del presente libro.

Literatura citada

Arizaga, S., J. Martínez Cruz, M. Salcedo Cabrales, y M. Á. Bello González. 2009. Manual de la Biodiversidad de Encinos Michoacanos. Semarnat, INE. México, D. F. 147 p.

Oaks of the World. 2016. http://oaks.of.the.world.free.fr/quercus_glaucescens.htm

Romero R., S., E. C. Rojas Z., y E. Rubio L. 2015. Descripción morfológica de 100 especies de *Quercus* en México. In: Romero R., S., E. C. Rojas Z., y E. Rubio L. (coords.). Encinos de México. UNAM. México. pp. 129-278.

Zavala Chávez, F. 2003. Identificación de encinos de México. 2ª ed. DICIFO, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 188 p.

Quercus rugosa Née (Fagaceae)

Rubén Huerta Paniagua, Dante Arturo Rodríguez Trejo y Gerardo Mendoza
Ángeles

Nombres comunes

En diferentes regiones se le conoce como encino, encino de asta, encino blanco, encino cuero, encino quiebra hacha, T-nuyá, encino avellano, encino de miel, encino negro, encino prieto (Arizaga *et al.*, 2009; Romero *et al.*, 2015).

Breve descripción

Árboles perennifolios o caducifolios, monoicos, de copa amplia, con 3 a 35 m de altura, diámetro de 10 a 80 cm, corteza escamosa, con fisuras profundas, café grisáceas. Hojas gruesas, muy coriáceas, normalmente cóncavo convexas, con 7 a 15 cm de longitud. Amentos masculinos con 3 a 7 cm de longitud, con muchas flores, tomentosos, periantosésiles; flores femeninas de 5 a 30, distribuidas a lo largo de un pedúnculo largo, delgado y pubescente (Bello y Lavat, 1987; Zavala, 2003; Conabio, 2017; Romero *et al.*, 2015) (Figura 47.1).

Distribución

Se le halla en laderas de cerros, barrancas y cañadas húmedas, pero también en terrenos planos y lugares secos o muy húmedos, sobre suelos profundos o someros, además en pedregales. Se desarrolla en climas templado-fríos y semifríos, entre 1800 y 3000 m s.n.m. Puede formar asociaciones en encinares, bosques de

pino-encino, y observarse en pinares, oyametales, bosque mesófilo, pastizales y con encinos arbustivos. Se ha registrado en 21 estados del país, desde B. C. hasta Chis. (Zavala, 2003; Romero *et al.*, 2015).

Importancia

Existe algún interés por los encinos por parte del sector industrial maderero. Casi no se cultivan, aprovechan ni restauran, pero podrían significar una alternativa con potencial para mejorar las condiciones sociales, económicas y ambientales de los poseedores de bosques con encinos.

La madera se utiliza para la construcción y para la elaboración de carbón. Sus bellotas y hojas verdes son tóxicas para el ganado (Benitez, 1986), que no obstante las consume en alguna medida (Conabio, 2017).

Con su bellota se elabora un café; corteza y agallas contienen muchos taninos, por lo que se usan en curtiduría. La madera sirve para hacer mangos de herramienta, pilotes, durmientes, postes para cercas y se puede elaborar papel con su pulpa. La corteza tiene propiedades astringentes, se usa como auxiliar para detener pequeñas hemorragias y para tratar inflamaciones de la piel, originadas por ortigas y picaduras de insectos. También para el tratamiento de úlceras (Conabio, 2017).

A



B



C



D



Figura 47.1. A) Adulto, B) hojas y C) amentos masculinos de *Quercus rugosa*. D) Bellotas de la especie. A-C, Totolapan, Edo. Méx.; D, Tequesquináhuac, Edo. de México. Fotos por DART, 2014 y 2105.

Quercus rugosa cuenta con un sistema radical adaptado a sustratos rocosos, lo que le permite contribuir a la intemperización de la roca para dar paso en la sucesión ecológica a pinos, cuya raíz no tiene esta capacidad.

Fructificación

En México central, los frutos de esta especie están maduros de octubre a diciembre.

Descripción de fruto y semilla

Bellotas anuales, solitarias o en grupos de hasta cuatro, pedúnculo de 2 a 10 mm, cúpulas de 10-15 mm de ancho y 5-12 mm de alto, hemisféricas o con la base algo angosta. Escamas pubescentes, con bases engrosadas, café o café cenicientas; nuez alargada, ovoide o largo ovoide, café, con la base más ancha y angulosa en el ápice. Su longitud es de 1 a 2.5 cm y su anchura de 0.8 a 1.5 cm, color café oscuro al madurar. La cúpula hemisférica cubre de 1/3 a 1/2 de la nuez (Zavala, 2007; Huerta y Rodríguez-Trejo, 2011).

La mayor parte de la cavidad seminal es ocupada por los grandes cotiledones de la semilla. En el extremo apical está la radícula. Embrión rosado intenso o violáceo, como es típico en la especie (Zavala, 2007; Huerta y Rodríguez-Trejo, 2011) (Figura 47.2).

Análisis de semillas

Procedencia. El lote para realizar estas pruebas fue recolectado de San Jerónimo Amanalco, en la zona oriente del Edo. de México, en noviembre de 2009. La semilla fue obtenida de

árboles sanos, con 10 a 15 m de altura, sobre suelos tepetatosos y pendientes de 30%, en un bosque de pino-encino.

Para las pruebas de germinación fueron estudiados dos regímenes día/noche: 24 °C/19 °C y 19/14 °C, con fotoperiodo de 12 h y luz fluorescente, con radiación fotosintéticamente activa de 66 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. También se probó el tamaño de las semillas: pequeñas, medianas y grandes. Las semillas pequeñas tuvieron longitud y anchura superiores e inferiores de 2.35 por 1.16 cm, hasta 1.96 por 1.20 cm. Para las semillas medianas tal intervalo fue de 2.59 por 1.33 cm hasta 2.31 por 1.26 cm. En el caso de las semillas grandes el intervalo fue de 3.75 por 1.45 cm hasta 2.43 por 1.65 cm. Aproximadamente 25% de las semillas del lote eran grandes, 40% medianas y 35% pequeñas.

Se emplearon 720 semillas que fueron sembradas en cajas de plástico para verduras, el sustrato fue tela fieltro. Las simientes fueron regadas con agua destilada e inicialmente y de manera precautoria se les aplicó una dosis de 3 g L⁻¹ del fungicida Captán.

Pureza. Se trabajó con un lote de semillas limpio, con pureza de 100%.

Peso. Se tuvo un peso para las nueces de 406 kg⁻¹, lo que equivale a 2.463 kg por cada 1000 semillas. Otras fuentes (Conabio, 2017) refieren de 190 a 1300 semillas kg⁻¹.

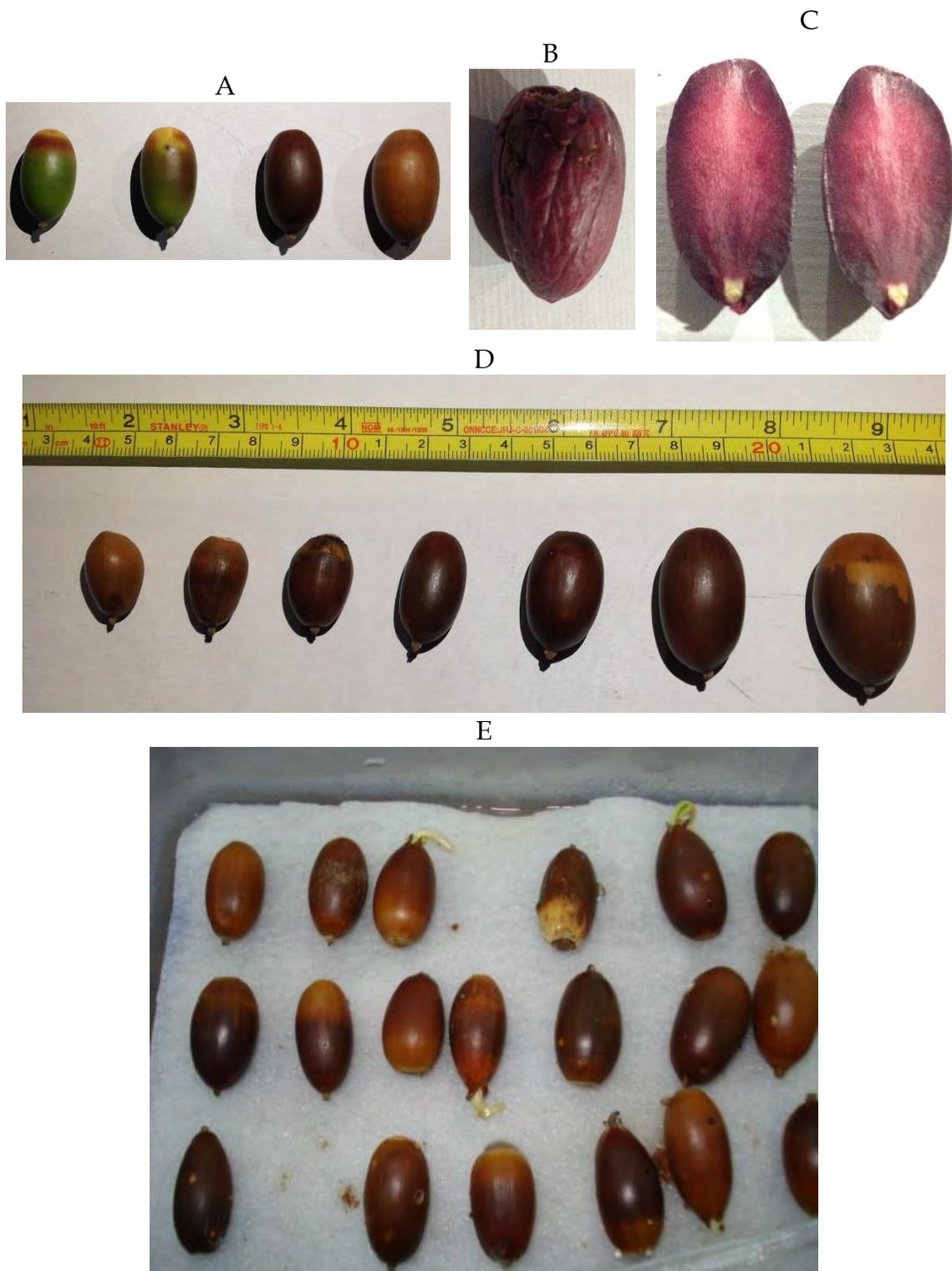


Figura 47.2. A) Maduración de la semilla. B) Exterior y C) interior morados de la semilla, típicos de la especie. D) Variabilidad en el tamaño de nueces. E) Inicio de la germinación en *Q. rugosa*. Fotos A a D, DART; foto E, RHP.

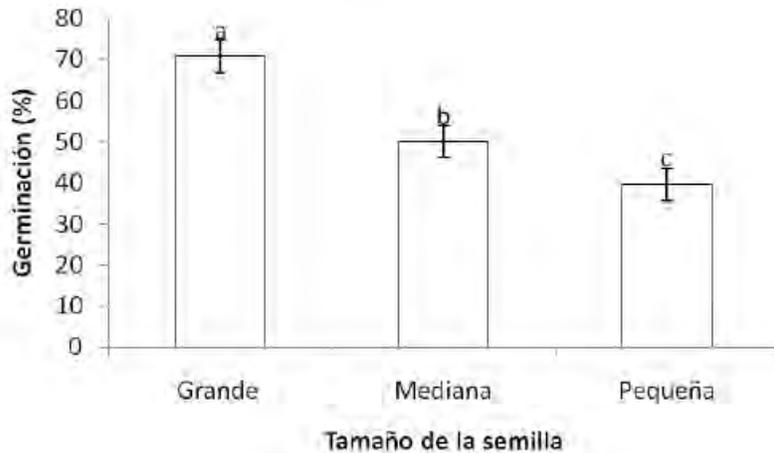


Figura 47.3. Germinación final por tamaño de semilla en *Q. rugosa*. Letras distintas señalan diferencias estadísticamente significativas para la germinación final entre tratamientos. Las barras representan error estándar (Huerta y Rodríguez-Trejo, 2011).

Contenido de humedad. El contenido de humedad, base anhidra, alcanzó 65%. Con base en fresco, fue 39.4%. Se trata de una semilla recalcitrante.

Germinación y factores ambientales. Se probaron tres tamaños de semilla (grande, mediana y pequeña) y dos regímenes día/noche: temperatura alta, 24/19 °C y baja, 19/14 °C; con luz fluorescente, 66 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ y fotoperiodo de 12 h. El tamaño de la semilla influyó en la germinación final ($p < 0.0001$). La germinación aumenta conforme la semilla es más grande. No se halló efecto de las temperaturas de germinación probadas en el presente experimento, ni de la interacción entre temperatura y tamaño de la semilla. La semilla grande tuvo una germinación final de 70%, por 50 y 40% de las semillas mediana y pequeña (Figura 47.3). El promedio ponderado por tamaño de la germinación del lote, fue igual a 51.5%. Cualitativamente también se observó que el desarrollo

de plántulas a partir de semillas de mayor tamaño fue más rápido (Huerta y Rodríguez-Trejo, 2011). En Conabio (2017) se refieren capacidades germinativas de entre 50 a 93% para la especie.

Dada la variación de tamaño de semilla que existe para diversas especies, se han investigado las ventajas para las semillas grandes. Sus epicótilos pueden emerger desde mayores profundidades (Radford, 1977) y cuentan con más reservas (Jurado y Westoby, 1992). De la misma forma, las plántulas tienen mayor probabilidad de sobrevivir, si sufren herbivoría, cuando proceden de semillas grandes, pues tienen más posibilidad de reponerse del daño (Armstrong y Westoby, 1993; Bonfil, 1998). Sin embargo, en ambientes con limitaciones de humedad, así como los árboles son de menor porte que en ambientes con más humedad, las nueces podrían ser de menor tamaño.

En este tipo de ambientes, podrían germinar más y con mayor velocidad las semillas pequeñas de esta especie, pues necesitan absorber menos agua que las simientes grandes en el mismo ambiente.

Energía germinativa. Fue evaluada como el número de días para alcanzar el 50% de la germinación final. Para esta variable se hallaron diferencias estadísticamente significativas tanto para tamaño de la semilla, como para temperatura y la interacción de ambos factores. Las semillas grandes y las medianas exhibieron la mayor energía germinativa (una germinación más rápida) (Figura 47.4).

La temperatura más alta mostró la mayor energía germinativa. Por cuanto toca a la interacción entre tamaño de la semilla y temperatura, la combinación que produjo la mayor energía germinativa correspondió a la temperatura alta con semillas de tamaño mediano. La combinación que produjo la menor energía germinativa

(germinación más lenta), fue la semilla pequeña y la temperatura elevada (Figura 47.5).

Viabilidad. Esta prueba se hizo con sales de tetrazolio al 1%, sumergiendo 60 semillas en la solución durante 24 h a 30 °C en cámara de ambiente controlado. También se practicó la prueba de flotación a 720 semillas (1/3 por tamaño). En ambos casos se tuvo una viabilidad igual a 83.3%.

Latencia. No hay latencia en la especie.

Regeneración natural

Dispersión. Como esta semilla es importante parte de la dieta de diversas aves y mamíferos como los roedores, dichos animales hacen depósitos de semillas en la corteza de otros árboles o en madrigueras subterráneas. Algunos depósitos quedan abandonados o algunas semillas caen de la corteza y pueden germinar. Si un animal traslada semillas y se le caen, las dispersa. Otra forma de dispersión es la gravedad.

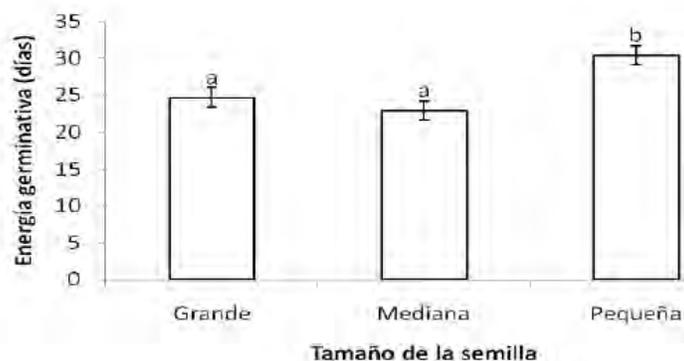


Figura 47.4. Energía germinativa (tiempo para alcanzar 50% de la germinación final) de *Q. rugosa* por tamaño de la semilla.

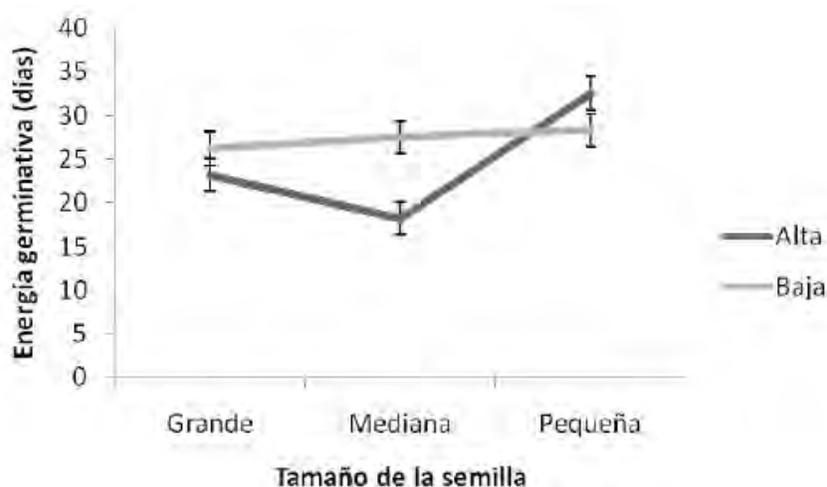


Figura 47.5. Interacción entre tamaño de la semilla y temperatura para la energía germinativa de la semilla de *Q. rugosa*.

Las semillas caen bajo la copa en terrenos más o menos planos, pero ruedan y logran mayor dispersión si hay pendiente y no muchos detritos leñosos o rocas que las atajen.

Banco de semillas. Como especie recalcitrante, no forma bancos de semilla duraderos.

Tolerancia a la sombra. Al parecer se trata de una especie semitolerante a la sombra, pues las pruebas de germinación se hicieron sin ésta y en los viveros la hemos producido sin sombra, pero una sombra parcial ayuda a mantener condiciones húmedas durante la germinación, en especial para especies de semilla grande, como los encinos. Conabio (2017) alude que la especie tolera ligeros niveles de sombra.

Tipo de germinación. Como todos los encinos, la germinación de *Q. rugosa* es hipógea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Lo más recomendable es recolectar la semilla directamente de la copa de los árboles. Se puede tomar verde (pero muy cerca de la maduración) o ya café, para el primer caso siempre que ya haya alcanzado su tamaño máximo y comiencen a aparecer manchas cafés en la nuez. También se puede recoger del suelo, pero cuando tienen poco tiempo de haber caído y hay que evitar tomar semillas plagadas o que ya muestren señas de deterioro. Las nueces que caen con la cúpula todavía adherida tienden a no ser buenas.

Almacenamiento. Se trata de una especie con semillas recalcitrantes, microbióticas. En condiciones de cuarto es difícil lograr una longevidad mayor a unos seis meses, en ocasiones un año. En el vivero San Luis Tlaxialtemalco, han logrado mantener viable la semilla de algunos encinos

durante varios años almacenándola a temperaturas muy bajas, de -20 °C.

Tratamiento previo a la siembra.

Remojar las nueces por 12-24 h permite separar impurezas, semillas vanas y humedecer las buenas. Si se siembran apenas salidas de este tratamiento, ya se habrá iniciado la imbibición, la primera etapa de la germinación. Si se dejan escurrir y secar bajo sombra, se desactiva el inicio de la germinación y se pueden almacenar por un tiempo.

Siembra. Se recomienda sembrar la nuez acostada y enterrada a la misma profundidad que su grosor. Por su gran tamaño, es importante que el ápice de la nuez quede en el centro de la maceta, en particular cuando se produce en tubetes o contenedores rígidos. Lo anterior para que se obtenga un desarrollo de la raíz

uniforme en todas direcciones, con simetría radial y no bilateral.

Observaciones. Una alta proporción de las nueces estuvo infestada por el coleóptero *Curculio*. Incluso después de seleccionar las semillas sin perforación para salida de la larva, todavía emergieron larvas en 6.7% de ellas. No obstante, estas semillas germinaron bien (figura 47.6). Su tamaño ayuda para que, a pesar del daño, quede suficiente tejido de reserva en los cotiledones para la germinación.

Nota. Para más detalles sobre recolección, beneficio, cómo almacenar la semilla y su siembra, favor de consultar el capítulo sobre *Quercus* L. en el presente libro.



Figura 47.6. Semilla de *Q. rugosa* en germinación, a pesar de estar plagada por una larva de *Curculio* sp. Foto: RHP.

Literatura citada

- Arizaga, S., J. Martínez-Cruz, M. Salcedo-Cabrales, y M. Á. Bello-González. 2009. Manual de la Biodiversidad de Encinos Michoacanos. Semarnat, INE. México. 147 p.
- Armstrong, D. P., and M. Westoby. 1993. Seedlings from large seeds tolerate defoliation better: a test using phylogenetically independent contrasts. *Ecology* 74: 1092-1100.
- Bello G., M. A., y J. N. Lavat. 1987. Los Encinos del Estado de Michoacán. SARH-Cemca. Serie 11-9. México. 98 p.
- Benitez B., G. 1986. Árboles y Flores del Ajusco. INE, IHNCM. México. 182 p.
- Bonfil S., C. 1998. The effects of seed size, cotyledons reserves and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae). *American Journal of Botany* 85: 79-87.
- Conabio. 2017. http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/31-fagac10m.pdf
- Huerta P., R., y D. A. Rodríguez-Trejo. 2011. Efecto del tamaño de semilla y la temperatura en la germinación de *Quercus rugosa* Née. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 17(2): 179-187.
- Jurado, E., y M. Westoby. 1992. Seedling growth in relation to seed size among species of arid Australia. *Journal of Ecology* 80: 407-416.
- Radford, B. J. 1977. Influence of size of achenes and depth of sowing on growth and yield of dryland oil seed sunflower on the Darling Downs. *Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry* 17: 489-494.
- Romero R., S., E. C. Rojas Z., y E. Rubio L. 2015. Descripción morfológica de 100 especies de *Quercus* en México. *In*: Romero R., S., E. C. Rojas Z., y E. Rubio L. (coords.). Encinos de México. UNAM. México. pp. 129-278.
- Zavala Ch., F. 2003. Identificación de Encinos de México. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. 190 p.
- Zavala Ch., F. 2007. Guía de los Encinos de la Sierra de Tepetzotlán, México. UACH. México. 89 p.

Salix bonplandiana H.B.K. (Salicaceae)

Javier Alarcón Segura, Salvador Castro Zavala

Nombres comunes

Sauce (Rep. Mex.), aguejote, ahuejote, huejote (Valle de Méx.).

Breve descripción

Árbol de hasta 15 m de altura; tronco con un diámetro de 40 a 80 cm, corteza color café-grisáceo, gruesa y con fisuras irregulares, ramas ascendentes, ramillas glabras, yemas ovadas y glabras; estípulas caducas, peciolo de 0.5 a 1.5 cm de largo, café-rojizo, laminas foliares linear-lanceoladas, de 6 a 15 cm de longitud por 1 a 2 cm de anchura, ápice agudo, margen finamente aserrado, base cuneada, glabras, amentos cilíndricos, de 3 a 8 cm de largo, los masculinos generalmente más largos que los femeninos. Flores masculinas con la bráctea redondeada, obtusa, cóncava y membranosa, estambres con los filamentos pilosos, anteras subglobosas; flores femeninas con el ovario estipitado, oblongo, glabro, estilo corto y estigma bifido; cápsula ovado-oblonga, café-amarillenta, glabra (Rzedowski y Rzedowski, 2001) (Figura 48.1).

Distribución

Árboles típicos del paisaje lacustre del SE de la CDMX. Ampliamente distribuida desde el SE de EE. UU.,

llegando hasta Guatemala a través de casi todo el territorio mexicano: B. C. S., Chis., Chih., CDMX, Coah., Col., Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Méx., Mich., Mor., Nay., Oax., Pue., Qro., S. L. P., Sin., Son., Tlax., Ver. y Zac. Forma parte de bosques de galería y humedales.

Importancia

Árbol típico del paisaje mexicano. La madera se utiliza para hacer graneros. Empleado para establecer mojoneras naturales y sujetadora de bordes desde la época prehispánica; también fue utilizada para la creación de chinampas que bordeaban las orillas de los antiguos lagos de Xochimilco, Chalco y Texcoco (Aguilera, 2001).

Floración y fructificación

En el Valle de México, la especie fructifica en julio y agosto.

Descripción de la semilla

Semillas numerosas, diminutas, de 1 mm de largo, oblongas, con un papo denso de pelos blancos (Figuras 48.2A a C).

Análisis de semilla

En el Vivero San Luis Tlaxialtemalco, se maneja una muestra de trabajo de 9 g de semilla limpia para proceder con los análisis.



Figura 48.1. *Salix bonplandiana*. Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Conabio.

Procedencia. Los resultados aquí referidos son con base en diversos lotes de semilla obtenidos de la CDMX, principalmente.

Pureza. Se ha registrado de 70 a 90%.

Peso. De 7 500 000 a 9 000 000 semillas kg^{-1} . Lo anterior corresponde a 0.13 y 0.11 g por 1000 semillas.

Contenido de humedad. Se han obtenido valores de 7 a 12%, base peso fresco.

Germinación y factores ambientales. Las capacidades germinativas logradas, van de 70 a 90% (Figura 48.2D).

Viabilidad. Debido a los valores de germinación observados, se considera que la viabilidad va de 70 a 90-100%.

Latencia

La semilla carece de latencia.

Regeneración natural

Dispersión. La semilla se dispersa por el viento (anemocoria), gracias a las pilosidades con las que cuenta. Pero también se puede dispersar mediante hidrocoria, en corrientes de agua de los hábitats riparios donde se le halla, y por gravedad (barocoria).

Banco de semillas. La semilla puede formar bancos en algunos micrositios protegidos, donde la acumula el viento, pero su duración es corta por la breve longevidad de las semillas (nota del editor).

Tolerancia a la sombra. La especie es intolerante a la sombra, pero esta última favorece la germinación y desarrollo inicial de la plántula, pues previene la deshidratación.

Tipo de germinación. La especie tiene una germinación epígea.

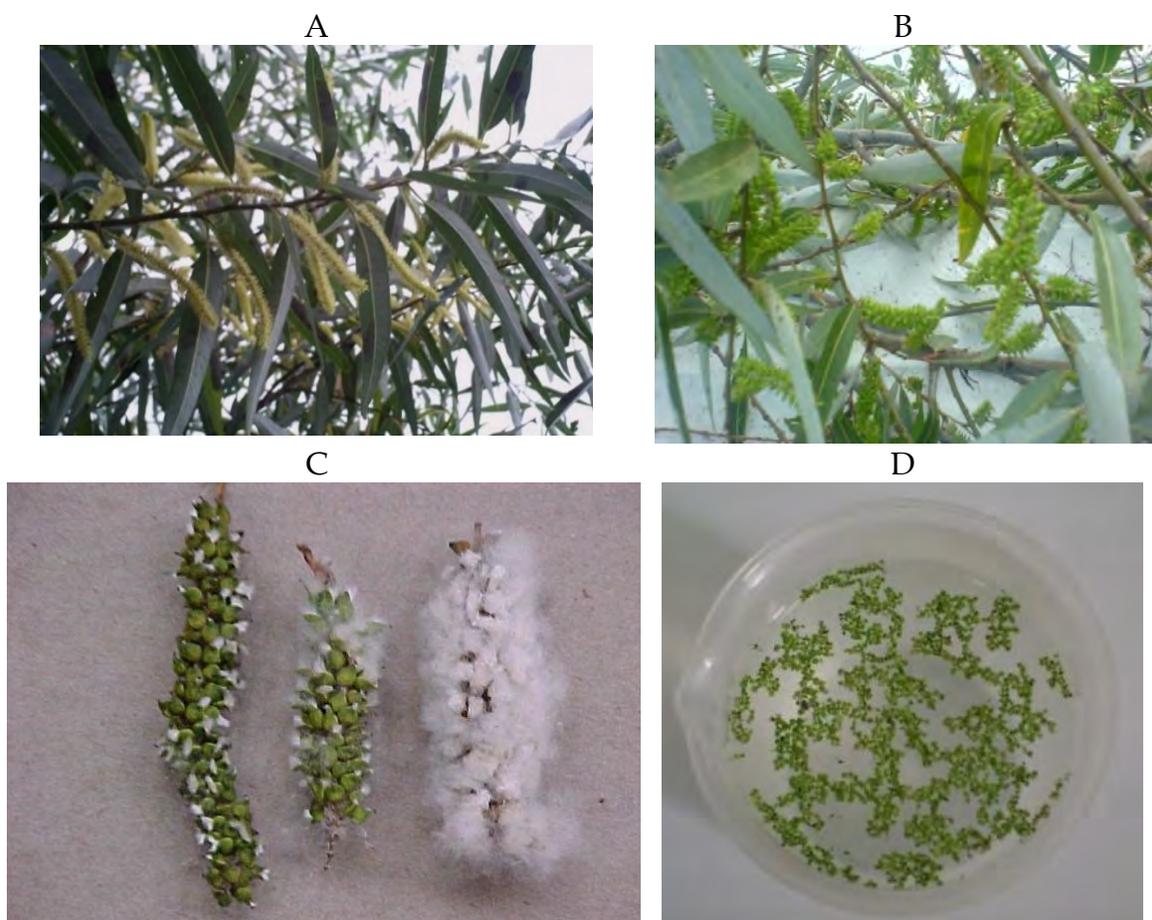


Figura 48.2. Flores (A) y frutos (B) de *S. bonplandiana*. C) Frutos con diferente nivel de apertura y pilosidades de la semilla. D) Semillas en germinación al contacto con el agua. Fotos: Javier Alarcón Segura y Salvador Castro Zavala.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar y beneficiar frutos.

La recolección se efectúa en árboles en pie, previamente seleccionados, sanos y vigorosos, con una buena producción de semilla y madura, pero que aún no ha empezado a

dispersarse. El periodo de fructificación acontece de julio a agosto en las zonas de Xochimilco y Tláhuac en la CDMX (Rzedowski y Rzedowski, 2001). Se realiza la recolección de las cápsulas (frutos) tan pronto como maduran, esto es, cuando su color cambia de verde a amarillento

(Vázquez-Yánes *et al.*, 1999). La recolecta se efectúa cortando las puntas de las ramas que contengan abundante cantidad de frutos sanos, maduros y cerrados (Figura 48.3A), evitando los frutos dañados por plagas o enfermedades. Se colocan las ramas sin atar (para no dañar los frutos, no generar calor y evitar que se humedezcan) sobre un plástico en el piso del vehículo destinado a la colecta (Figura 48.3B). Al concluir la recolecta inmediatamente se realiza el traslado al sitio de procesamiento. Para el beneficio se toman fracciones de ramas con frutos abiertos (Figura 48.3C), los cuales se colocan y se envuelven en una malla tipo mosquitero amplia, que a su vez se sujeta en los extremos por dos personas y se sacude con el fin de que las semillas se desprendan de la cápsula y del papo de pelillos que las contienen, estas se filtran a través de la malla y caen al piso (Figura 48.4D), para lo cual previamente se coloca un plástico sobre el que cae la semilla y así se facilita su recolección. Tras haber realizado esta acción se recoge la semilla e inmediatamente se realiza su limpieza. La extracción y limpieza de las semillas se recomienda realizarla a temprana hora, bajo sombra, sin corrientes de aire y cuando la temperatura ambiente es fresca, ya que las semillas limpias descubiertas sin su papo de pelillos pierden viabilidad con mucha facilidad por deshidratación cuando se expone directamente a factores ambientales como corrientes de aire y temperaturas mayores a 25°C. La limpieza se realiza separando los materiales inertes como polvo,

pelillos, partes de los frutos y segmentos de hojas que acompañan a las semillas. Como primer paso se utiliza una coladera de cocina de plástico con malla de poro amplio para filtrar las semillas, con el fin de retener y separar las impurezas grandes, y después se usa una coladera con malla de poro más pequeño para retener las semillas y separar las impurezas de tamaño menor a la semilla (Figura 48.3E). Completada la limpieza, se procede a tomar la muestra de semillas representativa del lote, la muestra de trabajo (9 g) para realizar las pruebas de laboratorio, e inmediatamente después la semilla se debe almacenar.

Almacenamiento. Las semillas sin su papo de pelillos y expuestas a corrientes de aire y temperaturas superiores a 25 °C, pierden rápido su viabilidad. Deben almacenarse entre -13 y -18 °C el mismo día que fueron limpiadas, para que se mantengan viables.

El almacenamiento inicia con el pesado de la semilla, el empaquetado en bolsa de plástico, el registro del lote en tres etiquetas de cartulina y una etiqueta adhesiva (con nombre científico, número de lote, peso y fecha de entrada al almacén). La primera etiqueta se introduce en la bolsa junto con la semilla, la segunda queda en el amarre de la bolsa y la tercera en la parte exterior de la tapa del contenedor (donde se depositan las bolsas con la semilla) (Figura 48.3F). La semilla almacenada en las condiciones descritas, pierde 25% de su viabilidad al cabo de un año, y ya no es viable luego de tres años.



Figura 48.3. Recolección de frutos y extracción de la semilla de *S. bonplandiana* en el vivero San Luis Tlaxialtemalco. A) Recolección. B) Traslado. C) Ramas con frutos abiertos. D) Extracción. Las “manchas” en el plástico blanco sobre el piso son las semillas. E) Limpieza de la semilla con coladera. F) Etiquetado de la semilla para su almacenamiento. Fotos: Javier Alarcón Segura y Salvador Castro Zavala.

La etiqueta adhesiva se pega al costado del contenedor llevando además el número de éste para su rápida identificación.

Tratamiento previo a la germinación.

La semilla de esta especie no requiere tratamiento pregerminativo, se puede sembrar inmediatamente después de la extracción ya que germina muy rápido.

Siembra. Si la semilla ha sido almacenada previamente en refrigeración o congelación, se traslada el contenedor al laboratorio y se mantiene sin abrirlo a temperatura ambiente por un periodo de 24 h. Posteriormente se pesa la cantidad de semilla estimada para cubrir la meta de producción de planta y se deposita

por fracciones en saleros de plástico (Figura 48.4), los cuales son llevados al área de siembras. La forma de sembrar esta semilla consiste en colocarla sobre la capa superior de tezontle que se ha puesto sobre el sustrato en las cavidades de las charolas previamente preparadas. Inmediatamente se les aplica un riego y cuando se llevan a las parcelas de producción se les aplica riegos ligeros y constantes cada hora en el primer día para asegurar su germinación. Posteriormente se pueden aplicar riegos menos abundantes. La siembra tiene que cubrirse inmediatamente con doble malla media sombra para proteger las plántulas recién germinadas de los rayos solares.

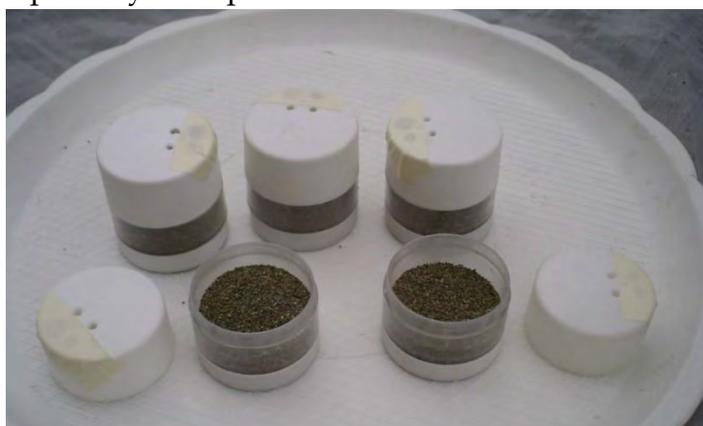


Figura 48.4. Semilla de *S. bonplandiana* dispuesta en saleros para facilitar la siembra. Foto: Javier Alarcón Segura.

Literatura Citada

- Aguilera R., M. 2001. *Salix bonplandiana* Kunth. SIRE-Paquetes tecnológicos (inédito).
- Vázquez-Yáñez, C., A. I. Batis M., M. I. Alcocer S., M. Gual D., y C. Sánchez D. 1999. Árboles y Arbustos Nativos Potencialmente Valiosos para la Restauración Ecológica y la Reforestación. Instituto de Ecología, UNAM. México, D. F. 263 p.
- Rzedowski, G. C. de, y J. Rzedowski. 2001. Flora Fanerogámica del Valle de México. 2a. ed., Instituto de Ecología, A. C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Mich. 1406 p.

Swietenia humilis Zucc. (Meliaceae)

José Antonio Arreola Palacios, Luis Pimentel Bribiesca, Dante Arturo Rodríguez Trejo, Baldemar Arteaga Martínez, Enrique Guízar Nolzaco, Abel Aguilera Aguilera

Nombres comunes

Sus nombres comunes son caobilla, cóbano, gateado, zopilote y palo de zopilote.

Breve descripción

Árbol generalmente caducifolio, de 15 a 20 m de altura, diámetros rara vez mayores a 40 cm. Corteza muy gruesa, áspera y gateada, muy resistente al fuego. Hojas alternas, pinnadas, con 8 a 21 cm de longitud y folíolos lanceolados de 6 a 10 cm de largo y 1.5 a 2.5 cm de anchura. Flores en panículas de 5.7 cm, con pétalos blancos. El fruto es una cápsula de 15 a 20 cm de largo y 10 a 12 cm de ancho (Figuras 49.1 y 49.2).

Distribución

La especie en cuestión forma parte de bosques tropicales caducifolios y subcaducifolios, a lo largo de la vertiente del Pacífico, desde Sinaloa hasta Costa Rica, desde el nivel del mar y hasta 1400 m s.n.m. Alcanza el sureste de Puebla (Niembro, 1986).

Importancia

Su madera se utiliza localmente en construcciones rurales, mangos para herramientas, decoración de interiores, carpintería y artículos torneados. El aceite que contienen las

semillas se utiliza en algunos lugares para elaborar jabón y para dar brillo al cabello (Arreola, 1995, Niembro, 1986). También se le cultiva como árbol de sombra y de ornato, sus semillas son medicinales, pero también venenosas (Rzedowski y Equihua, 1987; Guízar y Sánchez, 1991).

Floración y fructificación

Florece de diciembre a junio en distintas regiones. Se observan frutos maduros de noviembre a abril, en diferentes zonas (Arreola, 1995; Rzedowski y Equihua, 1987).

Descripción de la semilla

Semilla alada, con 5 a 8 cm de longitud y 15 a 18 mm de anchura, triangular o cuadrangular, con hilo amplio, generalmente en forma de huso, blanquecino. Con arilo que cubre parcial o totalmente la semilla, procedente del funículo. Color crema, castaño oscuro. Cubierta seminal crustácea, membranosa, lisa, naranja rojiza, castaño claro, opaca o lustrosa, expandida en un ala terminal o marginal, crustácea o membranosa. Endospermo nuclear, abundante, uniforme, blanquecino, con reservas de aceite, embrión recto, plano, espatulado, inverso, central o transversal, con plúmula corta o

diminuta, provisto de dos cotiledones gruesos y carnosos o masivos, frecuentemente connatos o conferruminados, color blanco o rosado. Radícula corta o diminuta, a veces incluida entre los cotiledones, lateral, superior, dirigida al hilo (Niembro, 1980) (Figuras 49.3 y 49.4).

Análisis de semillas

La semilla utilizada en las pruebas de las que a continuación se da cuenta, fue recolectada del paraje “El Mango

Solo”, Mipio. La Unión, Guerrero, a una altitud de 50 m s.n.m. Los árboles tenían de 10 a 15 m de altura y diámetros normales entre 30 y 40 cm. La recolección tuvo lugar en el mes de abril. Antes de las pruebas, la semilla estuvo almacenada a 4 °C, en telas de manta, durante seis meses. Fueron utilizados 2 kg de semilla, con ala, para la ejecución de las pruebas.

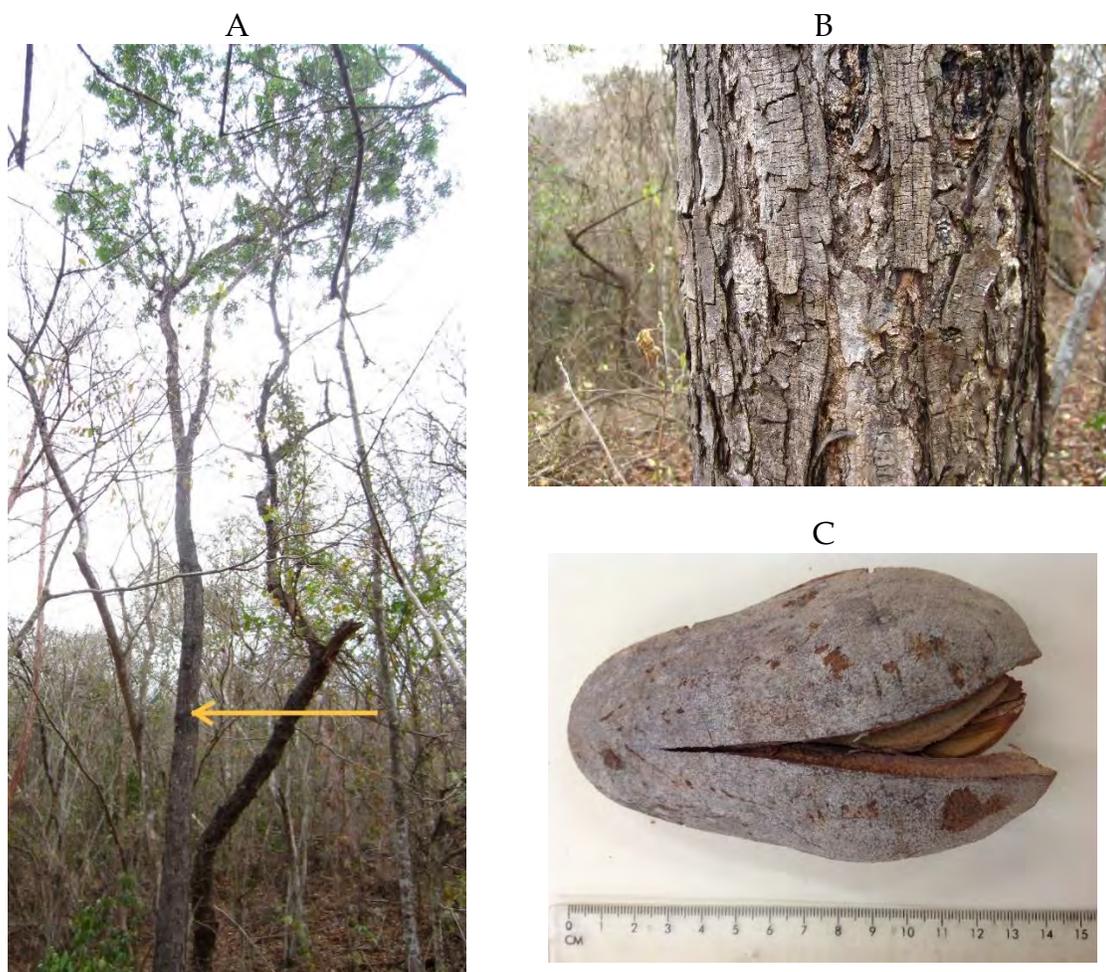


Figura 49.1. A) Caobilla (señalada por flecha). B) Corteza. C) Cápsula. Fotos: DART, 2016. A) y B) Villaflores, Chis., C) Laboratorio de Semillas Forestales, DICIFO, UACH.



Figura 49.2. Cápsula de *S. humilis* abierta y sus semillas. Foto: DART, Laboratorio de Semillas Forestales, DICIFO, UACH, 2016.



Figura 49.3. Vista externa a semillas de *S. humilis*. Izquierda: semilla sin ala, nótese el alargado hilo de color oscuro. Derecha, semillas con ala. Foto: DART, Laboratorio de Semillas Forestales, DICIFO, UACH, 1995.

Pureza. Se utilizó semilla limpia en este trabajo.

Peso. Se determinaron 1529 semillas kg^{-1} , o 654 g como peso de 1000 semillas.

Contenido de humedad. Esta variable, con base anhidra, fue igual a 5.2%, en tanto que con base en verde, alcanzó 4.2%. Por su bajo contenido de humedad, esta semilla es ortodoxa.

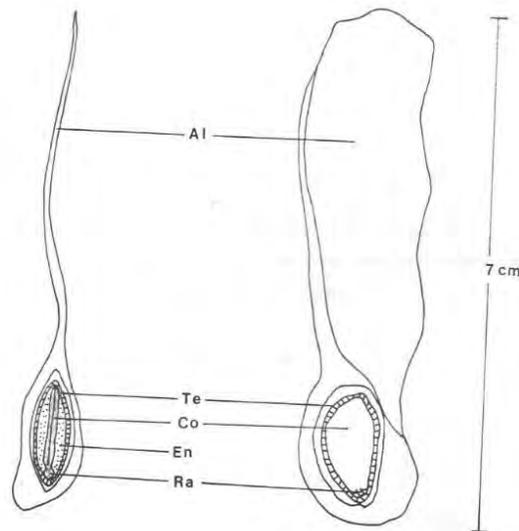


Figura 49.4. Morfología interna de una semilla de caobilla. Al=ala, Te=tegumento, Co=cotiledones, En=endospermo, Ra=radícula. Fuente: Niembro (1980).

Germinación y factores ambientales.

Fueron realizadas dos pruebas de germinación: una en cámara de ambiente controlado y otra en invernadero. La cámara se programó a 30 °C constantes, con un fotoperiodo de 10 h y luces fluorescente e incandescente. En invernadero, las temperaturas alcanzaron entre 10 y 33 °C. Asimismo, se hicieron pruebas con rudimento alar (sólo cortando el ala) y sin éste (semilla limpia).

En ambos casos, con o sin rudimento, no es necesario aplicar tratamiento pregerminativo alguno, pues el testigo arroja capacidades germinativas de entre 90 a 100%, sin diferencias estadísticamente significativas con la escarificación con lija o remojo en agua al tiempo durante 24 h. En estos

últimos tratamientos las capacidades germinativas fueron de 95 a 100%.

La germinación en invernadero fue más errática: de 64.7% para semilla sin rudimento alar ni tratamiento pregerminativo, a 96% para la semilla con rudimento alar pero escarificada ligeramente con lija (Figura 49.5).

Energía germinativa. Medida como el tiempo para alcanzar 70% de la capacidad germinativa, en las condiciones de cámara de ambiente controlado utilizadas, la energía germinativa alcanza 7.5 días para el testigo y 6 días para el tratamiento de remojo en agua al tiempo. Más que un tratamiento, el remojo en agua en este caso simplemente adelanta la primera etapa de la germinación, denominada imbibición.

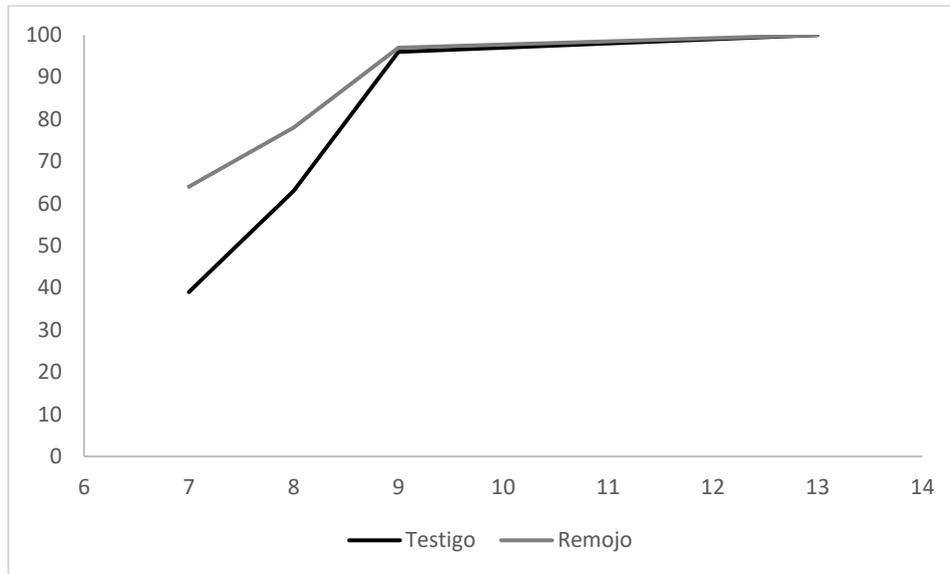


Figura 49.5. Curva de germinación acumulada para *S. humilis*, sin rudimento alar, en cámara de ambiente controlado.

