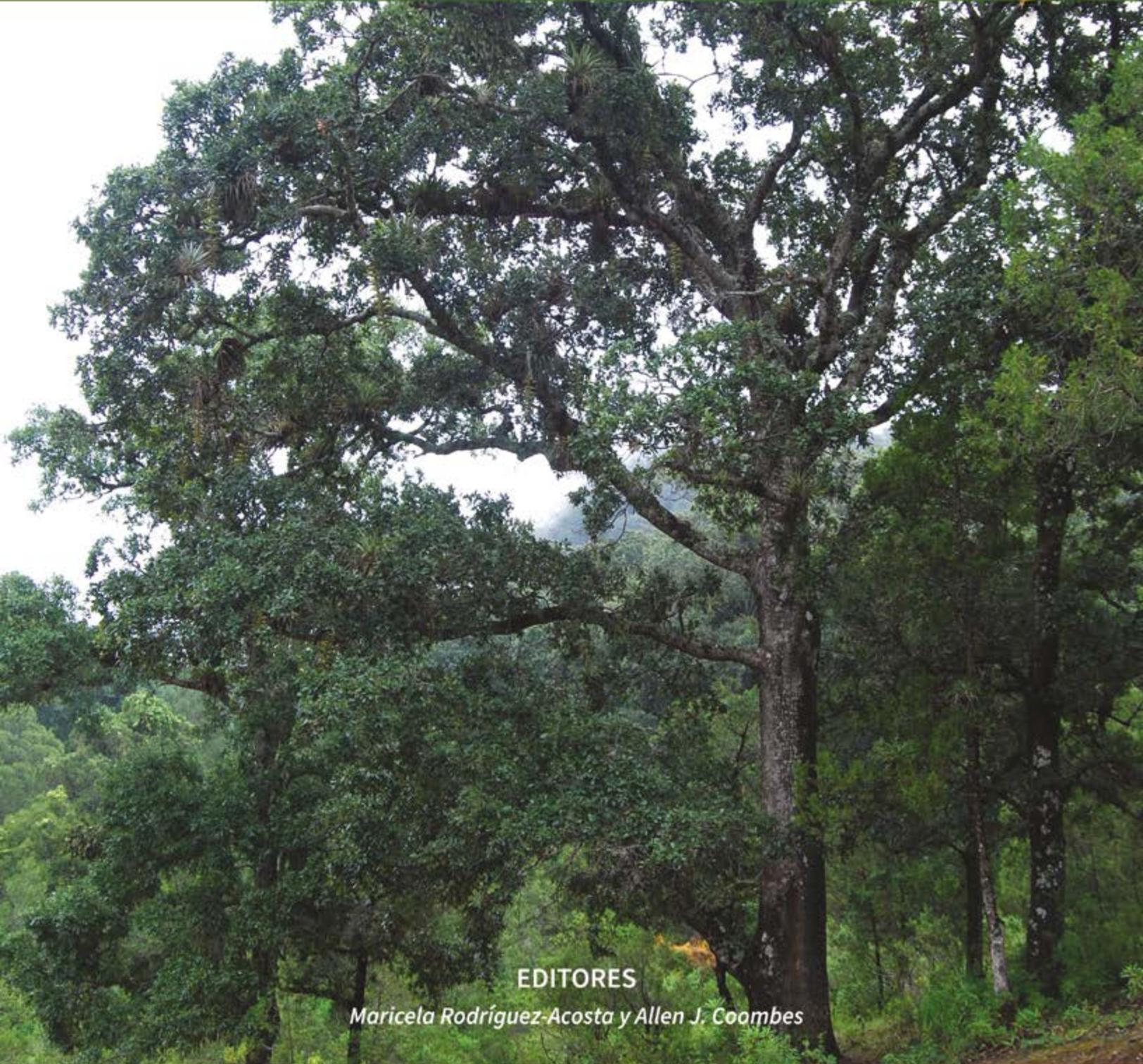


MANUAL PARA LA PROPAGACIÓN DE *QUERCUS*:

UNA GUÍA FÁCIL Y RÁPIDA PARA CULTIVAR ENCINOS
EN MÉXICO Y AMÉRICA CENTRAL



EDITORES

Maricela Rodríguez-Acosta y Allen J. Coombes



MANUAL PARA LA PROPAGACIÓN DE QUERCUS:

UNA GUÍA FÁCIL Y RÁPIDA PARA CULTIVAR ENCINOS
EN MÉXICO Y AMÉRICA CENTRAL

EDITORES

Maricela Rodríguez-Acosta y Allen J. Coombes

FORMA DE CITAR:

Rodríguez-Acosta, M. y Allen J. Coombes (Eds.). 2021. *Manual para la propagación de Quercus*:
Una guía fácil y rápida para cultivar encinos en México y América Central.
Jardín Botánico Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. México.