Viabilidad. La prueba de viabilidad no fue realizada. Sin embargo, se considera que es muy alta, de 100% o cercana a dicho valor, pues hubo tratamientos que alcanzaron tal porcentaje de germinación.

Latencia

La semilla de la caobilla no presenta latencia.

Regeneración natural

Dispersión. Al abrir las valvas de las cápsulas dehiscentes, las semillas aladas son liberadas y dispersadas por el viento. Este medio de dispersión está relacionado con la característica de recolonizadora que tiene la especie.

Banco de semillas. Al parecer esta especie no forma bancos de semilla, principalmente por tratarse de una semilla reconocida como microbótica, por el poco tiempo que mantiene su viabilidad.

Tolerancia a la sombra.

Aparentemente *S. humilis* es intolerante a la sombra, como es típico de especies recolonizadoras de claros.

Tipo de germinación. La caobilla presenta germinación hipógea (Figura 49.6).

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Esta labor se recomienda llevarla a cabo entre noviembre y abril, con variaciones entre regiones. Las cápsulas son cortadas maduras pero antes de que abran, con garrochas podadoras y trepándose a los árboles. De lo contrario el viento dispersará las semillas antes de la recolección. Las cápsulas pueden ser secadas sobre una superficie de concreto o sobre plástico para que abran y extraer las semillas.

Almacenamiento. Para este trabajo, las semillas fueron almacenadas 6 meses a 4 °C y tuvieron buena

germinación. No debe olvidarse que se trata de una semilla microbiótica.

Tratamiento previo a la siembra. No es indispensable dar tratamientos previos a la siembra. Hay una ligera ganancia en energía germinativa (de 1.5 días) si se remoja en agua al tiempo la semilla durante un día. Pero más que tratamiento pregerminativo, el remojo inicia la fase de imbibición de la germinación. Sin embargo, no habrá ganancia adicional en capacidad germinativa, en comparación con el testigo.

Siembra. Se recomienda sembrar a 1 cm de profundidad.

Descripción de las plántulas. Las plántulas alcanzan una longitud de 5 a 9 cm a 12 días de la germinación, radícula incluida. Tallo cilíndrico, café oscuro, con 1 a 3 cm de longitud y 2 a 3 mm de diámetro en la base. Hojas primarias alternas, no muy bien desarrolladas, pequeñas (algunas en forma de escama), verde claro. Cotiledones plegados entre sí. Radícula con abundantes raicillas (Figura 49.6).

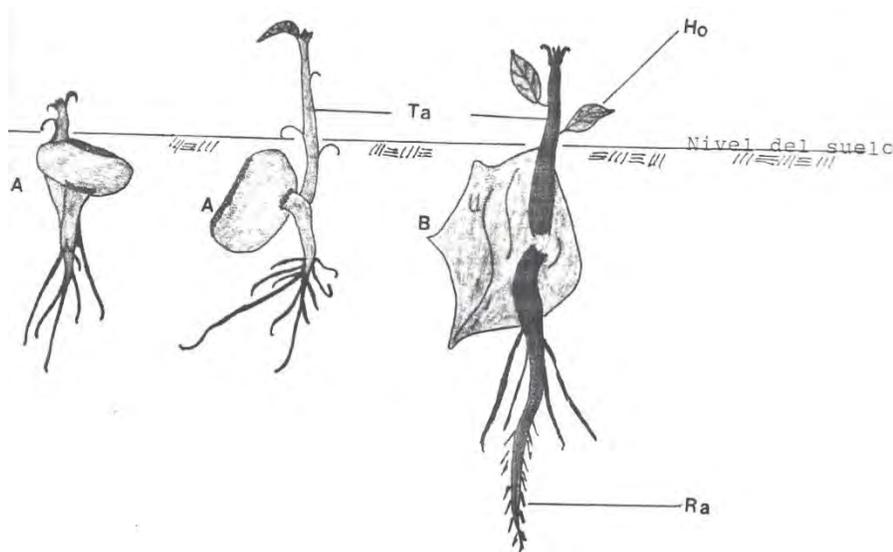


Figura 49.6. Plántula de 12 días, caobilla. Ho=hojas, Ta=tallo, Ra=radícula. A=semilla sin rudimento alar (cuando se le ha eliminado), B=semilla con rudimento alar.

Literatura citada

- Arreola P., J. A. 1995. Germinación y crecimiento inicial de cinco especies forestales tropicales en vivero. Tesis profesional. Ingeniero Forestal. División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx. 105 p.
- Guízar N., E., y A. Sánchez V. 1991. Guía para el Reconocimiento de los Principales Árboles del Alto Balsas. UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 207 p.
- Niembro R., A. 1980. Estructura y Clasificación de Semillas de Especies Forestales Mexicanas. Departamento de Bosques, UACH. Chapingo, Edo. de Méx.
- Niembro R., A. 1986. Árboles y Arbustos Útiles de México. Limusa. México. 206 p.
- Rzedowski, J., y M. Á. Equihua. 1987. Flora. Atlas Cultural de México. SEP, INAH, Ed. Planeta. México. 222 p.

Swietenia macrophylla King (Meliaceae)

Luis Quinto, Pedro Arturo Martínez Hernández, Luis Pimentel Bribiesca, Dante Arturo Rodríguez Trejo

Nombres comunes

El nombre común más ampliamente utilizado en toda su área de distribución, es caoba.

Breve descripción

Árbol de hasta 70 m de altura y diámetro normal que puede alcanzar hasta 3.5 m. Tronco recto, acanalado, con contrafuertes. Corteza profunda y ampliamente fisurada. Madera con olor fragante muy característico. Hojas paripinnadas o imparipinnadas de 12 a 40 cm de longitud, incluyendo el pecíolo. Especie monoica, con flores de ambos sexos en la misma inflorescencia. Los frutos son cápsulas leñosas con 12 a 18 cm de longitud, ovoides u oblongas, con 4 a 5 valvas, dehiscentes desde la base, contienen 12 semillas dispuestas de forma imbricada (Pennington y Sarukhán, 2005; Niembro *et al.*, 2010) (Figura 50.1).

Distribución

Sólo en la vertiente del Golfo, desde el norte de Puebla y Veracruz, hasta el norte de Chiapas y el sur y este de la Península de Yucatán (Pennington y Sarukhán, 2005). Se desarrolla entre 0 y 500 m de altitud, como parte del bosque tropical perennifolio (Rzedowski y Equihua, 1987), pero también se le encuentra recolonizando

áreas perturbadas, por ejemplo, por huracanes.

Importancia

La caoba es una especie de gran importancia industrial en las zonas tropicales de México y América Central. Su madera, de excelentes cualidades, se emplea en aserrío y como chapa, en ebanistería y cualquier clase de construcciones, para embarcaciones, partes de molinos, moldes y pontones, instrumentos científicos, acabados interiores para baños sauna, muebles finos, gabinetes, paneles, chapa, triplay, duela, lambrín, decoración de interiores, ebanistería fina. De manera tradicional, la infusión de la corteza y las semillas se usan como tónico y contra la tifoidea, la diarrea y fiebre. La semilla, muy amarga y astringente, se emplea en la medicina tradicional para calmar el dolor de muelas. También es melífera. Cuenta con importancia artesanal, con ella se fabrican artículos torneados o esculpidos. Sus semillas contienen un aceite con el cual se pueden preparar cosméticos (del Amo *et al.*, 2009, Pennington y Sarukhán, 2005, Conafor, 2009). La caoba también tiene una gran relevancia ecológica, pues es de las especies recolonizadoras de claros abiertos por perturbaciones.

Floración y fructificación

La floración ocurre de abril a junio, dependiendo de la localidad, la fructificación de noviembre a febrero y la recolección de semillas de enero a abril (RMGF, 1999; Rodríguez *et al.*, 2009), pero también se refiere como época de recolección de semilla de abril a julio en Campeche y Quintana Roo (Patiño *et al.*, 1983) (Figura 50.2).

Descripción de la semilla

En uno de los extremos forman un cuerpo abultado y anguloso, de 18 a 20 mm de longitud, 12 a 14 mm de anchura y de 6 a 7 mm de grosor. Están provistas de un ala lateral oblonga, delgada, papirácea y quebradiza de 75 a 100 mm de largo, por 17 a 30 mm de

ancho, formada por un tejido esponjoso con abundantes espacios intercelulares llenos de aire. La cubierta es lisa y cartácea, de color castaño amarillento con brillo apagado. Dentro del cuerpo abultado se encuentra colocado de manera transversal un embrión blanquecino, depreso obovado, lateralmente comprimido y marcado con una cicatriz de color castaño muy larga. El embrión tiene un eje recto y dos cotiledones blanco amarillentos, elípticos u oblongos, carnosos, parcialmente fusionados en sus dos tercios superiores y rodeados de una delgada capa de endospermo (Niembro, 1988; Niembro *et al.*, 2010; Ochoa *et al.*, 2008) (Figuras 50.3 y 50.4).



Figura 50.1. Caoba en el Mipio. de Ocosingo, Chiapas. Foto: DART, 1991.



Figura 50.2. A) Flores de caoba. B) Cápsula. Fotos: A) y B): Raúl Ernesto Alcalá Martínez/Conabio, 2016.



Figura 50.3. Semillas de *S. macrophylla*. Foto: Raúl Ernesto Alcalá Martínez/Conabio, 2016.

Análisis de semillas

Procedencia. Los resultados de las pruebas aquí realizadas se obtuvieron de un lote de semilla recolectado en Santiago de Tuxtla, Veracruz.

Pureza. Se obtuvo una pureza de 70.4%.

Peso. Del lote analizado en el presente trabajo se tuvieron 2922 semillas kg⁻¹,

equivalentes a 342.2 g por 1000 semillas. Como es natural, existe variabilidad. Por ejemplo, los datos de Patiño *et al.* (1983), Seforven (1991) y Niembro *et al.* (2010), para México y Venezuela, respectivamente, generan un intervalo de 1300 a 2500 semillas kg⁻¹.

Contenido de humedad. El contenido de humedad fue igual a 10.8 %.

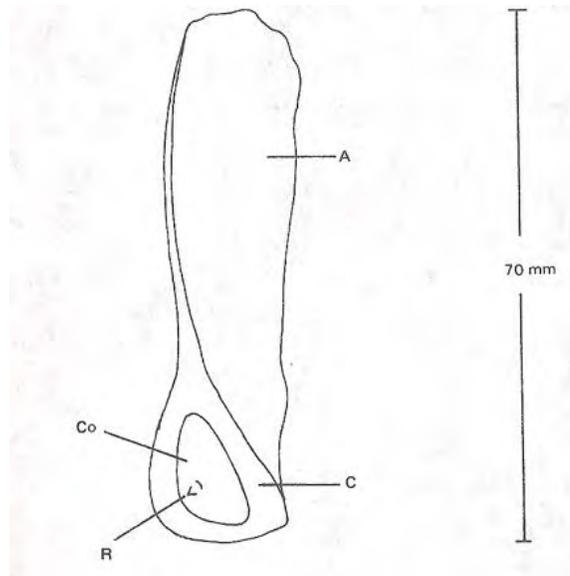


Figura 50.4. Partes principales de la semilla de caoba. A=ala, Co=cotiledones, R=radícula, C=cubierta seminal (Niembro, 1988).

Germinación y factores ambientales.

La capacidad germinativa del lote fue igual a 76 %, con un régimen de temperatura de 28/24 °C y un fotoperiodo de 12 h (Quinto *et al.*, 2009) (Figura 50.5). Niembro (2003) refiere una capacidad germinativa de 70-90 % con 28 °C de temperatura.

Energía germinativa. Para la germinación referida en el subtítulo anterior, se tiene que el 70% del 76% de capacidad germinativa referido (53.2 %), es decir la energía germinativa, fue igual a 26 días.

Viabilidad. Mediante la prueba de sales de tetrazolio, se obtuvo una viabilidad de 94 %.

Latencia

No hay latencia en esta especie.

Regeneración natural

Dispersión. Una vez que abren las cápsulas que las contienen, las semillas de la caoba se dispersan por el viento, gracias al ala de sus semillas.

Banco de semillas. Aunque tiene un bajo contenido de humedad que la clasifica como ortodoxa, su longevidad es baja, por lo que se considera microbiótica. No forma bancos de semilla duraderos.

Tolerancia a la sombra. Como se trata de una especie que coloniza claros, le favorece la exposición a la radiación solar.

Tipo de germinación. Germinación hipógea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Las cápsulas de la caoba deben ser recolectadas antes de que abran, pero cuando ya tienen un color grisáceo rojizo. Es recomendable recolectar de la parte media y alta del árbol. Cada árbol produce de 125 a 148 kg y cada cápsula contiene de 40 a 70 semillas. En general se obtienen de 3.8 a 4.5 kg de semilla por árbol (RMGF, 1999, Conabio, 2006; Niembro *et al.*, 2010). Los frutos se transportan en costales de yute. En el vivero se colocan sobre harneros de madera o son extendidos sobre lonas en patios para su secado al sol. Cuando los frutos abren se les retira a las semillas el ala para facilitar su manejo (Niembro *et al.*, 2010).

Almacenamiento. La semilla es microbótica, pero Seforven (1991) señala que si se almacena a 3-5 °C y se

le coloca desecante químico (sal higroscópica), conserva su viabilidad durante un año. De manera similar, Niembro *et al.* (2010) refieren que en frascos cerrados herméticamente y con un 13% de contenido de humedad de la semilla, puede mantenerse viable por un año. RMGF (1999) y Niembro *et al.* (2010), informan de algunos estudios donde han hallado que si la semilla es depositada en bolsas de plástico herméticamente cerradas a 4 °C, con un contenido de humedad de 4 %, pueden durar 4 y hasta 8 años, aunque su germinación se ve afectada. En tal caso aplicar fungicida (como Captán o Arazán, 0.5 a 1 g kg⁻¹ de semilla), de lo contrario serán muy probables los problemas con hongos.

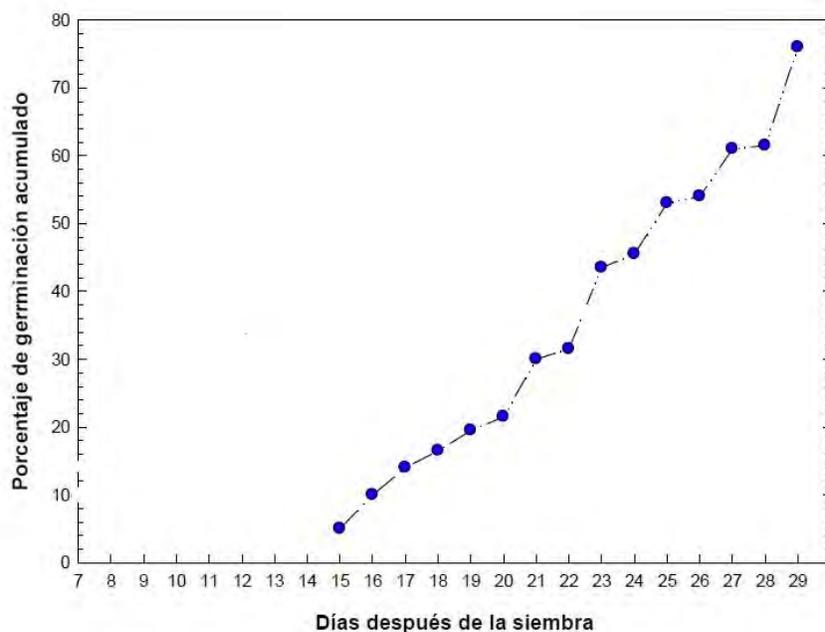


Figura 50.5. Germinación acumulada de *Swietenia macrophylla*, con un régimen térmico de 28/24 °C y un fotoperiodo de 12 h (Quinto *et al.*, 2009).

Tratamiento previo a la siembra. Para activar la germinación se recomienda remojar la semilla en agua al tiempo por 1 o 2 días.

Siembra. Es recomendable eliminar el ala antes de sembrar. Por el tamaño de

la semilla es conveniente hacer siembra directa en bolsa o contenedor. Pero también se puede hacer en semilleros para posterior trasplante, en particular si el lote no es fresco y su viabilidad ha descendido.

Literatura citada

Conabio. 2006. www.conabio.gob.mx

Conafor (Comisión Nacional Forestal). 2009. Fichas técnicas. www.conafor.gob.mx

del Amo Rodríguez, S., M. del C. Vergara Tenorio, J. M. Ramos Prado, y C. Saiz Campillo. 2009. Germinación y Manejo de Especies Forestales Tropicales. Universidad Veracruzana. Xalapa, Ver. 246 p.

Niembro Rocas, A. 1988. Semillas de árboles y arbustos. Ontogenia y estructura. Limusa. México. 285 p.

Niembro Rocas, A. 2003. *Swietenia macrophylla* King. In: Vozzo, J. A. (ed.). Tropical Seed Manual. USDA Forest Service. pp. 722-725.

Niembro Rocas, A., M. Vázquez T., y O. Sánchez T. 2010. Árboles de Veracruz. 100 Especies para la Reforestación Estratégica. Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, Comisión del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave para la conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución, Centro de Investigaciones Tropicales. Ver., México. 255 p.

Ochoa Gaona, S., G. Villanueva López, I. Hernández Margalli, e I. Pérez Hernández. 2008. Manual de Semillas de Especies Forestales de las Montañas de Tenosique, Tabasco. El Colegio de la Frontera Sur, Proyecto Fomix Conacyt, Gob. del Edo. de Tabasco. Tapachula, Chiapas. 98 p.

Patiño Valera, F., P. de la Garza, A. Villagómez Y., I. Talavera Armas, y F. Camacho Morfín. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas forestales. Boletín Divulgativo 63. INIFAP. México, D. F. 181 p.

Pennington, T. D., y J. Sarukhán Kermez. 2005. Árboles tropicales de México. UNAM, FCE. México. 523 p.

Quinto, L., P. Martínez Hernández, L. Pimentel Bribiesca, y D. A. Rodríguez-Trejo. 2009. Alternativas para mejorar la germinación de tres árboles tropicales. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 15(1): 23-28.

Rodríguez V., J., P. Sinaca C., y G. Jamangapé G. 2009. Frutos y Semillas de Árboles Tropicales de México. Semarnat, INE. México. 119 p.

RMGF (Red Mexicana de Germoplasma Forestal). 1999. *Swietenia macrophylla* King. Gaceta de la Red 2(mzo.-jun. 1999): 59-62.

Rzedowski, J., y M. Equihua. 1987. Flora. Atlas Cultural de México. SEP, INAH, Ed. Planeta. México. 222 p.

Seforven (Servicio Forestal Venezolano). 1991. Caoba. Ficha Técnica (folleto). Seforven. Venezuela.

Symphoricarpos microphyllus Kunth (Caprifoliaceae)

Javier Alarcón Segura, Salvador Castro Zavala

Nombres comunes

Perlitas, vara perlilla, hierba corriosa, barrendero (Zamora *et al.*, S.F.), perlilla, perlita.

Breve descripción

Forma: Arbusto erecto de la familia Caprifoliaceae originario de México (Camacho, 2003). Muy ramificado, de 1 a 3 m de alto, las ramas jóvenes delicadamente pubescentes y algunas veces casi tomentosas, con pelos curvados; hojas sobre peciolo de 1 a 3 mm de longitud, láminas ovadas, de 0.8 a 2.5 cm de largo por 0.5 a 1.5 cm de ancho, ápice agudo a redondeado, bordes enteros, base aguda, de color verde oscuro, glabras o finamente pubescentes hacia la parte superior del envés. Flores: solitarias o pseudoracimosas, axilares, cortamente pedunculadas; cáliz glabro o irregularmente ciliado, 5-dentado; corola estrechamente campanulada o algunas veces tubular, de 0.7 a 1.3 cm de longitud, los lóbulos iguales, ovados; estambres 5, ligeramente más largos que la corola; estilo glabro. Fruto: baya blanca a rosada, translúcida, subglobosa de 4 a 9 mm de diámetro (Arreguín, 2011; Villarreal, 2000) (Figura 51.1).

Distribución

Ampliamente distribuida desde Nuevo México hasta Guatemala. Se encuentra en casi toda la zona montañosa del Valle: Pachuca y Real del Monte a Amecameca y Tlalpan (Arreguín, 2001). Hábitat: los tipos de vegetación en que crece son bosque de *Pinus-Quercus* y otras latifoliadas (Zamora *et al.*, S.F.). Se halla entre 2250 y 3100 m s.n.m. (Hernández *et al.*, 2008).

Importancia

Uso doméstico: en algunas regiones se cultiva como ornato y con sus ramas se hacen escobas para barrer los jardines y las calles (Arreguín, 2001). Artesanal: canastas y figuras navideñas (Zamora *et al.*, S.F.).

Floración y fructificación

La especie florece de julio a septiembre y fructifica de septiembre a enero (Zamora *et al.*, S.F.).

Descripción de la semillas

Semillas aplanadas, ovadas, de 3 a 7 mm de largo por 2 a 3 mm de ancho (Arreguín, 2001).

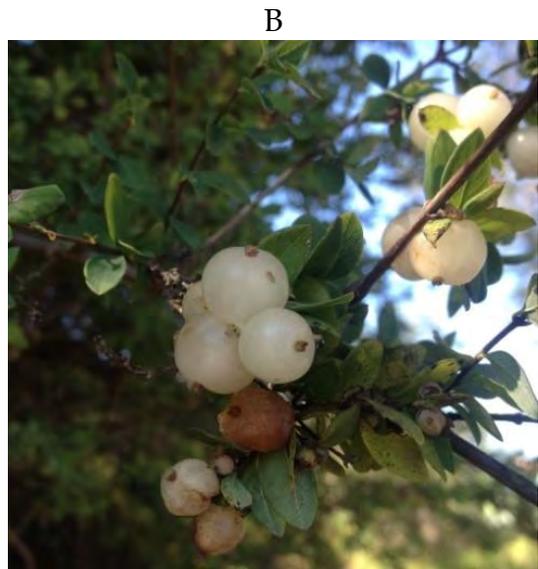


Figura 51.1. A) Vara de perilla, Edo. de Méx. B) Su fruto. Fotos: A, DART. B, JAS y SCZ.



Figura 51.2. A) Fruto recién recolectado, B) en secado, C) en extracción y D) semilla recién extraída y en secado. Fotos: JAS y SCZ.

Análisis de semilla

En el Laboratorio de Semillas Forestales del Vivero San Luis Tlaxialtemalco, se han hecho análisis a diferentes procedencias de la especie. En este capítulo se refieren los intervalos hallados para ellas.

Procedencias. Principalmente CDMX, Pue. y otras partes del Valle de México.

Pureza. Entre 76 y 99%

Peso. La especie tiene de 225 000 a 675 000 semillas kg^{-1} , es decir, entre 4.44 y 1.48 g por 1000 semillas, respectivamente.

Contenido de humedad. Su bajo contenido de humedad, 5 a 7%, base en fresco, la posiciona como semilla ortodoxa.

Germinación y factores ambientales. Se han obtenido capacidades germinativas de entre 32 a 70%.

Viabilidad. La viabilidad registrada, es de 40 a 73%.

Latencia

Posible presencia de latencias fisiológica y química, leves, pues tratamientos como estratificación y remojo benefician la germinación de la semilla.

Regeneración natural

Dispersión. Debido a que la especie tiene un fruto carnosos, fauna como aves y mamíferos la consumen y contribuyen a dispersar la semilla.

Tolerancia a la sombra. La especie puede crecer tanto con sombra como a pleno sol, si bien el fenotipo en cada caso varía. Las ramas son más flexibles y extendidas en el primer caso, y más erectas y lignificadas en el segundo. No obstante, tiende a mostrar mejor supervivencia a pleno sol (Mendoza *et al.*, 2011).

Tipo de germinación. Epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Recolección y beneficio de frutos. La recolección se realiza de septiembre a enero, de plantas en pie, previamente seleccionadas, sin plagas ni enfermedades y vigorosas, con una buena producción de frutos sanos. Estos últimos deben haber madurado, es decir, cambiado su color de verde a blanco o blanco con pigmentación rosada (Figura 51.B). La recolecta se efectúa cortando los frutos directamente en forma manual, evitando los inmaduros y enfermos. Se colocan en costales o arpillas (de gran ayuda, ya que favorecen la ventilación y evitan la generación de calor). Al concluir la recolecta inmediatamente se realiza el traslado al sitio de procesamiento, con su control de registro respectivo.

Se debe realizar un **secado** de los frutos en forma natural bajo sombra y ventilación (Figuras 51.2A y B), siendo un proceso lento, pero permite que las semillas culminen su maduración, de lo contrario se obtendrían semillas

inmaduras y no viables. Consiste en colocar los frutos sobre cribas en una capa sencilla, removiéndolos cada tercer día para evitar pudrición de los mismos. Este proceso termina cuando los frutos se han secado totalmente y finalmente obtienen una apariencia de uva pasa.

Para la **extracción** de semillas de perlita se realizan dos pasos previos, uno es la **rehidratación** del fruto con el fin de que este se ablande y el segundo es el proceso de molienda para que las semillas queden expuestas para la separación. **Rehidratación del Fruto:** este proceso consiste en introducir el fruto seco en agua limpia por un periodo de 3 a 4 días, con cambios de agua cada 24 h, hasta obtener un fruto muy blando para facilitar su molienda.

Molienda: El fruto se hace pasar a través de un molino pequeño (que se utiliza normalmente para moler granos), el cual se gradúa de tal manera que despedace el fruto sin que dañe las semillas (Figura 51.2C). El material obtenido se va depositando inicialmente en una charola pequeña y luego se vacía en una tina de mayor tamaño. Cuando ha concluido la molienda o cuando se tiene suficiente material de la mezcla de pulpa y semillas se flota en agua, la mayor parte de las semillas permanece en el fondo del contenedor y por decantación se va expulsando la pulpa a un nuevo contenedor. Las semillas que logran pasar se recuperan con una coladera y se regresan al primer contenedor, este proceso se repite hasta eliminar la pulpa del primer contenedor por completo. Posteriormente la semilla pasa a un

proceso de **secado** (Figura 51.2D) esparciéndola en una capa sencilla sobre una malla que se coloca en un remolque en condiciones de sombra y ventilación, a temperatura ambiente, durante 3 días (las semillas se remueven diariamente para un secado más uniforme). Después de este periodo se procede a realizar la limpieza de las semillas.

Limpieza de semillas. Las semillas se procesan a través de un equipo llamado “escalper” que posee cuatro cribas de diferente calibre y forma de perforación, seleccionadas para la limpieza de esta especie, las cuales nos ayudan a eliminar las impurezas que quedaron junto con la semilla como polvos, cascarillas y restos de pulpa.

Separación de semillas por tallas. La semilla ya limpia se procesa en un equipo denominado “separador por tamaños”, que también posee cuatro cribas de diferente calibre seleccionadas para esta especie, el cual nos va a ayudar a separar las semillas en dos tallas: semilla grande y mediana. De esta manera la semilla queda estandarizada, lo que nos va a facilitar la selección de semilla llena de la vana a través de su peso. **Selección en cámara de gravedad.** Este equipo posee un aspirador interno que succiona el aire por el conducto donde transitan las semillas, el cual previamente se calibra manualmente para aplicar la fuerza de succión precisa para esta especie, de esta manera, los materiales de menor peso como las semillas vanas e impurezas se separan de las semillas llenas que poseen mayor peso depositándolos en compartimentos diferentes; así se

logra seleccionar las semillas con tejidos completos o semillas de calidad del resto de los materiales. **Rendimiento de Semilla.** De acuerdo a los datos generados de las colectas realizadas en varios años en promedio obtenemos 13 g de semilla limpia por kilogramo de fruto maduro fresco recolectado.

Almacenamiento. Después de realizar las pruebas de laboratorio, esta especie se almacena a temperatura de 1 a 4 °C, con un contenido de humedad del 5-7% y con su registro correspondiente. La experiencia que se tiene en el Vivero San Luis Tlaxialtemalco respecto al tiempo de almacenamiento, es que después de 3 años, se presenta una disminución de 15% en la germinación.

Tratamiento previo a la germinación. Acondicionamiento de la semilla para una germinación uniforme (método utilizado en el Vivero San Luis Tlaxialtemalco). Como primer paso se realiza el pesado de la cantidad de semilla previamente estimada para cubrir la meta de plantas que se van a producir en el vivero. En seguida se coloca en un contenedor de plástico amplio que permita llevar a cabo su desinfección, remojos, lavados y la mezcla de las semillas sin que se derramen del mismo. El procedimiento se describe a continuación:

Desinfección inicial. La semilla es desinfectada con solución de cloro al 1% por un periodo de 30 min, la

solución se prepara mezclando 77 ml de cloro al 13% y 933 ml de agua potable por cada litro a utilizar, de la cual se agrega 1.5 litros de solución por cada kilogramo de semilla a preparar y se mezcla perfectamente. Al finalizar el periodo se drena la solución y se enjuaga la semilla con agua limpia.

Remojo-Secado (4 ciclos). La semilla se sumerge completamente en agua por un periodo de 18 h a temperatura ambiente. Al finalizar el periodo se drena el agua y la semilla se coloca sobre malla mosquitera y sobre un remolque esparciéndola en una capa delgada, en condiciones de sombra y ventilación, a temperatura ambiente por 6 h. Durante este proceso se remueve varias veces para que seque homogéneamente. Este proceso de remojo y secado se repite cuatro veces, excluyendo el último secado de semilla, para pasar directamente a una última desinfección con agua oxigenada que, a su vez, estimula la germinación de las semillas. También se recomienda una desinfección intermedia con cloro al 1%, después del segundo ciclo de remojo-secado.

Desinfección con agua oxigenada. Al finalizar el último remojo se realiza una desinfección de la semilla, con agua oxigenada al 1.5%, por un periodo de 2 h. En el transcurso de este tratamiento las semillas e impurezas que llegan a flotar en los primeros 20 min en esta solución se retiran ya que son semillas de mala calidad. Al término del periodo se drena la solución, se enjuaga la semilla y se procede a secarla por 4 h.

Almacenamiento temporal en cámara fría. La semilla se coloca en bolsa de plástico amplia, a la cual previamente se le efectúa varias perforaciones diminutas con un alfiler para permitir

el intercambio gaseoso. Se etiqueta y se almacena temporalmente en cámara fría a temperatura de 3° C hasta su envío y utilización para la siembra.

Siembra. A 1 cm de profundidad.

Literatura citada

- Arreguín S., M. de la L. 2001. Caprifoliaceae. *In*: Rzedowski, G. C. de, y J. Rzedowski (eds.). Flora fanerogámica del Valle de México. 2a. ed., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro, Mich. pp. 737-741.
- Camacho Morfin, F., 2003. Arbustos para la Reforestación del Distrito Federal. Folleto para Productores No. 8. CENID-COMEF/INIFAP, SAGARPA.
- Hernández García, J. D., D. A. Rodríguez-Trejo y E. Guízar Nolazco. 2008. Radiación solar y supervivencia en una plantación de vara de perlilla. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 14(1): 27-31.
- Mendoza B., C., F. García M., D. A. Rodríguez-Trejo, y S. Castro Z. 2011. Radiación solar y calidad de planta en una plantación de vara de perlilla (*Symphoricarpos microphyllus* H.B.K.). *Agrociencia* 45: 235-243.
- Villarreal Q., J. A. 2000. Flora del Bajío y de Regiones Adyacentes, Fascículo 88. Departamento de Botánica de la UAAAN. Saltillo, Coahuila.
- Zamora-Martínez, M. C., E. Velasco B., y A. Arellano R. S.F. Vara perlilla. *In*: Manual que Establece los Criterios Técnicos para el Aprovechamiento Sustentable de Recursos Forestales no Maderables de Clima Templado-Frío. CENID-COMEF/INIFAP. pp. 15-19.

***Tabebuia rosea* (Berol) DC (Bignoniaceae)**

**Luis Quinto, Pedro Arturo Martínez Hernández, Luis Pimentel Bribiesca,
Dante Arturo Rodríguez Trejo**

Nombres comunes

Algunos de sus nombres comunes son: roble, maculís, palo de rosa y patanclán blanco (Rzedowski y Equihua, 1987; Niembro *et al.*, 2010).

Breve descripción

Árbol hasta de 30 m de altura, hasta 1 m de diámetro normal y copa estratificada. Corteza fisurada y suberificada. Hojas decusadas, digitado-compuestas, 10 a 35 cm de longitud incluido el pecíolo y con cinco folíolos. Caducifolio y hermafrodita. Flores en panículas cortas, grandes, color rosa lavanda, pero también pueden ser moradas o blancas. Los frutos son cápsulas estrechas, dehiscentes, de hasta 35 cm de longitud, lisas con dos suturas laterales (Rzedowski y Equihua, 1987; Pennington y Sarukhán, 2005; Ochoa *et al.*, 2008; Niembro *et al.*, 2010; Lesur, 2011).

Distribución

A este árbol se le encuentra de Sin. y Tamps. hasta Camp. y Chis., y la Península de Yucatán, entre 0 a 1450 m s.n.m., forma parte de algunos bosques tropicales perennifolios y subcaducifolios, pero es abundante entre la vegetación secundaria (Rzedowski y Equihua, 1987).

Importancia

Útil para fabricación de chapa, madera terciada en la cara de vista y para fabricar muebles. Se emplea en medicina tradicional. Se le cultiva o favorece como árbol de ornato (Rzedowski y Equihua, 1987, Pennington y Sarukhán, 2005). Durante la época seca de invierno, la especie florece y da un aspecto espectacular (Lesur, 2011). También se le utiliza como sombra en potreros y en cercos vivos. La infusión de las hojas se utiliza localmente como remedio para la fiebre, parásitos intestinales, tifoidea y diabetes. Es una especie melífera (Niembro *et al.*, 2010).

Floración y fructificación

La floración puede darse entre febrero y mayo en Camp. y Q. Roo, donde la semilla estará madura generalmente en abril y junio (Patiño *et al.*, 1983; Ochoa *et al.*, 2008). Rodríguez *et al.* (2009) dan como periodo de fructificación de mayo a julio (Figura 52.1).

Descripción de la semilla

Semillas obovadas, con compresión dorsiventral, con 13.4 a 13.7 cm de longitud por 8 a 8.4 mm de anchura, y 1 a 1.5 mm de grosor. Cubierta seminal castaña a gris claro, con ala bilateral blanquecina, hialina, membranosa,

con hasta 38 a 40 mm de longitud. Sin endospermo y embrión masivo, lateralmente comprimido, blanco, con los cotiledones ovado deprimidos; el ápice bilobado y la base auriculada (Niembro *et al.*, 2010) (Figura 52.2).

Análisis de semillas

El lote analizado se recolectó en Santiago de Tuxtla, Ver.

Pureza. La pureza fue de 81.1%.

Peso. Fueron registradas 40 209 semillas kg^{-1} para el lote (24.9 g para 1000 semillas). A partir de datos de Patiño *et al.* (1983) y de Niembro *et al.* (2010), se pueden tener de 37 000 a 100 300 semillas kg^{-1} .



Figura 52.1. *Tabebuia rosea* exhibiendo su estupenda floración. Foto: Carlos Galindo Leal/Conabio, 2016.

A



B



Figura 52.2. A) Fruto y B) semillas de *T. rosea*. Foto A, cortesía de José Arturo de Nova Vázquez/Conabio.

Contenido de humedad. Se obtuvo un contenido de humedad igual a 8.7 %.

Germinación y factores ambientales.

En cámara de ambiente controlado, con un régimen de temperatura de 28/24 °C y un fotoperiodo de 12 h, la capacidad germinativa fue de 37.7 %. La germinación inició al día 7 de la siembra y culminó el día 24 (Figura 52.3) (Quinto *et al.*, 2009).

Energía germinativa. Evaluada como el 70 % del 37.7 % de capacidad germinativa obtenido, la energía germinativa fue igual a 10 días.

Viabilidad. Con el método de sales de tetrazolio, se obtuvo una viabilidad de 99 %.

Latencia

No hay latencia en la semilla de esta especie.

Regeneración natural

Dispersión. Las semillas de esta especie se dispersan por el viento, gracias a las alas con que cuentan, a su ligereza y a la forma aplanada que tienen.

Banco de semillas. No tiende a formar bancos de semilla.

Tolerancia a la sombra. Como es común hallarla en vegetación secundaria, las condiciones expuestas le favorecen.

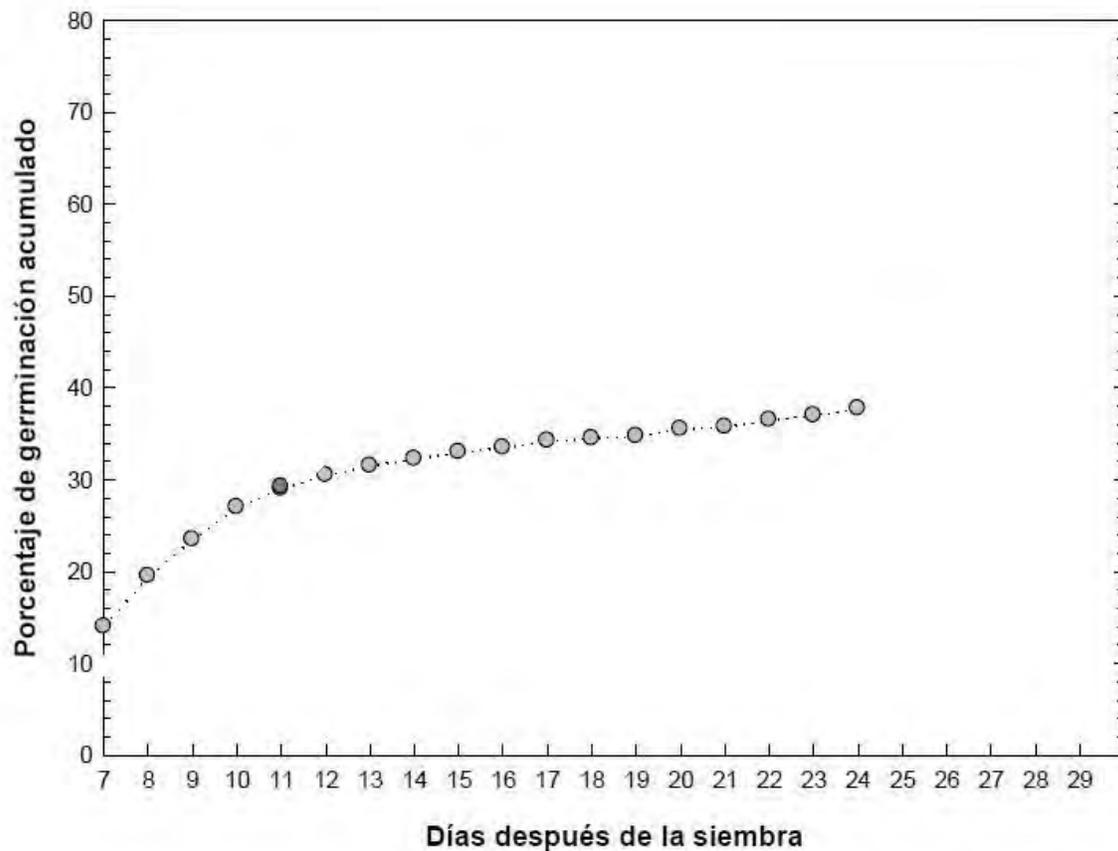


Figura 52.3. Germinación acumulada de *T. rosea* en cámara de ambiente controlado (Quinto *et al.*, 2009).

Tipo de germinación. Epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. Hay que recolectar los frutos poco antes de que abran, cuando tienen un color verde-amarillento (Niembro *et al.*, 2010). Patiño *et al.* (1983) señalan que la época de recolección incluye abril y mayo en Quintana Roo y Campeche. Transportados en costales de yute o manta, los frutos se ponen en harneros de madera o sobre mantas para su secado sin exponerlos directamente al

sol, que puede deshidratar con facilidad la semilla. Las impurezas son eliminadas pasando la semilla por tamices o en sopladores de columna vertical (Niembro *et al.*, 2010).

Almacenamiento. Por su bajo contenido de humedad, se trata de una semilla ortodoxa. Sin embargo, es microbiótica. Aún bajo refrigeración no se puede prolongar por mucho tiempo su viabilidad. Niembro *et al.* (2010) refieren que en condiciones de cuarto fresco se mantiene viable por 6 meses. Patiño *et al.* (1983) mencionan que unas muestras de semilla de esta

especie, con una capacidad germinativa de 22 %, fueron almacenadas a cerca de 0 °C en contenedores de lata durante 16 meses, al cabo de los cuales dicha capacidad se redujo a 11 %.

Siembra. Desalada la semilla, puede sembrarse directamente en bolsa o tubete, dos semillas si la germinación está en torno a 50 %. Con baja germinación, también puede sembrarse en semilleros para luego trasplantarse a contenedor o a bolsa.

Literatura citada

Lesur, L. 2011. Árboles de México. Trillas. México. 368 p.

Niembro R., A., M. Vázquez T., y O. Sánchez T. 2010. Árboles de Veracruz. 100 Especies para la Reforestación Estratégica. Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, Comisión del Estado de Veracruz de Ignacio de la Llave para la conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución, Centro de Investigaciones Tropicales. Veracruz, México. 255 p.

Ochoa Gaona, S., G. Villanueva López, I. Hernández Margalli, e I. Pérez Hernández. 2008. Manual de Semillas de Especies Forestales de las Montañas de Tabasco. Ecosur, Fomix Conacyt. Tapachula. 98 p.

Patiño Valera, F., P. de la Garza, Y. Villagómez A., I. Talavera Armas, y F. Camacho Morfín. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Boletín Divulgativo no. 63. INIFAP. México. 181 p.

Pennington, T. D., y J. Sarukhán Kermez. 2005. Árboles Tropicales de México. UNAM, FCE. México. 523 p.

Quinto, L., P. Martínez Hernández, L. Pimentel Bribiesca, y D. A. Rodríguez Trejo. 2009. Alternativas para mejorar la germinación de tres árboles tropicales. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 15(1): 23-28.

Rodríguez V., J., P. Sinaca C., y G. Jamangapé G. 2009. Frutos y Semillas de Árboles Tropicales de México. Semarnat. INE. México. 119 p.

Rzedowski, J., y M. Equihua. 1987. Flora. Atlas Cultural de México. SEP, INAH, Ed. Planeta. México. 222 p.

Taxodium huegelii Hort.ex (Cupressaceae)

Dante Arturo Rodríguez-Trejo y Edgar Fernando Vázquez Soto

Nota introductoria

Esta especie fue conocida como *Taxodium mucronatum* Ten., hoy se denomina como se tituló el presente capítulo. Familiarizada con *T. distichum* Kunth, del SE de EE. UU., que habita en pantanos.

Nombres comunes

Generalmente se le conoce como ahuehuete (del náhuatl: *atl*, “agua” y *huehuetl*, “viejo”), por su hábitat y gran longevidad. En otras regiones del país es conocido como jahoulí, jauolí, hauolí (guarijia, Son.); pentamum, pentamón y penhamu (tarasco, Mich.); ciprés (Tamps.); sabino (S. L. P., Oax. y Dgo.); ciprés de Moctezuma (Valle de México y Oax.); nauño (mixe, Oax.), tnuyucu o yucu-ndatura (mixteco, Oax.), yagaguichiciña, yaga-chichiano, yagaguichixiña (zapoteco, Oax.); bochil, cipreso, quitsinaui (zoque, Chis.); cedro (Son.); matéoco (taraumara, Chih.); ndoxinda (popoluca, Pue.), chiche (huasteca, S. L. P.) (Martínez, 1987; Conafor-Conabio, S. F.).

Breve descripción

Árbol corpulento, monoico, de 20 a 45 m de altura y 2 y hasta 5 m o más de diámetro, algo resinoso; con frecuencia se divide en dos o tres troncos, dando la impresión de constar de varios árboles unidos en su base; corteza café rojiza que

se desgarran en tiras longitudinales entrelazadas; las ramas forman una copa amplia, ramillas de 10 a 15 cm, colgantes; hojas lineares, rectas o ligeramente falcadas, 10-22 mm X 1 mm; flores masculinas en amentos pequeños que forman racimos, panículas o cabezuelas terminales o axilares; flores femeninas reunidas formando conillos terminales o subterminales (Espinosa, 1981; Sánchez, 2014) (Figura 53.1).

Distribución

La especie forma parte de bosques de galería, con amplia distribución (Rzedowski, 1978). El primer autor de este capítulo ha observado a la especie en bosques de galería tanto en zonas semiáridas (Coah.), como regiones templado-frías (valle de México) y áreas tropicales (Tuxtla Gutiérrez y Mipio. Villaflores, Chis.).

El ahuehuete se encuentra de forma natural en regiones del sur de Texas, y de México hasta Guatemala (Figura 53.2), presentándose en altitudes variables desde 300 hasta 2500 m s.n.m., con precipitaciones anuales de (<)900 a 1500 mm y temperaturas de 18 a 26 °C. Este árbol crece a orillas de ríos y arroyos, y sitios con alto nivel freático (Espinosa, 1981; LeSur, 2011; Sánchez, 2014; García, 2017).

A



B



C



Figura 53.1. Uno de los árboles más majestuosos del planeta: el árbol de Santa María del Tule (*T. huegelii*). B) Ahuehuetes en un bosque de galería, en las inmediaciones de Tuxtla Gutiérrez, Chis. C) flores masculinas. Fotos: A) Dante Arturo Rodríguez Camacho, 2018. B) y C) DART, 2018, 2020.

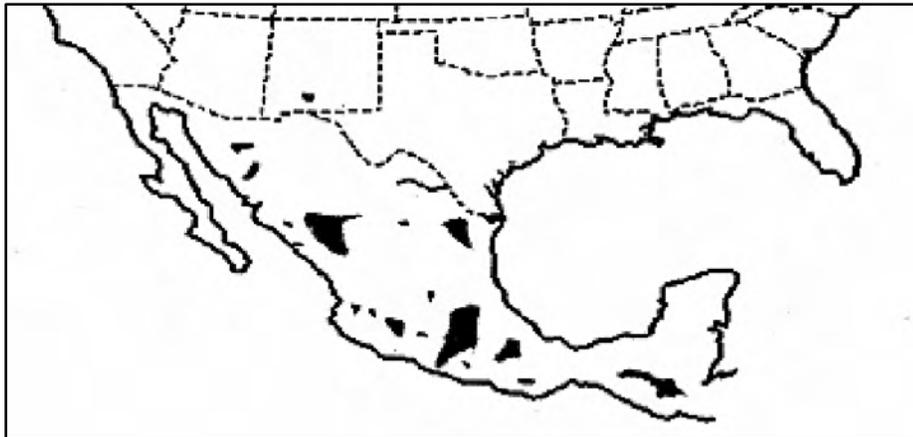


Figura 53.2. Distribución natural de *T. huegelii* en México y sur de EE. UU. (Córdova, 2012).

Importancia

Este es el árbol nacional de México, gracias a una elección conducida por la Escuela Nacional Forestal hacia 1921, y el árbol olímpico, en 1968; el árbol del Tule, en Santa María del Tule, Oax., ostenta el récord del mundo como el de mayor diámetro, con 14.4 m (Rodríguez-Trejo, 2020). En Peroles, Río Verde, S.L.P., hay individuos de esta especie con 1150 a 1650 años (Villanueva *et al.*, 2010). Fue cultivado por los aztecas y su nombre común, ahuehuete, deriva del náhuatl y significa “viejo del agua”, que hace alusión a la gran longevidad que alcanza y su ambiente natural. Por su longevidad estos árboles adquieren relevancia histórica, como los que hubo en el Parque El Contador, en Atenco, Edo. de Méx., que se cuenta mandó plantar Netzahualcoyotl; el árbol de la noche triste, en CDMX, o los ahuehetes de Chapultepec, CDMX, entre muchos otros.

Los bosques de galería son masas arbóreas a orillas de ríos o arroyos, masas diversas, complejas y dinámicas. En la República Mexicana, el ahuehuete es un componente toral en tales bosques riparios, pues previene erosión, filtra sedimentos y contaminantes, aporta nutrientes y mejorar la calidad de agua (Rzedowski, 1978; Pattern, 1998, cit. por Sánchez, 2014).

Es un árbol utilizado con fines ornamentales, su madera es empleada para la elaboración de canoas, postes y vigas, debido a su gran resistencia a la humedad, a su suavidad y su fácil pulido, sin embargo esta madera no es aprovechada de manera industrial (Aguilera, 2001 y Zanoni, 1982, citado por Córdova, 2012).