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

Dr. Alfonso Esparza Ortiz
Rector

Mtra. Guadalupe Grajales y Porras
Secretario General

Dr. Ygnacio Martínez Laguna
Vicerrector de Investigación y Estudios de Posgrado

Mtra. María del Carmen Martínez Reyes
Vicerrectora de Docencia

Mtro. José Carlos Bernal Suárez
Vicerrector de Extensión y Difusión de Cultura

Dra. Maricela Rodríguez-Acosta
Directora del Jardín Botánico Universitario

Allen J. Coombes, MPhil
Curador de Colecciones Científicas del JBU-BUAP
Miembro del GSC en el GCCO

Editado por:
Maricela Rodríguez-Acosta y Allen J. Coombes

Fotografía: © Maricela Rodríguez-Acosta y
como se indique en las figuras
Fotografía de portada: Maricela Rodríguez-Acosta
Diseño: María Esperanza Dávila C.
@la.ceiba.design

© Jardín Botánico Universitario
Benemérita Universidad Autónoma de Puebla
Ciudad Universitaria
Av. San Claudio s/n Col. San Manuel
Puebla, Pue. México

FORMA DE CITAR:
Rodríguez-Acosta, M. y Allen J. Coombes (Eds.). 2021.
Manual para la propagación de *Quercus*: Una guía fácil y rápida
para cultivar encinos en México y América Central.
Jardín Botánico Universitario de la Benemérita Universidad
Autónoma de Puebla. México.

Primera edición, 2021
ISBN: 978-607-525-727-3

El texto es responsabilidad de los autores.
Prohibida la reproducción parcial o total de la obra, y su traducción, sin permiso de la Institución que lo publica.



THE MORTON ARBORETUM

Gerard T. Donnelly, PhD
President and CEO

Kris Bachtell, MS
Vice President of Collections and Facilities

Nicole Cavender, PhD
Vice President of Science and Conservation

Murphy Westwood, PhD
Director of Global Tree Conservation at
The Morton Arboretum.
Global Tree Conservation Officer for Botanic Gardens
Conservation International Global Tree Conservation
Program.

Publicado e impreso en México.
Published and printed in Mexico.



AUTORES



Susana Valencia-Avalos

¹ Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)



Allen J. Coombes
Maricela Rodríguez-Acosta
Arturo Parra Suárez
Paulina Morales Sandoval

²Jardín Botánico Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (JBU-BUAP)



Nina Bassuk

³ Urban Horticulture Institute, University of Cornell



Antonio González Rodríguez

⁴ Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES), UNAM campus Morelia



Jesús Llanderal Mendoza

⁵ Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES), UNAM campus Morelia



Silvia Alvarez-Clare

Emily Beckman

Amy Byrne

Christina Carrero

Sue Paist

Murphy Westwood

⁶ Global Tree Conservation Program, The Morton Arboretum



Fotografía: Maricela Rodríguez-Acosta
Quercus paxtalensis



AGRADECIMIENTOS

Los editores expresamos nuestro más sincero agradecimiento a The Morton Arboretum por el apoyo financiero otorgado para la realización de esta obra.

Así también externamos las gracias a las siguientes personas, quienes proporcionaron fotografías que contribuyeron a ilustrar algunas figuras incluidas en este manual: Francisco Garín, Director retirado del Jardín Botánico de Iturrarán, España; Dirk Benoit de los Viveros Pavia en Bélgica y Lucio Caamaño, Técnico del Área de colecciones científicas del Herbario y Jardín Botánico JBU-BUAP. Su contribución es indicada en las figuras correspondientes.

El resto de las fotografías fueron proporcionadas por los autores y editores de esta obra.

CONTENIDO

ii

CAPÍTULO	AUTOR (ES)	PÁGINA
PRESENTACIÓN		<i>iii</i>
I INTRODUCCIÓN. IMPORTANCIA DE LOS ENCINOS	<i>Susana Valencia-Avalos</i>	1
II LA IMPORTANCIA DE CULTIVAR ENCINOS	<i>Allen J. Coombes, Susana Valencia-Avalos y Maricela Rodríguez-Acosta</i>	5
III COLECTA Y ALMACENAMIENTO DE BELLOTAS. ASPECTOS CLAVES	<i>Allen J. Coombes</i>	21
IV LA GERMINACIÓN DE LOS ENCINOS. LA EXPERIENCIA MEXICANA	<i>Maricela Rodríguez-Acosta</i>	28
V MATERIALES Y CONSEJOS PRÁCTICOS PARA LOGRAR UNA BUENA GERMINACIÓN Y CULTIVO DE PLÁNTULAS	<i>Arturo Parra Suárez y Maricela Rodríguez-Acosta</i>	35
VI PROPAGACIÓN POR ESQUEJES E INJERTOS	<i>Nina Bassuk y Allen J. Coombes</i>	46
VII PROPAGACIÓN POR TEJIDO VEGETAL	<i>Paulina Morales Sandoval</i>	55
VIII LAS VARIACIONES DE LAS POBLACIONES DE ENCINO. FUNDAMENTOS PARA LA CONSERVACION	<i>Antonio González Rodríguez y Jesús Llanderal Mendoza</i>	63
IX PROPAGAR PARA CONSERVAR: UNA ESTRATEGIA DEL CONSORCIO MUNDIAL PARA LA CONSERVACION DE ENCINOS	<i>Silvia Alvarez-Clare, Emily Beckman, Amy Byrne, Christina Carrero, Sue Paist, Murphy Westwood y Susana Valencia-Avalos</i>	69
X BIBLIOGRAFIA CONSULTADA		77



PRESENTACIÓN

Las especies del género *Quercus* han estado ligadas al desarrollo de la humanidad desde la prehistoria, y han formado parte de su vida diaria en todas sus facetas. Este género es uno de los más ricos en el mundo con ca 600 especies globalmente, donde México ocupa el primer lugar en riqueza de especies. Además de lo anterior, estas especies presentan un alto grado de hibridación, lo que ha conducido a una alta variación, rápida radiación, adaptación a nuevos hábitats y diversificación, con una compleja taxonomía que complica mucho su estudio y reconocimiento.

La contribución del género *Quercus* al ecosistema y su relación con otras especies, ha hecho que sus especies se consideren clave al ecosistema ya que sus características de longevidad, adaptación y valor biocultural, las coloca entre los elementos leñosos más importantes en el mundo. Desafortunadamente, en la región de México y Centroamérica, su abundancia va ligada con una pobre apreciación y uso de las especies de este género, por lo que año con año, miles de hectáreas de encinares se pierden en los lugares donde estos existen.

Por tal motivo, este manual pretende, además de dar una introducción y justificación de la importancia de cultivar encinos (Capítulos I y II), dar a conocer de manera accesible las principales técnicas de propagación de los mismos (*Quercus*), abordando temas como la colecta y almacenamiento de bellotas (Capítulo III), la germinación de los encinos, así como los materiales y consejos prácticos para tener éxito en la misma (Capítulos IV y V), la propagación vegetativa por esquejes, injertos (Capítulo VI) y otros métodos como la propagación por tejido vegetal (Capítulo VII), lo cual es básico para mejorar algunas acciones en este campo. Así también, dentro de este manual se incluye una breve introducción al tema: Las variaciones de las poblaciones de encino y sus fundamentos para la conservación (Capítulo VIII) y finalmente, Propagar para Conservar: una estrategia del Consorcio mundial para la conservación de encinos, en el Capítulo IX.

Este manual resulta de la suma de esfuerzos de un grupo de expertos estudiosos del género *Quercus* en México, quienes junto con la colaboración del Global Tree Conservation Program encabezado por The Morton Arboretum, se han unido en una estrategia diseñada para prevenir la extinción de especies de encinos mediante la investigación, manejo sostenible y conservación de los encinares en América, y en este caso en particular en México.

Creemos que por el detalle de los diferentes aspectos que aquí se abordan, los cuales muestran la relevancia de los encinos en el reino vegetal, la propagación de los encinos es una acción que se debe realizar de manera inmediata, por lo que este manual será de gran utilidad para todos aquellos interesados en restaurar y conservar los magníficos encinares y sus diferentes combinaciones de vegetación no solo en México, sino también en América central, donde las especies del género *Quercus* constituyen las especies clave para mantener estos ricos ecosistemas.