Por otro lado, esta especie posee propiedades medicinales, utilizándose su resina como antiséptico, para aliviar úlceras, heridas, enfermedades cutáneas, malestares de muela, reumáticos y de cabeza. De igual manera su corteza se

emplea como diurético y con el tronco se combate la bronquitis y afecciones de pecho; su follaje se usa en arreglos florales y altares durante celebraciones religiosas (Córdova, 2012).

Descripción de conos y semilla

Cono globoso u ovoide, pequeño, cortamente pedunculado, que consta de muchas escamas gruesas, peltadas, en espiral (Espinosa, 1981) (Figura 53.3A).

Semillas angulosas, cubierta seminal castaño oscura y lisa, de 9 X 5 mm, embrión linear, color crema, con dos hojas cotiledonares, gametofito femenino en diferentes cantidades. Cada cono contiene de 22 a 40 semillas (Niembro *et al.*, 2010; Sánchez, 2014) (Figuras 53.3B a D).

Análisis de semillas

Peso. De 41 425 a 79 517 semillas kg⁻¹ (Patiño *et al.*, 1983).

Germinación y factores ambientales. Se reporta de 35 a 80% como capacidad germinativa (Córdova, 2012; Patiño *et al.*, 1983; Conafor-Conabio, S. F.). Peña *et al.* (2004) obtuvieron 65% para una procedencia de Qro., a 22 °C y con luz.

Viabilidad. Se reportan valores de 30 a 50% (Peña *et al.*, 2004), si bien por la capacidad germinativa en otro estudio, dicho valor debe tener de 35 a 60% o más en diferentes lotes de semilla.

Regeneración natural

Dispersión. En su ambiente natural, las semillas son dispersadas por los cuerpos de agua. Al llegar a recodos se atajan y ahí se da la germinación. También se dispersan por gravedad.

Tipo de germinación. Presentan germinación epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Recolección y extracción de la semilla.

En el centro de México, en vegetación riparia, es posible recolectar semilla en enero-febrero, si bien Patiño *et al.* (1983) señalan septiembre como el mes apropiado, y Salazar (2000) de agosto a octubre. No obstante, Niembro *et al.* (2010) refieren que es entre mayo y junio que maduran los conos en Veracruz. Estos últimos autores recomiendan recolectar los conos cuando están de color verde amarillento, pues en cuanto maduran abren y liberan la semilla; asimismo, anotan que se depositan en costales de yute para ser llevados al vivero, donde en harneros de madera o lonas se dejan secar al sol por 3 a 5 días, para que liberen la semilla y la que no se libera se extrae manualmente.

La limpieza se puede hacer a mano, cuando es poca semilla, pero también se pueden usar máquinas separadoras (vibradoras) o que funcionen a base de corrientes de aire.

Almacenamiento. A 5 °C y en recipientes herméticos, mantienen su viabilidad por 3 a 5 años (Niembro *et al.*, 2010). No obstante, luego de 4 meses de almacenamiento a temperaturas del orden de 0 °C, redujo su capacidad germinativa inicial de 50 a 12% (Patiño *et al.*, 1983). Por su parte, Peña *et al.* (2004) observaron reducción en la capacidad germinativa de una procedencia de Qro., de 65% a 30% después de 21 meses de almacenamiento a 2-4 °C.

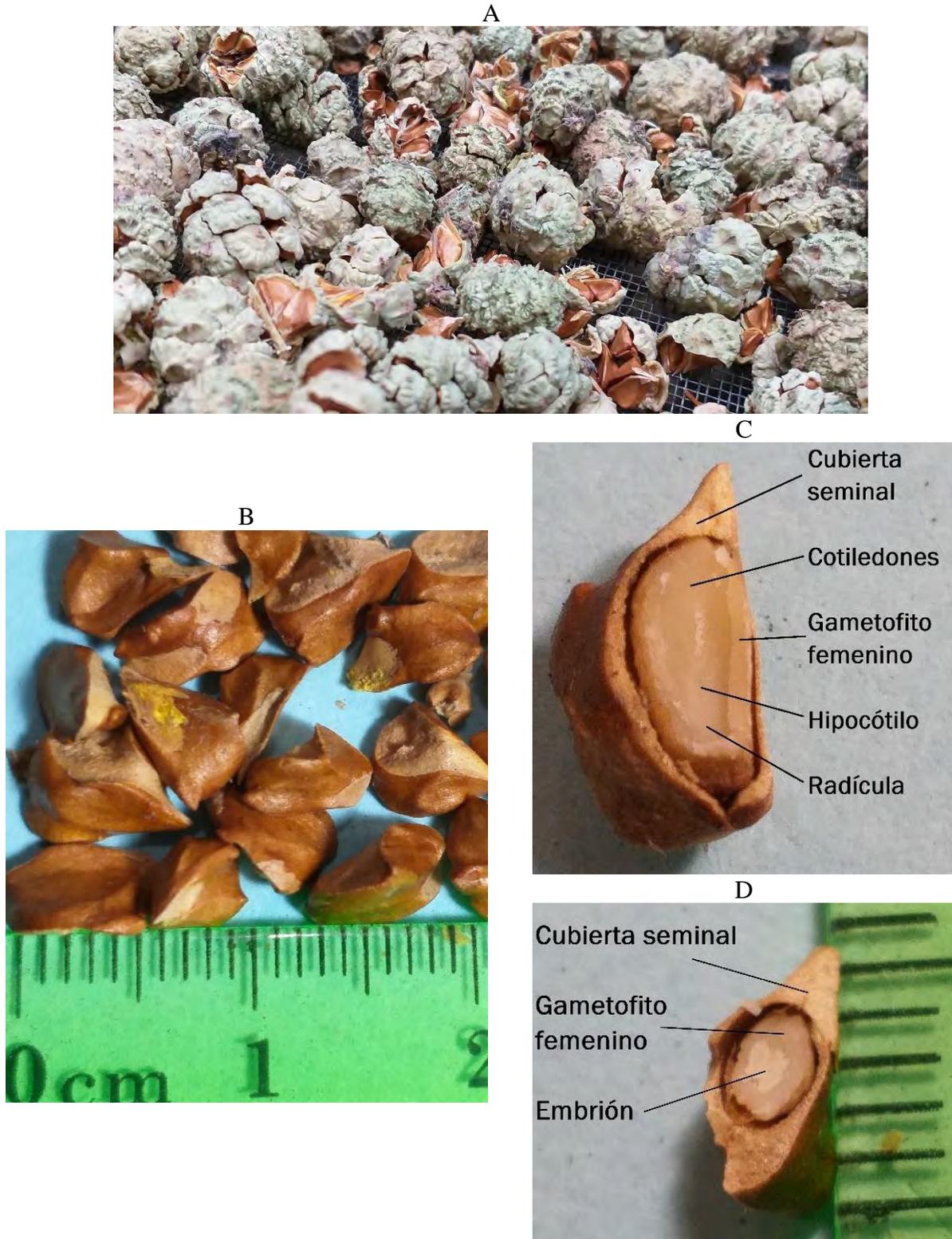


Figura 53.3. A) Conos y semillas de *T. huegelii*, así como detalle de semillas (B), y partes internas en sección longitudinal (C) y transversal (D). Fotos: DART.



Figura 53.4. Un gran ahuehuete destaca en primer plano a la izquierda, en esta “Vista del Molino del Rey tomada desde Chapultepec”, de Luis Coto, 1858 (Museo Nacional de Arte, 2018.).

Literatura citada

Conafor (Comisión Nacional Forestal) - Conabio (Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). S. F. *Taxodium mucronatum* Ten. Conafor, Conabio. SIRE. México. 8 p.

Córdova, C. P. 2012. Manejo in vitro y caracterización molecular de ahuehuete (*Taxodium mucronatum* Ten.). Tesis de Maestría en Ciencias en Horticultura, Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Edo. de Méx.

Espinosa de G. R, J. 1981. Gymnospermae. In: Rzedowski, J., y G. C. de Rzedowski. Flora Fanerogámica del Valle de México. CECSA. México. pp. 63-76.

García, P. A. 2017. Evaluación ecológica de la estructura vertical y valoración económica, por la prestación del servicio de captura de carbono, del bosque de galería asociado al río Hualahuises (Nuevo León, México). Proyecto de grado en modalidad de pasantía, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Bogotá.

<http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/5929/6/SuarezGarciaPaulaAlejandra2017.pdf>

(Consultado en abril de 2018).

- LeSur, L. 2011. Árboles de México. Trillas. México. 368 p.
- Martínez, M. 1987. Catálogo de Nombres Vulgares y Científicos de Plantas Mexicanas. FCE. México. 1220 p.
- Niembro R., A., M. Vázquez T., y O. Sánchez S. 2010. Árboles de Veracruz. 100 Especies para la Reforestación Estratégica. Gobierno del Estado de Veracruz, Secretaría de Educación del Estado de Veracruz, Comisión del Estado de Veracruz de la Llave para la Conmemoración de la Independencia Nacional y la Revolución, Centro de Investigaciones Tropicales. México. 255 p.
- Patiño V., F., P. de la G., Y. Villagómez A., I. Talavera A., y F. Camacho M. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Boletín divulgativo no. 63. INIF. México. 181 p.
- Peña, E. G., H. S. Azpiri, y G. M. Barrera. 2004. Viabilidad y germinación de semillas de *Taxodium mucronatum* (Ten.) en el estado de Querétaro, México. *Agrociencia* 38(3): 375-383.
- Rodríguez-Trejo, D. A. 2020. Superlativos Forestales de México, Algunos del Mundo y Algo Más. Dicifo, UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 97 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.
- Salazar, R. 2000. Manejo de Semillas de 100 Especies Forestales de América Latina. CATIE. Turrialba, Costa Rica.
https://books.google.com.mx/books?id=wS_3vuPi4ZgC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true (Consultado abril de 2018).
- Sánchez, J. Á. 2014. Impacto del hidrogel en la Germinación y Desarrollo de *Taxodium mucronatum* Tenore en condiciones de Invernadero. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento Forestal. Saltillo, Coah.
- Villanueva D., J., P. Cerano P., J., D. W. Stahle, V. Constante G., L. Vázquez S., J. Estrada Á., J. de D. Benavides S. 2010. Árboles longevos de México. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* 1(2): 7-29.

Tipuana tipu (Benth.) Kuntze (Fabaceae)

Dante Arturo Rodríguez Trejo, Luis Antonio Martínez Yáñez

Nombres comunes

En Bolivia, se le conoce como tipa, tipa blanca, tipú, palo mortero y orgullo de Bolivia. En Argentina, como tipa y en Brasil se le denomina tipuana (CATIE, 2001).

Breve descripción

Árbol de hasta 40 m de altura, si bien ordinariamente no alcanza más de 10 m, tronco corpulento, que puede alcanzar 60 a 160 cm de diámetro normal; corteza gris negruzca, en laminillas persistentes. Ramillas colgantes, hojas tardíamente caducas, imparipinnadas, 6-11 pares de folíolos. Inflorescencias en racimos axilares simples, amarillas (DFCAB, 1993) (Figura 54.1).

Distribución

Tipuana tipu es una especie sudamericana que se halla desde el sur de Bolivia hasta el norte de Argentina, así como en Brasil y Chile, entre 400 y 1200 m s.n.m. Sin embargo, en Bolivia alcanza 2300 a 2900 m s.n.m., habita climas templado cálidos a cálidos y se establece en suelos profundos, en riberas o ríos. Puede formar bosques ralos y mixtos o masas puras (CATIE, 2001).

Importancia

Es un componente de selvas sudamericanas, pero en Bolivia es uno de los pocos árboles que alcanzan grandes altitudes y es multipropósito. En ese mismo país, la especie tiene uso maderable (muebles, herramientas agrícolas, utensilios domésticos, vigas para techos); es silvopastoril, sus hojas sirven como forraje altamente nutritivo para bovinos, ovinos y caprinos. Las hojas y la resina tienen uso medicinal contra la inflamación de las encías y contra las inflamaciones uterinas, respectivamente. Su corteza se emplea en curtiduría (DFCAB, 1993). El árbol también es utilizado para sombra y ornato en muchas ciudades de Argentina, sur de Francia, Algeria, Estados Unidos (California y Florida) (Menninger, 1962) y Brasil (Braga *et al.*, 1971). Es de rápido crecimiento (CATIE, 2001).

La División de Bosques del Ministerio de Agricultura (1942, cit. por Bukart, 1943) ya la refería entre las 87 especies forestales argentinas más importantes comercial e industrialmente, además de ser utilizada para la obtención de taninos.



Figura 54.1. *Tipuana tipu*.

Floración y fructificación

Florece de octubre a diciembre y fructifica entre mayo y junio en Bolivia. En Argentina florece en noviembre (CATIE, 2001) (Figura 54.2).

Descripción del fruto

Dado que la sámara se maneja como semilla, en este caso se consideró de interés realizar la descripción del fruto. Sámara leñosa, glabra, oval. La parte que contiene la semilla con 1 a 2 cm de largo y 0.6 a 1.4 cm de ancho, oval, leñosa, gruesa, color café claro a café oscuro, con estrías arqueadas, finas, tendientes a perpendiculares con respecto al ala. Esta última coriácea, color café claro o crema, membranosa. Longitud de la sámara

de 5.5 a 7 cm, y anchura de 1.5 a 2.5 cm. El eje longitudinal de la parte que contiene a las semillas, forma un ángulo de aproximadamente 45 grados o menos con el eje del ala. Pedúnculo delgado, de 0.5 a 1 cm de largo, enclavado en el lado opuesto al ala (Figura 54.3).

Descripción de la semilla

Se encuentran comúnmente 2 a 3 semillas por sámara, oblongas, ubicadas casi paralelamente al eje longitudinal de la parte de la sámara que las contiene, dispuestas juntas y dentro de compartimentos individuales. **Morfología externa.** Semilla alargada y moderadamente aplanada, parcialmente redondeada y poco más ancha en un extremo (el de

la radícula), mientras que en el otro, el de los cotiledones, termina en punta. Ligeramente curva, más del lado del hilo. Las curvaturas son convexas con respecto al hilo con la semilla con éste hacia la base. Hay otra curvatura, de unos 45° o más, de la base con respecto a los cotiledones. Cubierta seminal delgada, color café cremoso a color carne, de apariencia plástica o

papirácea, pues se amolda a las irregularidades de la semilla. La longitud es de 1 cm, y el ancho mayor es igual a 0.4 cm. Se aprecia el hilo cerca de la base del lado más ancho, y en ocasiones el funículo (Figura 54.4).



Figura 54.2. Flores y hojas de *T. tipu*.



Figura 54.3. Sámaras de *T. tipu*. Foto: Laboratorio de Semillas Forestales, Dicifo, UACH. Foto: DART, 1994.

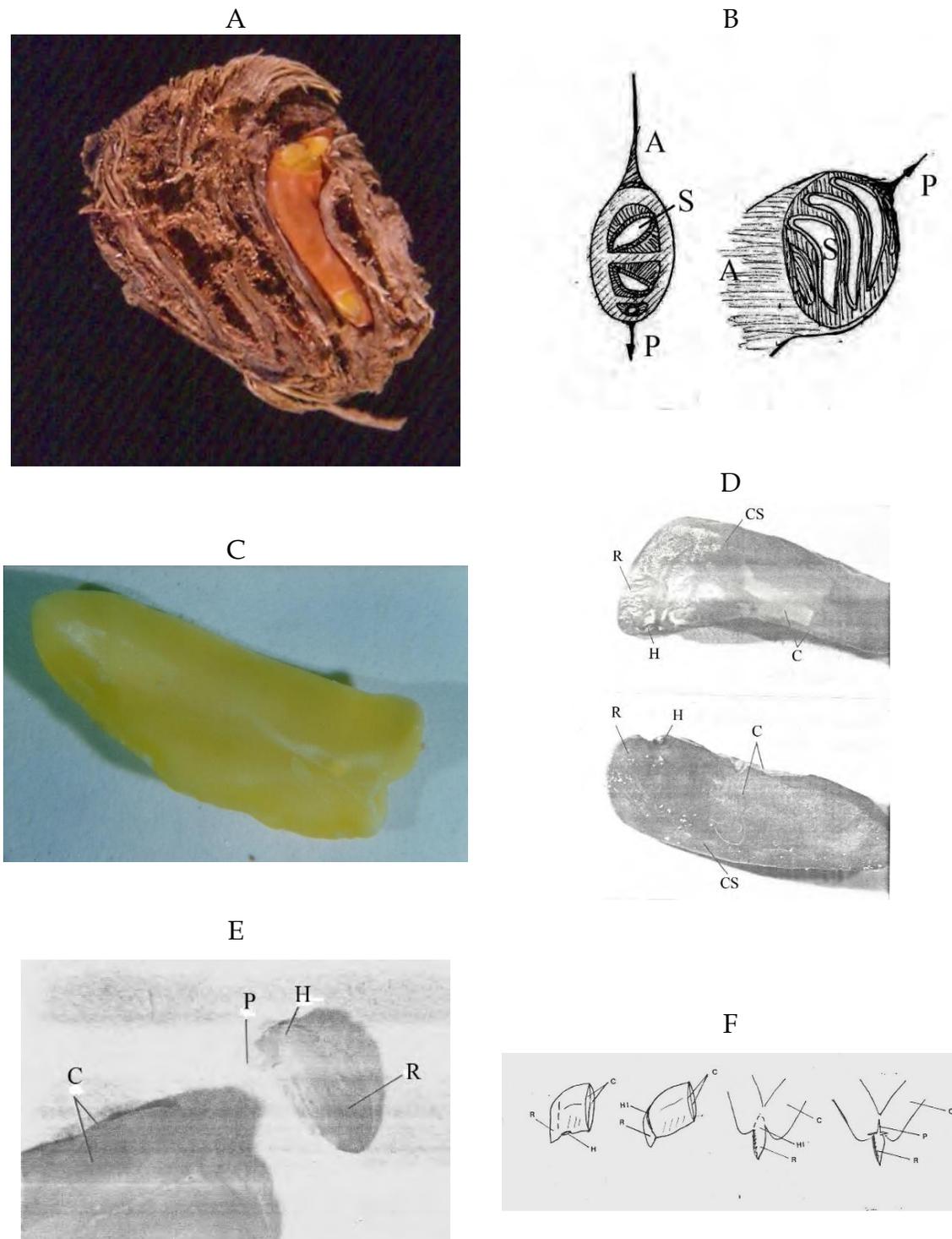


Figura 54.4. A) Corte de sámara donde se aprecia una semilla. B) Diagrama de corte de fruto con A=ala, S=semilla, P=pedúnculo. C) Semilla. D) Semilla y sus partes. CS=cubierta seminal, C=cotiledones, H=hilo, R=radícula. E) y F) Partes de la semilla. C=cotiledones, P=plúmula, H=hipocótilo, R=radícula. Fotos y dibujos: DART, 1994.

Morfología interna. La semilla es de tipo cotiledonar (la mayor parte de la cavidad seminal corresponde a cotiledones). En la parte más ancha de la semilla se aprecia la radícula. El embrión es total (4/4), inverso (la parte del hipocótilo queda entre los embriones). Cotiledones gruesos y carnosos, conferruminados (unidos completamente entre sí), alargados. Su volumen es el que da la mayor parte de la forma a la semilla. Punta de los cotiledones redondeado-angulosa. Base del embrión cuneada (la radícula forma un ángulo de 45 a 90 ° con los embriones). Cotiledones rectos, pero no paralelos al eje del embrión, sino prácticamente perpendiculares. El embrión consta de cotiledones, plúmula, hipocótilo y radícula (Figura 54.4).

Análisis de semillas

Procedencia. Las pruebas que se consignan en el presente capítulo, fueron realizadas con un lote de semillas procedente del altiplano boliviano.

Pureza. El lote estudiado tuvo una pureza de 98 %.

Peso. El peso de las sámaras completas (con ala) es de 1965 kg⁻¹, que equivalen a 509 g por 1000 de ellas. En CATIE (2001) se refieren 1600 a 3000 sámaras kg⁻¹.

Contenido de humedad. El contenido de humedad para las sámaras, base anhidra, fue de 10.2% con ala, y de 8.8% sin ala, así como 9.3 y 8.1% con base en fresco, respectivamente.

Germinación y factores ambientales. Las pruebas de germinación se

llevaron a cabo en cámaras de ambiente controlado, con un régimen día/noche de 30/25 °C, y fotoperiodo de 10 h, luz fluorescente e intensidad entre 13.1 y 66.7 μmol m⁻² s⁻¹.

Fueron probados diversos tratamientos para tratar la latencia mecánica de la sámara, como remojo en agua al tiempo, remojo en agua caliente, escarificación química con ácido sulfúrico y estratificación en arena, pero el más conveniente resultó ser escarificación con lija para madera. Con este último tratamiento se obtuvo un porcentaje de germinación (considerando cada sámara como unidad), igual a 70.6 %. Otros tratamientos que no arrojaron diferencias estadísticamente significativas para la capacidad germinativa, con respecto a la escarificación con lija, fueron remojo en ácido sulfúrico por 5 o 15 min, estratificación en arena durante una o dos semanas y remojo en agua fría durante 72 h. El testigo tuvo una germinación igual a 5.6 % (Figura 54.5). Cabe señalar que en otra corrida el testigo alcanzó una germinación de 26.9 %.

Al tercer día se comenzó a presentar la germinación. Por un costado de la sámara emerge la radícula (Figura 54.6). Al día siete, los cotiledones están por emerger. Al día 26 ya se nota la presencia de hojas primarias (Figura 54.7).

En CATIE (2001) se indica una capacidad germinativa de 65 a 75% en condiciones de laboratorio, pero igual a 60% en condiciones de vivero, con la germinación iniciando entre 23 y 45

días luego de la siembra. Pece *et al.* (2010) obtuvo capacidades germinativas entre 50 a 60% cortando el ala y escarificando químicamente con ácido sulfúrico durante 15 a 30 min (con remojo posterior en agua corriente de 30 a 60 min).

Energía germinativa. Evaluada como el número de días para alcanzar 70 % de la capacidad germinativa, la energía germinativa fue de 14 días tanto para el testigo como para el tratamiento de escarificación con lija.

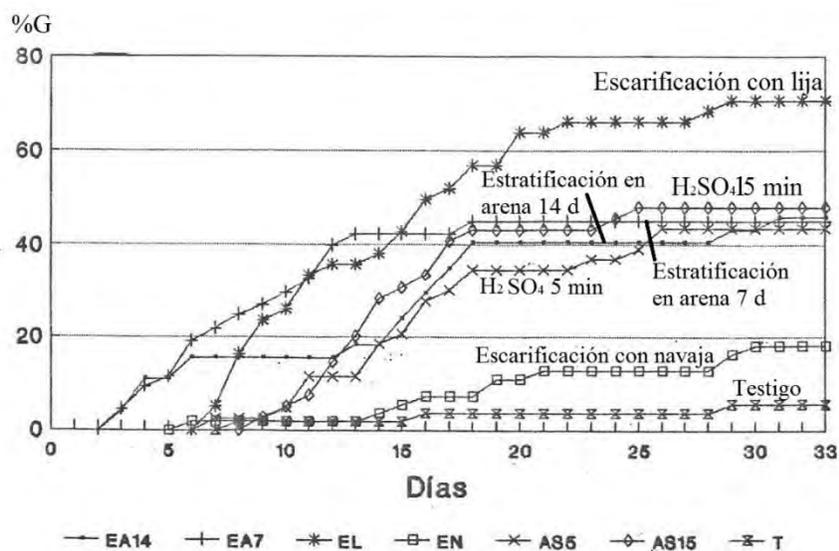


Figura 54.5. Germinación acumulada de semilla de *T. tipu* a la cual se le aplicaron varios tratamientos.

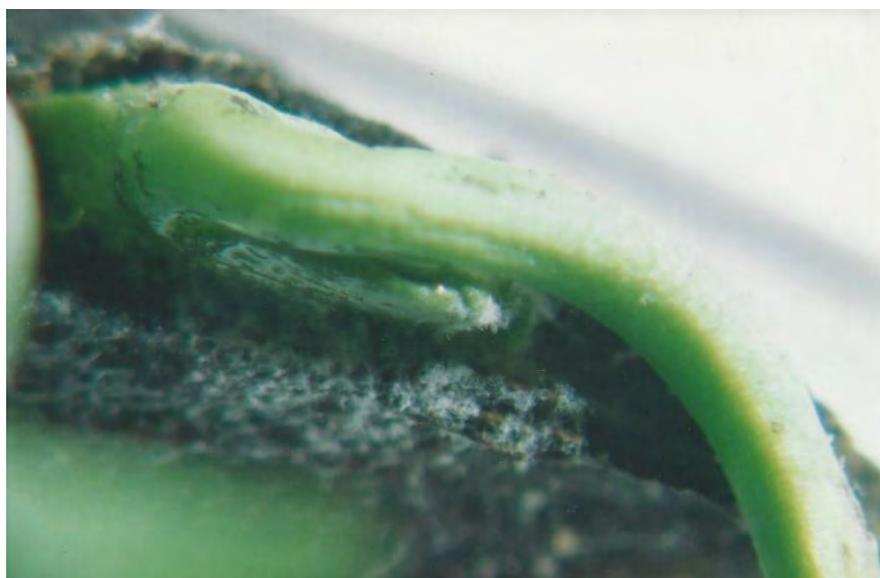


Figura 54.6. Inicio de la germinación en *T. tipu*. Laboratorio de Semillas Forestales, Dicifo, UACH. Foto: DART.

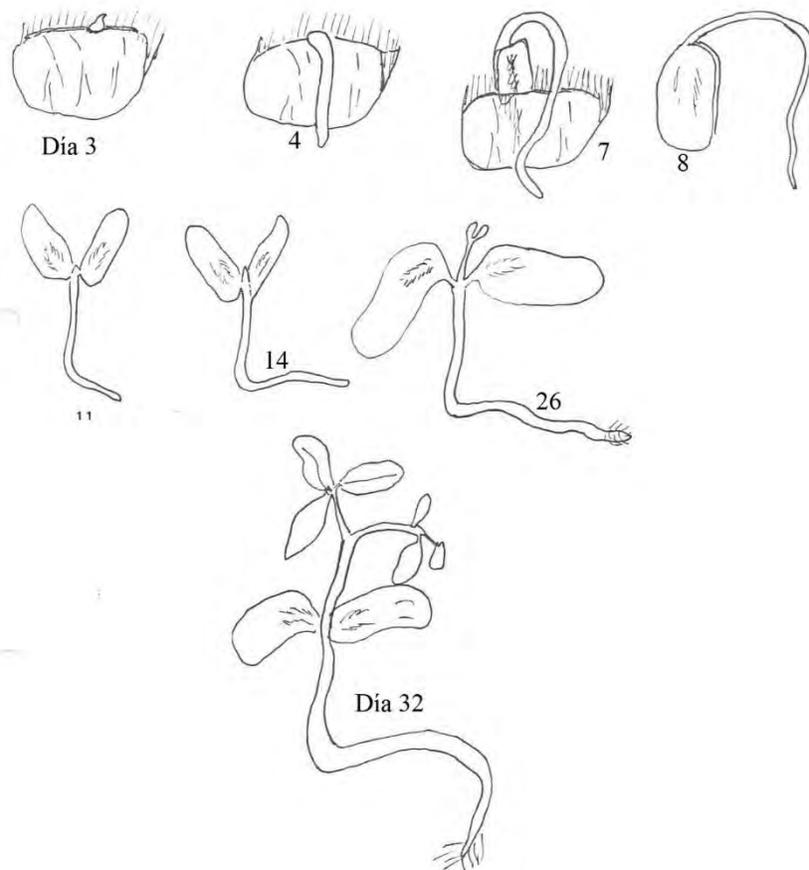


Figura 54.7. Germinación de la semilla de *T. tipu*. Los números son días desde la siembra.

Viabilidad. Se determinó mediante placas radiográficas a 167 sámaras desaladas. El lote tenía afectación por plaga. Del total de las cavidades seminales en todas las sámaras muestreadas, estaban ocupadas por semillas 36.6%, (0.93 semillas por sámara) (Figura 54.8).

Latencia

Las sámaras leñosas dan latencia de tipo mecánico a la semilla.

Regeneración natural

Dispersión. Las sámaras son dispersadas por el viento y por la gravedad.

Banco de semillas. Por la latencia mecánica que presenta la semilla, es posible que pueda formar bancos.

Tipo de germinación. Es de tipo epigeo.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. En la época de maduración, las sámaras son recolectadas de los árboles cuando adquieren un color café. En Argentina se recolectan entre abril y mayo y en Bolivia de mayo a junio. Colocadas en sacos, son transportadas al sitio de procesamiento. Se ponen sobre lonas para completar su secado al sol y para

almacenarlos. Se recomienda cortar el ala (CATIE, 2001).

Almacenamiento. Las semillas son almacenadas con todo y frutos,

después de su secado y corte del ala. Se ponen en recipientes herméticos a 3 o 4 °C. Pierden su viabilidad luego de un año (CATIE, 2001).

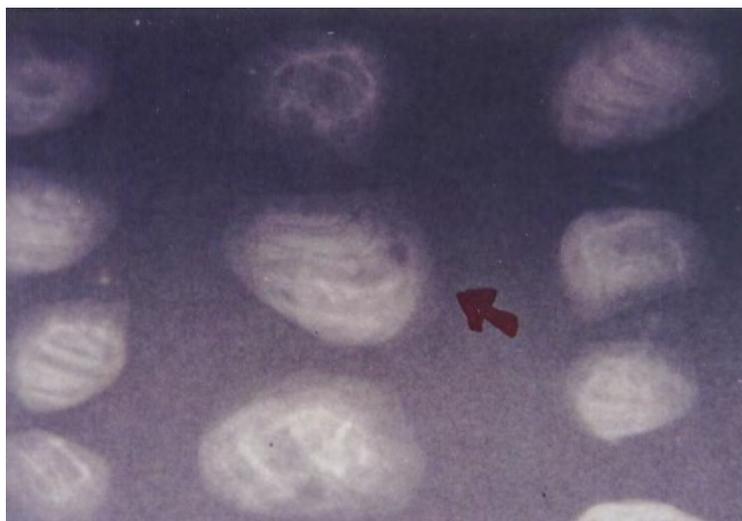


Figura 54.8. Radiografía para determinar la presencia de semillas en las sámaras.

Tratamiento previo a la siembra. La sámara puede ser escarificada con lija para eliminar la latencia morfológica, de acuerdo con los resultados del presente trabajo. En CATIE (2001) se recomienda escarificación con lija y luego remojo. En Bolivia, DFCAB (1993) señala que se da remojo en agua corriente durante 1 a 3 días,

tratamiento con ceniza en agua hervida (media taza por L) durante 2 min, o bien estratificación en arena.

Siembra. En Bolivia se realiza siembra directa en bolsa, el sustrato debe ser rico en materia orgánica (DFCAB, 1993).

Literatura citada

- Braga de O., A., O. R. Gottlieb, y M. E. Leite de A. 1971. Extractives of *Tipuana tipu*. Phytochemical reports 10: 2552-2553.
- Bukart, A. 1943. Las leguminosas Argentinas. Ed. ACME Agency. Buenos Aires. 590 p.
- CATIE (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza). 2001. Manejo de semillas de 75 especies forestales de América latina. Nota técnica 157. Costa Rica. pp. 152 p.
- DFCAB (Desarrollo Forestal Comunal en el Altiplano Boliviano). 1993. La tipa. El Molle 3: 4.
- Menninger, E. A. 1962. Flowering Trees of the World. For Tropics and Warm Climates. Heartside Press Inc. New York. 336 p.
- Pece, M. G., C. Gaillard de B., M. Acosta, C. Bruno, S. Saavedra, y O. Buvenas. 2010. Germinación de *Tipuana tipu* (Benth) O. Kuntze (tipa blanca) en condiciones de laboratorio. Quebracho 18(1,2): 5-15.

Vachellia farnesiana L. (Wight) & Arn. (Fabaceae)

Everardo Illescas-Gallegos, Dante Arturo Rodríguez-Trejo, Antonio Villanueva Morales, María Amparo Borja de la Rosa, Luis Alejandro Ortega-Aragón y Víctor Rubén Ordóñez-Candelaria

Nombres comunes

Además de huizache, de acuerdo con Márquez *et al.* (1999) y Vibrans (2009), esta especie recibe las siguientes denominaciones en español: huechachin, aroma, cascalote, colita, corteza de curtidora, espina divina o sagrada, espino blanco, maroma y vinorama. Así como los siguientes nombres en lenguas vernáculas: wichacin (náhuatl), ínucua (mixteco), arumbari, tsurimbini, nacazcalotl, pathahochoixachin, l xemb, xhag, yag, güiichi, cakilizche, cashaw, subin, kuka`, thujanom (tenek), hichin, joesh kan u`ushe (pima).

Breve descripción

Arbusto o árbol bajo de 2 a 5 m de altura, con el tronco muy ramificado; las últimas ramillas pubescentes en la juventud; estípulas en forma de espinas de color blanquecino. Hojas con 2 a 6 cm de largo, peciolo corto con un nectario situado poco más abajo de la base del primer par de pinnas, éstas 2 a 6 pares, cada una con 10 a 25 pares de foliolos lineares, de 3 a 6 mm de

largo por 1 mm de ancho, ápice agudo u obtuso, margen entero, base obtusa. Flores sésiles, reunidas en cabezuelas de más o menos 1 cm de diámetro, solitarias o fasciculadas, pedúnculos de 1 a 3 cm de largo; cáliz infundibuliforme, pubescente hacia el ápice; corola tubular, de 2 a 2.5 mm de largo, amarilla. Legumbre cilíndrica, verde al principio y negra después, glabra, de 4 a 8 cm de longitud por aproximadamente 1 cm de diámetro, con el ápice agudo (Rzedowski y Rzedowski, 2005) (Figuras 55.1 y 55.2A).

Distribución

En el Valle de México, se han encontrado escasos individuos creciendo en laderas bajas cubiertas de matorral, a 2350 y 2400 m de altitud, en los Mipios. de Cuautitlán, Acolman, Tepetlaoxtoc y Texcoco. Se distribuye ampliamente desde el suroeste de Estados Unidos hasta Sudamérica (Rzedowski y Rzedowski, 2005). Esta especie se ha registrado en: B. C., B. C. S., Cam., Chis., Chih., Coah., Col., Dgo., Gto., Gro., Hgo., Jal., Edo. de Méx. Mich., Mor., Nay., N. L., Oax.,

Pue., Qro., Q. Roo, S. L. P., Sin., Son., Tab., Tamps., Ver., Yuc. y Zac. (Villaseñor y Espinosa, 1998). Forma parte principalmente de bosques espinosos y matorrales. Rzedowski (1978) refiere que *V. farnesiana* es un elemento importante en muchos

mezquiales del país, que en Puebla antecede sucesionalmente a *Prosopis*, y que en general, en altitudes inferiores a 1500 m s.n.m., se puede hallar en medio de bosques de encino, antecediéndole sucesionalmente también.



Figura 55.1. *Vachellia farnesiana*. Foto: Pedro Tenorio Lezama/Conabio.

Importancia

Los huizaches, así como los mezquites, tienen un papel ecológico relevante como fijadores de nitrógeno. De tal forma promueven el crecimiento de matorrales asociados a ella y previenen la erosión (Valenzuela-Núñez *et al.*, 2014). *Vachellia farnesiana* impacta de manera favorable en zonas de cultivos abandonadas, colonizándolas en un periodo de 3 a 5 años (Estrada *et al.*, 2004).

Se le aprecia y cultiva como ornamental y por su leña. Cuenta con uso forrajero y para el control de

erosión, en particular sobre suelos degradados. Se usa para curtir y es fuente de aceite utilizado en perfumería. Además, tiene varios usos medicinales (Márquez *et al.*, 1999; Vibrans, 2009).

Floración y fructificación

Florece de noviembre a febrero (Niembro, 1988). De enero a marzo en el norte de México (Patiño *et al.*, 1983). Hay regiones en Veracruz, donde florece y fructifica todo el año (Vibrans, 2009). La fructificación se presenta en julio en el norte de México (Patiño *et al.*, 1983).

Descripción de la semilla

La semilla es de forma oblonga, color verde olivo, con una cubierta seminal dura, que exhibe un pleurograma con una trayectoria de 90% de un óvalo. Tuvo valores promedio de 6.1 mm (longitud), 4.7 mm (anchura) y 3.2 mm (grosor) (Illescas, 2018) (Figuras 55.2B y 55.3).

Análisis de semilla

Procedencia. La semilla estudiada para el presente trabajo, procede de Zac.

Pureza. El lote estudiado tuvo 95% de pureza.

Peso. Se hallaron 14 328 semillas kg^{-1} . (69.8 g por 1000 semillas). Von Carlowitz (1991), señala pesos de entre 63 a 100 g para 1000 semillas (15 873 y 10 000 semillas kg^{-1} , respectivamente).

Contenido de humedad. Fue de 4.2%, base en fresco.

Germinación y factores ambientales

Se utilizó un régimen día/noche de 30/20 °C, con fotoperiodo de 12 h, luz fluorescente. Se aplicaron tratamientos escarificatorios químico (30, 120, 150 y 180 min en ácido sulfúrico concentrado) y térmico (a 80, 100, 120 y 140 °C durante 3 min), así como escarificación mecánica con lija y un testigo sin escarificar.



Figura 55.2. A) Vainas y B) semillas de *V. farnesiana*. Fotos: A) B. Maslin ([http://www.anbg.gov.au/jmiller/factsheets/AllSpecies/farnesiana var. farnesiana.htm](http://www.anbg.gov.au/jmiller/factsheets/AllSpecies/farnesiana_var.farnesiana.htm)). B) Foto: DART, 2021.

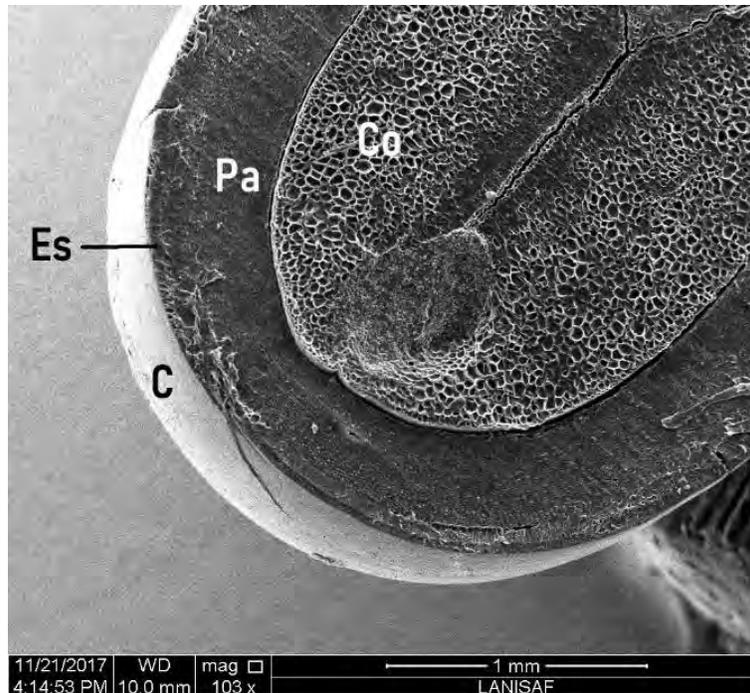


Figura 55.3. Microfoto del extremo distal de la semilla de *V. farnesiana*. C=cutícula, Es=esclerénquima, Pa=parénquima. Co=cotiledones. Microfoto por Lanisaf, UACH.

La germinación del testigo fue 3.7%. La escarificación mecánica con lija permitió una capacidad germinativa igual a 81.2% (Illescas, 2018). En Kew Royal Botanic Gardens (2021), se señalan diversos resultados, de entre 57 a 100% de germinación, luego de diferentes métodos de escarificación.

Viabilidad. Se encontró una viabilidad de 96%.

Latencia

La semilla presenta una intensa latencia física, debido a su gruesa e impermeable cubierta seminal.

Regeneración natural

Dispersión. Por barocoria (gravedad), cerca del árbol madre. Varios animales

se alimentan de la pulpa dulce que contiene la vaina y de la semilla, como mamíferos terrestres e incluso cangrejos, así como ganado (caprinos, bovinos y equinos) y ayudan a dispersarla (O'Dowd y Gill, 1986; Jurado *et al.*, 1991; Kew Royal Botanic Gardens, 2021).

Banco de semillas. Por su latencia física forma bancos de semilla cerca de la planta madre o donde sea almacenada por algunos animales silvestres.

Tolerancia a la sombra. Aunque una sombra parcial le puede beneficiar inicialmente, se trata de una especie intolerante a la sombra.

Tipo de germinación. Epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar y extraer la semilla.

Las vainas maduras son de color café. Pueden ser recolectadas de los árboles o del piso. Estas últimas pueden tener más de un año de edad. Las vainas pueden ser trituradas, para extraer la semilla. O bien meterlas en un saco de tela para golpearlas contra el piso, con el mismo propósito. Sopladores y mesas vibradoras son eficientes para limpiar la semilla (Francis y Whitesell, 2008).

Almacenamiento. Por la latencia física que le caracteriza, se trata de una semilla ortodoxa que puede ser almacenada durante varios años en

condiciones de cuarto fresco. En unas muestras de herbario, después de 31 años, todavía germinaron algunas semillas, y después de 15 años de almacenamiento en condiciones de cuarto, la capacidad germinativa declinó hasta 10%. Asimismo, semillas con un contenido de humedad de 13%, en condiciones de refrigeración, después de 12 años tuvieron 100% de viabilidad (Kew Royal Botanical Gardens, 2021).

Tratamiento previo a la germinación.

La escarificación mecánica es un tratamiento eficiente para terminar con la latencia física.

Siembra. A 1 cm de profundidad.

Literatura citada

Estrada, E., C. Yen, A. Delgado, y J. A. Villareal. 2004. Leguminosas del centro del estado de Nuevo León, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica* 75: 73-85.

Francis, J. K., and C. D. Whitesell. 2008. *Acacia* L. In: Bonner, F. T., and R. P. Karrfalt (eds.). *The Woody Plant Seed Manual*. USDA Forest Service. Agriculture Handbook 727. pp. 199-203.

Illescas Gallegos, E. 2018. Mecanismos de latencia física en dos géneros de leguminosas. Tesis de Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Dificio, UACH. Chapingo, Edo. de Méx.

Jurado, E., M. Westoby, and D. Nelson. 1991. Diaspore weight, dispersal, growth form and perenniality of central Australian plants. *Journal of Ecology* 79: 811-830.

Kew Royal Botanic Gardens. URL: <http://data.kew.org/sid/SidServlet?ID=243&Num=5AJ> (Consultado el 7 de enero de 2021).

Márquez, A. C., F. Lara O., B. Esquivel R., y R. Mata E. 1999. Plantas Medicinales de México II. Composición, Usos y Actividad Biológica. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D. F. 178 p.

Niembro R., A. 1988. Semillas de Árboles y Arbustos. Ontogenia y Estructura. Limusa. México. 285 p.

O'Dowd, D. J., and A. M. Gill. 1986. Seed dispersal syndromes in Australian *Acacia*. In: Murray, D. R., (ed.). *Seed Dispersal*. Academic Press. London. pp. 87-123.

- Patiño V., F., P. de la Garza, Y. Villagómez A., I. Talavera A., y F. Camacho M. 1983. Guía para la recolección y manejo de semillas de especies forestales. Boletín Divulgativo 63. INIF. México. 181 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.
- Rzedowski, G. C. de, y J. Rzedowski (coords.). 2005. Flora Fanerogámica del Valle de México. INE y Conabio. Pátzcuaro, Mich. 1406 p.
- Valenzuela-Nuñez., L. M., M. Rivera-González, R. Trucios-Caciano, y J. C. Ríos-Saucedo. 2013. Características ecológicas y dasométricas de dos comunidades con mezquite (*Prosopis laevigata* [Humb. et Bonpl, ex Willd] M.C. Johnston) en el estado de Durango. Tecnociencia Chihuahua 7: 32-38.
- Vibrans, H. (ed.). 2009. Malezas de México. URL: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/mimosaceae/acacia-farnesiana/fichas/ficha.htm> (Consultado el 7 de enero de 2021).
- Villaseñor R., J. L., y F. J. Espinosa G. 1998. Catálogo de Malezas de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario. Fondo de Cultura Económica. México, D.F. 449 p.
- Von Carlowitz, P. G. 1991. Multipurpose Trees and Shrubs: Sources of Seeds and Inoculants. ICRAF. Nairobi. USDA 25.

Vachellia pennatula (Schltdl. & Cham.) Seigler & Ebinger (Fabaceae)

Everardo Illescas-Gallegos, Dante Arturo Rodríguez-Trejo, Antonio Villanueva Morales, María Amparo Borja de la Rosa, Luis Alejandro Ortega-Aragón y Víctor Rubén Ordóñez-Candelaria

Nombres comunes

Acacia, algarrobo, cubata blanca, espino, espino blanco, espino jiote, huizache, tehuizpalaxtle, tepame, tepamo (Enciclovida, 2021).

Breve descripción

Alcanzan alturas hasta de 12 m y diámetros hasta de 30 cm. Árboles hermafroditas, espinosos, de tronco corto y copa aplanada o hemisférica, con ramas delgadas y ascendentes que nacen desde muy abajo del tronco. Es caducifolio. Corteza fisurada en estrías delgadas y ascendentes, color verde grisácea en los árboles jóvenes; escamosa y pardo-rojiza en los individuos maduros. Hojas bipinnadas, de 10 a 20 cm de longitud, incluyendo el pecíolo, compuestas de 30 a 50 pares de pinnas opuestas, cada una con 30 a 40 pares de folíolos opuestos (1 a 3 mm de largo). Éstos tienen verde oscuro el haz y verde claro el envés. Las flores nacen agrupadas en densas cabezuelas globosas y fragantes. Son actinomorfas, con el cáliz y la corola de color verde. Llevan numerosos

estambres amarillos y un pistilo con el estilo más largo que los estambres. Los frutos nacen solitarios o en pequeños grupos; son vainas oblongo-lineares, lateralmente comprimidas, de 5 a 13 cm de longitud por 1.5 a 3 cm de ancho, por 4 a 5 mm de grosor. Cuando maduros, muestran las valvas de color castaño rojizo oscuro a casi negro y no abren debido a que están lignificadas, por lo que su dehiscencia es bastante tardía, proceso que toma lugar varios meses después de que han caído del árbol. Contienen de 8 a 10 semillas (Niembro *et al.*, 2010) (Figuras 56.1 y 56.2A).

Distribución

En Naturalista (2021), se refieren registros para esta especie en casi todos los estados del país. Conforme a tal fuente, la especie solo no se ha registrado en B.C., B.C.S., Cam., Tab. Coah., ni N.L.

Importancia

Su madera se emplea en construcciones rurales (vigas, horcones) y como poste para cercar terrenos y corrales. Asimismo, se

utiliza su leña. Estos árboles se usan para dar sombra al ganado en corrales. Flores melíferas, con potencial para la extracción de aceites para perfumería. En zonas rurales, sus flores se usan para aromatizar la ropa. Su follaje es forrajero para ganado bovino y caprino, lo mismo que sus vainas, para el ganado de engorda (como alimento principal o molido y mezclado). Por otra parte, como leguminosa,

contribuye a la fijación de Nitrógeno en el suelo y a prevenir la erosión. Se emplea en curtiduría, debido a los taninos que su corteza y frutos contienen. La corteza se utiliza en medicina tradicional (Enciclovida, 2021).

Floración y fructificación

Florece y fructifica de abril a junio en Veracruz (Niembro *et al.*, 2010).



Figura 56.1. *Vachellia pennatula*. Fuente: Verarboles (2021).

Descripción de la semilla

Semillas oblongas u obovadas, lateralmente comprimidas, de 8 a 9 mm de largo por 5 a 6 mm de ancho, y 3 a 4 mm de grosor. Cubierta seminal castaño rojiza, con ligero brillo, lisa y de consistencia leñosa. En sus caras laterales llevan un pleurograma

discreto en forma de herradura, el cual se abre en el extremo hilar. Contienen diversas cantidades de endospermo ambarino, muy duro y translúcido. El embrión está colocado en el eje longitudinal, es recto y amarillo y con los cotiledones expandidos, elípticos u ovados (Niembro *et al.*, 2010) (Figuras 56.2B y 56.3).

El lote analizado tuvo las siguientes dimensiones promedio: longitud, 7.8

mm, ancho, 5.5 mm y grosor, 3.8 mm (Illescas, 2018).

A



B



Figura 56.2. Vainas (A) y semillas (B) de *V. pennatula*. Fuentes: A, Verarboles.com (2021); B, Foto: DART, 2021.