Fotografía: Maricela Rodríguez-Acosta
Quercus grahamii

Susana Valencia-Avalos ¹

¹ Facultad de Ciencias de la
Universidad Nacional Autónoma
de México (UNAM)

I INTRODUCCION. IMPORTANCIA DE LOS ENCINOS

Las especies del género *Quercus*, conocidas como robles en Europa (encinos en México y Centroamérica), han estado ligadas al desarrollo de la humanidad desde la época de las cavernas, jugando un papel importante en el folklore, la mitología, la religión y la vida cotidiana. El género es muy amplio y comprende entre 400 y 600 especies a nivel mundial. Su mayor diversidad está en México, donde se estima que existen más de 160 especies, muchas de las cuales presentan alto grado de hibridación, lo que a su vez ha producido alta variación y una rápida radiación, adaptación a nuevos hábitats y diversificación, con una complicada taxonomía que los hace considerarlos como “sistema modelo” para entender aspectos evolutivos, biogeográficos y ecológicos en plantas.

Las especies de encinos se desarrollan en diferentes tipos de ambientes, casi en cualquier tipo de suelo, en una amplia variedad de climas y en un intervalo altitudinal que va desde el nivel del mar hasta más de 3000 m. Representan uno de los elementos leñosos más exitosos en los bosques templados del hemisferio norte. De las plantas de encino dependen

directa o indirectamente otros organismos (plantas, animales, hongos, líquenes, algas) y la salud de los ecosistemas al ser filtradores de ruido, formadores de suelo, reductores de la erosión, captadores de CO², reguladores de la temperatura atmosférica y permitir la recarga de los mantos acuáticos, lo que les ha conferido la connotación de especies **keystone** (elemento o especies clave en el ecosistema), ya que su desaparición en la comunidad, provocaría el colapso de la misma.

La relación de los encinos con la vida del hombre se remonta a los tiempos prehistóricos y los hábitos nómadas, ésto se conoce a través del hallazgo de bellotas en cavernas localizadas cerca del mar Mediterráneo junto con restos de otras especies comestibles.

Las grandes tallas, la longevidad que alcanzan algunas especies de encinos, así como la dureza de su madera, son características impresionantes y altamente valoradas, existen contundentes pruebas de ello. Los Celtas, establecidos a lo largo de Europa desde el año 1200 - 900 a.e.c., adoraban a los árboles y en particular a los encinos a los cuales llamaron Kaërquez, que significa árbol hermoso. Los Druidas, sacerdotes de los Celtas (cuyo nombre significa “hombres de la encina”), solían señalar como tótem a grandes encinos. Sus ritos de iniciación los realizaban a la sombra de un roble o encino, debido a que éste les transmitía energía que los transformaba en Druida.

Sin embargo, no para todos los pueblos han tenido esta importancia, y en México y Centroamérica el aprovechamiento de los encinos es muy pobre, lo que contrasta con su inmenso valor ecológico el cual generalmente pasa desapercibido. Un ejemplo lo constituye el que a pesar de que las hojas de encino están presentes en el escudo nacional de la bandera mexicana, casi nadie en México lo reconoce.

En México y Centroamérica los encinos principalmente se utilizan de manera local como fuente de leña y carbón vegetal, la parte más utilizada es la corteza para uso medicinal, seguido del uso de las bellotas tratadas para consumo humano y del ganado, así como para la elaboración de artesanías. La obtención de taninos para curtiduría y pigmentos para teñir raíces también se hace de los encinos. En la Sierra Norte de Puebla y en el estado de Hidalgo, las bellotas de *Q. germana* y *Q. corrugata* son ampliamente utilizadas para elaborar artesanías como trompos, collares, juguetes y otros (Fig. 1), lo que ha repercutido en la regeneración de la especie en la región. Los usos maderables son limitados, principalmente a postes para construcción y mangos para herramientas.



Figura 1. / Fotografía: Maricela Rodríguez-Acosta
Usos locales de los encinos. El niño ha construido un silbato a partir de una bellota de *Quercus* sp. y un llavero utilizando una bellota de *Quercus corrugata*.

Un caso de éxito de la explotación de carbón como combustible es el de la empresa certificada Noram de México, S.A. de C.V. ubicada en Durango. Los productores primarios asociados a la empresa tienen un pago justo y la explotación es racional. Aprovechando la alta capacidad de rebrote después del corte que tienen la mayoría de los encinos, se cortan solamente las ramas para obtener carbón, pero se deja el tronco principal del árbol vivo para que siga produciendo nuevas ramas. Así se establecen ciclos de rotación que mantienen la producción de numerosos tallos. Esta empresa es capaz de producir hasta 5000 toneladas al año, de las cuales exporta entre 400 y 600 toneladas anualmente.