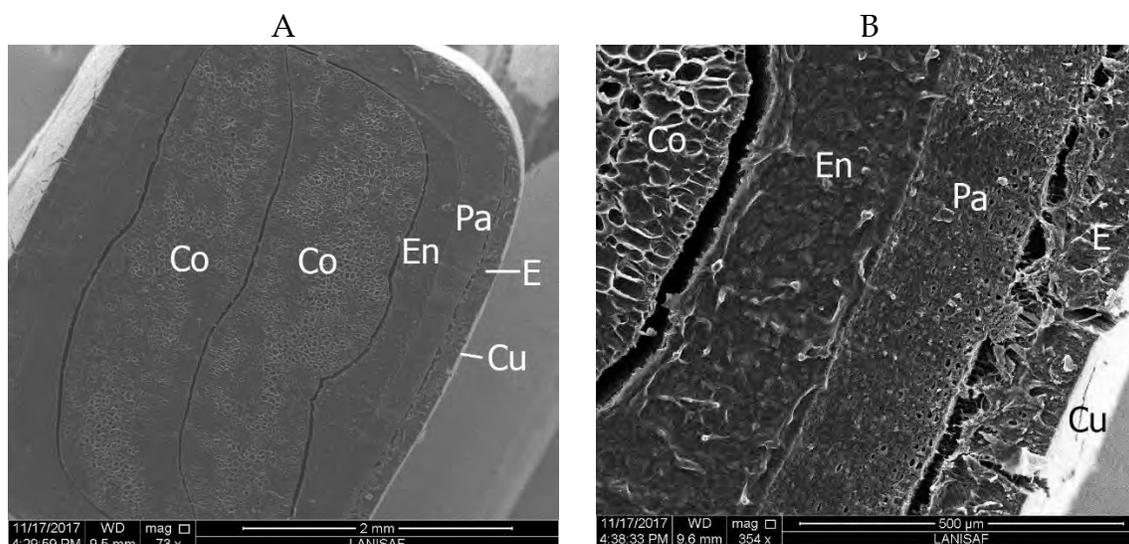


Figura 56.3. Microfoto de corte transversal (A) y detalle de endospermo y cubierta seminal (B) de la semilla de *V. pennatula*. Co=cotiledón, En=endospermo, Pa=parénquima, E=esclerénquima, Cu=cutícula. Pa, E y Cu, corresponden a la cubierta seminal. (Illescas, 2018).

Análisis de semilla

La información del análisis de semilla, procede de Illescas (2018).

Procedencia. Región de Juchipila, Zac.

Pureza. Se tuvo una pureza de 95%.

Peso. 7448 semillas kg^{-1} , igual a que 1000 semillas pesan 134.26 g.

Contenido de humedad. Se obtuvo 5.9%, la semilla es ortodoxa.

Germinación y factores ambientales.

La germinación fue en cámara de ambiente controlado, con régimen día/noche de 30/20 °C y foto y termoperiodos de 12 h, en cámara de ambiente controlado. La semilla sin escarificar germina en 27.5%, pero con escarificación mecánica con lija, incrementa a 92.5%.

Viabilidad. Con el método de sales de tetrazolio, se tuvo 100% de viabilidad.

Latencia

La semilla presenta latencia física, pues su gruesa cubierta seminal es dura e impermeable.

Regeneración natural

Dispersión. La semilla se dispersa por gravedad y por el consumo de fauna (mamíferos) y ganado.

Banco de semillas. Por su latencia física, se pueden formar bancos de semilla donde esta se acumula.

Tolerancia a la sombra. Aunque una sombra parcial puede beneficiar la supervivencia de las plántulas (ayuda a prevenir deshidratación), la especie requiere radiación solar directa.

Tipo de germinación. Epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar y extraer la semilla.

Los frutos se recolectan cuando tienen un color castaño oscuro, o se levantan del piso, pero se recomienda que no tengan mucho tiempo de caídos. Se meten en costales de yute y se transportan al vivero para su beneficio. Ahí se colocan en harneros de madera o sobre mantas por 3 a 4 días para que terminen de secar. Luego se maceran en un mortero de madera o se meten en un costal de manta en donde son golpeados con un martillo para romper su pericarpio. Las semillas se limpian de las

impurezas pasándolas a través de tamices de diversos tamaños o mediante sopladoras de columna vertical (Niembro *et al.*, 2010).

Almacenamiento. Por su latencia física, la semilla se puede almacenar en un cuarto fresco. Niembro *et al.* (2010) refieren que se almacena mejor en cámaras frías (a -20 °C), con 15% de contenido de humedad de la semilla.

Tratamiento previo a la germinación. Debido a la latencia física de esta semilla, se debe tratar mediante escarificación mecánica, o de otro tipo, para eliminar la latencia y permitir la germinación.

Siembra. Se recomienda sembrar a 1 cm de profundidad.

Literatura citada

Enciclovida. 2021. <https://enciclovida.mx/especies/155103-acacia-pennatula> (consultado el 8 de enero de 2021).

Illescas Gallegos, E. 2018. Mecanismos de latencia física en dos géneros de leguminosas. Tesis de Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Dificio, UACH. Chapingo, Edo. de Méx.

Naturalista. 2021. <https://colombia.inaturalist.org/taxa/349260-Vachellia-pennatula> (consultado el 8 de enero de 2021).

Niembro R., A., M. Vázquez T., y O. Sánchez S. 2010. Árboles de Veracruz. 100 especies para la reforestación estratégica. Gobierno del Estado de Veracruz. México. 255 p.

Verarboles.com. 2021. <http://www.verarboles.com/Huizache/huizache.html> (consultado el 8 de enero de 2021).

Vachellia schaffneri (S.Watson) Seigler & Ebinger (Fabaceae)

Everardo Illescas Gallegos, Dante Arturo Rodríguez-Trejo, Antonio Villanueva Morales, María Amparo Borja de la Rosa, Luis Alejandro Ortega-Aragón y Víctor Rubén Ordóñez-Candelaria

Nota

La mayor parte de la literatura original referida en esta sección, fue para *Acacia schaffneri*, (S. Watts) Hermann, ahora conocida como *Vachellia schaffneri*.

Nombres comunes

Huizache, huizache chino.

Breve descripción

Arbusto o arbolito de 1.5 a 6 m de altura; tronco con 15 cm de diámetro, corteza profundamente fisurada, color café-negruzco, últimas ramillas pilosas cuando son jóvenes; estípulas en forma de espinas (1 a 4 cm de longitud), blanquecinas; hojas con 2 a 8 pares de pinnas, cada una con 10 a 20 pares de folíolos oblongo-lineares, de 2 a 4 mm de longitud por 0.5 mm de anchura, ápice obtuso, margen entero, base obtusa, pubescentes; flores reunidas en cabezuelas de 1 cm de diámetro, solitarias o fasciculadas, con pedúnculos pilosos (1.5 a 3.5 cm de longitud); cáliz campanulado, amarillento, algo pubescente; corola amarilla, con los pétalos unidos hasta muy arriba, algo pubescentes; legumbre linear, de 8 a 14 cm de longitud y 8 mm de anchura, color

café-rojizo, densamente pubescente, sésil, algo constreñida entre las semillas (Espinosa, 2010) (Figuras 57.1 y 57.2).

Distribución

En el Valle de México se observa como parte de matorrales y pastizales, entre 2300 y 2800 m s.n.m. de altitud, de Pachuca, Hgo., a Naucalpan, Iztapalapa e Iztapaluca, Edo. Méx. También se extiende desde el O de Texas a B.C., Son., Chih., Dgo., N. L., Tamps., Coah., Col., Hgo., Qro. y Oax. (Espinosa, 2010; Machuca *et al.*, 2017, UAQ, 2020), Valle de Querétaro. De Dgo. y Zac., Gentry (1957, cit por Rzedowski, 1978), refiere el pastizal asociado con cactus-acacia, con *V. schaffneri* entre los elementos arbóreos dominantes, al igual que en el pastizal con arbustos.

Importancia

De acuerdo con UAQ (2020), todas sus partes tienen uso medicinal, su follaje es forrajero y su madera se utiliza para hacer artesanías o como leña, además de que el árbol tiene potencial para ser utilizado en dasonomía urbana, en sitios abiertos. Esta es una de las especies de las que se extrae goma arábica (uno de sus usos es como

pegamento), de su resina. La misma fuente lo señala conveniente para prevenir erosión y favorecer infiltración de agua.

Floración y fructificación

Florece todo el año, pero en especial de noviembre a mayo. Fructificación de enero a abril (UAQ, 2020).



Figura 57.1. *Vachellia schaffneri*. Foto: Jerzy Rzedowski Rotter/Conabio.

A



B



Figura 57.2. A) Floración y B) frutos de *V. schaffneri*. Fotos: A) José de Jesús Balleza Cadenbo/Conabio. B) Jerzy Rzedowski Rotter/Conabio.

A



B

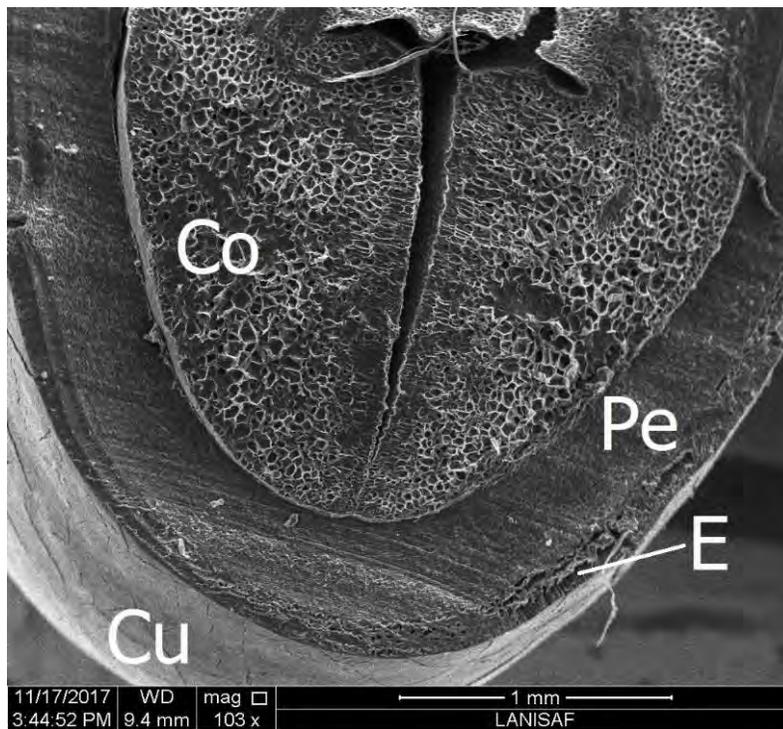


Figura 57.3. A) Semillas de *V. schaffneri*. Foto: DART, 2021. Microfoto de *V. schaffneri*, con capas de la cubierta seminal. Cu=cutícula, E=esclerenquima, Pe=parénquima esponjoso, Co=cotiledones. Microfoto por LANISAF, UACH.

Descripción de las semillas

Semillas oblongas, café-oscuro, con pleurograma con un 90% de trayectoria (casi cierra como un óvalo), hilo y micrópilo. La mayor parte de la cavidad seminal está ocupada por los cotiledones. La semilla analizada tuvo una longitud media de 7 mm, 5.9 mm de ancho y 3.9 mm de grosor. Espinosa (2010), señala longitudes de 8 a 10 mm, así como anchuras de 5 mm, para las semillas de la especie (Figura 57.3)

Análisis de semilla

Procedencia. La semilla procedió de los alrededores de Juchipila, Zac.

Pureza. Se registró un valor de 93%.

Peso. Se obtuvieron 7400 semillas kg⁻¹, equivalentes a 135.14 g por 1000 semillas.

Contenido de humedad. Se tuvo 5.7%, base en fresco, así como 6%, base en seco.

Germinación y factores ambientales. Se usó un régimen día/noche de 30/20 °C, con fotoperiodo de 12 h, luz fluorescente. Los tratamientos escarificatorios fueron: químico (30, 120, 150 y 180 min en ácido sulfúrico concentrado) y térmico (a 80, 100, 120 y 140 °C durante 3 min), así como escarificación mecánica con lija y un testigo sin escarificar. La escarificación mecánica dio los mejores resultados (96.2% de germinación), por 1.2% del testigo (Illescas, 2018).

Viabilidad. 100% con el método de sales de tetrazolio.

Latencia. Como es típico en leguminosas, la semilla tiene latencia física. Entre los factores que terminan

con ella, están: paso por tracto digestivo de fauna y ganado, fuego y arrastre sobre sustrato arenoso y/o pedregoso por escurrimientos.

Regeneración natural

Dispersión. La dispersión ocurre por aves, corrientes de agua y por gravedad.

Banco de semillas. A causa de la latencia física que caracteriza a la semilla de la especie, puede formar bancos de semilla viables por años.

Tolerancia a la sombra. Crece a pleno sol, pero la sombra parcial le puede representar micrositios favorables.

Tipo de germinación. Epígea.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar y extraer la semilla. Recolección manual de vainas, secado, rompimiento y extracción de la semilla. De acuerdo con Francis y Whitesell (2008), para la extracción de la semilla se pueden meter las vainas en un saco de tela y golpearlo en el piso, para romperlas y extraer la semilla. La limpieza se puede hacer con mesas vibradoras.

Almacenamiento. En condiciones de cuarto fresco, la semilla mantendrá viabilidad durante varios años gracias a su latencia física. Máxime si se almacena en refrigeración.

Tratamiento previo a la germinación. Por su latencia física requiere de tratamientos de escarificación, como los mecánicos, para que se pueda dar la germinación.

Siembra. Se debe escarificar la semilla antes de sembrarla. Una vez tratada, sembrar a 1 cm de profundidad.

Literatura citada

Espinosa G., J. 2010. Leguminosae. *In*: Calderón de Rzedowski, G., y J. Rzedowski. (eds.). Flora Fanerogámica del Valle de México. Conabio. México. pp. 251-313.

Francis, J. K., and C. D. Whitesell. 2008. *Acacia* L. *In*: Bonner, F. T., and R. P. Karrfalt (eds.). The Woody Plant Seed Manual. USDA Forest Service. Agriculture Handbook 727. pp. 199-203.

Illescas Gallegos, E. 2018. Mecanismos de latencia física en dos géneros de leguminosas. Tesis de Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales, Dicifo, UACH. Chapingo, Edo. de Méx.

Machuca V., R., A. Borja de la R., A. Corona A., A. Zaragoza H., I. Arreola Á. y J. Jiménez M. 2017. Xilotecnia of the wood of *Acacia schaffneri* from the state of Hidalgo, Mexico. *Maderas, Ciencia y Tecnología* 19(3): 293-308.

Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa. México. 432 p.

UAQ (Universidad Autónoma de Querétaro). 2020. *Acacia schaffneri* (L.) Willd.

http://bio.uaq.mx/municipioQro/fichas.php?idA=151&n_img=3&F=1 (consultado 20 de diciembre de 2020).

Yucca schidigera Roezl ex Ortiges (Asparagaceae)

Dante Arturo Rodríguez-Trejo y Laura Ramírez-Castell

Nombres comunes

Se le conoce como Izote o palma.

Breve descripción

Existen 40 especies de este género en el mundo (Heywood, 1985) y 29 a nivel nacional (Piña, 1980). Se considera que el centro de especiación del género está en el centro o norte de México (Hawker, 2016). *Yucca schidigera* es una planta arborescente o arbustiva, siempre verde, usualmente con varios estípites. Alcanza alturas de 3 a 5 m y diámetros de 15 a 35 cm. Sus hojas enrrosetadas tienen de 80 a 120 cm de longitud, son coriáceas y terminan en una punta espinosa. Esta especie cuenta con estípite. Sus flores tienen forma de campana, con 3 a 5 cm de longitud y color blanco cremoso (Figura 58.1). El fruto es una cápsula, originada de carpelos, septicida (dehiscente a lo largo de la unión de los carpelos), con una longitud de 9 a 11.5 cm y diámetro de 3 a 3.8 cm (Jones, 1987; Jaramillo, 1980; Matuda y Piña, 1980) (Figura 58.2A).

Distribución

En México, esta especie solamente se halla en el norte de Baja California, en el municipio de Ensenada, sobre una superficie del orden de 200 000 ha, con densidades de hasta 300 ha⁻¹. Se

encuentra sobre terrenos sensiblemente planos, en los valles, sobre suelos profundos, francos o arenosos, bien drenados, en lomeríos, cañadas y cañones y al iniciarse las pendientes de cerros y montañas. Habita sitios entre 800 y 1800 m s.n.m., forma parte del matorral desértico (Jaramillo, 1980; Matuda y Piña, 1980).

Importancia

Yucca schidigera es una especie endémica del noroeste de México y del suroeste de Estados Unidos. Las etnias kilihua y pai pai también usan flores y frutos como parte de su alimentación. Los campesinos de Baja California utilizan dichas partes de la planta para alimentar a su ganado (Jaramillo, 1980). Las propiedades espumantes de sus saponinas se han utilizado en bebidas y para favorecer la absorción de agua en suelos y hojas, así como en rellenos sanitarios para reducir los olores. Sus químicos, incorporados al agua de sistemas de riego, ayudan a mantenerlos libres de algas. Además tienen propiedades antibióticas. Es cultivada en México (Hawker, 2016).

Floración y fructificación

Florece de abril a mayo (Jaramillo, 1980; Matuda y Piña, 1980). La semilla para el presente ensayo fue recolectada a principios de año.



Figura 58.1. A) *Yucca schidigera* en floración. Foto: Alfred Brousseau, USDA Forest Service (<https://www.fs.fed.us/database/feis/plants/shrub/yucsch/all.html>).

Descripción de la semilla

Según su posición en la cápsula, ya sea en el centro, zona intermedia entre centro y extremos o en los extremos, las semillas pueden ser circulares, triangulares-redondeadas e irregulares, respectivamente (Figuras 58.2.A y 58.2.B). Las semillas en forma triangulares-redondeadas tienen una longitud promedio de 11 mm (8 a 14 mm); las de forma circular tienen una media de longitud igual a 9.7 mm (8 a 12 mm) y las de forma irregular alcanzan una longitud promedio de 8.6 mm (5 a 13 mm). La anchura varía entre 8 a 10 mm y el grosor de 2 a 5 mm o más. Predominan las semillas de forma triangular-redondeada (69.5%), seguidas por las de forma irregular (22.0%) y las redondas (8.5%). Prácticamente guardan una proporción 7:2:1. La semilla no presenta ni indumentos ni emergencias; cubierta seminal negra y

coriácea, escabrosa al microscopio, de consistencia dura. Con hilo en la base (Figuras 58.2C a E).

La semilla es de tipo endospermico, pero el tejido de reserva es perispermo. En un corte longitudinal se aprecian las siguientes partes: cubierta seminal, perispermo y embrión. El perispermo es masivo (ocupa más del 75% de la cavidad seminal), el embrión tiene posición externa y es de tipo entero. Asimismo, es blanco, aplanado, con un cotiledón (como corresponde a las monocotiledóneas) recto, con tamaño de 1/4 o un poco menos, largo de 2/3 a 3/3 de la longitud de la cavidad seminal, su posición es axial (en el eje central de la semilla) o ligeramente lateral. Las más de las veces es lineal, pero también se le puede ver ligeramente curvo. Su radícula entra en contacto con la base de la semilla, muy cerca del hilo (Figura 58.2D).

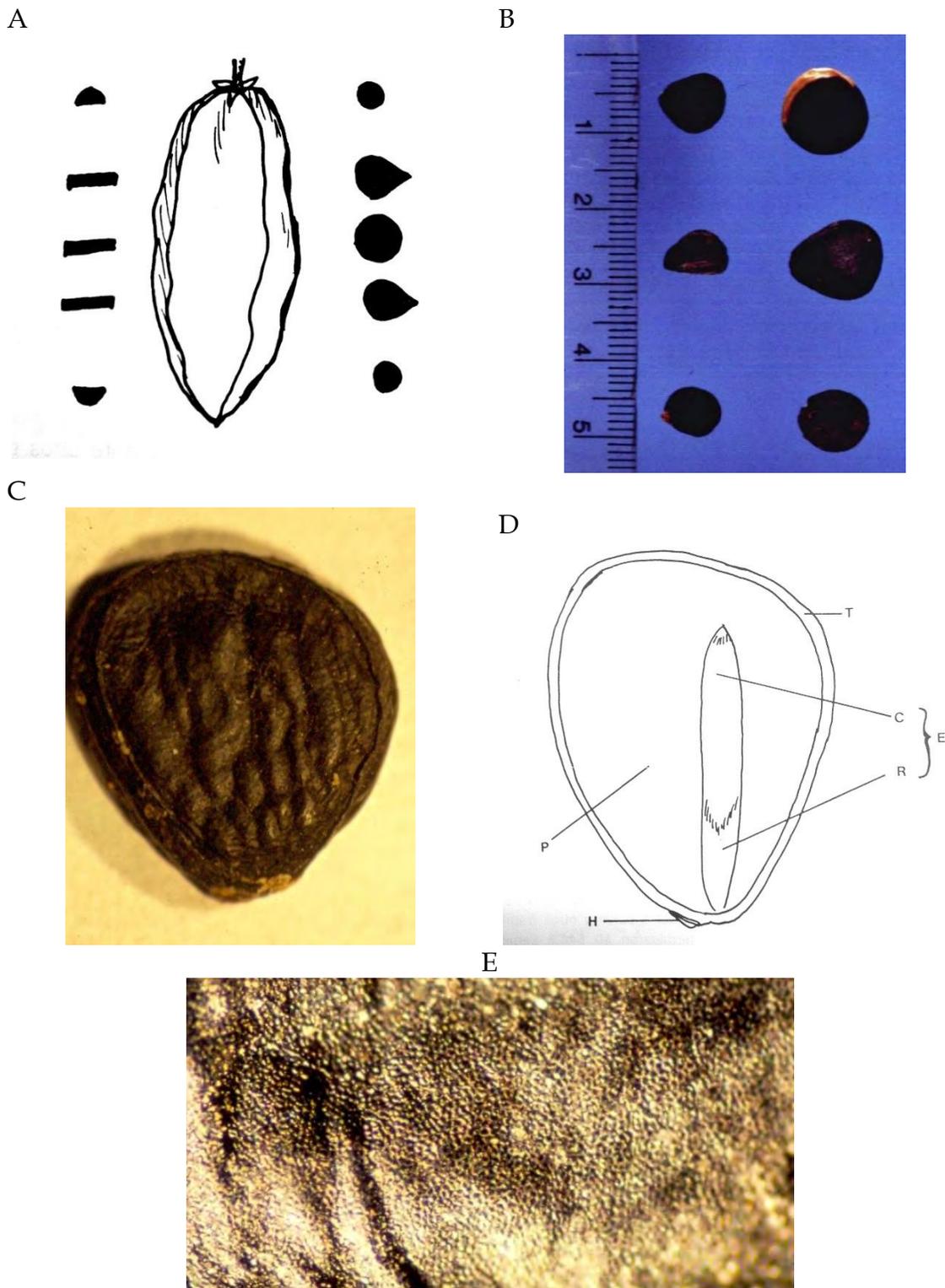


Figura 58.2. A) Cápsula y formas de la semilla de *Y. schidigera* según su ubicación en la misma. B) Formas y dimensiones de la semilla. C) Acercamiento de una semilla. D) Corte transversal con las partes de la semilla: T, testa; H, hilo; P, perispermo; E, embrión; C, cotiledón; R, radícula. E) Detalle de la cubierta seminal. Fotos e ilustraciones por DART (Rodríguez-Trejo y Ramírez-Castell, 1997).

Análisis de semillas

El lote de semilla usado para este análisis fue recolectado del Mipio, de Ensenada, B. C. Tenía 16 meses de recolectado cuando se llevaron a cabo los análisis. La semilla permaneció almacenada a temperatura de cuarto (Rodríguez-Trejo y Ramírez-Castell, 1997).

Las pruebas de germinación se llevaron a cabo en el Laboratorio de Semillas Forestales de la Dificio, UACH, con un régimen día/noche de 30/20 °C y fotoperiodo de 10 h. La radiación fotosintéticamente activa fue de 13.1 a 66.7 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$. El experimento fue instalado en cajas de Petri utilizando como sustrato agrolita y fue regado con agua destilada. Se probó el efecto del ácido giberélico 3 al 10%, glicol de sapognina con giberelina, remojando las semillas en las soluciones a diferentes concentraciones durante 17 h, así como un testigo. Se aplicó el fungicida Captán (2 g L⁻¹), como precaución.

Pureza. La pureza fue 71.4%; una alta proporción (31%) de las que se consideraron impurezas fueron semillas plagadas, tanto verdes como maduras; 24.4% de las impurezas fueron semillas inmaduras, 37.1% restos de frutos y semillas y 7.3% polvo y pequeños fragmentos.

Peso. Se determinaron 10 545 semillas kg⁻¹, es decir, 94.8 g por 1 000 semillas.

Contenido de humedad. El contenido de humedad, base anhidra, fue 8.3%, mientras que el mismo valor, pero base en fresco, alcanzó 7.7%. Se trata

de una semilla ortodoxa y macrobiótica.

Germinación y factores ambientales.

La germinación inició a los cinco días y al cabo de 36 días ya no la hubo más. Primero emerge la radícula, que al principio es lisa pero pocos días después comienza a mostrar pelillos absorbentes. Luego emerge un órgano rizomatoso, que engrosa en pocos días y a partir del cual se sigue desarrollando la radícula y luego se desarrolla el epicótilo. Aunque las hojas primarias son verdes y fotosintetizan, la plántula sigue obteniendo recursos del perispermo a más de 20 días de la germinación, pues se aprecia que la plántula sigue conectada a este (Figura 58.3). La capacidad germinativa promedio alcanzó 49.8%. No se hallaron diferencias entre tratamientos. En otra prueba, tampoco hubo diferencias en germinación final debidas a la forma de la semilla (Rodríguez-Trejo y Ramírez-Castell, 1997).

Energía germinativa. Fue considerada como el número de días para alcanzar 70% de la capacidad germinativa, así como la germinación máxima en 24 h. En ningún caso se hallaron diferencias estadísticamente significativas. Las medias fueron iguales a 16 días y 14.5%, respectivamente. También fueron probados los valores de germinación de Czabator y de Djavanshir y Pourbeik, pero tampoco hubo diferencias entre ellos. Sus medias respectivas alcanzaron 3.9 y 9.7.



Figura 58.3. Proceso de germinación de *Y. schidigera*. Foto: DART.

Viabilidad. Fue determinada mediante las pruebas de flotación y de corte e inspección. Su valor en ambos casos fue 93%.

Latencia. La semilla de esta especie no cuenta con latencia.

Regeneración natural

Dispersión. La semilla es liberada desde cápsulas dehiscentes. Se dispersa por gravedad y por la acción del viento, cuando este sopla fuerte, dado que las semillas no son muy pequeñas.

Banco de semillas. Dado que se trata de semillas macrobióticas, se puede formar un banco de semillas en donde caen y en lo que se presentan lluvias.

Tolerancia a la sombra. El estudio fue desarrollado a plena luz y dado que en los desiertos las *Yucca* pueden crecer a densidades bajas o relativamente bajas que no proporcionan gran sombra, la especie germina y se desarrolla bien sin sombra. Aunque puede requerir de

una nodriza, dadas las temperaturas e insolación extremas en los desiertos. Asimismo, las colonias típicas que forma esta especie, pueden deberse a la germinación de semillas bajo la sombra protectora de la colonia.

Tipo de germinación. La semilla presenta germinación más bien hipógea, pues la plántula permanece conectada al perispermo de la semilla por tres semanas o más luego del inicio de la germinación, como se aprecia en la Figura 58.3.

Implicaciones para el manejo de la semilla en viveros

Cómo recolectar la semilla. La semilla se recolecta en las cápsulas maduras de las copas o bien del piso, siempre que no muestren señas de estar muy plagadas o de descomposición. Se puede hacer la recolecta cuando las semillas ya están maduras, negras.

Almacenamiento. Debido a que se trata de semillas macrobióticas, aún en

condiciones de cuarto pueden almacenarse durante varios años sin que pierdan mucha viabilidad. Sin embargo, se considera que bajo refrigeración se mantendrá su viabilidad más tiempo.

Tratamiento previo a la siembra. No se requiere de tratamiento alguno. Sin

embargo, como la testa es algo dura, puede ayudar en la germinación un remojo por 24 h en agua al tiempo, para comenzar a activarla.

Siembra. La semilla puede sembrarse a una profundidad de 1 cm.



Figura 58.4. La yuca y el maguey. Nicolás Moreno Bravo. Cortesía familia Moreno.

Literatura citada

- Hawker, J. L. 2016. *Agaves, Yuccas and Their Kin*. Texas Tech. University Press. Lubbock, TX. 430 p.
- Heywood, V. H. 1985. *Las plantas con flores*. Ed. Reverté. Barcelona. 332 p.
- Jaramillo, E. A. 1980. Necesidades de incorporar al aprovechamiento las áreas cubiertas de izote (*Yucca* sp.) en Baja California. *In: Memoria Primera Reunión Nacional sobre Ecología, Manejo y Domesticación de las Plantas Útiles del Desierto*. SARH, INIF. México, D. F. pp. 130-138.
- Jones Jr., S. B. 1987. *Sistemática Vegetal*. McGraw-Hill. México, D. F. 536 p.
- Matuda, E., y Y. Piña L. 1980. *Las Plantas Mexicanas del Género Yucca*. Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial. México, D. F.
- Piña L., Y. 1980. Las plantas del género *Yucca* de Baja California. *In: Memoria Primera Reunión Nacional sobre Ecología, Manejo y Domesticación de las Plantas Útiles del Desierto*. SARH, INIF. México, D. F. pp. 125-129.
- Rodríguez-Trejo, D. A., y L. Ramírez-Castell. 1997. La semilla de *Yucca schidigera* Roez. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales* 1: 47-53.

SECCIÓN 2:
ALGUNOS
TEMAS

Reseña del Laboratorio de Semillas Forestales de la Dicifo, UACH

Dante Arturo Rodríguez Trejo

Un laboratorio de semillas forestales, es un sitio equipado para la investigación de simientes de árboles y arbustos, la docencia (prácticas), así como la extensión y el servicio. De todos estos forma parte importante el análisis de semillas forestales. La investigación cubre tópicos como ontogenia (desarrollo de las simientes), morfología, latencia, almacenamiento, ecología, germinación y otras temáticas.

Docencia

En la Dicifo, las materias que apoya directamente este laboratorio son: Viveros y Reforestación (Carrera de Ingeniería Forestal), Viveros (carrera de Ingeniería en Restauración Forestal), así como problemas especiales sobre semillas y el curso de Indicadores de Calidad de Planta Forestal, de la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales. Esta última materia, también se imparte a estudiantes de la Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, de la UACH.

Como laboratorio, también ha servido para apoyar otras materias y realizar algunas investigaciones en otras

temáticas, como: combustión, combustibles forestales, restauración de ecosistemas forestales, prácticas de geología y sanidad forestal, principalmente.

Investigación

Se estima que, desde su fundación a la fecha, es decir en aproximadamente 50 años, en el laboratorio se han impartido no menos de 500 prácticas y que se han realizado más de 200 investigaciones en él, incluyendo los libros del Maestro Aníbal Niembro Rocas, tesis profesionales y de posgrado, la mayoría de los capítulos del presente libro, y diversas publicaciones en revistas científicas y ponencias en congresos.

Historia del laboratorio

El Laboratorio de Semillas Forestales de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo, fue establecido en la segunda mitad de los 1970. Lleva funcionando más de 50 años. Fue fundado y encabezado por el M.C. Aníbal Niembro Rocas. El Maestro Niembro, quien laboró como profesor-investigador en Chapingo entre los 1970 e inicios de 1990, es un profesional con una dedicación

extraordinaria, un pilar en la investigación y docencia nacionales sobre semillas forestales, en especial en temáticas como ontogenia y morfología de semillas. Al parecer, este investigador fue también el primero en Dicifo (en los 1970 se denominaba Departamento de Enseñanza, Investigación y Servicio en Bosques) que publicó libros con editoriales comerciales. Sus obras, que siguen vigentes, incluyen títulos como: *Mecanismos de Reproducción Sexual en Pinos* (Limusa, 1986), *Semillas de Árboles y Arbustos. Ontogenia y Estructura* (Limusa, 1988) y *Semillas de Plantas Leñosas. Morfología Comparada* (Limusa-Noriega, 1989). Tuve la suerte de que este profesor me diera clases de Semillas Forestales. Mi recuerdo de él como profesor, es el de un pionero en sus campos de trabajo, excelente maestro, apasionado al compartirnos sus resultados de investigación en las aulas y, si no ahí, siempre estaba trabajando en su laboratorio o su oficina. Era común ver muestras de infinidad de especies en la gran mesa de trabajo, que él se encontraba estudiando, describiendo, muchas de ellas por vez primera. Sus estudios contribuyeron al mejor conocimiento de temas como floración, formación y desarrollo de semillas, polinización, maduración de frutos y semillas, morfología, ontogenia y a la descripción formal de infinidad de especies arbóreas y arbustivas del país. Tarea nada sencilla en uno de los países más biodiversos del planeta.

Co-fundador del Centro de Genética Forestal, también estableció un banco de semillas forestales en las instalaciones de este último; lamentablemente tal banco se perdió en un incendio a fines de los 1980.

También apoyó sustancialmente la fundación de este laboratorio y realizó mucha investigación ahí el Dr. Teobaldo Eguiluz Piedra. Este investigador fue director del DEISB y un pionero en la investigación en genética forestal nacional, así como fundador del Centro de Genética Forestal, con sede en campos experimentales de la UACH en Tequexquináhuac, Edo. Méx. También realizó históricas contribuciones para el conocimiento y distribución de los pinos mexicanos, como es el caso de su tesis profesional, intitulada: *Ensayo de integración de los conocimientos sobre el género Pinus en México* (Universidad Autónoma Chapingo, 1978).

Otros destacados profesores-investigadores, entre los que más apoyaron, participaron o utilizaron cotidianamente este laboratorio en prácticas o para realizar estudios, fueron: Dr. Basilio Bermejo (sobresaliente genetista forestal, fallecido prematuramente), Ing. Reyes Bonilla Beas (q.e.p.d.) y M.C. Luis Pimentel Bribiesca.

El Maestro Reyes Bonilla Beas, fue Director de la E.N.A. y de su Departamento de Bosques, además de funcionario con la Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Excelente profesor, impartía cursos como Viveros Forestales y Botánica Forestal. Cuentan su familia y alumnos que cualquier viaje que realizaban con él, era un libro abierto de dendrología, donde abundaban las paradas para recibir información sobre, recolectar semilla o identificar cantidad de especies de arbóreas. El Maestro gustaba de realizar trabajos de investigación, principalmente dirigiendo o asesorando tesis, en el vivero o en el laboratorio, y también fue famoso por su “dedo verde” en el vivero, pues ninguna semilla ni varetas se le resistían y terminaban germinando o rebrotando muy bien. Persona afable, con grandes entrega y energía para trabajar, además poseía un buen sentido del humor. En vida se le reconoció como Agrónomo Ilustre y su efígie se alza en la calzada de los Agrónomos Ilustres de la Universidad Autónoma Chapingo.

El Maestro Luis Pimentel Bribiesca, con una voz potente y dicción meridiana, es un experto (y un perfeccionista) en obras para conservación de suelos, así como en preparación del terreno para la reforestación, viveros y semillas forestales. Sus ex alumnos de hace mucho y de hasta hace pocos años, tenemos muy presentes sus memorables prácticas: “aprender haciendo” sería uno de sus lemas. Asimismo, interesado en la investigación y prolijo autor, escribió un libro memorable sobre viveros

forestales. Con frecuencia recolectaba semillas para sus tesis y era un frecuente visitante del laboratorio.

A partir de 1992, el laboratorio fue dirigido por el autor de este capítulo, con una interrupción entre 1996-1999, por ausencia para realizar estudios de doctorado en la Universidad de Florida, EE. UU. En ese periodo fungió como jefe del laboratorio el M. Sc. Abel Aguilera Aguilera, destacado profesor de dasonomía urbana en licenciatura y posgrado, ex Subdirector de Investigación y, hasta su lamentable deceso en 2021, Coordinador de la Comisión Ambiental Universitaria. Al regreso del primero, en el año 2000, ambos fungieron como jefes del laboratorio.

Además de los Profesores-Investigadores ya mencionados, varios destacados profesores han acompañado al laboratorio realizando investigación ahí, prácticas, donando semilla o apoyándolo en diversas formas. Entre ellos están el Dr. Enrique Guízar Nolasco (especialista en botánica forestal), el Dr. Tulio Méndez Montiel (orientado a la sanidad forestal), el Dr. Leopoldo Mohedano Caballero (dedicado a dasonomía urbana y viveros forestales), el Dr. Gil Vera Castillo (silvicultura), el Dr. David Cibrián Tovar (sanidad forestal), y el Dr. Baldemar Arteaga Martínez (silvicultura), entre otros destacados profesionales.

Así como con otros laboratorios de la Dicifo, UACH, las autoridades han apoyado equipamiento y mantenimiento. Citaré a los funcionarios actuales, a nombre de sus antecesores, quienes también han contribuido para con el laboratorio: Dr. Ángel Leyva Ovalle, Director de la Dicifo, UACH, y Dra. Amparo Borja de la Rosa, Coordinadora de la Maestría en Ciencias en Ciencias Forestales.

Una parte cosustancial del laboratorio, la han representado los técnicos y las secretarías que ahí trabajaron o trabajan. Entre los primeros, los Sres. Juan Guillermo Ramírez Cornejo y Eliseo Rojas Monsalvo quienes colaboraron con el Maestro Aníbal y, el último, con quien escribe estas líneas. El Señor Gerardo Mendoza Ángeles, tuvo una dilatada e intensa carrera como Técnico del Laboratorio de Semillas Forestales. Se jubiló siendo parte del equipo del referido laboratorio. Persona de gran responsabilidad, ávido montañista y senderista, y con una gran inventiva, siempre apoyaba a todo aquél que se lo pedía. Extrañamos su compañía y gran labor en el laboratorio, pero si así se requería, también en el monte o en el vivero. Muy apreciado por los estudiantes, Don Gera, y su esposa la Sra. Mari Marcos, quien también nos apoyaba con frecuencia. En la actualidad el Técnico es el Sr. Leopoldo Rosas, también muy entusiasta y apreciado, además de

analítico y colaborador, tanto en laboratorio como en campo, siempre dispuesto a ir más allá del deber.

En las últimas décadas, el valioso y diligente apoyo secretarial ha sido proporcionado por la Sra. Enriqueta Velázquez Bravo, luego por la Sra. Lorena Ibarra Alonso y en la actualidad por la Srita. Karla Mariel García Lemus.

Equipamiento

Entre el principal equipo con el que cuenta el laboratorio, están cinco cámaras de ambiente controlado (dos de ellas conseguidas gracias a un proyecto Conacyt a mi regreso al inicio de la década de los 2000), una campana de extracción, un contador automático de semillas, un pequeño frigorífico para almacenar y estratificar semillas, refrigerador, mesas con luz para limpieza de semillas, balanzas, lupas estereoscópicas, microscopios, hornos de secado, reactivos (sales de tetrazolio, ácido sulfúrico, fungicidas, etc.) y equipo básico para la recolección de semillas, como espolones y cinturones de seguridad, así como garrochas podadoras y tijeras podadoras. Equipo complementario para materias relacionadas, incluye: bomba de Scholander (para determinar tensión hídrica en plantas), equipo Hemiview © y programa, para registrar variables de radiación solar, medidores de temperatura a distancia, entre otros.

Algunas escenas del trabajo cotidiano en el laboratorio, están en el capítulo de Análisis de Semillas Forestales.



Figura 59.1. Algunos miembros actuales o ya retirados del Laboratorio de Semillas Forestales, posando frente al edificio de la Dicifo, UACH: Sr. Leopoldo Rosas (técnico actual), Ing. Leticia Quiahua Barrera (quien hizo su tesis en el laboratorio y la invitamos a la foto como una representante de la infinidad de estudiantes que han trabajado ahí); Dante Arturo Rodríguez Trejo (actual jefe del laboratorio), Sr. Gerardo Mendoza Ángeles (técnico retirado) y Sr. Eliseo Rojas Monsalvo (técnico retirado). Foto tomada en 2019.



Figura 59.2. Botarga de un cono de pino, elaborada por estudiantes de la Dicifo, UACH.

Análisis de semillas forestales

Dante Arturo Rodríguez Trejo, Gerardo Mendoza Ángeles

Qué es el análisis de semillas forestales

Los análisis de semillas forestales son una serie de pruebas que se hacen a un lote para determinar su calidad. Mediante este análisis se establece la medida en que el lote germinará (prueba de germinación), qué tan limpio viene (pureza), cuánta humedad contiene la semilla (contenido de humedad), cuántas semillas por unidad de peso caracterizan al lote (peso), qué tan vigoroso es para germinar el lote (prueba de vigor) y qué proporción de la semilla está viva (prueba de viabilidad).

Conforme a las normas internacionales de ISTA (*International Seed Testing Association*, Asociación Internacional de Análisis de Semillas) (Bonner *et al.*, 1994), las pruebas de análisis de semillas forestales incluyen: pureza, peso, contenido de humedad, germinación potencial, vigor y viabilidad. A continuación son descritas estas pruebas con algunos comentarios procedentes de experiencias del autor de este capítulo.

Cuándo se hace

El análisis de semillas forestales se debe realizar cuando las semillas van a ser utilizadas en el vivero forestal, ya sea que hayan sido recién extraídas de los frutos o sacadas del frigorífico o del cuarto de almacenamiento, o bien

cuando van a ser almacenadas. También es recomendable llevarlo a cabo como parte de cualquier investigación sobre semillas forestales. Otra consideración es que los análisis se deben hacer cuando la semilla está madura. Sin embargo, para algunas investigaciones puede ser de interés conducir estos análisis en algunas etapas de desarrollo del fruto y semillas previas a la maduración.

Dónde es desarrollado

Para la realización de estas pruebas se requiere de un laboratorio. Aunque algunas pruebas se pueden hacer fuera de aquél, lo recomendable es que se cuente con el mínimo de equipo para poder desarrollarlas. Si una prueba de germinación se practica en una cámara de ambiente controlado, con determinado régimen de temperatura y lumínico día/noche, con frecuencia los resultados de germinación serán diferentes si parte de la misma muestra de semilla es germinada al aire libre, en un invernadero o en un cuarto del vivero. Uno de los objetivos de las agrupaciones internacionales que norman los análisis de semillas, es el de estandarizar. De modo que si una misma muestra de trabajo es utilizada en diferentes laboratorios de semillas forestales y puesta a germinar en las mismas condiciones, los resultados serán muy similares.

En el país existen diversas instituciones y dependencias que cuentan con laboratorios para el análisis de semillas forestales. Algunos ejemplos son: el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, el Banco Nacional de Germoplasma, la División de Ciencias Forestales de la Universidad Autónoma Chapingo, el Programa Forestal del Colegio de Postgraduados, el Vivero San Luis Tlaxialtemalco del Gobierno de la Ciudad de México, la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, la Universidad Veracruzana, la Universidad Nacional Autónoma de México, la Protectora de Bosques del Gobierno del Estado de México, entre otras.

Quién lo lleva a cabo

En México, los análisis de semillas forestales son conducidos por técnicos de laboratorio, investigadores, profesores, profesores-investigadores encargados de laboratorios de semillas forestales, pero también por estudiantes de licenciatura y posgrado bajo supervisión de técnicos, profesores o investigadores. En el país todavía está por desarrollarse un esquema de certificación de laboratorios para el análisis de semillas forestales y de su personal.

Por qué y para qué se hace

Estos análisis son realizados para conocer la calidad de lotes de semilla, con diversos propósitos, como sacar el máximo partido de tales características en el vivero forestal, información para ayudar a poner un precio a la semilla,

conocer la evolución de algunas de las características del lote a través del tiempo de almacenamiento o con el propósito de realizar investigación.

La capacidad germinativa de un lote de semilla, su peso y pureza, son parte de los datos requeridos para calcular la cantidad de semilla a utilizar en una siembra en semillero. Asimismo, un lote con semilla más pura y con mayor germinación tendrá mejor precio que otro con semilla menos pura y menor germinación de la misma especie y procedencia. Por otra parte, las semillas requieren de un nivel óptimo en su contenido de humedad para ser almacenadas y mantenidas viables durante más tiempo. La capacidad germinativa decrece gradualmente, ya sea con lentitud o rapidez, dependiendo de la especie y otros factores, conforme pasa el tiempo de almacenamiento. Para el investigador, más allá de sus objetivos, generalmente será de interés conocer la información que ofrece el análisis de semillas forestales, en particular cuando se trabaja con una especie sobre la que hay muy poca o nula información acerca de sus semillas.

Con qué medios se ejecuta

Para hacer las diferentes pruebas se necesita equipo diverso, que es detallado en los siguientes subtítulos. Se debe señalar que, para algunas pruebas, el equipo o producto es único (aunque obviamente hay diferentes modelos y marcas), pero para otras es posible seguir distintas técnicas y por ende utilizar diferentes equipos y materiales. El principal equipo, productos y materiales, incluye: mesas

de trabajo, mesas de limpiado, pinzas, punzones, pinceles, balanza, horno de secado, cámara de ambiente controlado, refrigerador, agua destilada, cloruro de 2-3-5 trifenil tetrazolio (sales de tetrazolio), fungicidas (como clorotalonil, captán, cupravit u otros), cajas para germinación, tela fieltro, cajas de Petri, papel filtro, sustrato inerte como agrolita, vasos de precipitado, agitadores, separador de semillas, contador de semillas. Algunos laboratorios están dotados con cuarto para la obtención de placas de rayos X de alto contraste.

Cómo se desarrolla

Muestras para el análisis

Generalmente la semilla es recolectada en lotes. Un **lote** es un conjunto de semillas de la misma especie obtenida de un rodal o masa forestal. El lote contiene semillas de la misma especie, de un grupo de poblaciones vecinas, con información genética semejante. La porción del lote que es enviada al laboratorio para su análisis, se denomina **muestra remitida**. Dicha muestra debe ser obtenida de diferentes puntos de los contenedores que contienen la semilla del lote. Los contenedores de los cuales se obtendrá la muestra a remitir pueden ser seleccionados al azar o sistemáticamente, pero se deberá tomar un poco de semilla de cada uno, obteniéndola de la parte superior, en medio, parte inferior y de los lados. Con este fin se puede utilizar un muestreador de semillas. Los hay de varios tamaños, desde aproximadamente 1 m de longitud,

hasta de unos pocos centímetros (Figura 60.1.A). Este aparato consta de dos largos cilindros metálicos, uno embebido y giratorio dentro del otro. Ambos cilindros tienen ventanas a todo lo largo. Con las ventanas del cilindro externo cerradas el instrumento se inserta en el contenedor con semillas; se abren las ventanas en la zona donde se desea hacer el muestreo, se mueve y aquéllas entrarán así en el muestreador. Antes de extraerlo se gira para cerrar las ventanas exteriores y atrapar así a la semilla dentro del cilindro interior. Se extrae el muestreador y se abre, empinando las ventanas nuevamente, para liberar la semilla.

Una muestra remitida debe contener por lo menos 2500 semillas (excepto si son muy grandes) (Bonner *et al.*, 1994). De la muestra remitida, en el laboratorio se obtienen submuestras para realizar las diferentes pruebas, las cuales son parte de la **muestra de trabajo**. El tamaño mínimo como muestra de trabajo para realizar el análisis se muestra en el Cuadro 60.1. A efecto de dividir las muestras, sucesivamente en partes iguales, puede utilizarse un separador (Figura 60.1.B).

Autenticidad

Aunque no es una prueba que forme parte de los análisis de semilla, siempre es necesario verificar que la especie que se trabaja sea, en efecto, la que se piensa o en la que se tiene interés. Por ello es conveniente recolectar una muestra botánica o identificar en campo formalmente la especie mediante claves de

identificación o, de ser necesario, con el apoyo de colegas dendrólogos. Es obvia la relevancia de las guías de semillas del país y de países con los que se comparten fronteras, con el propósito de realizar tal identificación. Cuando se recibe la semilla, es idóneo que venga con una muestra botánica para comprobar la especie. También existen guías para la identificación de semillas forestales. Ejemplos pioneros y destacados de obras muy útiles para

este propósito en México, son las del Maestro Aníbal Niembro Rocas (1986, 1988, 1989, por referir algunas), y diversas obras por región ecológica, como las de Ochoa *et al.* (2008) e Ibarra *et al.* (2015), entre otras. Para la inspección de la semilla se requerirá de una lupa estereoscópica (Figura 60.1C).