Desde su aparición en el Paleoceno tardío (ca. 55 Ma) el género *Quercus* ha sobrevivido a una serie de cambios bióticos y abióticos, mostrando una gran diversidad y sobrevivencia a períodos desfavorables. La hibridación y la introgresión en el género *Quercus* son mecanismos recurrentes y fuentes de variación genética de gran importancia en la evolución adaptativa y diversificación del género. Relacionado con su adaptación, los encinos se estudian con el propósito de encontrar evidencia de caracteres adaptados evolutivamente en respuesta a sequía e inviernos marcados, congelación, así como para conocer cambios adaptativos que podrían presentarse a futuro en miras del cambio climático global.



Figura 2. / Fotografías: Maricela Rodríguez-Acosta

Los encinos se caracterizan por ser elementos leñosos que albergan una gran diversidad biológica. La parte superior muestra las agallas producidas en *Quercus greggii*, *Q. laeta*, y *Q. striatula*. En la parte inferior larvas de mariposas y de frailecillo (*Macroductylus mexicanus*), un insecto que gusta de hojas de encino.

La dominancia de encinos en muchos ecosistemas ha permitido conocer su distribución biogeográfica, definir áreas de alta riqueza de especies, conocer barreras de su distribución y posibles rutas de migración, lo que se puede extrapolar a muchas especies que están asociadas a ellas y por lo que ha sido considerado clado modelo. Los clados modelo son linajes muy bien estudiados y de los que se han generado abundantes datos filogenéticos, genéticos, funcionales, ecológicos y evolutivos, entre otros, los que permiten entender conceptos y procesos generales (principalmente ecológicos y evolutivos) que potencialmente se pueden aplicar a otros grupos y sistemas y así conducirán a la toma adecuada de decisiones sobre conservación y manejo de áreas.

La forma en que las especies de encino hacen frente a diversas condiciones climáticas permite proponerlas como candidatas para regeneración de comunidades. Algunas especies pueden ser pioneras en sucesiones secundarias como *Q. urbani* y formar suelo, otras sólo pueden establecerse en sitios con suelos maduros, como las especies del bosque mesófilo de montaña. Por lo que elegir adecuadamente las especies con las que se va a regenerar es fundamental para tener buenos resultados.

Es necesario enfatizar que no se debe ver a los encinos como individuos aislados, sino reconocer sus interacciones y su longevidad, lo que produce una gran diversidad de hábitat y alimento estable por un período relativamente largo de tiempo para diferentes animales como aves, roedores, serpientes, venados, jabalíes, tepezcuintles; invertebrados como avispa, lepidópteros, arácnidos y escarabajos (Fig. 2); así como plantas epífitas, orquídeas, helechos, briofitas, bromeliáceas e incluso parásitas como *Aphyllon vallicola* (parásita de las raíces de *Q. agrifolia*) o diversas especies de *Phoradendron* y *Cladoclea*. Asimismo, están disponibles para líquenes arborícolas y algunos hongos.

México, como poseedor de la mayor riqueza mundial de especies de encino (168 especies), y de endemismo (104 especies), tiene un gran compromiso en el conocimiento y protección de este grupo. En este compromiso **es necesario tomar en cuenta los requerimientos ambientales limitados en los que se desarrollan la mayoría de los endemismos de encinos, su ciclo de vida largo, y el calentamiento global que las hace más vulnerables, sugiriendo que algunas de ellas pueden estar en riesgo de desaparecer.** Tomando en cuenta su papel predominante en los ecosistemas terrestres, si la especie de encino desaparece, la amenaza o desaparición también se extenderá a las especies asociadas a ella.

Desafortunadamente, existen numerosas especies de encinos amenazadas en México, aunque ninguna está incluida en la Norma Oficial Mexicana para la Protección de Especies Nativas de México, NOM-059-SEMARNAT-2010. Además, para varias especies ni siquiera existe la información básica para emitir un criterio de amenaza (ver capítulo 9). Lo anterior resalta la necesidad de atender y estudiar diferentes aspectos de las especies del género, para de esta manera poder elaborar propuestas de regeneración, manejo y conservación de los ecosistemas de las zonas del hemisferio norte en donde los encinares se encuentran. Sin embargo, estas propuestas, particularmente las de regeneración se pueden ver afectadas por la pérdida de bellotas en el ecosistema (por herbivoría), pérdida de viabilidad de las bellotas (ya que son recalcitrantes), ambientes abióticos desfavorables durante la germinación y el establecimiento de las plántulas entre otros más, todos ellos relacionados con las semillas de los encinos, de ahí la importancia de este manual.