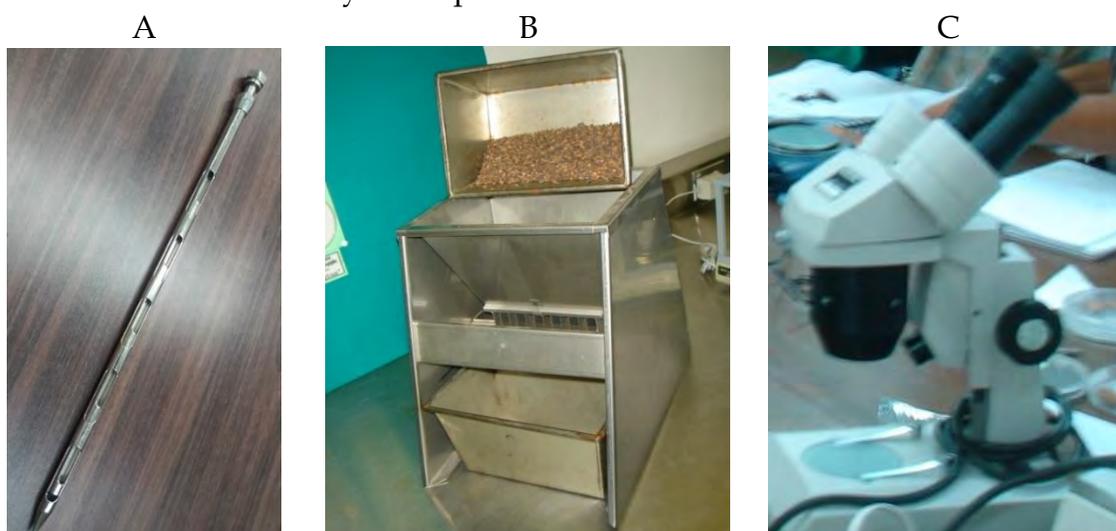


Figura 60.1. A) Muestreador de semillas. B) Separador de muestras de semillas. C) Lupa estereoscópica. Fotos: DART, 2016. A) y C) Laboratorio de Semillas Forestales de la DICIFO. B) Laboratorio de Semillas Forestales del Vivero San Luis Tlaxialtemalco, Corena, Gob. de la Cd. de México.

Cuadro 60.1. Información para establecer el tamaño mínimo de muestra de trabajo, cuando se van a incluir en pruebas pureza y germinación (Bonner *et al.*, 1994), a partir de la cantidad de semillas por gramo de la especie de que se trate.

| Ng | MMT (g) | Ng | MMT (g) | Ng | MMT (g) | Ng | MMT (g) |
|-------|---------|-------|---------|---------|---------|---------|---------|
| <5 | 500 | 30-35 | 60-90 | 90-100 | 22-32 | 300-350 | 6.5-10 |
| 5-7 | 300-400 | 35-40 | 54-75 | 100-125 | 17-28 | 350-400 | 5.5-8.5 |
| 7-10 | 200-300 | 40-50 | 42-65 | 125-150 | 15-23 | 400-500 | 4.5-7.5 |
| 10-15 | 140-240 | 50-60 | 36-54 | 150-175 | 13-20 | 500-750 | 3-6 |
| 15-20 | 100-170 | 60-70 | 30-46 | 175-200 | 11-17 | >750 | 3 |
| 20-25 | 85-125 | 70-80 | 27-40 | 200-250 | 9-15 | | |
| 25-30 | 70-100 | 80-90 | 24-35 | 250-300 | 8-12 | | |

Ng=número de semillas por gramo, MMT=muestra mínima de trabajo.

Pureza

La prueba de pureza busca determinar en qué medida la muestra está libre de materiales que no son semilla, es decir, de impurezas. Tales impurezas pueden ser restos de frutos, como escamas o pericarpios de frutos secos, o incluso de materiales carnosos secos. Pero también puede incluir materiales de la propia semilla, como las alas, después de que ésta ha sido desalada y limpiada. También se pueden hallar polvos y pequeñas piedras.

En general, en la medida que lotes y muestras están constituidos por semilla más grande, son limpiados con más facilidad y su pureza tiende a ser mayor, en comparación con lotes y muestras de semilla más pequeña, porque estos últimos son más difíciles de limpiar y se invierte más tiempo en dicha actividad.

De acuerdo con Bonner *et al.* (1994), ISTA establece que esta prueba se hace con toda la muestra de trabajo y debe ser la primera prueba en realizarse. Semillas rotas pero que preserven más de la mitad de su cuerpo y semillas infértiles evidentes (como las semillas amarillas de los agaves), se incluyen como parte del componente de semilla (pero también se debe particionar el porcentaje de semilla potencialmente viable -la semilla negra de los agaves, por ejemplo-). La pureza (P) se calcula básicamente dividiendo el peso de la semilla limpia (p_l) entre el peso de la semilla sin limpiar (p_i), cociente que se multiplica por 100 para expresar porcentualmente, según el siguiente modelo:

$$P = (p_l / p_i) (100)$$

Ejemplo. Obtener la pureza de una submuestra de semilla cuyos pesos de semilla sin limpiar y limpiada son, respectivamente, 11.1 y 10.3 g.

$$P = (10.3 \text{ g} / 11.1 \text{ g}) (100) = 92.8 \%$$

En el laboratorio, para limpiar la semilla se usan las mesas de limpieza y pinzas o punzones, pinceles e incluso los cantos de pequeñas tiras de papel aluminio (Figura 60.2).

La pureza nos dice qué tanto del peso que estamos comprando o manejando corresponde realmente a semilla. Si se compran 10 kg de semilla con una pureza de 95 %, quiere decir que en realidad contaremos con 9.5 kg de semilla. Esta información también es de utilidad como parte de los cálculos en siembras directas en campo o en semilleros de viveros forestales.

Para determinar la pureza, el equipo que se utiliza es una mesa para limpiado (opcional), pinzas o punzones para separar la semilla de las impurezas, y una balanza (a centésimas de gramo) para pesar los componentes. Si la semilla es minúscula, como la del tabaquillo, *Nicotiana glauca*, el tepozán, *Buddleia cordata*, el guarumbo, *Cecropia obtusifolia* o los eucaliptos, *Eucalyptus* spp., que tienen de cientos de miles a millones de semillas kg^{-1} , entonces se requerirá una balanza a milésimas de gramo.

Peso

La finalidad de esta prueba es establecer cuánta semilla por unidad

de peso (kg) se tiene. A nivel internacional también se expresa como el peso de 1000 semillas. ISTA establece que esta prueba se hace con 8 repeticiones de 100 semillas cada una (o con 10 repeticiones de 100 semillas). Si el total del peso de 800 semillas es igual a 40.24 g, el peso de mil semillas (P) será:

$$P = 40.24/0.8 = 50.3 \text{ g}$$

El peso por kilogramo se calcula mediante regla de tres, ya sea usando los datos de las submuestras o el peso directo de 1000 semillas. Por ejemplo, del ejemplo anterior, 1000 semillas pesan 50.3 g. El número de semillas por kilogramo se calcula así:

$$1000 \text{ ----- } 50.3 \text{ g}$$

$$X \text{ ----- } 1000 \text{ g}$$

$$X = 1\,000\,000 / 50.3 = 19\,880.7 \text{ semillas kg}^{-1}$$

A la inversa, otra regla de tres también se puede usar para establecer el peso de mil semillas:

$$19\,880.7 \text{ ----- } 1000 \text{ g}$$

$$1000 \text{ ----- } X \text{ g}$$

$$X = 1\,000\,000 / 19880.7 = 50.3 \text{ g}$$

La figura 60.3. muestra el pesaje de una muestra de semillas.



Figura 60.2. Mesa hechiza para limpiar la semilla. Cuenta con un foco interior que proyecta luz sobre la superficie translúcida de la base. Foto: DART, Laboratorio de Semillas Forestales, DICIFO, 2016.



Figura 60.3. Determinación del peso de la semilla en *Chamaedorea elegans*. Laboratorio de Semillas Forestales, DICIFO, UACH. Foto: DART.

El conteo de semillas de tamaño mediano se puede realizar con un contador automático (Figura 60.4). Se trata de un dispositivo eléctrico que básicamente consta de un recipiente donde se deposita la semilla y que cuenta con un trayecto en espiral en toda su periferia. Al encenderse vibra y esto hace que la semilla vaya tomando su camino por el trayecto y poco a poco asciende por la espiral. Al final del trayecto hay un puente (cuya anchura se debe graduar conforme a la de la semilla) por el que pasan, una a una, las semillas y atraviesan una cámara donde un haz de luz que realiza el conteo cada vez que es interrumpido. La cantidad de semillas aparece en una pantalla del módulo de lectura.

Mientras más intensa se programe la vibración, más rápido ascenderá la

semilla, pero en general no son recomendables vibraciones y velocidades muy grandes. Este aparato es útil para semillas medianas. Las semillas muy pequeñas, como las de especies mencionadas en el subtítulo de pureza, pueden no ascender en su totalidad y peor, pueden no ser registradas por el dispositivo óptico, lo que se traduce en errores en el conteo. Semillas grandes, como las de encinos, *Quercus* spp., sencillamente no caben en la espiral ni en la cámara. El aparato tampoco es conveniente para semillas de regular tamaño pero con forma alargada, como las del flamboyán, *Delonix regia*. Este equipo es conveniente para semillas como las de *Pinus* spp., varias leguminosas cuya semilla no es grande, nolinias (*Nolina* spp.), entre muchas otras. Para proceder con el conteo automatizado, la semilla debe ser desalada previamente.

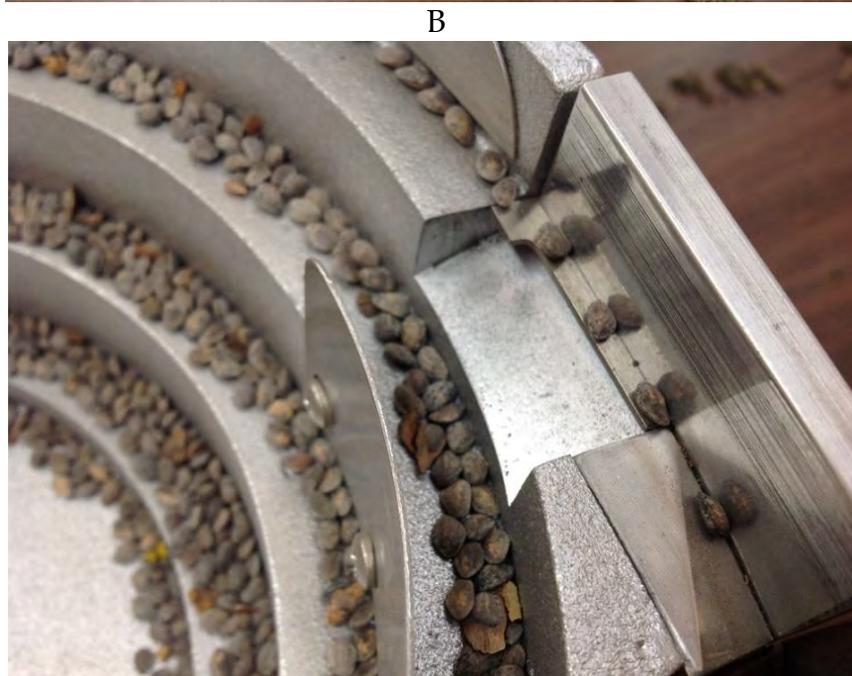
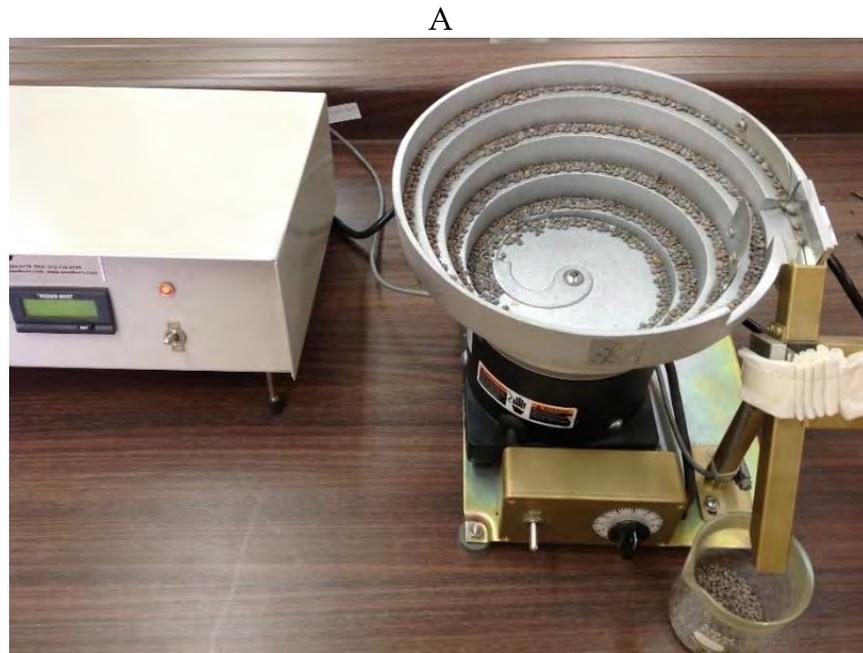


Figura 60.4. Contador automático de semillas. Laboratorio de Semillas Forestales, DICIFO, UACH. A) A la izquierda en la foto, el módulo de lectura. A la derecha el contenedor donde se deposita la semilla y por vibración va formando una línea sobre la trayectoria en espiral del contenedor. B) Detalle del trayecto. A la derecha, el puente permite el paso de una fila de semillas con anchura de sólo una de ellas. Con la vibración las semillas siguen avanzando y después del paso por el puente caen en un conducto donde interrumpen un haz de luz que hace el conteo automático, el cual se despliega numéricamente en la pantalla del módulo, según se aprecia en A.

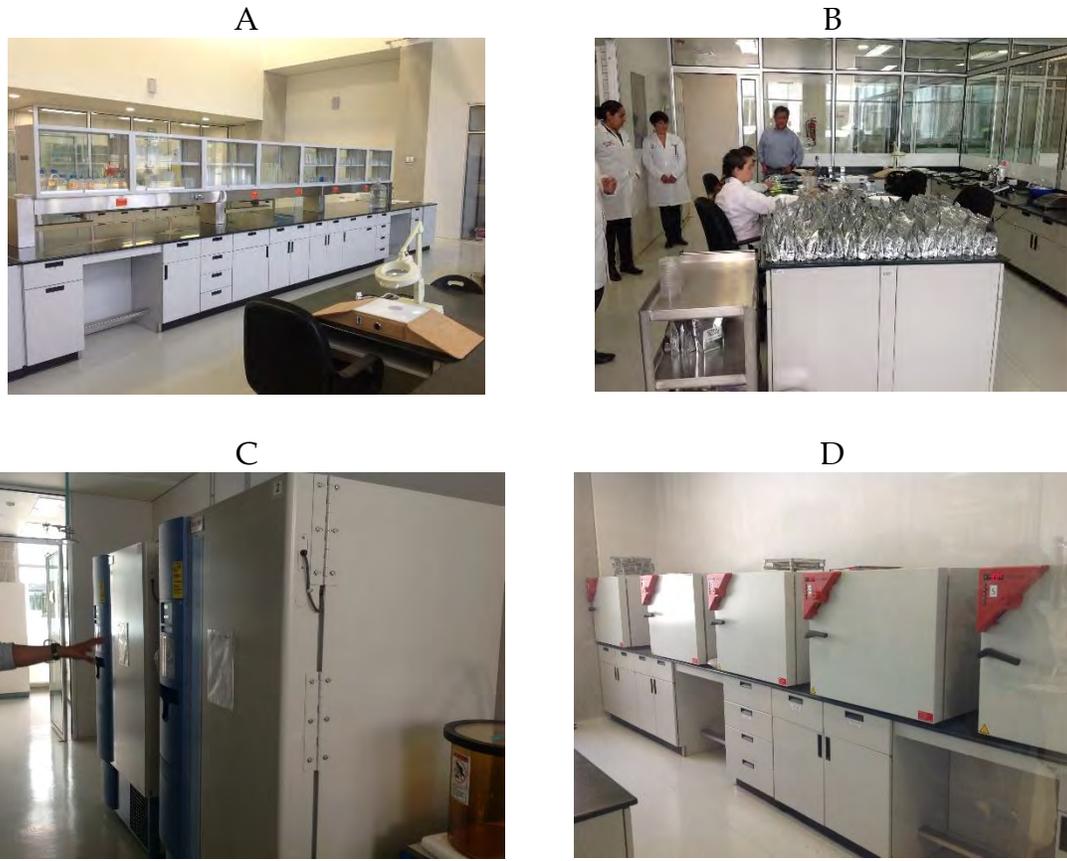


Figura 60.5. Vistas de algunas de las instalaciones del Centro Nacional de Recursos Genéticos del INIFAP, en Jalisco. Fotos: DART.

Uno de los usos del peso de la semilla es para relacionarlo con el de los frutos durante la recolección de semilla, y así saber cuánto hay que recolectar de frutos para conseguir determinada cantidad de semilla limpia. Asimismo, para cualquier manejo que se hace de la semilla o cuando se compra o vende, es indispensable conocer su peso para poder establecer con facilidad cuántas semillas hay en determinada unidad de peso (1 kg por ejemplo) de la misma. El peso de la semilla es otra de las variables necesarias para calcular la cantidad de esta a utilizar durante siembras directas en campo o bien siembras directas en camas de crecimiento cuando se producirá a raíz

desnuda en el vivero forestal. Igualmente, en el caso de la semilla pequeña que se empleará para sembrar semilleros en el vivero, el peso es una de las variables necesarias para calcular la cantidad de semilla a sembrar por unidad de superficie de semillero.

La semilla minúscula como la del tabaquillo, *Nicotiana glauca*, con millones de semillas por kilogramo, hay que limpiarla y contarla lentamente y con paciencia, con la ayuda de lupa y en una mesa de limpia alumbrada. Una respiración fuerte, la voz, un movimiento brusco con el pincel o las pinzas finas o un trocito de

papel aluminio doblado que se estén utilizando, así como la electricidad estática, puede hacer saltar muchas semillas y revolverlas, teniendo que reiniciarse el conteo. Aparte del cuidado con que hay que separar las semillas unos pocos centímetros, es conveniente ir haciendo grupos de 100 de ellas; de modo que, si acontece una distracción y se pierde la cuenta, no se tendrá que comenzar de nuevo el conteo.

Solamente se necesita de una báscula para pesar la semilla y cajas de Petri o cualquier contenedor de tamaño apropiado para colocar la semilla durante el pesaje. Hay que poner primero el recipiente vacío, sin olvidar tarar la balanza con la caja de Petri o el contenedor donde colocará la semilla, para que automáticamente quede descontado una vez que contenga semilla que pesar.

Contenido de humedad

Esta es la primera prueba que se debe realizar. Se hace con la muestra remitida, utilizando la cantidad de semillas recomendada en el Cuadro 60.2 (Bonner *et al.*, 1994). Las semillas forestales típicamente son divididas, con base en su longevidad y en su contenido de humedad, en dos grupos: ortodoxas y recalcitrantes. Las **semillas ortodoxas** son aquellas que de manera natural tienen un bajo contenido de humedad, y para que se mantengan viables durante el almacenamiento, deben mantenerse así. Normalmente duran varios o muchos años viables, incluso aunque no sean almacenadas a bajas temperaturas. Las **semillas**

recalcitrantes son las que tienen contenidos de humedad elevados y que no van a durar mucho tiempo viables, así sean almacenadas a bajas temperaturas. También deben ser almacenadas a más elevados contenidos de humedad que las semillas ortodoxas. Cabe destacar que las bajas temperaturas a las que se hace mención están en torno a 0 °C, pues con temperaturas de -20 °C, o menos (supercongelación), que se pueden conseguir en instalaciones con técnica criogénica, se ha probado que semillas recalcitrantes pueden ser almacenadas y mantenidas viables por varios años.

El contenido de humedad (CH) se mide pesando primeramente las muestras de semillas en fresco (P_f). Acto seguido se ponen en un contenedor de vidrio, como una caja de Petri o un vaso de precipitado, y se colocan en un horno de secado a 107 °C durante 18 h. En otras opciones la semilla se deja secar a temperaturas de 70 °C o más hasta que adquiera peso constante, el cual denota peso anhidro (seco) (P_o). La semilla seca también es pesada apenas se extrae del horno. Esto debe ser así porque, al salir del horno, las semillas comenzarán a ganar humedad (Figura 60.6).

Internacionalmente, la norma es dividir el peso del agua contenida en la muestra entre el peso fresco de esta última. Es decir, el contenido de humedad en semillas se calcula con respecto al peso fresco de las mismas (CH_f). De esta forma, conociendo el contenido de humedad de cierta cantidad de semilla, el contenido de humedad base en fresco, se sabe la

proporción (en peso) de agua contenida en la cantidad de semilla de la muestra, tal y como la tenemos. El modelo que se utiliza es:

$$CH_f = ((P_f - P_o) / P_f) (100)$$

Ejemplo. Una submuestra tiene un peso fresco de 21.4 g y se obtiene de ella un peso anhidro igual a 17.3 g. Determinar el contenido de humedad, base en fresco:

$$CH_f = ((21.4 \text{ g} - 17.3 \text{ g}) / 21.4 \text{ g}) (100) \\ = 19.2 \%$$

Es decir, de cada 100 g de la semilla al momento de determinar el contenido de humedad, 19.2 g son agua.

La principal utilidad del contenido de humedad, es para establecer si ese valor es apropiado para almacenar la semilla a bajas temperaturas. Pero también nos ayuda cuando analizamos una especie que se ha trabajado poco o que no ha sido estudiada, para conocerla y como un elemento más con el propósito de predecir si la semilla de una especie que se está investigando es ortodoxa o recalcitrante.

De forma complementaria, pues no es alternativa oficial, también se puede determinar el contenido de humedad de la semilla con base en el peso seco (CH_o):

$$CH_o = ((P_f - P_o) / P_o) (100)$$

Cuadro 60.2. Muestra y procedimientos para determinar el contenido de humedad de semillas forestales, con base en su tamaño (sintetizado de Bonner *et al.*, 1994).

| Clase de tamaño de la semilla | Tamaño de muestra y procedimiento oficiales de ISTA | Prueba rápida |
|---|---|--|
| Semilla pequeña, con poco (ej.: <i>Platanus</i> , <i>Robinia</i>) o alto (ej. <i>Abies</i> , <i>Pinus</i> , <i>Tsuga</i>) contenido de aceites. | 4 a 5 g Secado en horno a 103 ± 2 °C, por 17 ± 1 h | 80 a 200 g de semilla, según el tipo. Medidor eléctrico |
| Semilla grande, bajo contenido de aceites y contenido de humedad <20% (ej. <i>Nyssa</i>). | 4 a 5 g o bien 5 semillas 1) Moler (o similar) 2) Secado en horno a 103 ± 2 °C, por 17 ± 1 h | 4 a 5 g o bien cinco semillas. Secar en horno microondas. |
| Semilla grande, bajo contenido de aceites, contenido de humedad >20% (ej. <i>Quercus</i> , <i>Aesculus</i>). | Cinco semillas. 1) Presecado, a <20% de contenido de humedad, en horno (130 °C, por 5 a 10 min) 2) Moler (o equivalente) 3) Secado en horno a 103 ± 2 °C, por 17 ± 1 h | Cinco semillas. Secar en horno microondas. |
| Semilla grande, alto contenido de aceites (ej. <i>Fagus</i> , <i>Juglans</i> , <i>Carya</i>). | Cinco semillas. 1) Moler (o equivalente) 2) Secado en horno a 103 ± 2 °C, por 17 ± 1 h | Cinco semillas. Secar en horno microondas. |

Nota: Aunque el cuadro original recomienda la prueba de tolueno con semillas de alto contenido de aceites, la misma fuente lo refiere como discontinuado.



Figura 60.6. A) pesaje y B) secado en hornos para la determinación de contenido de humedad. Laboratorio de Semillas Forestales de la DICIFO. Foto: DART, 2016.

Para el ejemplo próximo pasado, dicho contenido de humedad, base en seco, es igual a:

$$CH_o = ((21.4 \text{ g} - 17.3 \text{ g}) / 17.3 \text{ g}) (100) = 23.7 \%$$

Mientras que el contenido de humedad base en fresco nos da la proporción del lote que es agua, el contenido de humedad base en seco expresa la proporción que hay de agua con respecto al peso seco de la semilla, de manera similar a como se hace con la madera.

Para determinar el contenido de humedad de la semilla se requiere de balanza, horno de secado y cajas de Petri de vidrio o vasos de precipitado.

Germinación (capacidad germinativa)

La principal prueba en el análisis de semillas forestales, es la de germinación, donde se establece la capacidad germinativa de la semilla. Esta última, es el porcentaje de germinación alcanzado durante un

ensayo. Las germinaciones deben ser normales (Bonner, 1985).

Las normas de ISTA establecen cuatro repeticiones de 100 semillas cada una, para ejecutar esta prueba. Esto es sencillo cuando solamente se está realizando el análisis de semillas.

Un paréntesis. Si se está conduciendo investigación y paralelamente se hace el análisis, caso en el que se complica utilizar la cantidad de semillas aludida. Simplemente si se usan tres tratamientos con tres niveles cada uno más un control (por ejemplo, escarificación química con ácido sulfúrico durante 5, 10 y 15 min; alta temperatura en horno durante 0.5, 1 y 1.5 min; y escarificación -con lija y con navaja-), además de un control no tratado, se tendrían nueve niveles de tratamientos, que por las cuatro repeticiones arrojarían 36 unidades experimentales. Si se están utilizando cajas germinadoras tal vez no quepan en una sola cámara de ambiente controlado. Por ello, al realizar

investigación, dicha unidad de 100 semillas se reduce, pero hay que

asegurarse que el experimento resulte robusto estadísticamente.



Figura 60.7. Germinación, como parte de los murales de la capilla Riverina, pintados por Diego Rivera y propiedad de la Universidad Autónoma Chapingo.

En el caso de investigación, conviene asegurarse que haya un mínimo de cuatro repeticiones, aunque lo ideal es que, de haber espacio en la(s) cámara(s), se cuente con tantas repeticiones como combinaciones del producto resultante de multiplicar el número de factores por el de niveles. Si se manejan dos factores (por ejemplo, temperatura y luz), con dos niveles (30 °C y 25 °C; y con y sin, respectivamente), más el testigo, es conveniente utilizar $(2 \times 2) + 1 = 5$ repeticiones. Hasta aquí el comentario sobre investigación. También resulta

impráctico utilizar más de 6 repeticiones. Se recomienda utilizar un mínimo de 4 cuando se tienen abundantes combinaciones de niveles de factores.

Dos ejemplos de recipientes en los cuales establecer una prueba de germinación son las cajas germinadoras y las cajas de Petri. Las cajas germinadoras están diseñadas para realizar estas pruebas, pero algunos especialistas utilizan cajas de plástico para verdura, siempre que cuenten con tapa sellable y con un

fondo de retícula de plástico con patas. Para hacer la siembra se coloca una porción de tela fieltro a la medida de la caja y de la retícula, pero un poco más larga (unos 6-10 cm) del lado más largo de la caja. La tela es colocada empatando un extremo de la caja, pero el otro quedará sobrado. Ese excedente debe ser doblado, debajo de la retícula, haciendo contacto con la base de la caja de plástico. Esto permitirá que cuando se aplique el agua para riego (250 ml para una caja de aproximadamente 30 X 20 X 10 cm) y se acumule en el fondo, el líquido subirá por el extremo de la tela y la mantendrá húmeda en su totalidad a lo largo del experimento, sin tener que regar periódicamente. Es recomendable preparar la caja con la tela y regar antes de hacer la siembra, para que el chorro de agua no desacomode o incluso revuelva las semillas que pueden estar ordenadas por tratamientos en la caja, en particular si se trata de semillas pequeñas (Figura 60.8).

La siembra debe hacerse en una sola jornada preferentemente, sin caer en prisas, pero con celeridad para que todas las semillas en la prueba queden sembradas la misma mañana o la misma tarde. Si se debe instalar un experimento con muchas semillas y cajas, se deberá sembrar una parte un día y la otra parte un segundo día, y habrá que tomar en cuenta este desfase de un día para los registros de germinación y cálculos de vigor en parte de las cajas.

Durante la siembra las semillas deben ser colocadas en hileras o columnas,

con pinzas o con la mano usando guantes, según el tamaño de la semilla. Se invierte algo de tiempo al acomodarlas, pero gracias a este orden el registro de la germinación se agilizará. En el caso de semillas minúsculas es tardado hacer este acomodo.

Una vez realizada la siembra, hay que observar diariamente todas las cajas sembradas, incluso los fines de semana, para comenzar a registrar apenas se inicie la germinación. Debe tenerse claro que algunas especies pueden iniciar su germinación en horas (por ejemplo, el sauce *Salix oxylepis*), mientras que otras pueden dilatar poco más de un par de meses para comenzarla (como la aguacatera, *Garrya laurifolia*).

En el laboratorio una semilla será considerada como germinada cuando su radícula iguale la longitud de la semilla. La duración de la prueba dependerá de la especie y de que se esté proporcionando el régimen día/noche adecuado. Especies como *Salix oxylepis* habrán germinado del todo al cabo de uno o pocos días, en tanto que semillas como *Garrya laurifolia* pueden requerir dos o tres meses o poco más, incluso después de aplicarles tratamientos para eliminar latencia. Ejemplos de otras semillas que tardan unos pocos meses en germinar son de los géneros *Dioon* y *Chamaedorea* (Figura 60.9).

El **régimen día/noche** consiste de las temperaturas diurna y nocturna, y de la duración del periodo con luz, con los cuales será programada la cámara

de ambiente controlado para llevar a cabo la prueba de germinación. La elección del régimen día/noche a que se someterá la semilla para que

germine, debe hacerse con cuidado. Ese régimen emula en alguna medida el día y la noche en el área de distribución natural de la especie.

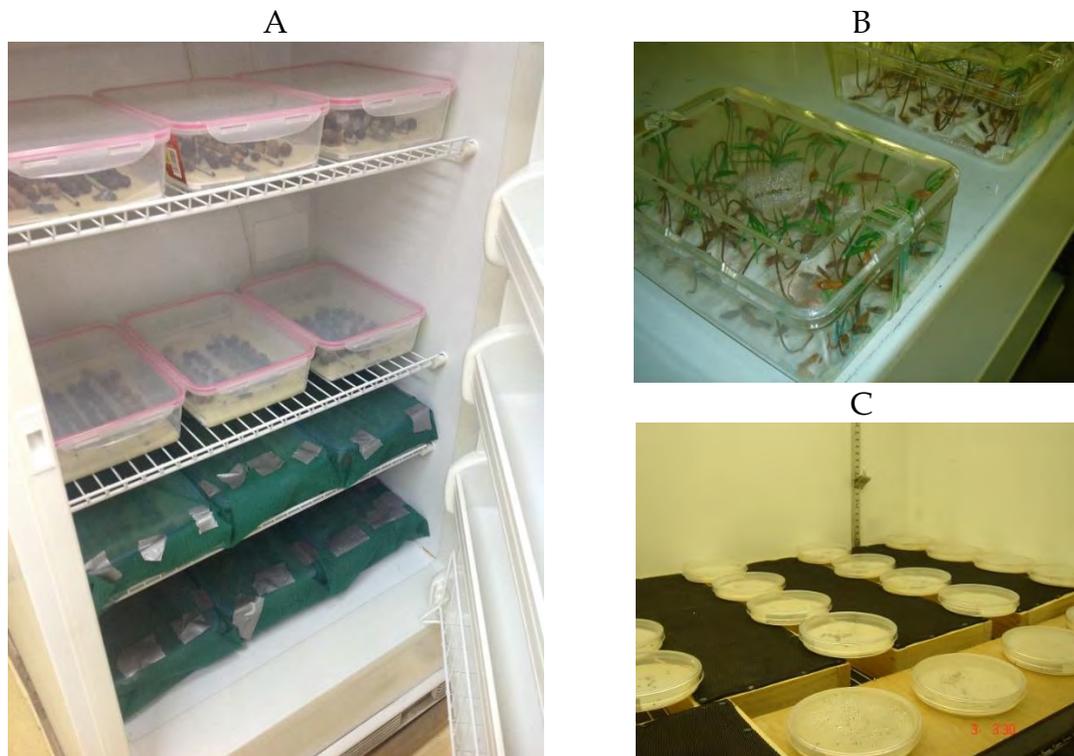


Figura 60.8. A) Caja de plástico para verduras utilizada para germinación en experimento. Se usa tela fieltro como sustrato. B) Caja germinadora, con papel Kimpak como sustrato. C) caja de Petri con papel filtro como sustrato. A) y C) Laboratorio de Semillas Forestales, DICIFO, UACH. B) Laboratorio de Semillas Forestales, Corena, Gob. Cd. de México. Fotos: DART.



Figura 60.9. Registro de germinación. Foto: DART, Laboratorio de Semillas Forestales, DICIFO, 2016.

Las cámaras de ambiente controlado son equipos que cuentan con controles para regular temperatura, tipo de luz y duración del fotoperiodo, además de espacio para acomodar las semillas, plántulas o plantas con las que se vaya a experimentar. Hay modelos que también controlan la humedad relativa. Tales características simulan de manera gruesa el día y la noche. Existen cámaras que cada hora pueden cambiar su temperatura un poco y son las que mejor simulan el día y la noche, pero son muy caras.

La mayoría de las semillas germina bien a temperaturas constantes entre 20 y 30 °C. Sin embargo, varias semillas de pinos, por ejemplo, germinan mejor con temperaturas alternas, como 25 °C de día y 20 °C de noche. Diversas especies forestales norteamericanas están referidas en las listas de ISTA, con los regímenes día/noche recomendados para las pruebas de germinación. Pero casi no incluye especies mexicanas.

Para el caso de México en este libro se ha recopilado información disponible sobre regímenes térmicos apropiados para la germinación de diversas especies forestales. Esta información se halla en los capítulos de cada especie o género. En cualquier caso, ya sea con temperatura constante o alterna, la cámara es programada para que de forma sincronizada se encienda la luz cuando estará la temperatura alta (si la hay) durante un determinado periodo de tiempo, el fotoperiodo, que será del orden de 8 a 12 h, normalmente.

Cuando se trabaja una especie para la cual no hay información, se recomienda buscar las temperaturas medias y extremas de la estación meteorológica más cercana al sitio donde fue recolectada la semilla y usarlos como base para establecer la o las temperaturas del régimen día/noche. Por ejemplo, si la temperatura media es igual a 25 °C, utilizar la misma temperatura en la cámara, si se trabajará con ésta de manera constante. Si se van a emplear temperaturas alternas, para día y noche, la cámara podría programarse con 30 y 20 °C, respectivamente, por ejemplo. El de los regímenes día/noche óptimos para la germinación de las especies forestales nacionales, es uno de los temas de investigación que necesita ser abordado más extensivamente. Si bien la guía dada es útil, en realidad las temperaturas que prevalecen entre detritos y plantas herbáceas y arbustivas son menos extremas que las que registran las estaciones meteorológicas. Adicionalmente, la diferencia de altitud entre la estación meteorológica más cercana al sitio de recolección de germoplasma, donde se registran los datos de temperatura, puede implicar la realización de otro ajuste, debido al gradiente adiabático (las zonas altas son más frías que las bajas). No obstante, el intervalo de temperaturas recomendado o el uso de la temperatura media, resultan útiles.

Es crucial mantener la asepsia en las cámaras, material utilizado y en nuestras manos. Para ello puede limpiarse el interior de la cámara y la cerradura de la puerta con una

solución de cloro al 10% y una jerga nueva o lavada antes de establecer cualquier experimento. Las cajas germinadoras deben ser nuevas o ser lavadas y desinfectadas en todos sus componentes previo a su utilización. La misma semilla puede ser enjuagada durante unos pocos minutos (15 a 30, por ejemplo) en una solución de cloro al 5 a 10% e inmediatamente después enjuagar con agua destilada. Todo el material que se vaya a emplear deberá haber sido lavado y/o desinfectado. Limpiar cajas y material con alcohol ayuda contra bacterias. Incluso quien(es) establece(n) el experimento se habrán de lavar las manos y preferentemente utilizar cubrebocas y guantes de látex para sembrar en laboratorio.

Cada caja germinadora debe ser etiquetada con un mínimo de datos que permita su perfecta identificación (especie, procedencia o población, tratamiento(s) y repetición). La etiqueta debe colocarse en el cuerpo de la caja y no en la tapa, pues de ser pegada en esta última, si se trabaja con dos o más cajas al mismo tiempo puede haber confusión y colocarse la tapa, con todo y su etiqueta, en la caja que no corresponde, lo que puede llevar a errores graves o a tener que repetir el experimento.

El porcentaje de germinación (G) se expresa dividiendo el número de semillas germinadas (Sg), entre el número total de semillas sembradas (Ss) y este cociente es multiplicado por cien, conforme al siguiente modelo:

$$G = (Sg/Ss) (100)$$

Si de un total de 400 semillas germinaron 375, el porcentaje de germinación final o capacidad germinativa en las condiciones probadas, será:

$$G = (375/400) (100) = 93.8 \%$$

La germinación en vivero puede ser un poco menor que la obtenida en cámara de ambiente controlado, bajo condiciones idóneas. Cuando esto es así, debe ser considerado al utilizar la semilla en el vivero o en siembras directas.

Las semillas con germinación anómala (como la no emisión de radícula o el estancamiento del desarrollo de la plántula) deben ser consideradas con un porcentaje aparte de germinación anormal o como parte de la semilla no germinada. En algunos pinos, puede haber la germinación de dos plántulas, procedentes de dos embriones en una misma semilla. En este caso, si por lo menos una de las plántulas es vigorosa, se debe registrar una sola germinación. También hay frutos muy pequeños, donde quedan dos semillas, pero no es práctico tratar de separarlas. Tal es el caso de *Lippia myriocephala*.

Si la semilla no germina o casi no germina durante una prueba, aunque sea viable, es muy posible que esté latente. Cuando se trabajan especies nuevas en las cuales no es evidente la latencia, esto puede suceder. Con frecuencia las semillas de leguminosas tienen algún nivel de latencia física y de antemano pueden tratarse para eliminar esta condición. Evidentemente, cuando se tiene

información de la especie que será trabajada y se sabe que cuenta con latencia, antes de conducir la prueba de germinación habrá que proporcionar el tratamiento indicado a las semillas para que puedan germinar. No se debe olvidar que en una misma especie la intensidad de la latencia puede ser diferente entre procedencias. Por ello no siempre los tratamientos referidos en algunas publicaciones tributan el mayor porcentaje de germinación final al aplicarse en otras procedencias.

El equipo recomendable para realizar esta prueba son cámaras de ambiente controlado, digitales o analógicas (Figura 60.10), cajas para realizar la germinación, tela fieltro o papel Kimpak, agua destilada, fungicida, pinzas, etiquetas. Si la prueba se llevará a cabo en cajas de Petri, de vidrio o de plástico, además de éstas se puede usar papel Kimpak, papel filtro, incluso agrolita. Las cajas de Petri tienen la desventaja de que, por su tamaño pequeño, aunque se manejen con tapa, se deshidratan más rápido y es necesario regar periódicamente, para mantener saturado el sustrato, lo cual no es lo más recomendable por la mayor probabilidad de contaminación y el mayor tiempo a invertir, que podría dedicarse en otra actividad.

Viabilidad

La viabilidad es la proporción de semillas de un lote que está viva y que potencialmente producirá una plántula. Este valor normalmente es

algo mayor al de la capacidad germinativa debido a que no todas las semillas que inician la germinación la completan. Ello obedece a que alguna o algunas de sus partes pudieron no haberse desarrollado del todo o terminaron desarrollándose de manera anómala. O bien porque el tratamiento para eliminar la latencia no fue suficiente para esas pocas semillas, dada la variación que puede haber en la intensidad de la latencia dentro de una misma muestra de trabajo, cuando ese carácter tiene alta variabilidad.

La mayor utilidad de la prueba de viabilidad es su rapidez, ya que permite contar con una estimación gruesa de la capacidad germinativa que se podría tener cuando la información urge y no hay tiempo para conducir la prueba de germinación, o en lo que ésta se desarrolla.

La viabilidad puede ser determinada de diferentes maneras. La más sencilla es la prueba de flotación, en la cual cierta cantidad de semilla es puesta en un recipiente con agua, como una cubeta o vasos de precipitado y se deja ahí durante 12 a 24 h. Normalmente la semilla vana o está vacía o tiene muy poco contenido, razón por la cual flotará. La semilla viable se irá al fondo. Aun así, es conveniente abrir la semilla que flotó para verificar que esté vana. Al terminar la prueba, la semilla puede ser secada y almacenada o utilizada en el vivero.

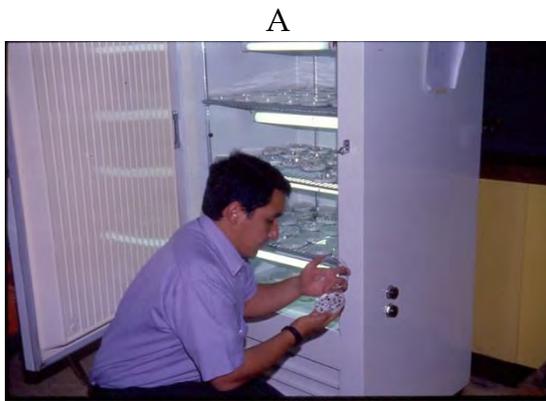


Figura 60.10. A) y B) Diferentes modelos de cámaras de ambiente controlado. Laboratorio de Semillas Forestales, Dicifo. C) y D) Vistas externa e interna del cuarto para germinación, Laboratorio de Semillas Forestales, Vivero San Luis Tlaxialtemalco, Corena, Gob. Cd. de México. Fotos: A) Sr. Eliseo Monsalvo. B) a D) DART.

Otra prueba, la de corte e inspección, obviamente es destructiva. Requiere del corte longitudinal de semilla por

semilla, por lo que es lenta; en particular si hay latencia física. De cada semilla se inspecciona si el

embrión está completo, al igual que el tejido de reserva, así como la coloración que con frecuencia es blancuzca, pero hay especies con el embrión o el tejido de reserva que son amarillentos o de otras tonalidades, como el rosa en *Pinus cembroides*. No debe haber pudriciones ni deformaciones.

Quizá la prueba de viabilidad más tradicional es la de las sales de tetrazolio (cloruro de 2, 3, 5-trifenil tetrazolio). Este producto químico debe mantenerse almacenado en su frasco en el frigorífico. Se prepara una solución al 1 % con estas sales, en un frasco ámbar, pues la luz lo degrada. La solución se vierte en un vaso de precipitado cubierto con papel aluminio y ahí se colocan semillas cortadas longitudinalmente por la mitad o completas (dependiendo si no está o sí expuesto el eje embrionario) y sin la cubierta seminal. En el primer caso, hay que cuidar que se use sólo una de las mitades de cada semilla, de

lo contrario la prueba será sesgada. Este producto reacciona con el oxígeno liberado por los tejidos vivos y se produce fenil formazán, de color rojo, con el cual el tejido vivo queda teñido (Figura 60.11).

En especies agrícolas hay un gran nivel de desarrollo en la aplicación de esta prueba, pues los patrones e intensidad de coloración en el embrión permiten hacer una mejor precisión de si germinarán o no e incluso de su energía germinativa. Sin embargo, en especies forestales basta con que el embrión se tiña, o idealmente todo el tejido de la superficie del corte. Si el tejido no se tiñe es porque está no viable. No es sencillo relacionar patrones e intensidad de teñido en semillas, como parte de muestras destructivas, con la germinación que tendrían; hay oportunidad de investigación en este campo.



Figura 60.11. Prueba de tetrazolio en *Lupinus montanus*. A) 100 semillas cortadas a la mitad, B) detalle de una de ellas. Fotos: Anna Jessica Moreno Rupit.

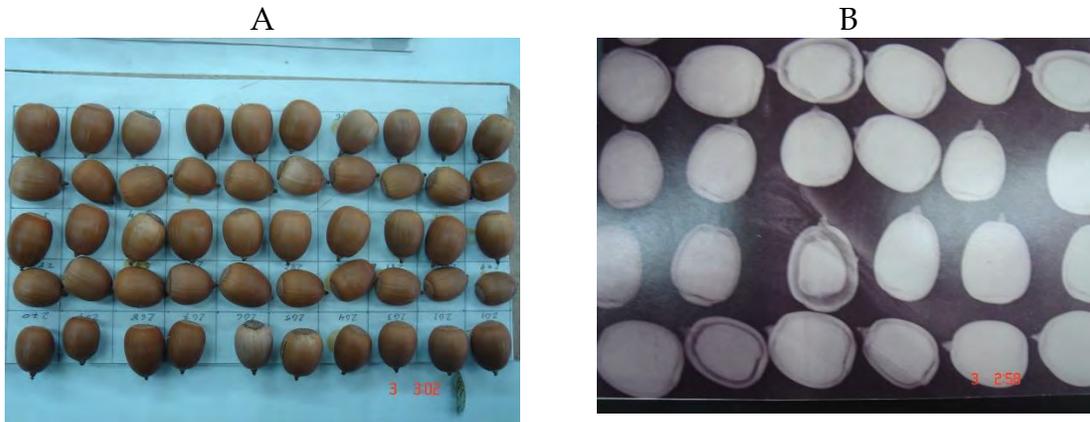


Figura 60.12. A) Lámina preparada con nueces de *Quercus crassipes*, para obtener una placa radiográfica (B). Aunque la semilla tiene diferentes tamaños dentro de las nueces, todas las de la imagen están viables. Foto A: DART. B) Radiografía: Unidad Médica, UACH.

Una opción más son los rayos X de alto contraste. Si no es de alto contraste, la radiografía no será tan clara y resultará más difícil discernir si la semilla está viable o no. Si en la placa la semilla está hueca, el embrión muy poco desarrollado (sin que se trate de una especie con latencia morfológica), o reducida la semilla, dañada por alguna plaga, debe ser considerada no viable (Figura 60.12).

Es interesante destacar que en *Quercus rugosa* hemos observado que muchas semillas plagadas con una larva del coleóptero del género *Curculio*, que se aloja en y alimenta de los cotiledones, son capaces de germinar y producir una planta normal cuando la larva no afecta el eje del embrión (Huerta y Rodríguez-Trejo, 2011).

No es sencillo determinar viabilidad en semillas minúsculas y pequeñas. Todas flotan en agua, viables o no. La prueba de corte e inspección se puede hacer con microscopio, lo mismo que el corte para teñido con sales de tetrazolio, pero se invertirá tiempo en ambos casos. El análisis con radiografía en semillas pequeñas es útil.

La viabilidad (V) se calcula de manera semejante a la capacidad germinativa, con base en la cantidad de semillas viables (S_v) y el total utilizado (S_t) en la prueba, conforme al modelo que sigue:

$$V = (S_v / S_t) (100).$$

Ejemplo. En un ensayo con 400 semillas, 390 resultan viables. La viabilidad será igual a:

$$V = (390/400) (100) = 97.5 \%$$



Figura 60.13. Frigorífico para dar tratamientos de estratificación y para almacenar semillas a pequeña escala, con fines de investigación. Laboratorio Semillas Forestales, Dicifo, UACH. Foto: DART, 2016.

Vigor

Existen diferentes estimadores de vigor, el cual involucra características como la rapidez de la germinación y la germinación bajo condiciones adversas (Bonner, 1993). De acuerdo con Bonner (1985), el **vigor** son las propiedades de las semillas que determinan su potencial para una emergencia rápida y uniforme, así como el desarrollo de plántulas normales en un amplio grado de condiciones de suelo, donde fueron sembradas.

La forma en que tradicionalmente se ha medido la velocidad de germinación, es la **energía germinativa** (o energía de germinación), la cual se define como la rapidez con que ocurre un porcentaje dado de la capacidad germinativa. En otras palabras, es el tiempo para que ocurra un porcentaje dado de la germinación final. Este porcentaje suele ser el 50, 75 o 90% de la capacidad germinativa. Si emplea el 75% y se tuvo un 84% de capacidad germinativa, el porcentaje a obtener

sería: $0.75 (84\%) = 63\%$. La energía germinativa sería el número de días para alcanzar el 63% de germinación. En la figura 60.14, dicho 63% es alcanzado por el lote 1 en aproximadamente 6.5 días, mientras

que el tiempo es 8.5 días para el lote 2. Ambos lotes tuvieron la misma capacidad germinativa (84%), pero el lote 1 tiene mayor energía germinativa (germina más rápido) que el lote 2.

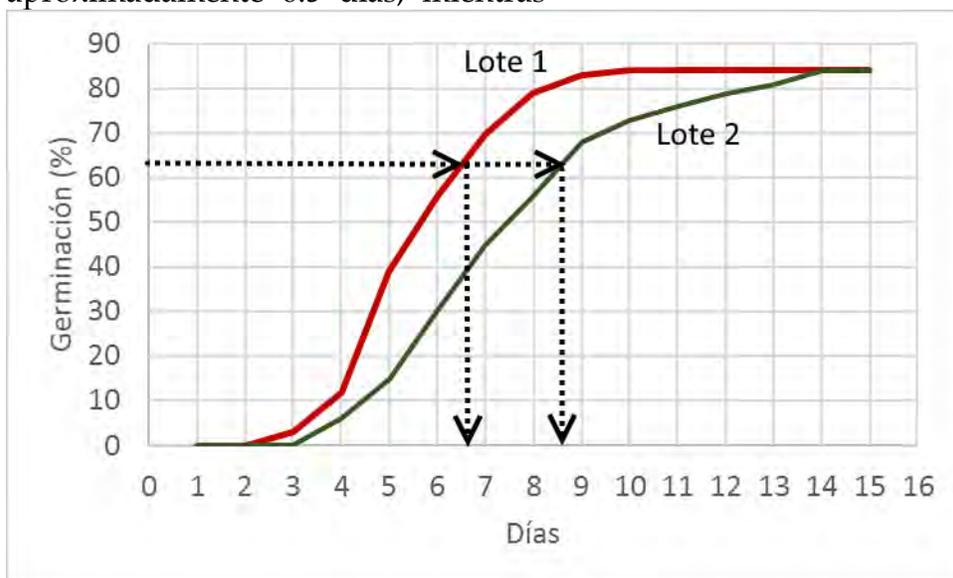


Figura 60.14. Comparación de la energía germinativa entre dos lotes con la misma capacidad germinativa. Aquí se expresa como el tiempo para alcanzar 75% de la capacidad germinativa (84%), igual a 63% y que resulta en 6.5 días para el lote 1 y en 8.5 días para el lote 2.

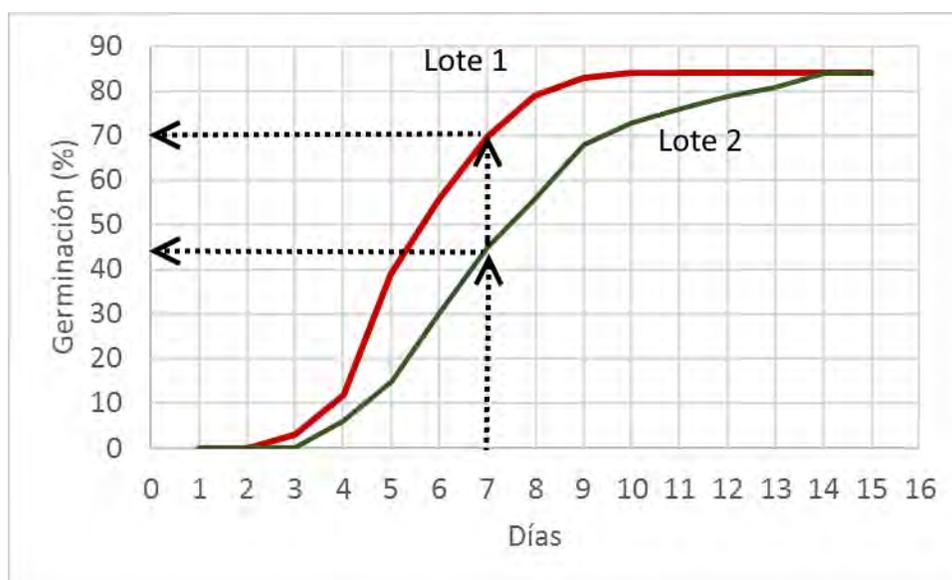


Figura 60.15. Energía germinativa, ahora medida como la germinación luego de siete días de iniciada la prueba. El lote 1 alcanzó 70%, mientras que el lote 2, igualó 44%.

La energía germinativa, también puede expresarse como el porcentaje de germinación dentro de un periodo de tiempo dado, que suele ser siete o 14 días. Evidentemente, para especies con germinación lenta se van a requerir más de 2 semanas. En la

figura 60.15 se aprecia el mismo ejemplo anterior. Ahora el lote 1 tiene 70% de germinación luego de siete días, mientras que la germinación para el lote 2 fue sólo 44% en el mismo plazo de tiempo.

Cuadro 60.3. Datos de germinación para calcular valor de germinación de Czabator (lote 1).

| Días desde la siembra | Germinación diaria (%) | Germinación acumulada (%) | Germinación media |
|-----------------------|------------------------|---------------------------|--|
| 3 | 3 | 3 | $3/3 = 1.0$ |
| 4 | 9 | 12 | $12/4 = 3.0$ |
| 5 | MGD = 27 | 39 | $39/5 = 7.8$ |
| 6 | 17 | 56 | $56/6 = 9.3$ |
| 7 | 14 | 70 | VGDM = $70/7 = 10.0$ |
| 8 | 9 | 79 | $79/8 = 9.9$ |
| 9 | 4 | 83 | $83/9 = 9.2$ |
| 10 | 1 | 84 | VGDF = $84/10 = 8.4$ |
| 11 | 0 | 84 | --- |

MGD = Máxima germinación en un día, VGDM = valor de germinación diario máximo, VGDF = valor de germinación diaria final.

Cuadro 60.4. Datos para calcular el valor de germinación de Czabator para el lote 2.

| Días desde la siembra | Germinación diaria (%) | Germinación acumulada (%) | Germinación media |
|-----------------------|------------------------|---------------------------|--|
| 3 | 6 | 6 | $6/3 = 2.0$ |
| 4 | 9 | 15 | $15/4 = 3.8$ |
| 5 | MGD = 15 | 30 | $30/5 = 6.0$ |
| 6 | MGD = 15 | 45 | $45/6 = 7.5$ |
| 7 | 11 | 56 | $56/7 = 8.0$ |
| 8 | 12 | 68 | VGDM = $68/8 = 8.5$ |
| 9 | 5 | 73 | $73/9 = 8.1$ |
| 10 | 3 | 76 | $76/10 = 7.6$ |
| 11 | 3 | 79 | $79/11 = 7.2$ |
| 12 | 2 | 81 | $81/12 = 6.8$ |
| 13 | 3 | 84 | VGDF = $84/13 = 6.5$ |
| 14 | 0 | 84 | -- |

Otra forma más de expresar la energía germinativa es como la máxima germinación que se tenga en 24 h, a lo largo del experimento. A partir de los datos con los que se construyeron las gráficas de germinación acumulada de las Figuras 60.14 y 60.15, la máxima germinación en 24 h para el lote 1 fue 27% (del 4º al 5º día), mientras que para el lote 2 tal valor fue igual a 15% (del 5º al 6º día, o bien del 6º al 7º día) (Cuadro 60.3).

Un concepto más es el de valor de germinación Czabator, el cual integra la capacidad germinativa con la velocidad de germinación. En el cuadro 60.3, 3ª columna, está plasmada la germinación acumulada del lote 1 que hemos estado utilizando. La germinación media, en la 4ª columna (=velocidad de germinación diaria), se calcula dividiendo para

cada día la germinación acumulada entre los días desde la siembra.

A partir de los datos del cuadro 60.3, el valor de germinación de Czabator (VG_C) (Willan 1991) se calcula como sigue, para el lote 1:

$$VG_C = (VGDF) (VGdM) = (8.4) (10.0) = 84.0$$

En el caso del lote 2 (Cuadro 60.4), el valor de germinación de Czabator es igual a:

$$VG_C = (6.5) (8.5) = 55.3$$

Como se puede apreciar, el valor de germinación calculado es mayor para el lote 1 que para el lote 2, remarcando la mayor calidad del primero.

Otro valor de germinación es el de Djavanish y Pourbeik (Willan, 1991). Su cálculo parte de los datos del Cuadro 60.5.

Cuadro 60.5. Datos de germinación para calcular valor de germinación de Djavanshir y Pourbeik, lote 1.

| Días desde la siembra | Germinación diaria (%) | Germinación acumulada (%) | Germinación media | Germinación media acumulada | No. de conteos | Germinación media acumulada/conteos |
|-----------------------|------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------|-------------------------------------|
| 3 | 3 | 3 | 3/3 = 1.0 | 1.0 | 1 | 1/1 = 1.0 |
| 4 | 9 | 12 | 12/4 = 3.0 | 4.0 | 2 | 4/2 = 2.0 |
| 5 | 27 | 39 | 39/5 = 7.8 | 11.8 | 3 | 11.8/3 = 3.9 |
| 6 | 17 | 56 | 56/6 = 9.3 | 21.1 | 4 | 21.1/4 = 5.4 |
| 7 | 14 | 70 | 70/7 = 10.0 | 31.1 | 5 | 31.1/5 = 6.2 |
| 8 | 9 | 79 | 79/8 = 9.9 | 41.0 | 6 | 41/6 = 6.8 |
| 9 | 4 | 83 | 83/9 = 9.2 | 50.2 | 7 | 50.2/7 = 7.2 |
| 10 | 1 | GAF=84 | 84/10 = 8.4 | 58.6 | 8 | G DFA = 58.6/8 = 7.3 |
| 11 | 0 | 84 | -- | -- | -- | -- |

GAF = germinación acumulada final, G DFA = germinación diaria final acumulada.

Cuadro 60.6. Datos de germinación para calcular valor de germinación de Djavanshir y Pourbeik, lote 2.

| Días desde la siembra | Germinación diaria (%) | Germinación acumulada (%) | Germinación media | Germinación media acumulada | No. de conteos | Germinación media acumulada/conteos |
|-----------------------|------------------------|---------------------------|-------------------|-----------------------------|----------------|-------------------------------------|
| 3 | 6 | 6 | 6/3 = 2.0 | 2.0 | 1 | 2/1 = 2.0 |
| 4 | 9 | 15 | 15/4 = 3.8 | 5.8 | 2 | 5.8/2 = 2.9 |
| 5 | 15 | 30 | 30/5 = 6.0 | 11.8 | 3 | 11.8/3 = 3.9 |
| 6 | 15 | 45 | 45/6 = 7.5 | 19.3 | 4 | 19.3/4 = 4.8 |
| 7 | 11 | 56 | 56/7 = 8.0 | 27.3 | 5 | 27.3/5 = 5.5 |
| 8 | 12 | 68 | 68/8 = 8.5 | 35.8 | 6 | 35.8/6 = 6.0 |
| 9 | 5 | 73 | 73/9 = 8.1 | 43.9 | 7 | 43.9/7 = 6.3 |
| 10 | 3 | 76 | 76/10 = 7.6 | 51.5 | 8 | 51.5/8 = 6.4 |
| 11 | 3 | 79 | 79/11 = 7.2 | 58.7 | 9 | 58.7/9 = 6.5 |
| 12 | 2 | 81 | 81/12 = 6.8 | 65.5 | 10 | 65.5/10 = 6.6 |
| 13 | 3 | GAF = 84 | 84/13 = 6.5 | 72.0 | 11 | G DFA = 72/11 = 6.5 |
| 14 | 0 | 84 | -- | -- | -- | -- |

Este índice se calcula con el siguiente modelo, aplicado al lote 1 (Cuadro 60.5) y luego al lote 2 (Cuadro 60.6) de nuestro ejemplo:

$$\text{Lote 1: } VG_{DP} = (GAF/10) (G DFA) = (84/10) (7.3) = 61.3$$

$$\text{Lote 2: } VG_{DP} = (84/10) (6.5) = 54.6$$

De modo que también con este indicador de vigor el del lote 1 es superior al del lote 2.

Aplicaciones de la información generada en el análisis de semillas forestales

Siembra directa en campo

A efecto de calcular la cantidad de semilla (C), en peso, para hacer una siembra directa en campo, se utiliza casi toda la información obtenida del análisis de semillas, además de la densidad deseada (D) y de la

superficie a sembrar (S), como: pureza (Pu), peso (P), y capacidad germinativa (G), así como un factor esperado de supervivencia inicial (Si) en campo, opcional, de acuerdo con el siguiente modelo:

$$C = (D S) / (Pu P G Si)$$

Si se desea hacer una siembra de esta naturaleza en 3 ha, y obtener una densidad de 10 000 brinzales/ha, con un lote de semilla que tiene una pureza de 94%, un peso de 27 000 semillas/kg, una capacidad germinativa de 90% y una supervivencia inicial de 85%, entonces:

$$C = (10\,000/\text{ha}) (3\text{ ha}) / (0.94) (27\,000/\text{kg}) (0.90) (0.85) = 1.55\text{ kg de semilla.}$$

Como puede apreciarse, todos los valores que se obtienen como

porcentaje se deben expresar en tanto por uno en el modelo anterior.

Siembra con garapiñados en campo

Los garapiñados son terrones de sustrato con semillas de varias especies forestales. Pueden contener también gel hidratado y fertilizante. Se emplean como una de las medidas de restauración, colocándolos en áreas degradadas. Ayudan a generar núcleos de vegetación leñosa. Supongamos que se usan dos especies (A y B) en el garapiñado y que sus capacidades germinativas en laboratorio fueron, respectivamente, 80% y 30%. Si se busca garantizar que por lo menos germine y se establezca un individuo de cada una de las dos especies, habría que colocar dos y tres o cuatro semillas de cada especie, por garapiñado, respectivamente.

Siembra de semilleros en el vivero

Los cálculos para este caso son los mismos que para siembra en campo, sólo que las densidades a obtener son mayores, del orden de una plántula cada 2 cm². Ejemplo: Determinar la cantidad de semilla (C) necesaria para sembrar un semillero de 3 m² (S), si se desea obtener 5000 plántulas/m², con semilla que tiene una pureza de 85%, un peso de 75 000 semillas/kg y un porcentaje de germinación igual a 70%. Se decide no considerar mermas de plántulas, por ser insignificantes en este caso.

$$C = (D S) / (P_u P G) = \\ = (5000/m^2) (3 m^2) / (0.85)(75\ 000/kg) \\ (0.70) =$$

$$= 0.34 \text{ kg.}$$

Siembra en bolsa o charola en vivero

El porcentaje de germinación obtenido permite definir si se utilizará la semilla en semilleros o en siembra directa en bolsa o contenedor. Si dicho valor es muy bajo, por ejemplo de 15 %, convendrá hacer la siembra en semillero y de ahí trasplantar a bolsa. De lo contrario habría que poner siete semillas en cada contenedor o bolsa ($1/0.15 = 6.7$). Esto es cierto para cualquier tamaño de semilla, si bien la que es muy pequeña o pequeña es más práctico y eficiente sembrarla en semillero y luego hacer trasplante a bolsa o a charola.

Si la germinación es del orden de 50 % o mayor, habrá que poner dos semillas por bolsa o tubete y luego realizar trasplantes a las bolsas o tubetes donde no se haya tenido germinación alguna. Capacidades germinativas en torno a 30 % implican la siembra de tres semillas por bolsa o tubete.

Almacenamiento

No sólo es relevante el conocimiento del contenido de humedad de los lotes para saber si tienen el valor apropiado y ser correctamente almacenados en el frigorífico, según se trate de especies ortodoxas o recalcitrantes. El estudio de la evolución del contenido de humedad, capacidad germinativa, vigor y viabilidad a través del tiempo de almacenamiento, permite un mejor conocimiento de cuánto tiempo puede ser almacenada la semilla en tales condiciones, o hacer pruebas

buscando alargar el tiempo de almacenamiento.

Necesidad de limpieza de la semilla

La prueba de pureza indica qué tan contaminado con diversos materiales está el lote de semilla. Por ello refleja si debe perfeccionarse esta tarea o volver a hacerse. Realizada después del desalado, permite mejorar dicha práctica si se encuentran cantidades relevantes de alas o fragmentos de ellas.

Certificación de semillas forestales

En esencia, la certificación consiste en que una instancia autorizada y/o capacitada para realizar análisis conforme normas internacionales, confirme o determine los diferentes parámetros del análisis de semillas forestales en un lote, en particular la capacidad germinativa y el vigor. También tiene que determinarse que el lote esté libre de insectos plaga o de agentes fitopatógenos. De esta manera la instancia lo certifica por escrito y quien comercia la semilla ostenta dicha certificación como una garantía de la calidad del lote durante determinado periodo de tiempo.

Comercio de semillas

Los precios de la semilla entre diferentes especies forestales varían debido a distintos factores. Los resultados de los análisis de semillas forestales influyen en el precio. Factores que tienden a incrementar la calidad del lote y el precio de la semilla, son: pureza elevada, número elevado de semillas por kilogramo,

elevada capacidad germinativa, alto vigor y buena viabilidad.

Investigación y conocimiento de especies no estudiadas

La obtención de las variables en las diferentes pruebas del análisis de semillas forestales también es de interés para conocer esas características en especies que no han sido estudiadas previamente. La profundización en regímenes día noche, la necesidad de sombra, la presencia de algún tipo de latencia y cómo eliminarla, entre otros factores y otros aspectos, se hace mediante investigación. Por otra parte, investigadores de todo el orbe y organizaciones como ISTA y AOSA, continuamente buscan mejoras, estándares y se desechan pruebas que ya no se consideran eficaces, para mantener modernos y eficientes este tipo de análisis.

Docencia y capacitación

Dada su relevancia, los análisis de semillas deben ser parte teórica, pero sobre todo práctica, de cualquier curso de capacitación, técnico, universitario o de posgrado de semillas forestales o de viveros forestales. Su relevancia para la capacitación de personal que inicia labores en laboratorios de semillas o viveros que cuentan con ellos, es evidente.

Detección de latencia

En especies conocidas o estudiadas, se sabe si tienen algún tipo de latencia. De no ser así, la inspección de la semilla puede darnos indicios de algún tipo de latencia. La presencia de

una cubierta seminal dura puede indicar latencia física, como es común en leguminosas. Si el fruto es una drupa, el endocarpo leñoso puede tener latencia mecánica. Si el embrión es muy pequeño, es posible que haya latencia morfológica. La latencia química y la latencia fisiológica no son detectables visualmente. Si al realizar las pruebas de germinación no la hay en absoluto o casi no la hay, lo más probable es que tenga algún tipo de latencia. La aplicación de tratamientos, según el tipo de latencia del cual se sospeche, y el éxito en la germinación, establecerán que sí había tal tipo de latencia.

Consideraciones sobre la capacidad germinativa en laboratorio, vivero y campo

Al comparar la capacidad germinativa de un lote entre laboratorio, vivero y campo, generalmente en el primer sitio se obtendrán los mayores valores, pues con las cámaras de ambiente controlado se consiguen temperaturas óptimas o cercanas a ellas y la semilla

tiene abasto continuo de agua. Después estaría el vivero, donde el control de temperatura es parcial y al final quedaría el campo, con alta variabilidad en todos los factores que inciden en la germinación.

En la medida que en el vivero se consiga una capacidad germinativa más cercana a la obtenida en cámaras de ambiente controlado, querrá decir que el manejo de las diferentes condiciones ambientales está siendo más eficiente. En campo poco se puede hacer para mejorar las condiciones, salvo colocar las semillas en sitios o micrositos protegidos o relativamente protegidos. En sitios con mucha exposición a la radiación solar, aunque la semilla germine la plántula puede morir por desecación.

No obstante, en ocasiones la capacidad germinativa obtenida en laboratorio es menor que la que se registra en el vivero. Esto puede relacionarse con el uso de temperaturas o regímenes día/noche, entre otros factores, que no sean los óptimos para la germinación.

Literatura citada

- Bonner, F. T. 1985. Glosario de términos sobre germinación de semillas para especialistas en árboles semilleros. USDA Forest Service, Southern Forest Experiment Station, New Orleans, Louisiana. General Technical Report SO-55. 5 p.
- Bonner, F. T., J. A. Vozzo, W. W. Elam, and S. B. Land Jr. 1994. Tree Seed Technology Training Course. Instructor's Manual. General Technical Report SO-106. USDA Forest Service, South Forest Experiment Station. New Orleans, LA. 160 p.
- Huerta P., R., y D. A. Rodríguez T. 2011. Efecto del tamaño de semilla y la temperatura en la germinación de *Quercus rugosa* Née. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 17(2): 179-187.
- Ibarra M., G., M. Martínez M., y G. Tenorio C. 2015. Frutos y Semillas del Bosque Tropical Perennifolio. Región Los Tuxtlas, Veracruz. Conabio. México. 348 p.
- Niembro R., A. 1986. Mecanismos de Reproducción Sexual en Pinos. Limusa. México. 130 p.

Niembro R., A. 1988. Semillas de Árboles y Arbustos. Ontogenia y Estructura. Limusa. México. 285 p.

Niembro R., A. 1989. Semillas de Plantas Leñosas. Morfología Comparada. Limusa/Noriega. México. 224 p.

Ochoa G., S., G. Villanueva L., I. Hernández M., e I. Pérez H. 2008. Manual de Semillas de Especies Forestales de las Montañas de Tenosique, Tabasco. El Colegio de la Frontera Sur. Tapachula, Chis. 98 p.

Willan, R. L. (Comp.). 1991. Guía para la Manipulación de Semillas Forestales. Con Especial Referencia a los Trópicos. Estudio FAP Montes 20/2. FAO, ONU. Roma. 502 p.

El origen de las semillas

Dante Arturo Rodríguez Trejo

Una de las primeras plantas que existieron sobre la superficie terrestre fue *Cooksonia*. Hay evidencia de que esta y otros vegetales se reproducían por esporas hace más de 440 millones de años, durante el Periodo Ordovícico (en la Era Paleozoica). Tales organismos eran pequeños, de unos pocos centímetros de altura, sin hojas ni una raíz verdadera. Contaban con un rizoma (tallo subterráneo). En

el brote producían esporas. Una espora es una estructura reproductora que no se origina de la fusión dos células reproductoras (como en la reproducción sexual), sino vegetativamente, y que da lugar a un individuo semejante al que le dio origen, o bien a uno diferente como parte del ciclo de vida de la especie. Las esporas no tienen un embrión ni tejido de reserva especializado.

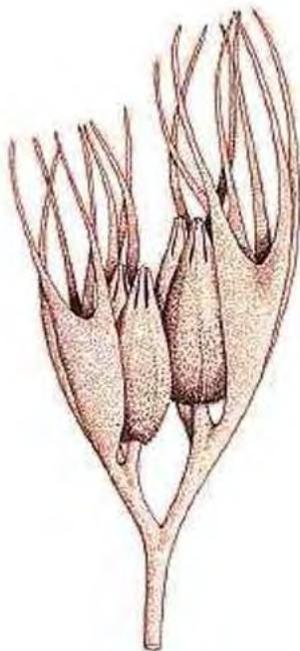


Figura 61.1. *Elkinsia*, una de las primeras plantas con semillas (ilustración científica y fósil). Nótese las cúpulas que encerraban a las semillas. URL: <http://eltamiz.com/elcedazo/wp-content/uploads/2013/05/plantas-devonico.jpg>

Pero fue hasta el Periodo Devónico Superior (también durante la Era Paleozoica), unos 360 millones de años atrás, que las plantas con semillas comienzan a existir. Una de ellas fue *Elkinsia polymorpha*. Se trata de uno de los denominados “helechos con semillas” que existieron en esas épocas. Se debe aclarar que estos vegetales no estaban emparentados con los helechos, simplemente deben esa parte de su nombre a su forma, similar a la de tales plantas. En esos tiempos las semillas se producían directamente sobre las ramas de las plantas, no había estructuras especializadas, como las flores. Otras de las primeras plantas que ya producían semillas fueron las lignoptéridas, como *Gnetopsis*. Estas especies ya contaban con óvulos encerrados en unas cúpulas para su protección (Figuras 61.1 y 61.2). Esas

cápsulas tenían un micrópilo, por el cual el polen podía entrar y fertilizar la ovocélula (Burnie *et al.*, 2011, UCMP, 2016).

Durante el Devónico superior evolucionan las formas de vida arborescentes. Los primeros árboles que formaron bosques a escala mundial fueron los del género *Archaeopteris*. Alcanzaban 8 m de altura y tenían madera parecida a la actual. No obstante, se reproducían por esporas. En el carbonífero (periodo de hace 299 a 359 millones de años) evolucionan muchas más plantas con semillas. Entre ellas el arbolito *Medullosa*. Con 3 a 5 m de altura, producía semillas del tamaño de un huevo, las cuales colgaban directamente de las frondas (Figura 61.3) (Wicander y Monroe, 1993).



Figura 61.2. Semillas fósiles de *Trigonocarpus*, otro “helecho con semillas”. Tienen una antigüedad superior a 300 millones de años. Fuente: Museo de Paleontología de la Universidad de Berkeley (UCMP, 2016).

A inicios de la conquista de la superficie terrestre, las plantas se mantenían en ambientes húmedos. La evolución de la semilla permitió liberar a las plantas de su dependencia de las condiciones húmedas y facilitó su dispersión por todas partes en la superficie terrestre. Antes de la existencia de las semillas, las plantas necesitaban de la humedad para que el esperma pudiera viajar de la ovocélula sobre la superficie de la planta que lleva los gametos (gametofito) para producir una planta que generara esporas (esporofito). Sin la humedad, el esperma se secaba antes de alcanzar la ovocélula. En la

reproducción por semilla, las esporas no son liberadas al ambiente, sino retenidas en el esporofito, donde se desarrollan en formas masculina o femenina, pertenecientes a la generación del gametofito. En las gimnospermas, o plantas sin flores, éstos son los conos masculino y femenino. El conillo masculino maduro produce polen, que contiene el esperma, mientras que el ovocito o semilla embriónica está contenida en el cono femenino. Luego de la fertilización, la semilla se desarrolla en una planta madura y con conos (Wicander y Monroe, 1993).



Figura 61.3. *Medullosa*, uno de los primeros árboles con semilla. Fuente: URL: <http://sonic.net/~evolve/creation/medullosa.htm>



Figura 61.4. Cono fósil de *Araucaria mirabilis*, hallado en la Patagonia, Argentina, del Jurásico (145 a 199 M. a.). Museo de Geología de Madrid. Foto: DART, 2015.

A



B



Figura 61.5. A) Semilla de *Pinus* sp., con 7 a 23 millones de años de antigüedad. Museo de Geología de Madrid. B) Conos fósiles de *Pinus* del Pleistoceno (hace unos 10 000 años), Museo de Paleontología de Guadalajara, Jalisco. Fotos: A) y B) DART, 2015 y 2013.

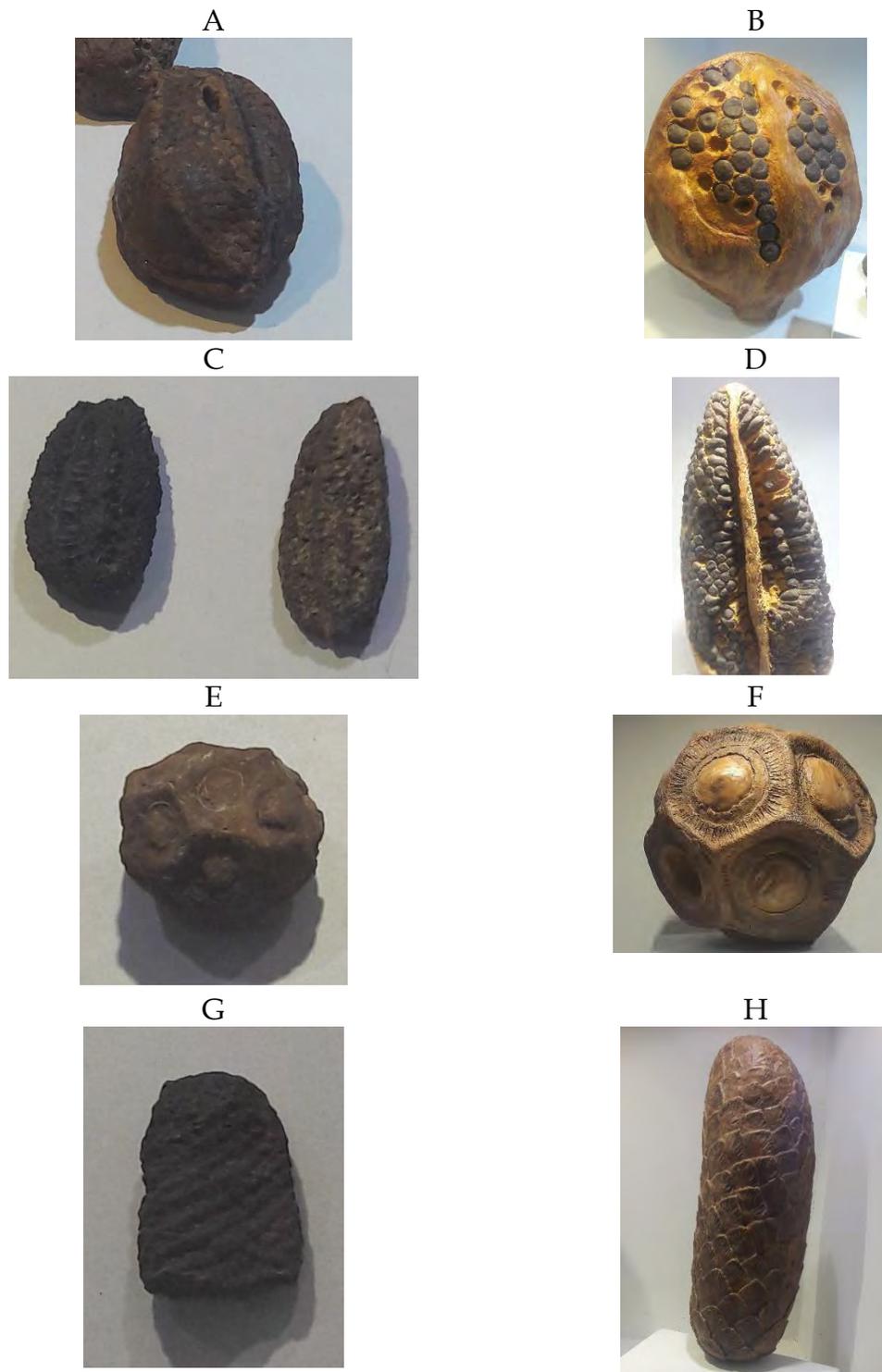


Figura 61.6. Frutos y semillas del Mesozoico. En todos los casos, a la izquierda el fósil y a la derecha la reconstrucción. A) y B) *Tricostatocarbon silvapinedae*. C) y D) *Striatornata sanantoniensis*. E) y F) *Operculifructus lopezii*. G) y H) Hamamelidae. (Todos del Cretácico de Coahuila, hace 72 000 000 años). Museo de Historia Natural de Puebla. Fotos: DART, 2017.

Desde el Carbonífero Superior, hace más de 299 millones de años y durante el Pérmico (251 a 299 millones de años), las coníferas aparecen, se diversifican y comienzan a producir semillas. Se observan ya las *Cycas*, semejantes a las actuales, incluso en sus semillas. Las simientes de las coníferas eran diferentes a las actuales, y al parecer fueron las primeras capaces de mantenerse latentes por algún tiempo. Las cícadas continúan su diversificación en el Triásico (199 a 255 millones de años) se produce el linaje del *Ginkgo*. Durante el Jurásico (145 a 199 millones de años), algunas de sus especies fósiles son muy semejantes al actual *Ginkgo biloba* L. Mant. Pl. Dado el auge de los insectos en este periodo, se piensa que contribuyeron a la polinización. Los grandes dinosaurios ya existían y, sin duda, los que eran herbívoros fueron importantes dispersores de semillas de las plantas con las cuales se alimentaban. Pero es hasta hace unos 120 millones de años, durante el

Cretácico Inferior, que aparecen las plantas con flores, las angiospermas. Hay fósiles del Cretácico Medio (más de 99 millones de años atrás) que son muy similares a las magnolias de la actualidad (Heywood, 1985; Burnie *et al.*, 2011; UCMP, 2016). De acuerdo con Miller (1999), en esta época también inicia la diversificación del género *Pinus*.

Al parecer las *Araucaria* ya habitan el planeta hace cerca de 199 millones de años y las *Sequoia*, *Taxodium*, *Podocarpus*, *Alnus*, *Fagus* y *Platanus*, en el Cretácico (66 a 145 millones de años). En el registro fósil de este último periodo también se halla a las primeras monocotiledóneas. Durante el Periodo Paleógeno (23 a 66 millones de años), aparecen los géneros *Picea* y *Banksia*, además de *Quercus*, entre otros (Wicander y Monroe, 1993). Algunos conos, frutos y semillas fósiles se muestran en las figuras 61.4 a 61.6.

Literatura citada

- Burnie, D., C. Cleal, P. Crane, and B. A. Thomas. 2011. Plantas. *In*: Mendiola P., E. (dir. ed.). Prehistoria. Dorling Kindersley. México. 512 p.
- Heywood, V. H. 1985. Las Plantas con Flores. Ed. Reverté. México. 332 p.
- Miller, C. N. Jr. 1999. Implications of fossil conifers for the phylogenetics relationships of living families. *The Botanical Review* 65:240-277.
- UCMP (University of California Museum of Paleontology). 2016. URL: <http://www.ucmp.berkeley.edu/> (consulta: 25 de mayo de 2016).
- Wicander, R., Monroe, J. S. 1993. *Historical Geology. Evolution of the Earth and Life through Time*. 2nd ed. West Pub. Co. Minneapolis. 640 p.

Tipos de frutos

Dante Arturo Rodríguez Trejo

Antecedentes

Luego de la fecundación el óvulo se transforma en semilla y el ovario en fruto. La pared del ovario se transforma en el pericarpio. Recordemos que se denomina pericarpio a las tres capas de un fruto: epicarpio (la capa externa), mesocarpio (la media) y endocarpio (la interior), que cubre a la(s) semilla(s). En un pomo como la manzana, el epicarpio es la cáscara, el mesocarpio la parte carnosa y el endocarpio la parte membranosa. En una drupa como el durazno, el endocarpio es leñoso.

Los frutos simples (como el del durazno) se forman a partir de un solo ovario, los frutos agregados (como la fresa), lo hacen a partir de una flor que tiene varios carpelos separados; los frutos múltiples se generan a partir de ovarios fusionados de varias flores (como la piña). Algunas partes florales, aparte del ovario, forman parte de varios frutos. Como a las primeras se les denomina partes accesorias, los segundos son conocidos como frutos accesorios (Jensen y Salisbury, 1988).

La siguiente clasificación, se basa en Jensen y Salisbury (1988), González *et*

al. (2007) con algunos ejemplos de Pennington y Sarukhán (2005) y adaptaciones y ejemplos por el autor.

Se debe tener presente que en la práctica algunos frutos son considerados semillas en varios casos, como las nueces de los encinos o los aquenios. También se debe contemplar que esta clasificación no abarca la totalidad de la diversidad de frutos. Algunos no empatan del todo en las categorías que se mencionan a continuación, otros podrían caer en dos distintas y otros más se toman como modificaciones de las clases que enseguida se enumeran. La clasificación seguida en este capítulo se muestra en la página siguiente.

Frutos de angiospermas

Frutos simples y secos

En este tipo de frutos el pericarpio se seca cuando el fruto madura.

Frutos indehiscentes. El pericarpio se mantiene cerrado en la madurez.

Aquenio. Fruto pequeño, con pericarpio delgado y una semilla. Ésta se halla dentro de la cavidad de lo que fue el ovario, libre o unida a éste por el funículo. Diente de León (*Taraxacum officinale* F.H.Wigg), guarumbo (*Cecropia obtusifolia* Bertol.).

Frutos de angiospermas

Frutos simples y secos

Frutos indehiscentes

- Aquenio
- Cipsela
- Cariópside
- Nuez
- Sámara
- Esquizocarpo
- Lomento
- Balausta

Frutos dehiscentes

- Folículo
- Legumbre
- Cápsula
- Silicua
- Silícula
- Pixidio

Frutos simples y carnosos

- Drupa
- Baya
- Pomo
- Hesperidio
- Pepónide

Frutos agregados

- Poliaquenio
- Polifolículo
- Polidrupa

Infrutescencia

- Sícono
- Sorosis
- Poliantocarpo

Frutos de gimnospermas

- Estróbilos

Cipsela. Semejante al aquenio, pero deriva de un ovario ínfero compuesto. Es característico de la familia Asteraceae.

Cariópside. Fruto pequeño, con pericarpio delgado y una semilla. La cubierta seminal está firmemente unida al pericarpio. Típico de la familia Poaceae (pastos).

Nuez. Fruto de tamaño mediano, similar al aquenio, pero con pericarpio leñoso. Encinos (*Quercus*), *Fagus*, *Castanea*, varias Juglandaceae. *Alnus* y *Betula* tienen nuecesillas aladas dispuestas en pequeñas estructuras muy semejantes a los conos, pero pequeñas. El mangle negro, *Conocarpus erectus* L., tiene nuecesillas aladas. Algunos autores consideran que el *glante* es un tipo especial de nuez, envuelto de la base a la parte media o a un tercio por una cúpula, que es un conjunto de brácteas (ésta es la bellota de los encinos). El cocotero, *Cocos nucifera* L. tiene como fruto una nuez, pero también puede ser considerada una drupa seca. De acuerdo con Emma Estrada Martínez (2017, com. pers.), los frutos de los encinos también pueden considerarse como aquenios (grandes).

Sámara. Aquenio alado. Árbol del cielo (*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle), fresno (*Fraxinus uhdei* Lingelsh.), *Betula*, olmos (*Ulmus*), arces (*Acer*) (en este género son bisámaras, pues tienen dos alas), palo dulce (*Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg.).

Esquizocarpo. Deriva de un ovario compuesto el cual hacia la madurez se separa en fragmentos que contienen una semilla y se denominan mericarpos. Higuierilla (*Ricinus communis* L.), Haba de San Ignacio (*Hura poliandra* Baill.).

Lomento. El pericarpio se ciñe entre las semillas. Al madurar se disgrega en segmentos con una semilla al separarse en las ceñiduras. En *Prosopis* el mesocarpio es carnoso y dulce, un endocarpio duro rodea a las semillas, entre las cuales están las ceñiduras. Otros autores consideran al fruto del *Prosopis* simplemente una vaina.

Balausta. Fruto coriáceo, semiseco, con muchas semillas. En su interior hay tabiques membranosos que dividen al fruto en cavidades. Las semillas están rodeadas por una testa carnosa, denominada sarcotesta, roja, ácida y jugosa. Granada roja (*Punica granatum* L.). La Figura 62.1 muestra algunos tipos de frutos secos indehiscentes.

Frutos dehiscentes. En la madurez el fruto abre mediante diferentes mecanismos para liberar a la semilla.

Folículo. Fruto derivado de un solo carpelo. Abre por uno de sus lados, aunque generalmente por la sutura ventral. Ejemplos son la grevillea (*Grevillea robusta* A.Cunn. ex R.Br.) y el volador (*Aspidosperma megalocarpon* Müll.Arg.), con folículos geminados, aplastados y oblongos).

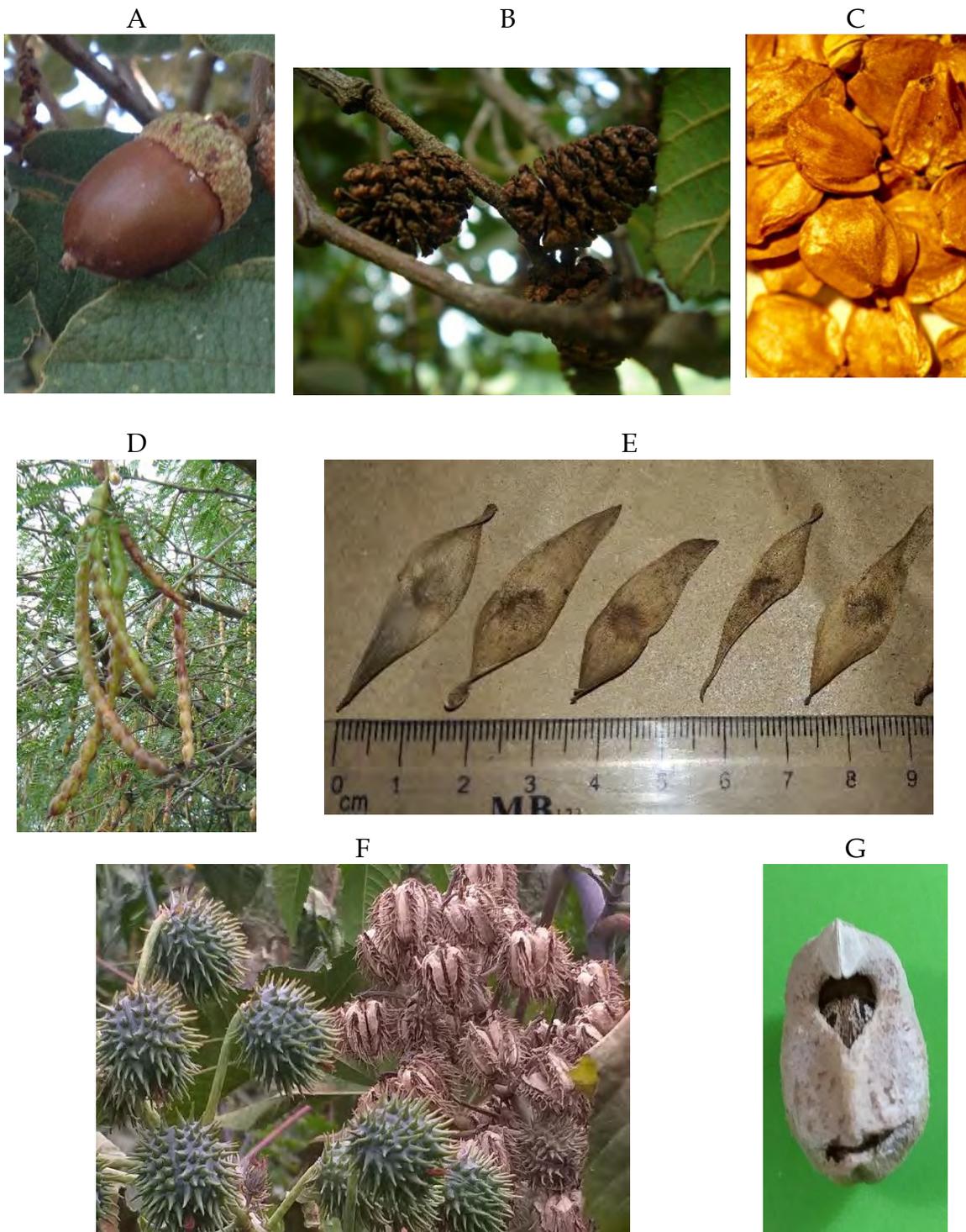


Figura 62.1. Algunos frutos secos indehiscentes en especies forestales. A) Nuez (bellota) de *Quercus rugosa*, B) estructura como conillo que aloja las nuecesillas aladas (C) de *Alnus jorullensis*. D) lomento de *Prosopis laevigata*. E) Sámaras de la especie invasora *Ailanthus altissima*. F) Esquizocarpo y una de sus secciones (mericarpo) (G) en *Ricinus communis*. Fotos por DART: A) y B), Edo. de México, C) y E), Laboratorio de Semillas Forestales, Dicifo, D) hidalgo, F) y G) Xocotlán, Edo. Méx.

Legumbre. También conocida como vaina, se forma a partir de un carpelo, pero abre por ambos lados, por las suturas ventral y dorsal. Se observa en los géneros *Inga*, *Pithecellobium*, *Prosopis* (varios autores consideran lomento al fruto de este género), *Vachellia* (antes *Acacia*), *Cercis canadensis* L., *Erythrina*, *Gleditsia*, *Robinia*, *Gliricidia*, *Lonchocarpus castilloi* Standl., *Delonix regia* (Bojer) Raf., ébano (*Ebenopsis ebano* (Berland.) Barneby & J.W.Grimes), bálsamo (*Myroxylon balsamum* Harms), *Mimosa*, *Leucaena*, *Lysiloma*, *Vicia*. Al granadillo, *Platymiscium yucatanum* Standl., y al llorasangre, *Pterocarpus hayesii* Hemsl., se le refieren vainas oblongas u orbiculares, respectivamente, y en ambos casos aplanadas, pero indehiscentes.

Cápsula. Se forma a partir de un ovario compuesto. Tiene varios tipos de dehiscencia, como: longitudinal, porosa y circumsésil. *Salix*, *Populus*, *Liquidambar styraciflua* L., *Swietenia macrophylla* King, *S. humilis* Zucc. (estas dos últimas especies con cápsulas leñosas, 4-5 valvadas), *Cedrela odorata* L. (infrutescencias de cápsulas), ceiba (*Ceiba pentandra* (L.) Gaertn.), primavera (*Tabebuia donnell-smithii* Rose; con cápsulas alargadas y costillas), maculís (*Tabebuia rosea* (Bertol.) DC.; cápsulas estrechas y alargadas), *Ceanothus spinosus* Nutt. (cápsula trilobada), palo de agua (*Pachyra aquatica* Aubl.), palo mulato (*Bursera simaruba* Sarg., cápsula trivalvada), hojamán (*Curatella*

americana L.), guácima (*Guzauma ulmifolia* Lam.), *Tamarix*, *Eucalyptus*, *Paulownia*, *Melaleuca*, *Jacaranda mimosifolia* D.Don (cápsula oblonga), *Bixa orellana* L., *Nicotiana glauca* Graham, copal (*Protium copal* (Schltdl. & Cham.) Engl., cápsula con 3-4 valvas), habillo (*Hura poliandra* Baill., cápsula multivalvada, violentamente dehiscente), mangle negro (*Avicennia germinans* (L.) Stearn), *Guazuma ulmifolia* Lam. (estas dos últimas con dehiscencia tardía). Algunas cápsulas son indehiscentes, como las de *Crescentia cujete* Vell. y *C. alata* Kunth.

Silicua. Deriva de un ovario súpero compuesto por dos carpelos. Se trata de una cápsula modificada, alargada. El pericarpio separa ambas mitades y queda una porción central persistente a la cual están adheridas las semillas. Común en Cruciferae, por ejemplo, la herbácea *Brassica campestris* Oeder.

Silícula. Semejante a la silicua, pero más orbicular. Panalillo (*Alyssum maritimum* (L.) Lam.).

Pixidio. Cápsula modificada, con dehiscencia transversal en la cual se separan dos partes, una superior (opérculo) y otra inferior (urna). En la última quedan las semillas. Quelite bleto (*Amaranthus hybridus* L.).

Ejemplos de frutos secos se observan en las Figuras 62.2. y 62.3.

Frutos simples carnosos. Tienen el pericarpio carnoso o fibroso. Son indehiscentes.

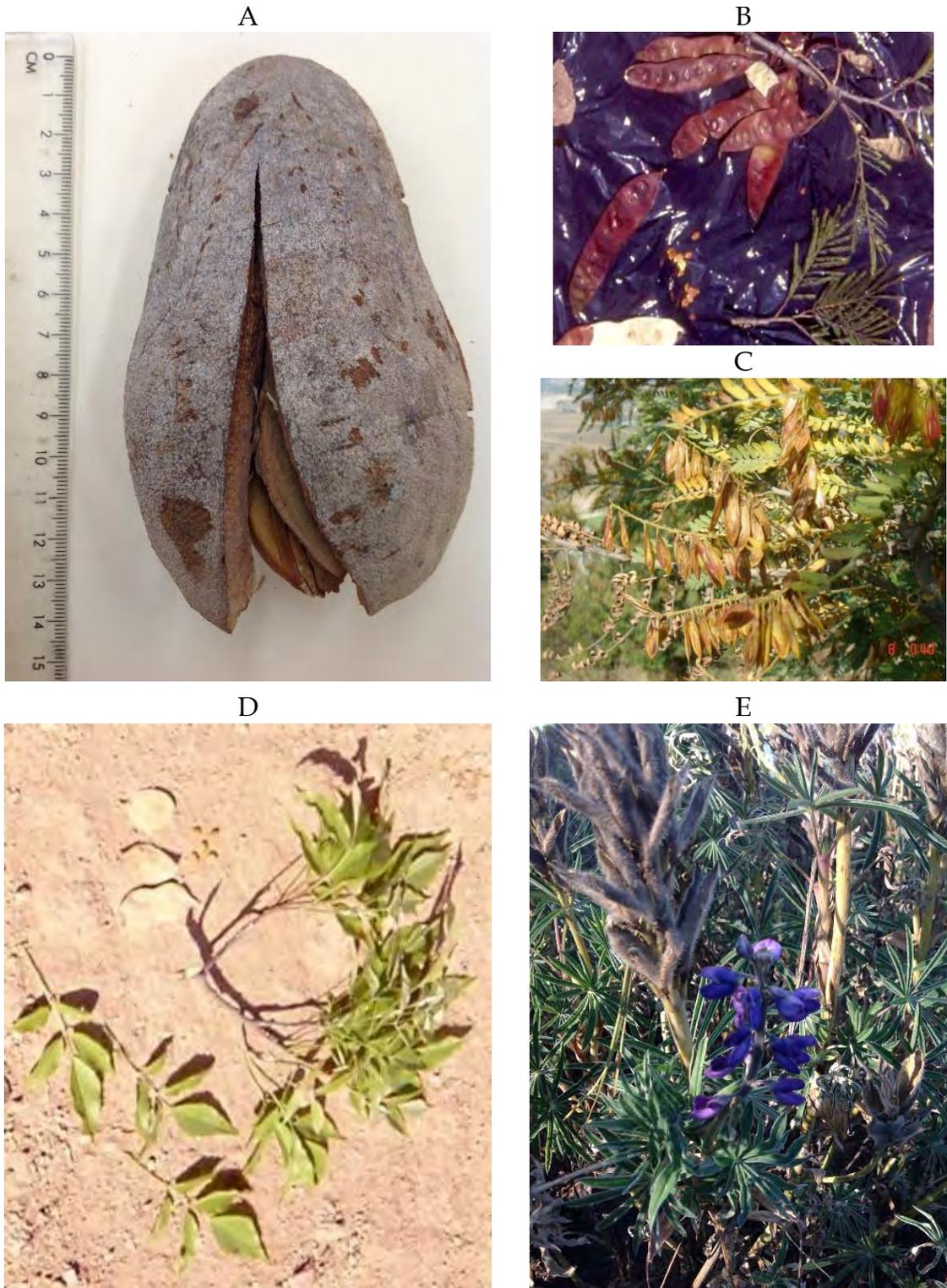


Figura 62.2. Algunos frutos secos dehiscentes. A) Cápsula de *Swietenia humilis*, B) vaina de *Lysiloma acapulcensis*, C) vaina de *Eysenhardtia polystachya*, D) vaina de *Lonchocarpus caudatus*, E) vainas abiertas del arbusto *Lupinus montanus*. Fotos: DART.



Figura 62.3. A) Cápsula de *Cedrela odorata*. B) Folículos y semilla de la especie australiana utilizada en dasonomía urbana en México: *Grevillea robusta*. C) Cápsulas inmaduras de *Liquidambar styraciflua*.

Drupa. Uno o más carpelos, pero generalmente con una semilla. Mesocarpio carnoso, endocarpio endurecido, leñoso, denominado pireno. Capulín (*Prunus capuli* Cav.), olivo (*Olea europaea* L.) (aceituna), *Ilex*, pirúl (*Schinus molle* hort. ex Engl.), aceituno negrito (*Simaruba glauca* DC.), jobo (*Spondias mombin* Jacq.), varias Juglandaceae, *Mangifera indica* Wall., paraíso (*Melia azedarach* L.), *Pistacia vera* Mill., *Coffea arabica* Benth., ciruela (*Prunus domestica* L.), durazno (*Prunus persica* S.L.Zhou & X.Quan), chabacano (*Prunus armeniaca* Blanco), hule (*Castilla elastica* Sessé in Cerv.; drupas agregadas), nanche (*Byrsonima crassifolia* Steud.), siricote (*Cordia dodecandra* DC.), barí (*Calophyllum brasiliense* Cambess.), mangle blanco (*Laguncularia racemosa* C.F.Gaertn.) , pimienta (*Pimenta dioica* (L.) Merr.) y cocotero (*Cocos nucifera* L.) (drupa seca). En esta última, el fruto también puede ser considerado una nuez.

Baya. Con uno o varios carpelos. Mesocarpio y endocarpio carnosos. Este último puede contener muchas semillas o sólo una. Dátil (*Phoenix canariensis* H.Wildpret) y *Berberis*. En varias Magnoliaceae, las bayas se agrupan en una estructura similar a un cono. Otros ejemplos de bayas son chicozapote (*Manilkara zapota* (L.) P.Royen), *Washingtonia robusta* H.Wendl., *W. filifera* (Linden ex André) H.Wendl., *Phoenix canariensis* H.Wildpret (dátil), *Yucca schidigera* Roezl ex Ortgies (baya elongada),

aguacate (*Persea americana* Mill.), *Morus microphylla* Buckley (con infrutescencia, una baya múltiple), aguacatera (*Garrya laurifolia* Hartw. ex Benth.), saúco (*Sambucus mexicana* Sarg.), madroño (*Arbutus xalapensis* Sarg.), guayaba (*Psidium guajava* L.), cacao (*Theobroma cacao* Tussac), ramón (*Brosimum alicastrum* Sw.), chechem negro (*Metopium brownei* Urb.). Muchas cactáceas tienen por fruto bayas espinosas, como *Opuntia*. Un par de ejemplos más son el plátano (*Musa x paradisiaca* L.) y la papaya (*Carica papaya* L.).

Pomo. Deriva de ovario ínfero compuesto. Mesocarpio carnoso, pero endocarpio membranoso conteniendo a las semillas. Manzana (*Malus*), pera (*Pyrus*), níspero (*Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl.)

Hesperidio. Baya modificada, clásica en cítricos, como el limón (*Citrus limetta* Risso), la naranja (*C. sinensis* Pers.), la mandarina (*C. reticulata* Blanco) o la toronja (*C. paradisi* Macfad.).

Pepónide. Es una variante de la baya, pero de mayor tamaño. Calabaza (*Cucurbita pepo* Lour.), Sandía (*Citrullus vulgaris* Schrad.), melón (*Cucumis melo* Blanco), pepino (*Cocumis sativus* L.).

Varios frutos simples carnosos se exhiben en la Figura 62.4.

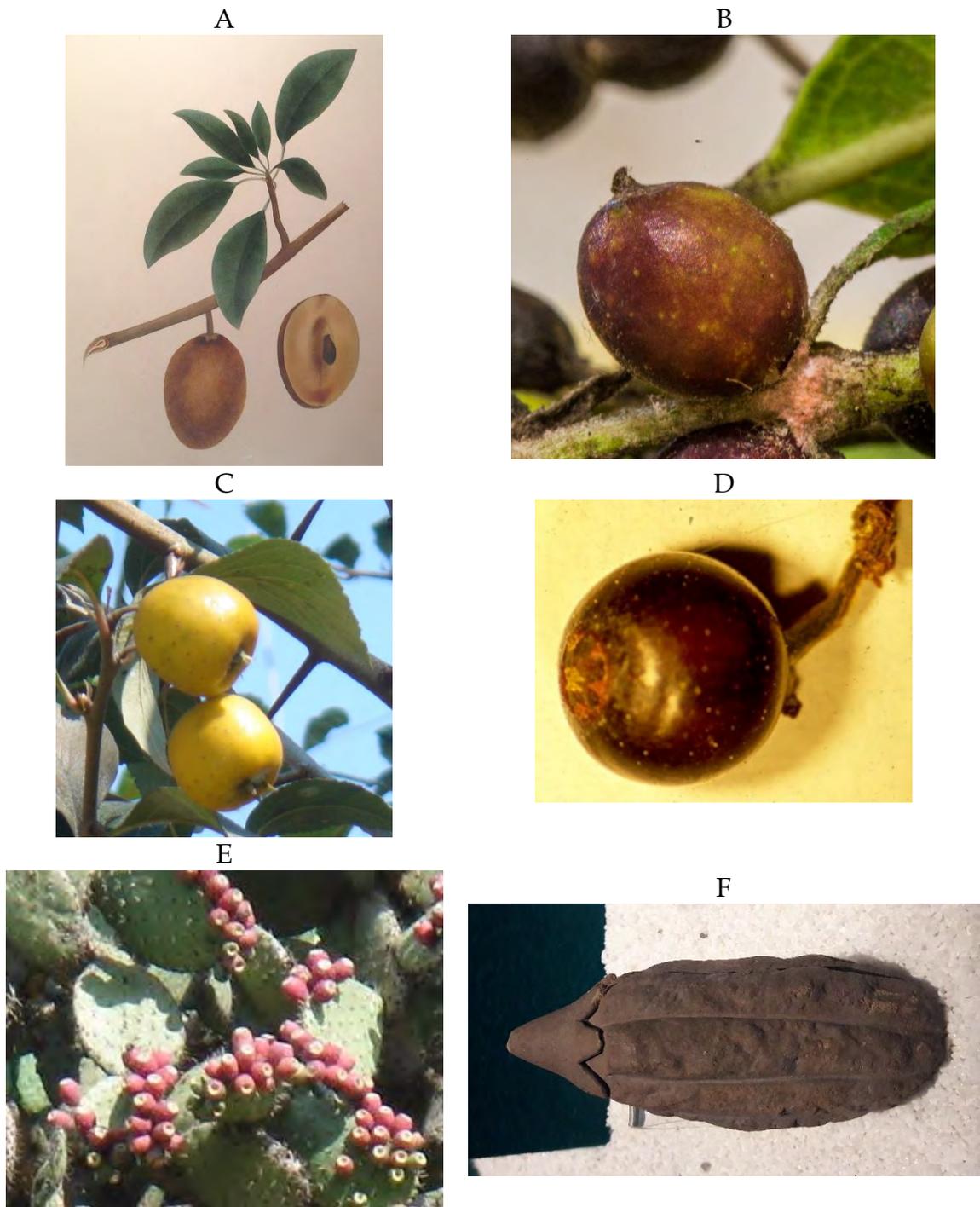


Figura 62.4. Algunos ejemplos de frutos carnosos en especies forestales. Bayas de A) chicozapote, *Manilkara zapota*, y B) aguacatera, *Garrya laurifolia*. C) Drupa, tejocote, *Crataegus mexicana*. D) Baya de *Sambucus mexicana*, E) bayas espinosas de *Opuntia*. F) Reproducción prehispánica (teotihuacana) del fruto (baya) de cacao. Fuentes: A) Chicozapote. Rafael Montes de Oca, s. XIX. Museo Nacional de Arte, CDMX. Foto por DART, 2013. B) a E) Fotos DART. F) Museo de Sitio, Zona Arqueológica Teotihuacan. Foto DART, 2016.

Frutos agregados

Poliaquenio. Grupo de aquenios. Fresa (*Fragaria*).

Polifolículo. Consta de dos o más folículos. En varias Magnoliaceae, como *Magnolia grandiflora* ex DC., grupos de folículos forman una estructura semejante a un cono.

Polidrupa. Está formado por varias drupas. Zarzamora (*Rubus*), *Morus*.

Hay especies de la familia Annonaceae, donde los pistilos maduros se fusionan entre sí y el eje floral y forman una baya carnosa. Esto sucede en la guanábana (*Annona*

muricata L.) y la chirimoya (*A. cherimola* Mill.).

Infrutescencias

Sícono. Cada flor femenina se desarrolla en una pequeña drupa y el receptáculo se hace carnoso, dulce y comestible. Higo (*Ficus carica* L.) (y árboles conocidos como higueras, *Ficus* spp.).

Sorosis. Se desarrolla a partir del eje central de la inflorescencia, donde se desarrollan los frutos. Las flores se fusionan en este proceso. Piña (*Ananas comosus* (L.) Merr.).

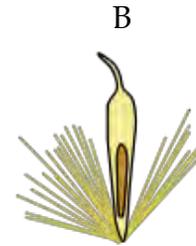


Figura 62.5. Los frutos de *Platanus* son aquenios alargados (claviformes) y con pilosidades (B), congregados en un poliantocarpo o infrutescencia capituliforme globosa. Foto: DART.



Figura 62.6. Estructura leñosa con cápsulas donde están los frutos samaroides de la casuarina (*Casuarina equisetifolia*).



Figura 62.7. Infrutescencia serotina de *Banksia* sp., de los alrededores de Sídney, Australia, 2003. Foto: DART.

Poliantocarpo. Conjunto de aquenios alargados (*Platanus*) (Figura 62.5).

La casuarina (*Casuarina equisetifolia* L.) tiene una estructura leñosa (producto de la soldadura de las brácteas que acompañan a las flores), un cono ovoide con cápsulas que envuelven a un pequeño fruto samaroide (Figura 62.6).

Frutos de gimnospermas

La clasificación de frutos para gimnospermas es más sencilla, pues prevalecen los conos o estróbilos, como en los géneros: *Abies*, *Pinus*, *Picea*, *Pseudotsuga*, *Sequoia* y *Taxodium*. A los conos cortos, a veces carnosos, semejantes a una baya, se les conoce como gálbulas como en *Juniperus*. Cabe señalar que la semilla de *Taxus* sólo está parcialmente cubierta con un arilo de color rojo a la madurez.

Ginkgo biloba L., cuyo género estuvo ampliamente distribuido durante el Jurásico y Cretácico, es una especie que ha sobrevivido gracias a la mano del hombre, pues está en proceso de extinción natural. La especie es dioica y los árboles hembra portan semillas rodeadas de un recubrimiento carnoso, que pudo atraer dinosaurios herbívoros que ayudaron en su dispersión. Al caer, la capa aceitosa exterior se vuelve rancia y huele mal. Esto pudo resultar atractivo para los dinosaurios también, si esta característica se presentaba en los ginkgos antiguos, si bien hoy día es la razón por la cual no se permiten los árboles hembra de esta especie en varias ciudades (Rodd y Stackhouse, 2008, Hanson, 2015).

Diversos ejemplos de frutos de gimnospermas se aprecian en las Figuras 62.8 a 62.10

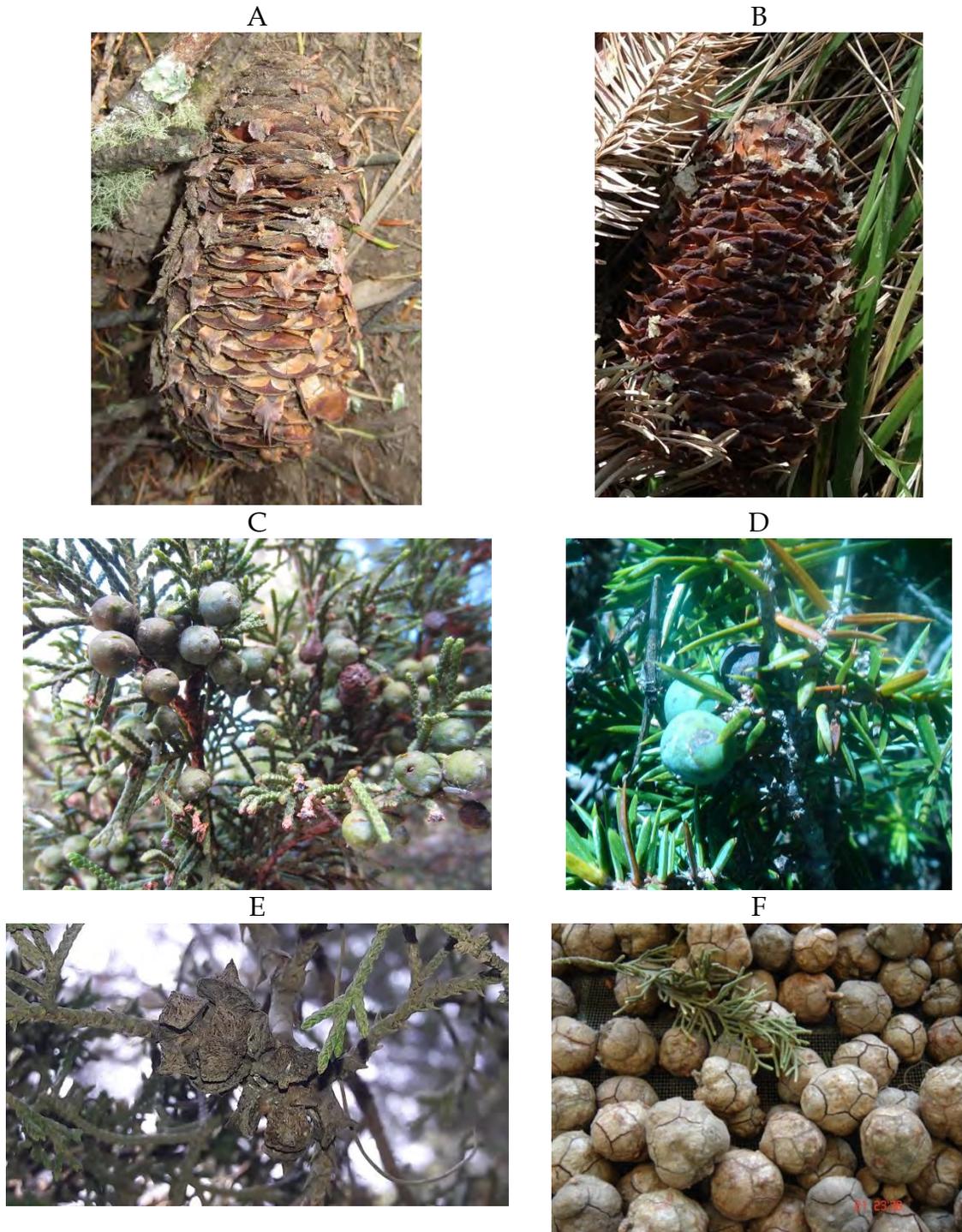


Figura 62.8. Frutos de coníferas. A) *Abies religiosa* (Kunth) Schltdl. & Cham. , Edo. de Méx. B) *A. hickelii* Flous & GAussen, Parque Nacional Pico de Orizaba. C) *Juniperus deppeana* Steud., Edo. de México. D) *Juniperus communis* Thunb., alrededores de Madrid, España. E) *Cupressus lindleyi* Klotzch ex Endl., Edo. de Méx. F) *Cupressus sempervirens* L., vivero San Luis Tlaxialtemalco, Cd. de México. Fotos: DART.

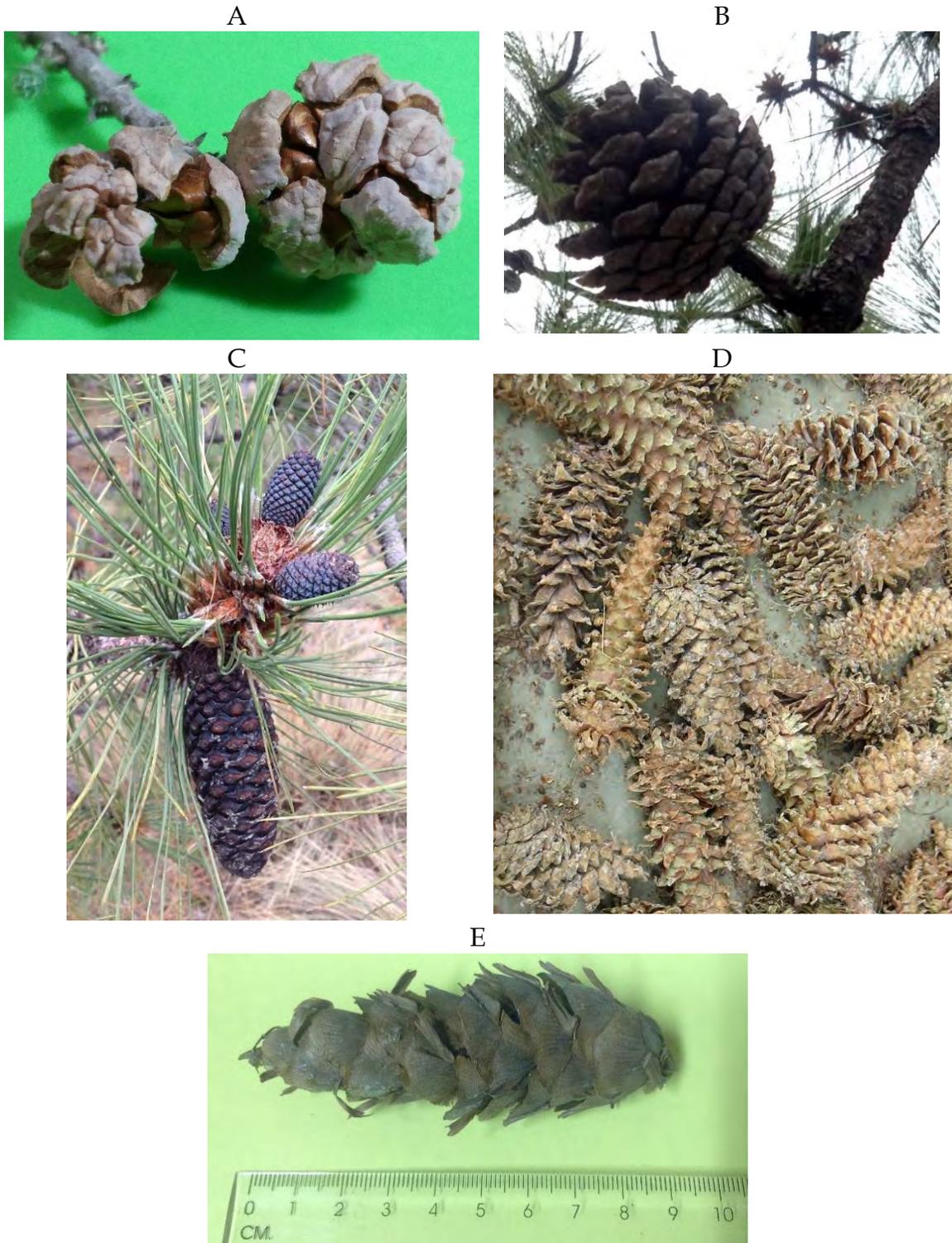


Figura 62.9. Más frutos de coníferas. A) *Taxodium mucronatum* Ten., Xocotlán, Texcoco, Edo. Méx. B) *Pinus oocarpa* Schiede ex Schltdl., Reserva La Sepultura, Chiapas. C) Conillos y cono de *P. hartwegii* Lindl., sur de la Ciudad de México. D) *P. ayacahuite* C.Ehrenb. ex Schltdl., vivero San Luis Tlaxialtemalco, Cd. de México. E) *Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco. Laboratorio de Semillas Forestales, DICIFO. Fotos: DART.

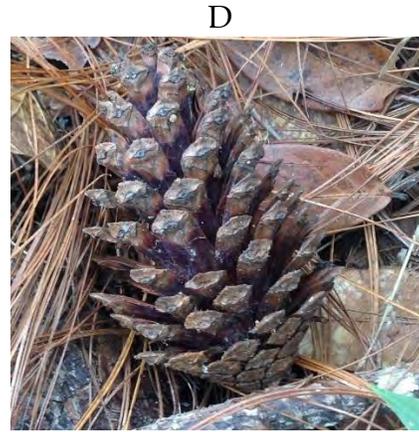
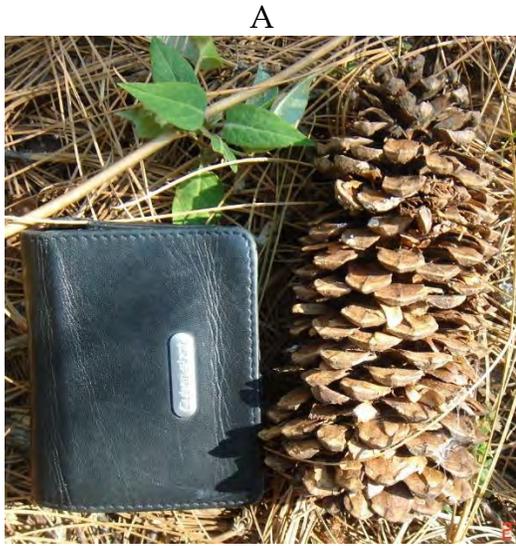


Figura 62.10. Otros frutos de coníferas. A) *Pinus montezumae* Lamb., Edo. de Méx.. B) *Pinus densiflora* Siebold & Zucc., Corea del Sur. C) *Pinus sylvestris* Lour., inmediaciones de Madrid, España. D) *Pinus maximinoi* H.E.Moore, Reserva La Sepultura, Chiapas. E) *Pinus cembroides* Zucc. (árbol plantado, Edo. Méx.). F) *P. devoniana* Lindl. Fotos: DART.

Literatura Citada

González E., A., E. Cedillo P., y L. Díaz G. 2007. Morfología y Anatomía de las Plantas con Flores. UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 276 p.

Hanson, T. 2015. El Triunfo de las Semillas. Crítica. México. 342 p.

Jensen, W. A., y F. B. Salisbury. 1988. Botánica. 2ª ed. McGraw-Hill. México. 762 p.

Pennington, T. D., y J. Sarukhán. 2005. Árboles Tropicales de México. UNAM, FCE. México. 523 p.

Rodd, T., y J. Stackhouse. 2008. Árboles. Guía Ilustrada. Milenio. México. 304 p.

Dispersión de semillas

Dante Arturo Rodríguez Trejo

Introducción

Entre las adaptaciones que tienen las semillas o diversos frutos que las contienen, destacan las que presentan para ser transportadas por diferentes agentes naturales. Las semillas de especies forestales pueden dispersarse simplemente por la acción de la gravedad, es decir, cayendo y rodando, al igual que por el viento y el agua (dulce o salada), pero también a través de seres vivos (insectos, mamíferos, aves, peces, reptiles) y mediante mecanismos del propio fruto que las liberan o expelen (dehiscencia). A continuación se da cuenta de adaptaciones del tipo señalado en especies forestales, incluyendo algunas herbáceas y arbustos, pero principalmente árboles de México.

Dispersión por animales silvestres

La dispersión de semillas por animales superiores puede ser de diferentes tipos. Si son transportadas dentro del animal, ingeridas para después ser excretadas, se trata de **endozoocoria**. En este caso, es común que la semilla cuente con un mecanismo, la latencia física, que limite su destrucción por el masticado y los jugos gástricos.

El cacomixtle, *Bassariscus astutus* (Lichtenstein) de amplia distribución en México, es omnívoro pero los frutos forman una importante parte de su dieta. Por ejemplo, en México central

es común que se alimente con gálbulas de *Juniperus deppeana* Steud. Los frutos pueden ser bayas de otros árboles, por ejemplo con un pireno, es decir, con latencia mecánica. Suele excretar sobre piedras, para marcar su territorio, pero las semillas que han pasado por los jugos gástricos del animal van tratadas contra dicha latencia cuando son excretadas y cuando son depositadas donde hay suelo germinan y se establecen (Figura 63.1).

De acuerdo con Nava *et al.* (1999), en un matorral xerófilo hidalguense, durante la temporada previa a las lluvias (febrero a mayo), al analizar excretas de la especie mencionada, se encontró en los excrementos semillas y residuos de pericarpio de frutos de *Opuntia cantabrigiensis* Lynch (70%) y *Myrtillocactus geometrizans* (Mart. ex Pfeiff.) (45%), así como entre 2 a 10% de semillas de *Celtis pallida* Torr., *Stenocereus dumortieri* (Scheidw.) Buxb., *Condalia mexicana* Schltld., *Ferocactus histrix* (DC.) G.E.Linds., *Mammillaria obconella* Scheidw., *Echinocereus cinerascens* (DC.) Lem. y *Vachellia schaffneri* (S. Watson) Seigler & Ebinger. También se hallaron insectos (72%), restos de roedores (45%) y de aves (12%). Los mismos autores señalan para la temporada de lluvias (junio a septiembre), que el principal alimento fueron los frutos de *Myrtillocactus geometrizans* (86%), un menor consumo de *Opuntia*

cantabrigiensis (11%), así como semillas de *Opuntia imbricata* Haw. (18%) y *Stenocereus dumortieri* (14%), además de roedores (25%), aves (11%) y un alto consumo de insectos (71%). Finalmente, en la época posterior a las lluvias (octubre a enero), las excretas mostraron principalmente restos de semillas y pericarpio de *Opuntia cantabrigiensis* (73%), así como de *Myrtillocactus geometrizans* (37%), *Celtis pallida* (7%), *Yucca filifera* (13%), insectos (60%) y roedores (23%).

En África, el fruto en forma de salchicha, del árbol de la salchicha, el cual puede alcanzar hasta 1 m de longitud y 15 cm de diámetro, *Kigelia pinnata* (Bignoniaceae), sirve de alimento a elefantes, jirafas e hipopótamos. La dura semilla (con latencia física), al pasar por el tracto digestivo de estos animales, se ve escarificada de manera natural (Lesur, 2011).

Los frutos carnosos de las cactáceas revientan y exponen así pulpa y semillas. De esta manera, diversas aves se alimentan de las tunas de *Opuntia* spp., cuyas semillas tienen una testa gruesa, por lo que al pasar por el tracto digestivo de quienes las ingieren son escarificadas naturalmente, muchas simientes sobreviven y son excretadas en sitios donde podrán germinar (Bravo y Scheinvar, 2002) (Figura 63.2).

El género *Rhipsalis*, de cactáceas epífitas, tiene frutos muy apreciados por las aves pequeñas. Sus funículos gelatinosos y las pequeñas semillas (2 mm) se transportan pegadas al pico o

plumas de las aves, lo que favorece una amplia dispersión de estas plantas (Bravo y Scheinvar, 2002). Este es el fenómeno de **epizoocoria**. Los frutos del arbusto *Acaena elongata* L. tienen espinas con pequeños ganchos en sus puntas, gracias a los cuales se adhiere al pelaje o plumaje de animales silvestres que durante su movilización cotidiana así los dispersan (Figura 63.3).

Se denomina **sinozoocoria** al traslado de diásporas en la boca. Si es deliberada, se llama **estomatocoria**. Si la semilla es comida y digerida, entonces se le conoce como **diszoocoria**. La estomatocoria se observa en ardillas que tienen adaptación en la boca para que quepan semillas y las pueda trasladar, como las de encinos (*Quercus* spp.). Se puede dar sinozoocoria fuera de la boca. Aves icónicas de México, como loros, pericos, cotorras, guacamaya y el tucán, comen la pulpa de los frutos con semilla grande y esta última no la ingieren. Tal es el caso del loro cabeza amarilla (*Amazona ochrocephala* (Gmelin)), el lorito cabeza blanca (*Pionus senilis* Spix) y el perico atolero (*Aratinga cunicularis* Linnaeus). Al ir consumiendo estas aves el fruto, van cayendo las semillas de especies como el mamey, el chicozapote, el zapote negro, el blanco, la anona o la guanábana. Otro ejemplo de diszoocoria es cuando las semillas verdes contenidas en vainas inmaduras son usadas como alimento por la fauna silvestre. Tal es el caso del guaje, *Leucaena esculenta*, cuyas vainas y semillas verdes son parte de la dieta de los venados (Conafor, 2016).

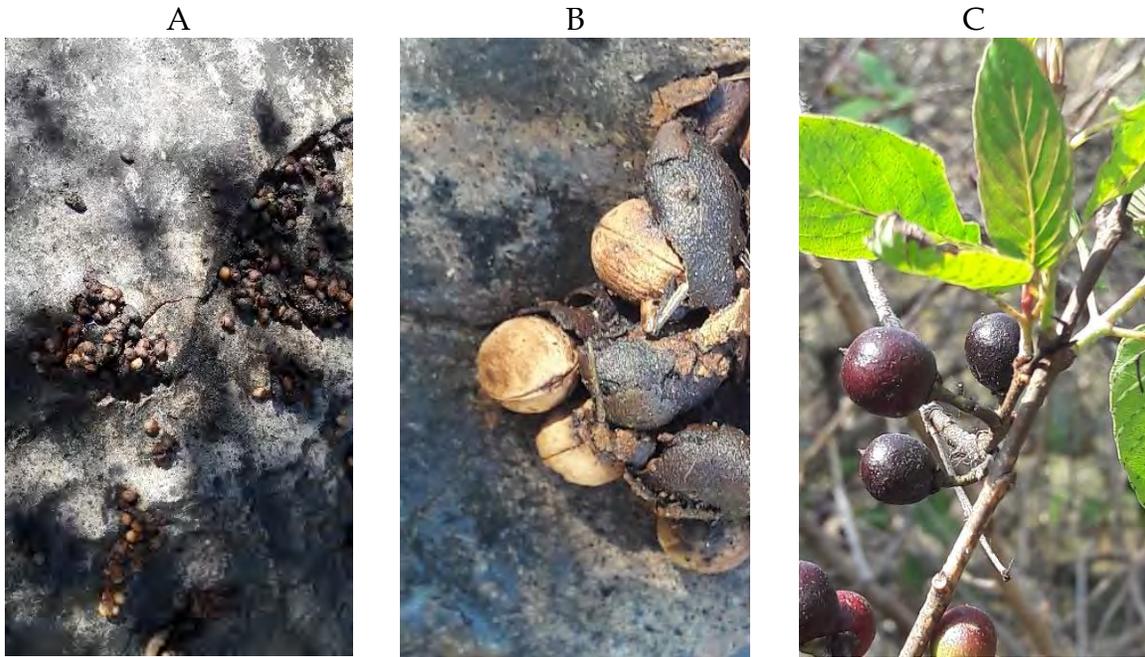


Figura 63.1. A) Excretas de cacomixtle, B) detalle de semillas excretadas y escarificadas en el tracto digestivo del animal. C) Frutos de los que proceden las semillas. Edo. de Querétaro. Fotos: DART (2016).



Figura 63.2. Tuna de *Opuntia* sp. comida por aves, San Sebastián de las Barrancas, Querétaro. Foto: DART, 2016.

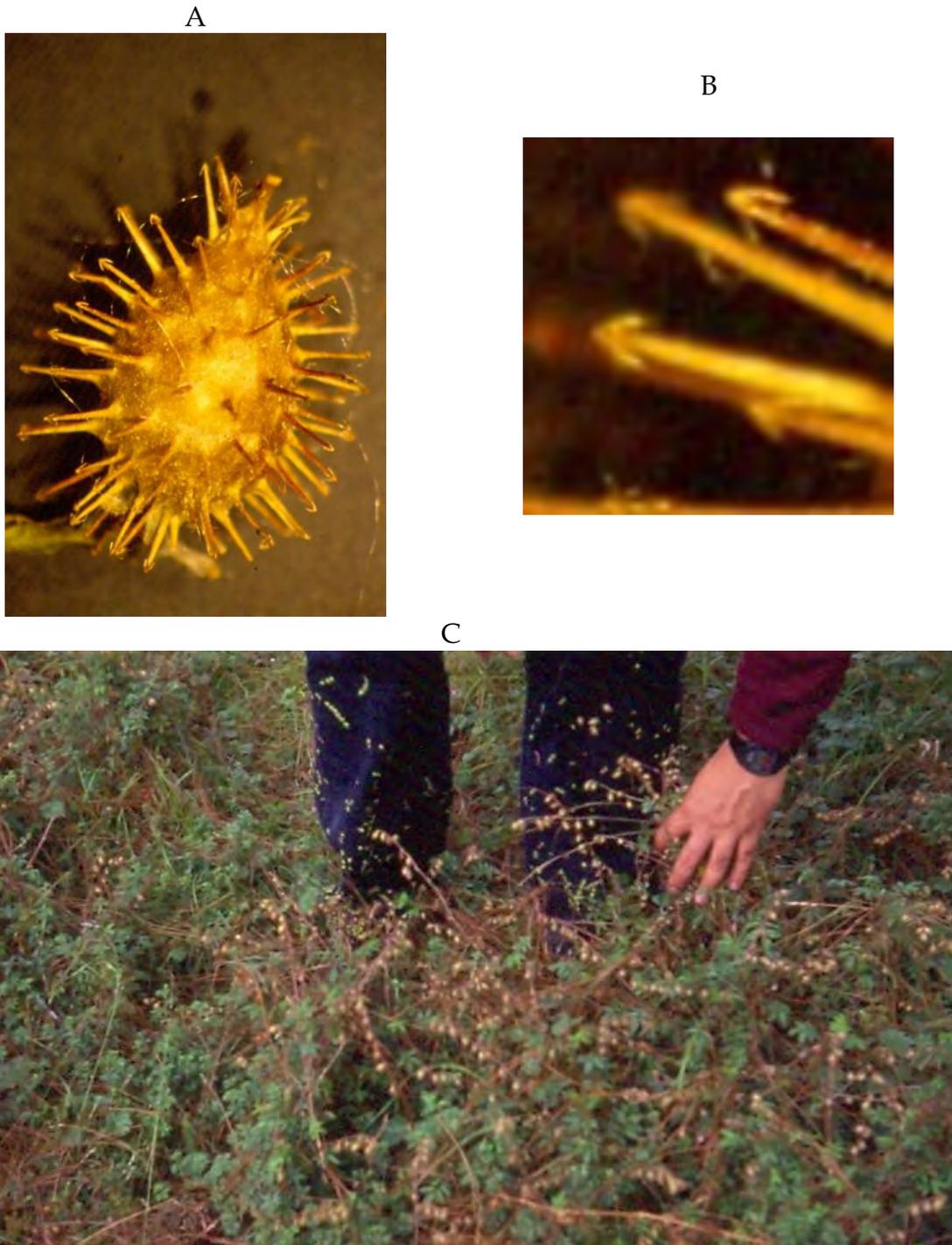


Figura 63.3. A) Los frutos de *Acaena elongata* están adaptados para ser transportados por epizooecoria. B) En las puntas de sus espinas hay ganchos que anclan el fruto en el pelo o plumas del animal de que se trate. Al rozar contra algún otro objeto en otro sitio, el fruto se desprende y las semillas habrán sido dispersadas. C) Si se camina entre arbustos de esta especie, se adhieren a los pantalones, mostrando cómo se da esta dispersión. Fotos: A) y B) DART. C) Israel Rodríguez Trejo.

El tucán, *Ramphastos sulfuratus* Lesson, es un importantísimo dispersor de semillas por sinozoocoria. En los Tuxtlas, Veracruz, se ha observado que son principalmente frugívoros y que se alimentan de una gran variedad de frutos, como *Piper auritum* Kunth, *Cecropia obtusifolia* Bertol., *Ficus insipida* Willd., *F. colubrinae* Standl., *Abuta panamensis* (Standl.) Krukoff & Barneby, *Guarea grandifolia* DC., *Trichilia martiana* C.DC. y *Dendropanax arboreus* (L.) Decne & Planch. (Van Dorp, 1985; Díaz, 1997). Toman el fruto con la punta del pico. Se colocan en posición vertical, abren el pico y así se lo comen. En el tracto digestivo son separadas las fibras del fruto y las semillas son regurgitadas. Es así como los tucanes contribuyen a la dispersión (Skuth, 1971; Díaz, 1997).

Ornitocoria (dispersión por aves)

En el subtítulo anterior se habló esencialmente de si la semilla es dispersada interna o externamente del animal silvestre. A partir del presente subtítulo se habla del agente dispersor, según la clase faunística y luego los agentes abióticos.

En los bosques nublados, una parte importante de la dieta del quetzal, *Pharomacrus mocino* De La Llave, especie en riesgo, son los frutos de aguacatillos silvestres (Lauraceae), que constituyen 38.5% de las 26 especies registradas como parte de su alimentación (57% en número de frutos) (Solórzano *et al.*, 2000), lo cual deja ver la relevancia de estas aves en la dispersión de simientes de tales árboles. De forma similar el cuervo tamaulipeco, *Corvus imparatus* Peters,

especie muy común, también se alimenta con diversos frutos en las orillas de los bosques y contribuye dispersar sus semillas.

Algunas aves, de distintos ambientes, que se alimentan en parte o principalmente de frutos y semillas, y que ayudan dispersar las últimas, son: primavera, *Turdus* spp., cardenal (*Cardinalis cardinalis* Linnaeus), gorrión (*Carpodacus Cassini* Baird.), tigrillo (*Pheucticus melanocephalus* Swainson), guacamayas (como *Ara militaris* Linnaeus) y loros (como *Amazona ochrocephala* Gmelin) (Álvarez y González, 1987).

Las regiones semiáridas también tienen muchos ejemplos de ornitocoria. Uno de ellos es el cuitlacoche, *Toxostoma curvirostre* Swainson, que parte las tunas de *Opuntia* en busca de semillas (Grosselet y Burcsu, 2005) que contribuye a dispersar (Figura 63.3).

En los trópicos las aves son relevantes agentes de dispersión. Así, para la estación experimental Los Tuxtlas, Trejo (1979) señala 57 especies o géneros de árboles cuyas semillas se hallaron en los tractos digestivos de tal clase de fauna en diferentes periodos del año. Las especies forestales con más especies de aves diseminadoras fueron *Ficus* sp. (36), *Trema micrantha* (Roem. & Schult.) Blume (25), *Cecropia obtusifolia* (21) y *Phitolacca rivinocides* Kunth & C.D.Bouché (13). En dicho estudio, casi todas las especies fueron halladas en buche o molleja, lo que implica regurgitación y dispersión, es decir, que las semillas no resultan

digeridas. Destaca que *Trema micrantha*, de vegetación primaria, siempre se halló en el buche de las siguientes especies de aves: *Eucometis penicillata* (Spix), *Pheucticus ludovicianus* Linneo, *Myiarchus caerulescens*, *Catharus minimus* (Lafresnaye) y *Progne chalybea* (Gmelin). Respecto a algunas especies secundarias están *Cupania dentata* Moc. & Sessé ex DC. (comida y dispersada por *Psilorhinus morio* (Wagler)), *Dendropanax arboreus* (por *Dumetella caroliniensis* Linnaeus, *Ontalis vetula* Wagler e *Icteria virens* (Linnaeus)) y *Ficus glabrata* (por *Lanio aurantis* Lafresnaye y *Sciurus auricapillus* (Linnaeus)).

En la estación experimental Los Tuxtlas, Ver., se reporta que *Ficus colubrinae* Standl. recibe visitas de 23 especies de aves, entre ellas *Trogon citreolus* Gould, *Turdus assimilis* Cabanis y *Myadestes unicolor* Sclater; a *Dendropanax arboreus* la visitan 25 especies de aves, como *Hylocichla mustelina* Gmelin, *Catharus ustulatus* Nuttall, *Dumetella carolinensis* (Linnaeus), *Turdus grayi* Bonaparte, *Myadestes unicolor* Sclater, *T. assimilis* Cabanis y *Habia* sp.; los frutos de *Cecropia obtusifolia* son alimento de 23 especies de aves, como *Momotus momota* (Linnaeus), *Megarynchus pitangua* (Linnaeus) y *Vireo griseus* Boddaert. Aves como *Ramphastos sulphuratus* Lesson y *Piranga rubra* (Linneo) se alimentan de los frutos de las tres especies de árboles referidas, además de los de *Allophylus campostachis* (van Dorp, 1985).

Las semillas de *Trichilia martiana* C.DC. cuentan con un arilo rojo brillante y son comidas por nueve especies de aves, como *Ramphastos sulphuratus*, *Pteroglossus torquatus* Gmelin y *Myadestes unicolor* Sclater, entre otras. La distancia de dispersión de las semillas de esta especie llega hasta 24 m. Una curva exponencial con la mayor frecuencia muy cerca del tronco explica el patrón de dispersión en esta especie (van Dorp, 1985).

En ambientes templado-fríos, las aves transportan las semillas de especies de *Arceuthobium* (muérdago enano) (Spurr y Barnes, 1982). Los pájaros carpinteros incrustan bellotas de encino en troncos. De ahí, las ardillas y ratones pueden transportarlas a otros sitios, contribuyendo así a su dispersión. *Tityra semifasciata* (existente en México), es un efectivo dispersor, ya que visita los árboles regularmente a lo largo de la época de fructificación, consume muchos frutos, transporta las semillas lejos del árbol madre antes de digerirlas o regurgitarlas. Asimismo, las gábulas de los *Juniperus* sirven de alimento a variadas aves (Spurr y Barnes, 1982). Los frutos de la uva de montaña, *Coccoloba pubescens* L., se los comen los pájaros y así dispersan sus semillas (Lesur, 2011). Diversos ejemplos se muestran en las Figuras 63.4 a 63.8.

Aphelocoma coerulescens Bosc es señalado por Zavala y García (1996) como un recolector de bellotas de encinos en la Sierra de Pachuca, Hgo. Estas aves almacenan y consumen los frutos, dispersando varios en el proceso (Figura 63.9).

A



B



C



Figura 63.4. El tucán pico de canoa, un importante dispersor de semillas en áreas tropicales (A), como B) *Dendropanax arboreus* y C) *Ficus insipida* Willd. Fotos: A) Conanp, B) Universidad de Puerto Rico (floraerverde.catec.upr.edu), C) <http://herbario.up.ac.pa/Herbario/herb/vasculares/view/species/3532>

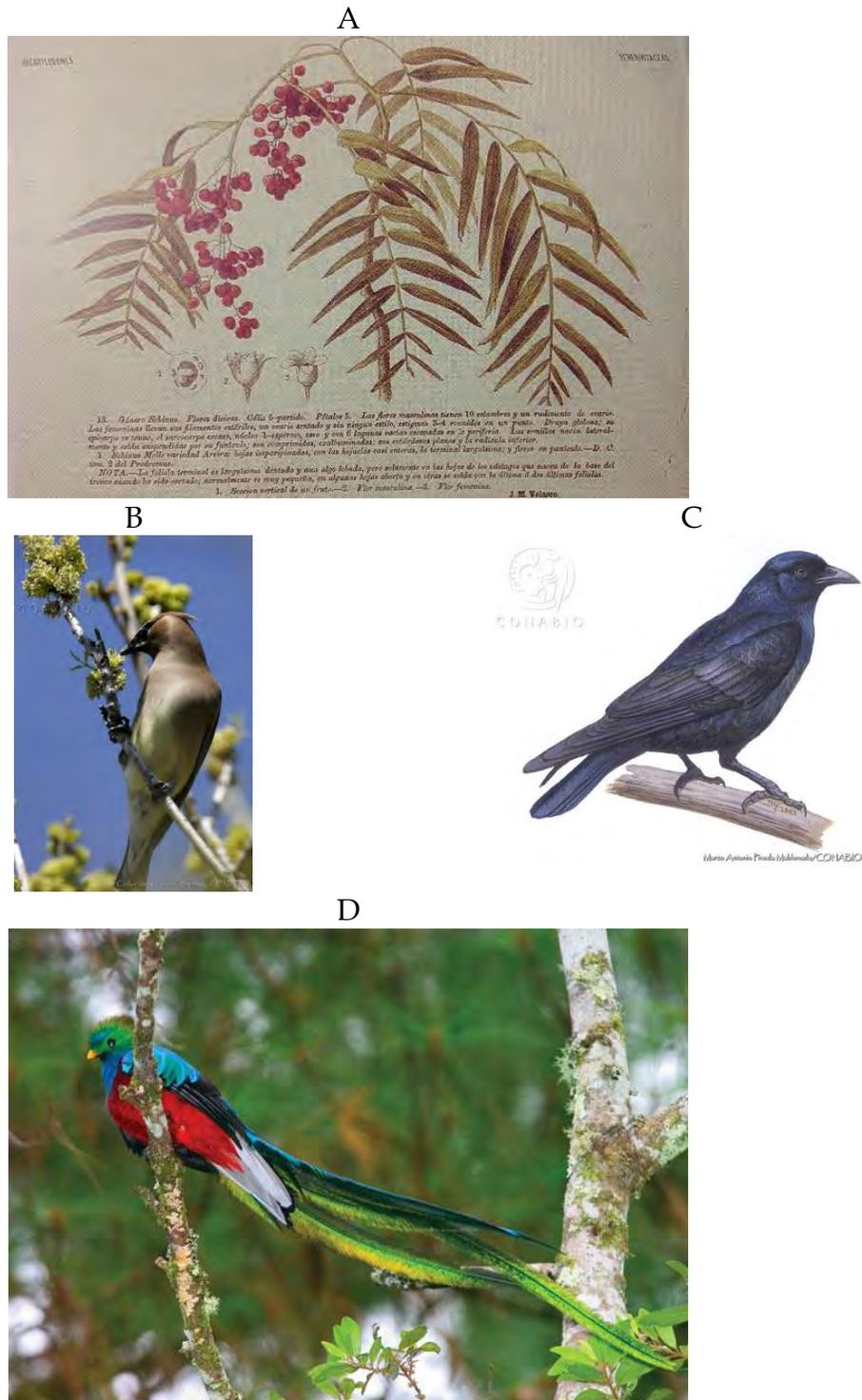


Figura 63.5. A) Pirul, *Schinus molle* hort. Ex Engl., especie naturalizada en México y cuyo principal dispersor es considerado *Bombycilla cedrorum* Vieillot (B). Dos especies que dispersan semillas de árboles: C) el común cuervo tamaulipeco y D) el icónico y en riesgo quetzal. Fotos y arte: A) Ilustración científica de José María Velasco, B) Carlos Javier Navarro Serment, Conabio. C) Ilustración científica de Marco Antonio Pineda Maldonado, Conabio. D) <https://themixedculture.com/2013/09/30/the-quetzal-bird/>.

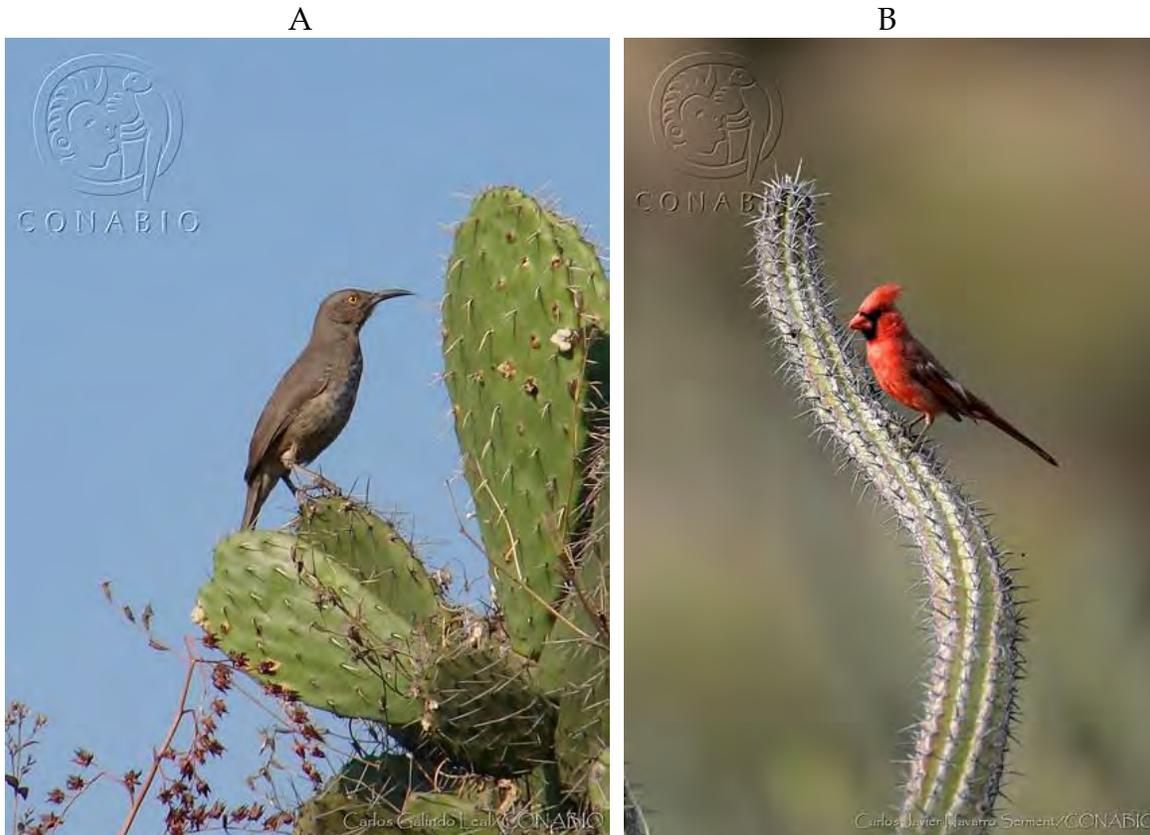


Figura 63.6. A) *Toxistoma curvirostre* (Swainson), contribuye a la dispersión de semillas de cactáceas, al igual que B) *Cardinalis cardinalis*, aunque este último tiene una vasta amplitud de hábitats, aparte de los matorrales. Fotos: A) Carlos Galindo Leal, Conabio. B) Carlos Javier Navarro Serment, Conabio.

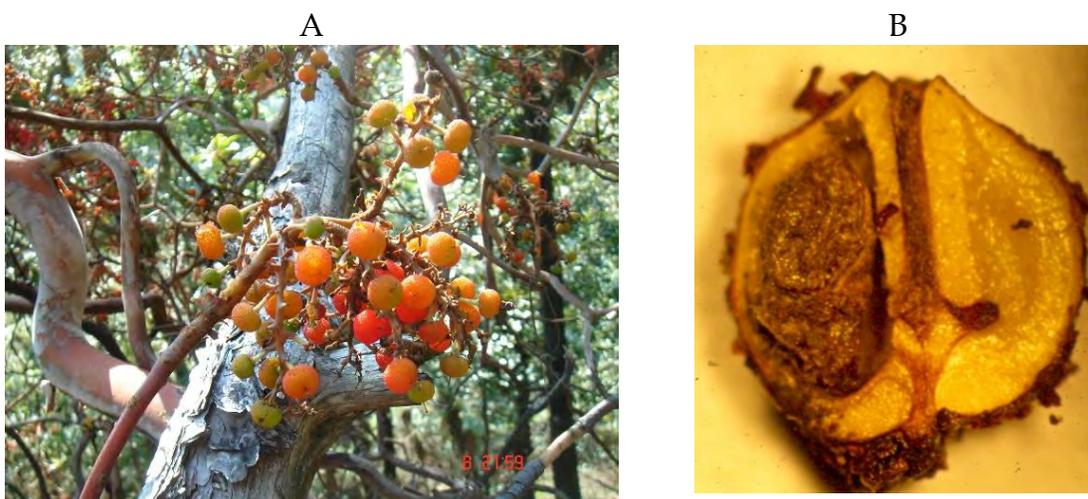


Figura 63.7. A) En zonas templado-frías, los frutos del madroño, *Arbutus xalapensis* Sarg., son dispersados por aves y otros animales. Al ser ingeridos el endocarpio leñoso (B) protege a las semillas de los jugos gástricos y es debilitado por ellos, por lo que al ser excretada la simiente germinará. Fotos: DART, A) Chignahuapan, Puebla. B) Laboratorio de Semillas Forestales, Dicifo, UACH.

A



B



C



Figura 63.8. A) *Cyanocitta stelleri* Gmelin, el azulejo, es un ave que en primavera y verano come principalmente insectos, pero en otoño e invierno se alimenta de nueces y semillas varias. En México se le puede admirar en bosques de coníferas, como los bosques de *Abies religiosa* al suroeste de la Ciudad de México y en el Parque Iztaccíhuatl-Popocatépetl. B) Especie de zona templado-fría, con fruto carnoso, atractivo para las aves, las cuales ayudan a dispersar la semilla, el saúco, *Sambucus mexicana* Sarg., del Parque Desierto de los Leones, al suroeste de la Ciudad de México. C) La aguacatera, *Garrya laurifolia* Hartw. ex Benth., en la parte baja del Tláloc, Edo. de Méx. Fotos: A) Robert Siegel, University of Stanford. B) y C) DART.

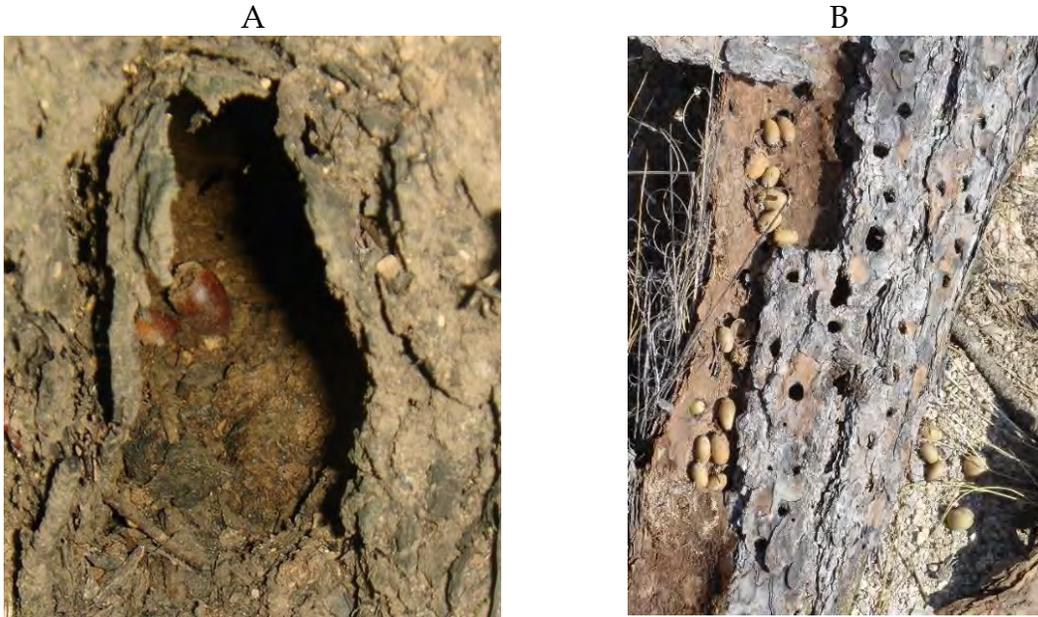


Figura 63.9. Almacenes de semilla (graneros) por animales que, cuando los olvidan, contribuyen a la dispersión. En ambos casos guardaron semillas de *Quercus*. A) por roedores en cavidades de raíces quemadas, Chignahuapan, Puebla. B) por pájaros carpinteros en la corteza de un pino (granero caído en este caso), en Coahuila. Fotos: DART.

Dispersión por mamíferos (mamiferocoria)

Árboles de mamey y guanábana son del gusto de murciélagos frugívoros tropicales como *Artibeus lituratus* Olfers, del mono araña (*Ateles geoffroyi* Kuhl) y el mono aullador o sarahuato (*Alouatta palliata* Gray) (Figura 63.10).

El mono aullador o sarahuato, *Alouatta palliata*, es folívolo-frugívoro. Una parte importante de su dieta la constituyen higos verdes o maduros de *Ficus* spp. Un 80% de los frutos que consumen son de las familias Moraceae y Lauraceae (Estrada y Coates, 1984; Rodríguez, 1997).



Figura 63.10. A) Mono aullador y B) mono araña. Dispersores de semillas en el trópico. Fuente de A) y B): Conanp.

Se estima que sólo pocas de las semillas ingeridas por la fauna silvestre logran germinar una vez excretadas como parte de las heces. Sin embargo, no siempre es así. Estrada y Coates (1984), señalan que por lo menos 60% de las semillas ingeridas por primates en la estación experimental Los Tuxtlas, Ver., logran germinar.

La ardilla arborícola *Sciurus aureogaster* F. Cuvier come semillas de pino y encino. El oso negro, *Ursus americanus* Pallas, de zonas semiáridas y bosques templado-fríos, tiene como parte de su dieta diversos frutos.

El mapache, *Procyon lotor hernandezii* Wagler, se alimenta en parte de frutos pequeños. En las áreas tropicales de Veracruz, come frutos de *Ficus* sp. y *Brosimum alicastrum* Sw. (Martínez y Sánchez, 1997).

La dieta del tepezcuintle, *Agouti paca nelsoni* Godman, típico de los trópicos, incluye los frutos de *Pouteria sapota* (Jacq.) H.E. Moore & Stearn, *Brosimum alicastrum* Sw., *Dialium guianense* (Aub) Sandw., *Virola guatemalensis* (Hemsl.) Warb. y *Chamaedorea alternans* W. Wendl. (Gallina, 1981). Dispersa frutos y semillas, pues transportan su alimento a comederos definidos, donde las semillas pueden germinar antes de que sean consumidas (Martínez y Sánchez, 1997). De modo que esta especie realiza tanto endozoocoria como sinozoocoria.

En regiones templado-frías, los roedores como ardillas y ratones, son típicos dispersores de los géneros *Juglans*, *Quercus*, *Picea*, *Pinus*,

Pseudotsuga, entre otros. Zavala y García (1996) señalan ardillas del género *Sciurus* como dispersoras de semillas de encinos en la Sierra de Pachuca, Hgo.

En la estación experimental Los Tuxtlas, Ver., el murciélago *Artibeus jamaicensis* Leach. se alimenta con los frutos de 38 especies de plantas, las más importantes: *Cecropia obtusifolia* Bertol., *Spondias mombin* L., *Brosimum* aff. *alicastrum* Sw. y *Ficus* spp. Las semillas de *Brosimum alicastrum* y *Cecropia obtusifolia* halladas en las heces de estos animales alcanzaron la germinación máxima en menos tiempo que semillas testigo, aunque no hubo diferencias en el porcentaje de germinación. En el caso de *Ficus glabrata* Kunth solamente las semillas procedentes de detritos germinaron (Orozco et al., 1985).

Las cápsulas de hool, *Hampea trilobata*, tienen tres valvas que abren y dejan expuestas las semillas cubiertas por una pulpa blanca (Lesur, 2011). De esta forma, la fauna que se las come ayuda en su dispersión.

Ictiocoria (dispersión por peces)

Se denomina **ictiocoria** a la dispersión de semillas por peces. Árboles con frutos carnosos o semillas con arilos apetecibles por los peces son comidos y luego las simientes excretadas, o movilizadas durante el proceso de consumo. De estas formas la semilla es dispersada. Esto ocurre con especies que crecen en bosques de galería y donde la corriente o cuerpo de agua sustenta peces. Se conoce que en Brasil peces de los géneros *Osteoglossum* y

Brycon tienen como parte de su dieta frutos que producen los géneros arbóreos *Ficus* e *Inga*. Cabe señalar que de acuerdo con Miller (2009) se tiene registrada la presencia de la sardinita Macabi (*Brycon guatemalensis* Regan) en los ríos Grijalva y Usumacinta en México. Dado que en tales áreas hay presencia de árboles de los géneros *Ficus* e *Inga* como parte de la vegetación riparia, es muy posible que dicho pez incluya tales frutos en su dieta, y que así contribuya a dispersar esas semillas (Rodríguez, 2014) (Figura 63.11).

Entomocoria (dispersión por insectos)

Aparentemente, el papel de los insectos es pequeño en la dispersión de semillas. Escarabajos que mueven bolas de excremento estarán movilizandando también las semillas contenidas ahí. Las hormigas ayudan a dispersar simientes de tunas de nopales (*Opuntia*), y otras cactáceas al tratar de llevárselas hacia sus nidos. A la dispersión de semillas por hormigas se le denomina **mirmecoria**.

Las semillas de las cactáceas son pequeñas, de 0.5 a 2 mm de longitud. Su cubierta consta de un tegmen interno, delgado y otra externa, la testa, que es gruesa y cuenta con poros, verrugas o tubérculos que facilitan la adherencia o rodado por superficies o grietas del suelo, cortezas y otros, donde viento, lluvias y algunos animales, como hormigas y roedores entre otros, las transportan a sitios donde podrán germinar (Bravo y Scheinvar, 2002).

Dehiscencia

Algunas especies de plantas cuentan con mecanismos de apertura violenta que expelen las semillas, contribuyendo a su dispersión.

Desecadas al sol, las cápsulas del árbol del diablo (*Hura polyandra* Baill.) son violentamente dehiscentes, se parten en numerosas valvas (Pennington y Sarukhán, 2005), lo que expelen sus semillas. El Sangre de draco (*Croton draco* Schltdl.) tiene frutos con dehiscencia explosiva que contribuye a la dispersión de las simientes. Esta última también la pueden llevar a cabo animales (Lesur, 2011) (Figura 63.12).

Anemocoria (dispersión por el viento)

La dispersión **anemócora**, se observa en semillas de cactáceas como el peyote, pues su testa tiene salientes que la facilitan. Los frutos secos de algunas cactáceas se abren por rajaduras o por poros en la región basal. Al abrirse, dejan en libertad a las semillas (Bravo y Scheinvar, 2002).

Las semillas (o los frutos) pueden ser dispersadas por el viento si tienen (Figuras 63.13 a 63.18):

- Ala (como la semilla de *Swietenia macrophylla* King in Hook. o el fruto del *Fraxinus uhdei* Lingelsh. o las semillas de la mayoría de los *Pinus*)
- Pulosidades (como *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn., *Salix* o *Populus*)
- Frutos que forman balones (como algunos tréboles, *Trifolium*)

- Semilla o fruto muy pequeños (*Cecropia obtusifolia*, *Eucalyptus*, *Buddleja cordata* Kunth)
- Anemobalistas (la cápsula debe ser movida por el viento para

que quede en posición de liberar semillas; ejemplo, la herbácea chicalote, *Argemone mexicana* L.).

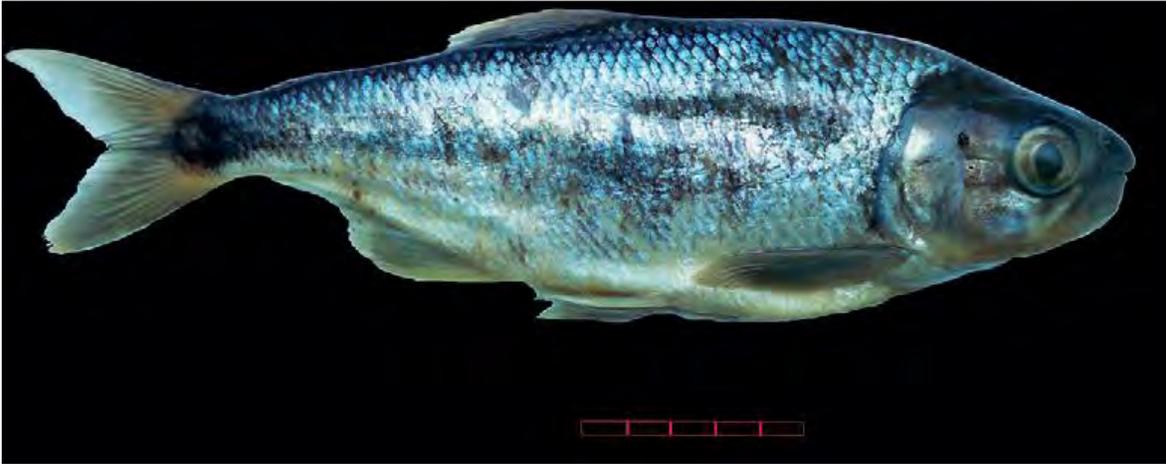


Figura 63.11. El pez *Brycon guatemalensis* es omnívoro de joven, pero de adulto se hace principalmente herbívoro. Una parte de su dieta son frutos, como los de *Inga*. Foto: Conabio.

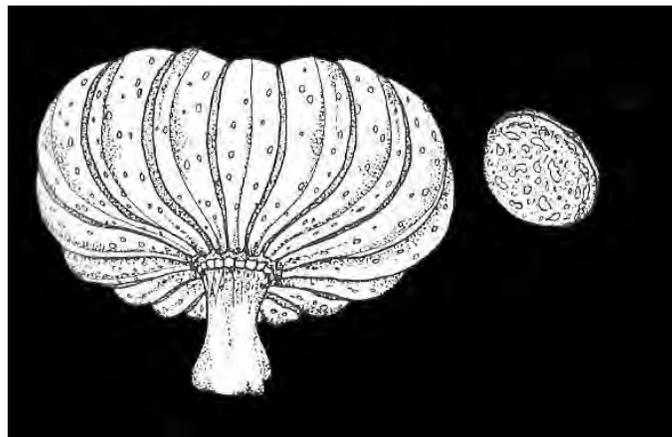


Figura 63.12. Cápsula dehiscente (izquierda) y semilla (derecha) de *Hura polyandra* (Pennington y Sarukhán, 2005).

En regiones templado-frías, géneros que típicamente dispersan sus semillas por el viento son: *Pinus*, *Picea*, *Pseudotsuga*, *Abies*, *Salix*, *Populus*, *Acer*, *Fraxinus*, *Ulmus* y *Alnus*. En regiones

tropicales, algunos ejemplos incluyen a *Swietenia macrophylla*, *S. humilis* Zucc., *Ceiba pentandra* y *Cedrela odorata* L. Mientras que en zonas semiáridas se puede mencionar a *Eysenhardtia*

polystachya (Ortega) Sarg., *Dasyilirion* spp., *Beaucarnea* spp., *Nolina* spp., *Agave* spp. y otras.

Tabebuia chrysantha (Jacq.) Nichols, el guayacán, tiene semillas con dos alas delgadas que permiten su dispersión anemócora (Lesur, 2011). Una masa de pelos algodonosos que rodea las semillas del pochote, *Ceiba aesculifolia* Britten & Baker f., facilita su dispersión por el viento (Lesur, 2011). Un árbol introducido de África, el tulipán africano (*Spathodea campanulata* Buch. - Ham. ex DC.), tiene frutos dehiscentes que al abrirse liberan semillas aplanadas rodeadas por un ala (Lesur, 2011) que permite sean dispersadas por el viento.

Hidrocoria (dispersión por el agua)

Se llama **hidrocoria** a este tipo de dispersión, que puede incluir desde el lavado por el agua de lluvia, escurrimientos superficiales, transporte por el agua de ríos o lagunas o bien el mar. El bosque de galería es uno de los tipos de vegetación donde este tipo de mecanismo natural es más relevante (Figura 63.17).

Hay cactáceas cuya semilla es acarreada por el agua y así se dispersa (Bravo y Scheinvar, 2002). Sin embargo, los mejores ejemplos son los de especies riparias, como *Taxodium mucronatum* Ten. (= *T. huegelii* Hort. ex). Especies con semillas aladas o pilosas que viven en bosques de galería, al caer al agua también son dispersadas por este medio. Tal es el caso de

Fraxinus udhei, *Alnus firmifolia*, incluso *Salix mexicana*, entre otros.

En la cascada de la concepción, cerca del poblado de Aculco, Edo. de México, se evidencia la dispersión por agua en el aile (*Alnus* sp.), según se muestra en la Figura 63.19 y se describe enseguida. A fines de otoño e inicios de invierno, las brácteas (A) liberan los frutos, con alas rudimentarias que les permiten cierto transporte por el viento, pero también les proporcionan flotabilidad (B). Liberadas río arriba, las semillas son transportadas por el cuerpo de agua, en este caso descienden por la cascada (C) y se acumulan en diferentes puntos en las zonas rocosas donde hay algo de suelo y comienzan a germinar (D y E). Algunas plántulas logran establecerse y desarrollar (F). En D se aprecian hojas secas de sauce, pero las semillas son de aile.

Barocoria (dispersión por gravedad)

Las cápsulas de los *Cupressus* pueden abrir en la copa y dispersarse la semilla por la acción del viento o por gravedad (**barocoria**). Pero si caen, rodarán por la pendiente o rebotarán en alguna roca y liberarán semilla. Otros géneros que dispersan sus semillas por gravedad son *Quercus*, *Fagus* y *Juglans*. El mangle rojo, *Rhizophora mangle* L., tiene semilla vivípara de la cual emerge la radícula antes de que la semilla sea liberada. Esto permite que, una vez soltada la semilla, caiga por gravedad y la radícula hace que se clave en el piso cenagoso y así se impide que el agua se lleve la plántula (Figura 63.20).



Figura 63.13. Semillas que se dispersan por anemocoria. A) y B) en regiones tropicales: *Ceiba pentandra* (pilosidades) y *Swietenia macrophylla* (semilla alada). C) y D) En regiones semiáridas: *Eysenhardtia polystachya* (frutos alados) y *Dasyllirion lucidum* (frutos alados). E) y F) De zonas templado-frías: *Alnus firmifolia* Fernald (fruto alado) y *Salix oxylepis* C.K.Schneid. (semilla con pilosidades). Fotos: DART, Laboratorio de Semillas Forestales de la Dicifo, UACH.

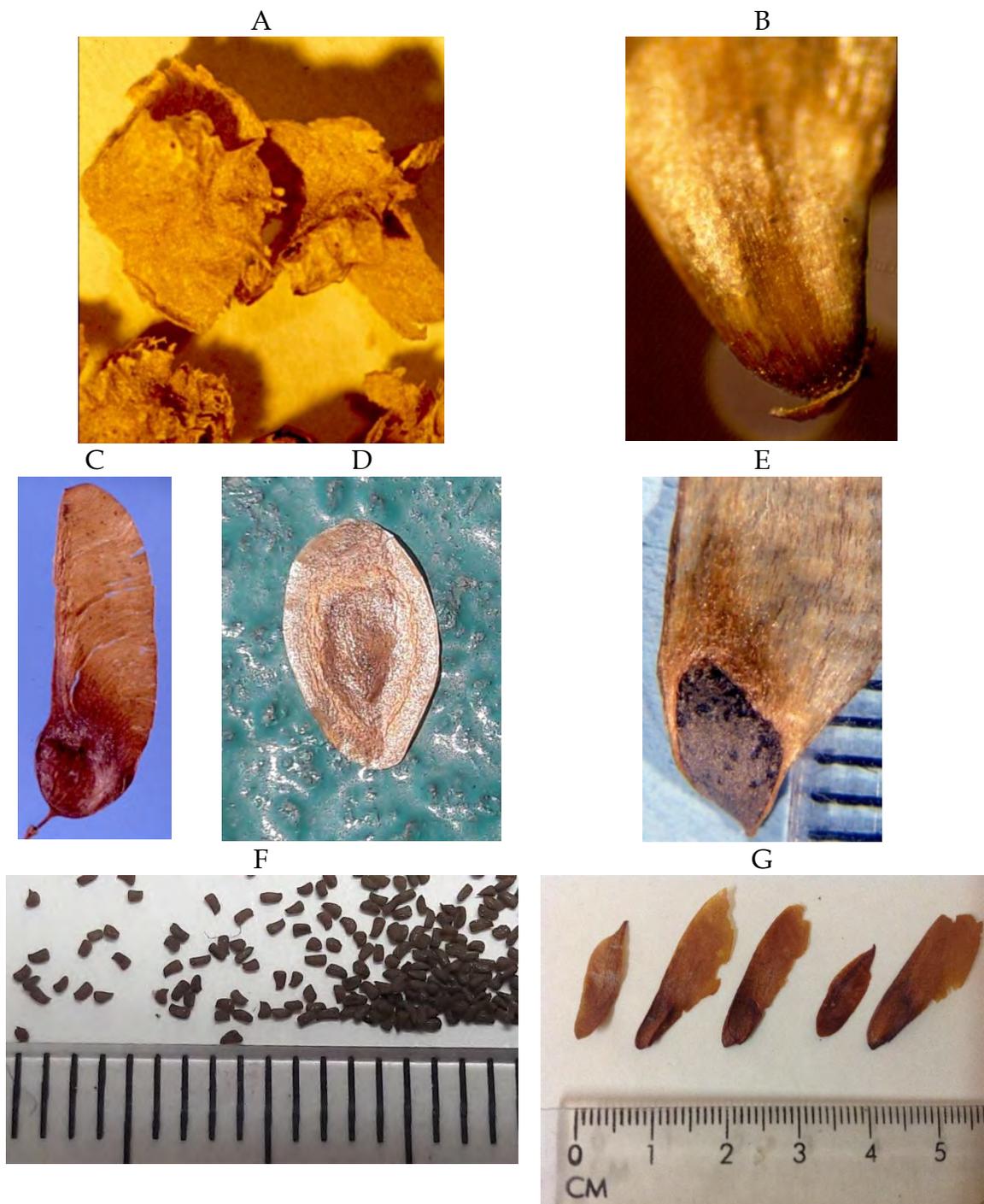


Figura 63.14. Más semillas dispersadas por el viento. A) *Atriplex canescens* (protuberancias en el fruto). B) sámara de casuarina, *Casuarina equisetifolia* L. C) Sámara leñosa de la especie boliviana tipa (*Tipuana tipu* (Benth.) Kuntze). D) semilla alada de *Grevillea robusta* A.Cunn ex R. Br. E) Semilla con ala de pino chino, *Pinus leiophylla* Schldl. & Cham. F) Simientes muy pequeñas de *Nicotiana glauca* Graham. G) Semillas aladas de cedro rojo, *Cedrela odorata*. Fotos: DART, Laboratorio de Semillas Forestales, Dicifo, UACH.

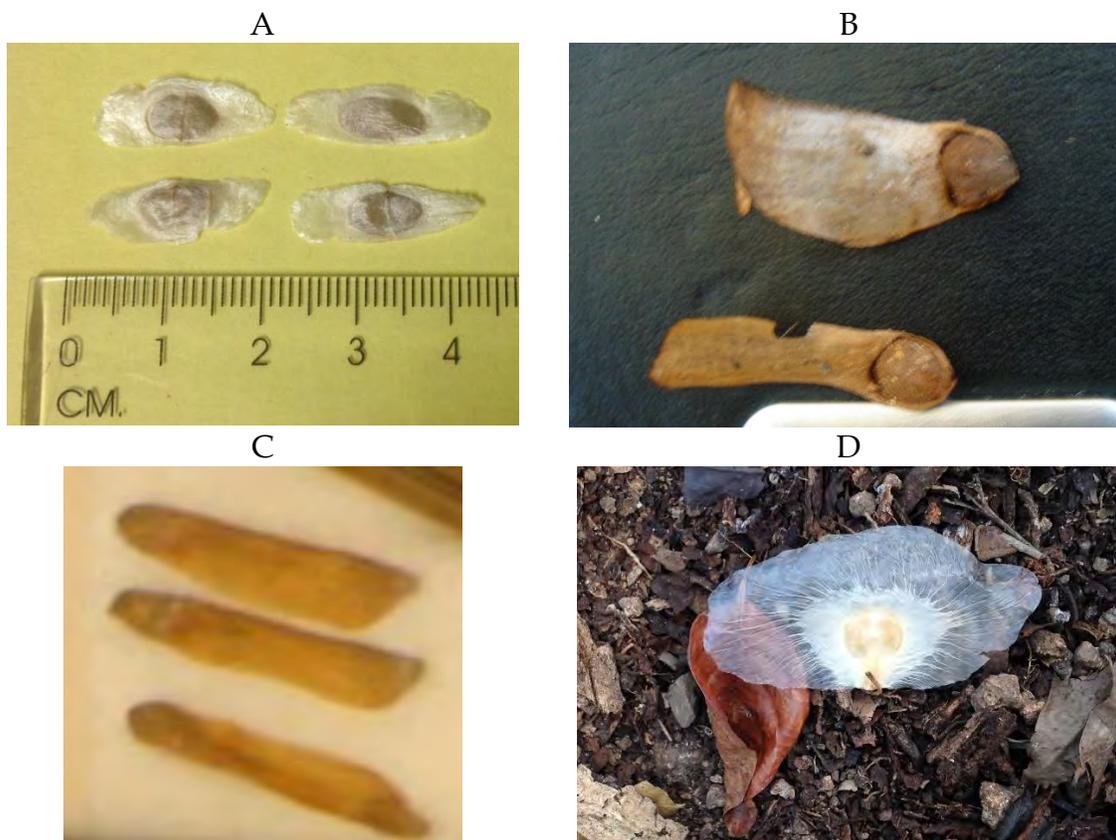


Figura 63.15. Semillas aladas de: A) *Tecoma stans* Juss., Laboratorio de Semillas Forestales, Dicifo, UACH, 2016. B) *Pinus montezumae* Lamb., Chignahuapan, Puebla, 2009. C) *Pinus palustris* Mill., del SE de Estados Unidos. Muestra de herbario de la Universidad Estatal de Colorado, 2010. D) Bejuco, *Pithecoctenium crucigerum* (L.) A.H.Gentry, selva baja de Villaflores, Chiapas, 2016. Fotos: DART.

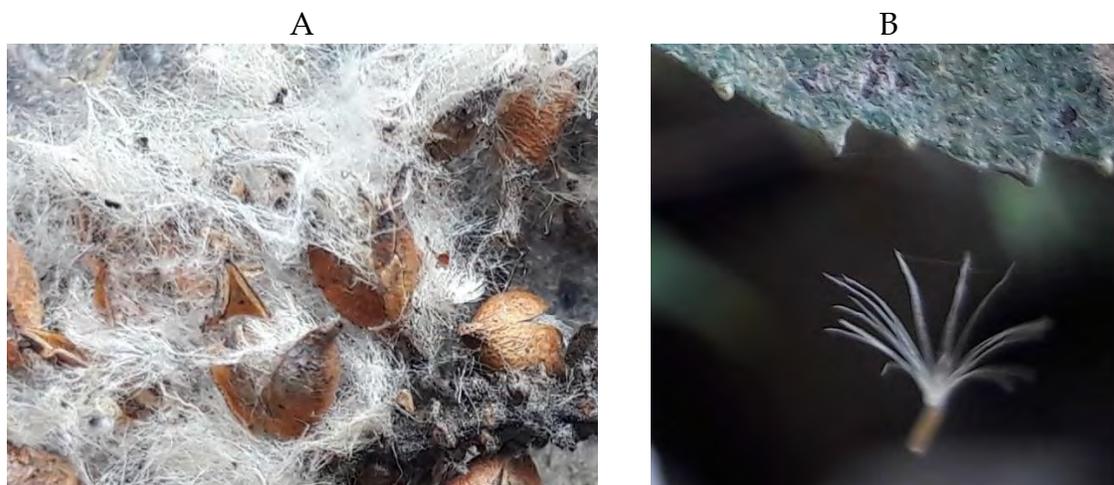


Figura 63.16. A) semillas de *Salix* sp. recién liberadas por sus cápsulas. B) Semilla de especie no identificada, con pilosidades en plena dispersión por viento. Querétaro. Fotos: DART (2016).



Figura 63.17. Hacia la parte baja del cañón, bosque de galería en San Sebastián de las Barrancas, Querétaro. Foto: DART (2016)

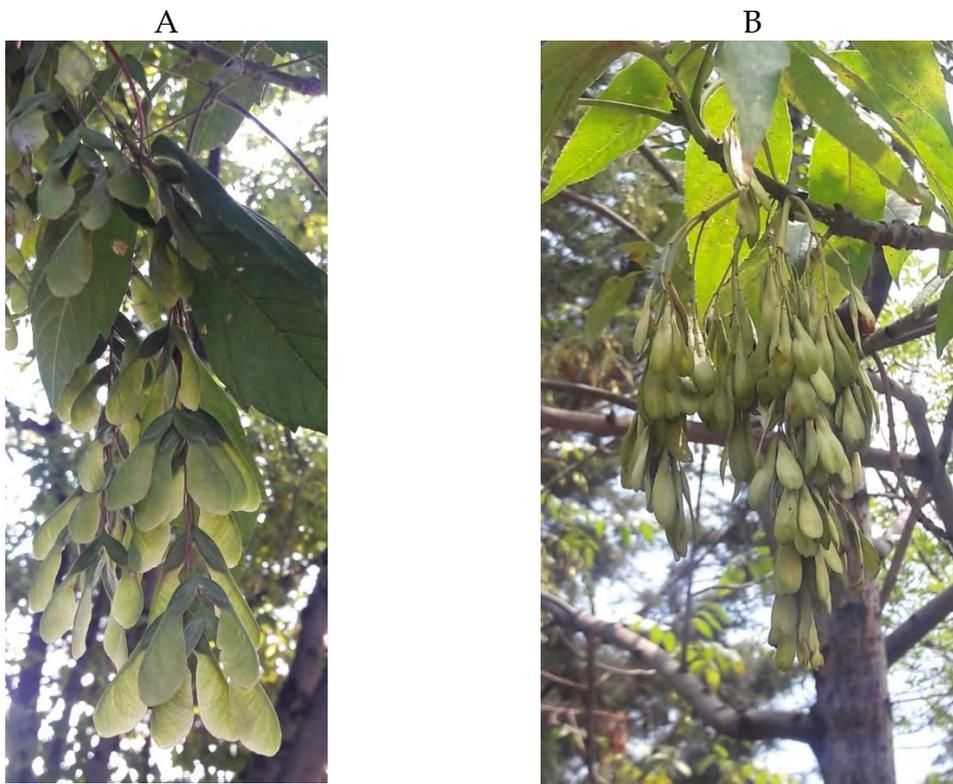


Figura 63.18. A) “Sámara compuesta” de *Acer* sp. B) Las sámaras de *Fraxinus uhdei* (Wenz.) Lingelsh. son dispersadas por el viento, pero cuando los árboles forman parte de bosques de galería y aquéllas caen en las corrientes de agua, los frutos flotan gracias a su ligereza y al ala y también son movilizadas por ríos y arroyos. Foto: DART, 2016.

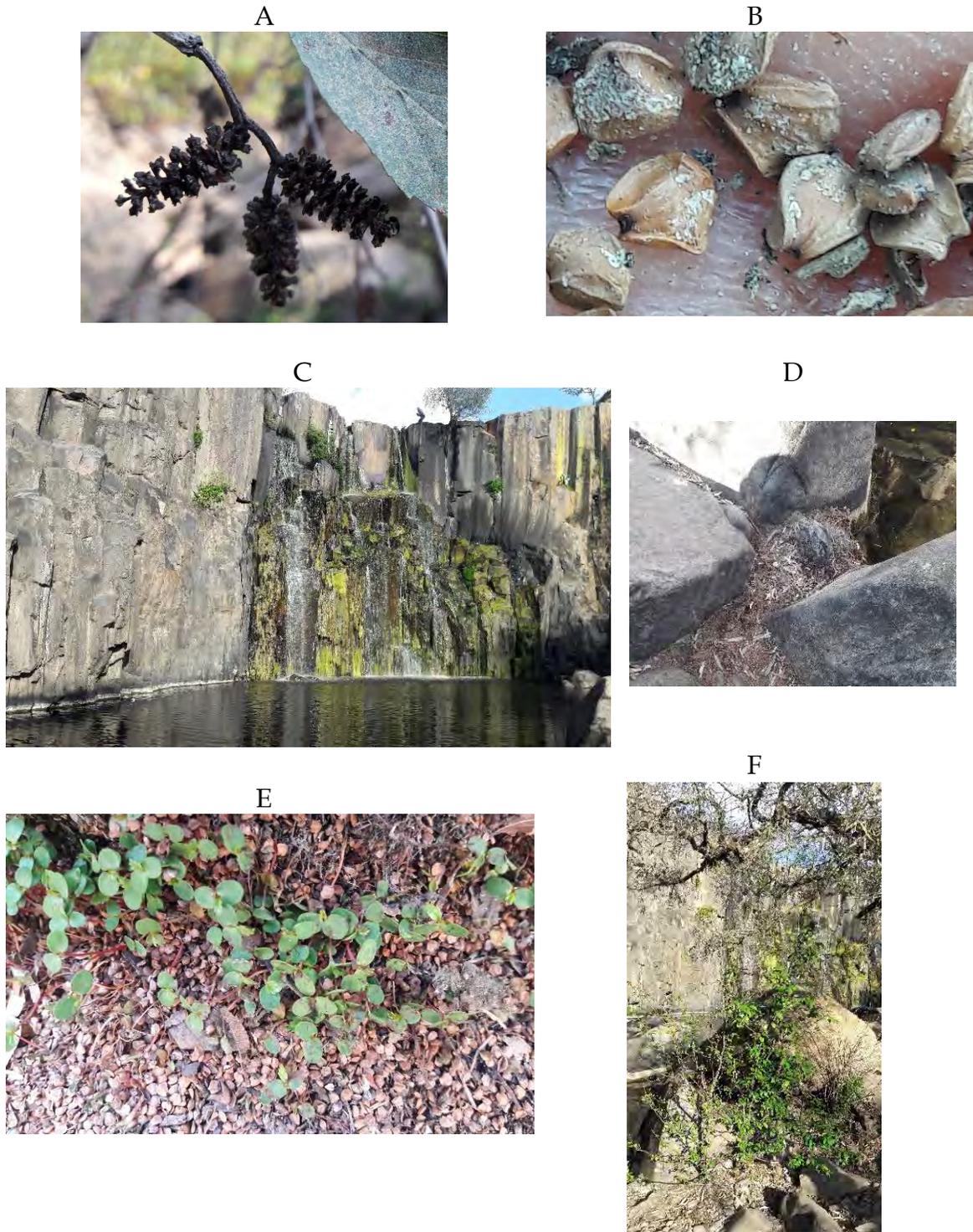


Figura 63.19. Hidrocoria en la semilla de *Alnus* sp. en la cascada la Concepción, Aculco, Edo. de México. Ver texto para explicación. A) brácteas, B) fruto, C) cascada, D) acumulación de semillas, E) germinación y F) arbolito establecido. Al fondo, la cascada. Fotos: DART (2016).

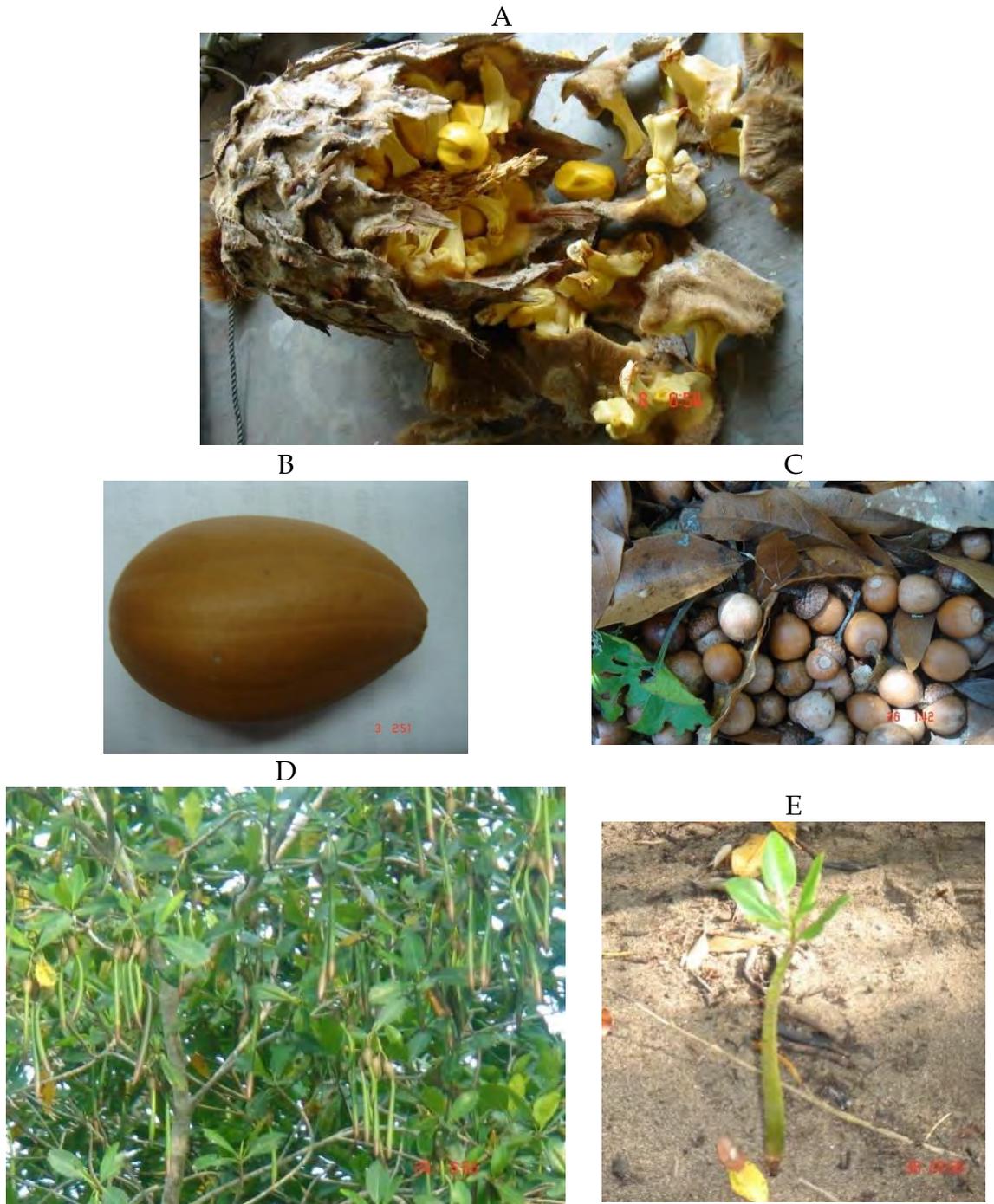


Figura 63.20. A) Los conos maduros de *Dioon* caen al piso y así se dispersa la semilla (B). Es un ejemplo de barocoria. C) Los *Quercus* son especies para las cuales una forma de dispersión es la barocoria. D) y E) Las semillas del mangle rojo, *Rhizophora mangle* L., son vivíparas, empiezan a germinar antes de ser liberadas. Al ser soltadas, la desarrollada radícula ayuda a que se claven en zonas con aguas muy poco profundas o que luego pueden inundarse un poco y así se anclan. Fotos: DART. A) y B) Laboratorio de Semillas Forestales, Dicifo, UACH, C) Chignahuapan, Pue., D) Veracruz, E) Reserva de la Biosfera La Encrucijada, Chis.

Literatura Citada

- Álvarez S., T., González E., M. 1987. Fauna. Atlas Cultural México. SEP, INAH, Ed. Planeta. México. 182 p.
- Bravo H., H., y L. Scheinvar. 2002. El interesante mundo de las cactáceas. FCE. México. 233 p.
- Conafor (Comisión Nacional Forestal). 2016. *Leucaena esculenta* (Moc. & Sessé ex DC.) Benth. SIRE-Paquetes Tecnológicos. Conafor. México. URL: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/942Lysiloma%20acapulcensis.pdf> (consultado el 18 de mayo de 2016).
- Díaz I., E. 1997. *Ramphastos sulfuratus*. In: González S., E., Dirzo, R., Vogt, R. C. (eds.). Historia Natural de los Tuxtlas. UNAM, IB, IE, Conabio. México, D. F. pp. 566-567.
- Estrada, A., y E. R. Coates. 1984. Resource use by howler monkeys (*Alouatta palliata*) in the rain forest of Los Tuxtlas, Veracruz, Mexico. International Journal of Primatology 5: 105-131.
- Gallina, S. 1981. Contribución al conocimiento de los hábitos alimenticios del tepezcuintle (*Agouti paca* Lin) en Lacanjá-Chansayab, Chiapas. In: Castillo, P. R. (Ed.). Estudios ecológicos en el trópico mexicano. INE. Mexico, D. F. pp. 57-67.
- Grosselet, M., Burcsu, T. 2005. Notas sobre las aves de Calpulalpan de Méndez, Sierra Juárez, Oaxaca, México. Huitzil 6(2): 18-24.
- Lesur, L. 2011. Árboles de México. Trillas. México. 368 p.
- Martínez G., R., y V. Sánchez C. 1997. Historia natural de algunas especies de mamíferos terrestres. In: González S., E., Dirzo, R., Vogt, R. C. (eds.). Historia Natural de los Tuxtlas. UNAM, IB, IE, Conabio. México, D. F. pp. 591-624.
- Miller, R. R. 2009. Peces Dulceacuícolas de México. Conabio, Sociedad Ictiológica Mexicana, ECOSUR, Desert Fishes Council. México. 158 p.
- Nava V., V., J. D. Tejero, B. Chávez, C. 1999. Hábitos alimentarios del cacomixtle *Bassariscus astutus* (Carnivora: Procyonidae) en un matorral xerófilo de Hidalgo, México. Anales del Instituto de Biología Universidad Autónoma de México, Serie Zoología 70(1): 51-63.
- Orozco S., A., C. Vázquez Y., M. A. Armella, y N. Correa. 1985. Interacciones entre una población de murciélagos de la especie *Artibeus jamaicensis* y la vegetación del área circundante, en la región de Los Tuxtlas, Veracruz. In: Gómez P., A., y S. del Amo R. (eds.). Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. vol. II. INIREB. Ed. Alhambra Mexicana. México. pp. 365-377.
- Pennington, T. D., y J. Sarukhán K. 2005. Árboles Tropicales de México. UNAM, FCE. México. 523 p.
- Rodríguez L., E. 1997. *Alouatta palliata* (mono aullador, mono zambo, saraguato). In: González S., E., Dirzo, R., Vogt, R. C. (eds.). Historia Natural de los Tuxtlas. UNAM, IB, IE, Conabio. México, D. F. pp. 611-616.
- Rodríguez-Trejo, D. A. 2014. Incendios de Vegetación. Su Ecología, Manejo e Historia. Ed. C.P., C.P., UACH, Semarnat, Conafor, Conanp. México. 889 p.
- Solórzano, S., S. Castillo, T. Valverde, y M. L. Ávila. 2000 Quetzal abundance in relation to fruit availability in a cloud forest in Southeastern Mexico. Biotropica 32: 523-532.
- Spurr, S. H., y B. V. Barnes. 1982. Ecología Forestal. AGT Ed. México. 690 p.
- Skuth, A. F. 1971. Life history of the keel-billed toucan. Auk 88: 381-424.

Van Dorp, D. 1985. Frugivoría y dispersión de semillas por aves. *In*: Gómez-Pompa, A., del Amo R., S. (Eds.). Investigaciones sobre la regeneración de selvas altas en Veracruz, México. Ed. Alhambra Mexicana. México. pp. 333-363.

Zavala Ch., F., y E. García M. 1996. Frutos y Semillas de Encinos. UACH. Chapingo, Edo. de Méx. 47 p.

Este libro condensa los últimos 30 años de investigación sobre semillas forestales del Laboratorio de Semillas Forestales de la División de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma Chapingo. Reúne información detallada de 58 taxa y géneros y, con diferente nivel de profundidad, la de 174 taxa, producto de la investigación de 73 autores. Incluye una muestra de: especies de regiones tropicales húmedas, tropicales secas, semiáridas y templado-frías del país; especies arbóreas, arborescentes y arbustivas; especies comunes, endémicas y en riesgo de la rica megabiodiversidad nacional.