Fotografía: Maricela Rodríguez-Acosta
Quercus lancifolia

Allen J. Coombes ²,
Susana Valencia-Avalos ¹ y
Maricela Rodríguez-Acosta ²

¹ Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM)

² Jardín Botánico Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (JBU-BUAP).

II LA IMPORTANCIA DE CULTIVAR ENCINOS

Siendo el género *Quercus*, un género de árboles tan diverso y abundante en México, con las características y funciones citadas en el capítulo anterior, su importancia no debería cuestionarse. Sin embargo, se pueden mencionar al menos 10 razones fundamentales para cultivarlos.

- 1) México alberga el mayor número de especies de encinos en el mundo
- 2) El 62 % de ellos son endémicos
- 3) La deforestación de los bosques de encino y de encino-pino se encuentran entre las más altas del país
- 4) Los bosques de encinos se encuentran en altitudes que alojan las poblaciones con mayor número de habitantes en el país
- 5) Los bosques de encino son de los más ricos en diversidad vegetal
- 6) Un solo árbol de encino alberga hasta 200 especies de organismos diferentes
- 7) Son muy longevos, pues llegan a durar hasta más de 1000 años
- 8) Son de crecimiento lento por lo que se debe invertir mayor esfuerzo en su cultivo y crecimiento
- 9) Su importancia ecológica y biológica es invaluable, por ello deben conservarse, y finalmente
- 10) Los encinos son árboles muy ornamentales para el paisaje.

Para ilustrar mejor estas razones, a continuación, se resaltan algunas características que respaldan el interés existente en cultivar este grupo de plantas.

Grandes tallas alcanzadas

Los árboles de *Quercus skinneri* alcanzan hasta de 60 m en las selvas altas perennifolias. *Q. insignis*, *Q. corrugata*, *Q. meavei*, *Q. delgadoana* y *Q. rubramenta* suelen ser árboles emergentes en comunidades con altos requerimientos de humedad, estas especies pueden formar bosques riparios casi monoespecíficos. Por el contrario, *Q. glaucoides*, *Q. magnoliifolia*, *Q. urbani*, *Q. desarticola* se desarrollan en zonas semisecas, y forman comunidades más bajas de entre 12 y 18 m de altura. Por su parte *Q. oleoides* y *Q. sapotifolia* son especies características de regiones tropicales, en donde pueden alcanzar alturas de 20 m o más. En contraste con las anteriores, especies como: *Q. pacifica*, *Q. pringlei* y *Q. eduardi*, pueden vivir en climas más secos, que reciben de 250 a 550 mm de precipitación por año y en donde pueden formar comunidades arbustivas o chaparrales (Fig. 3).



Figura 3. / Fotografías: Maricela Rodríguez-Acosta

Diversidad de encinos mostrando las variables formas biológicas y ecosistemas. a) *Quercus rubramenta*, b) *Q. oleoides*, c) *Q. corrugata*, d) *Q. glaucoides*, e) *Q. repanda*, y f) *Q. liebmannii* con *Q. magnoliifolia*.

Distribución contrastante

Al igual que ocurre en Europa, en donde *Q. petraea* y *Q. robur* tienen una amplia distribución, *Q. rugosa*, *Q. crassifolia* y *Q. polymorpha* (Fig. 4) lo tienen en el nuevo mundo, pero la mayoría de las especies presentan distribución limitada a alguna región, destacando el endemismo de especies de encinos mexicanos que se documenta en 104 especies, equivalente entre el 17.33 y 26 % de todas las especies de encinos del mundo, estimadas entre 400 y 600 especies del género *Quercus*.



Q. polymorpha



Q. rugosa



Q. crassifolia

Figura 4. / Fotografías: Maricela Rodríguez-Acosta
Especies de *Quercus* de amplia distribución en México.

Riqueza de especies y endemismo

México se reconoce como el principal centro de riqueza a nivel mundial con más de 160 especies agrupadas en cuatro secciones del subgénero *Quercus* (*Quercus*, *Lobatae*, *Protobalanus* y *Virentes*), distribuidas desde el nivel del mar hasta poco más de 3200 msnm, aunque la mayor concentración se presenta entre los 1200 y 2700 msnm. Todos estos grupos con excepción de *Protobalanus* existen en Centroamérica. Existen algunos encinos compartidos entre México y Centroamérica, como *Quercus skinneri*, *Q. trinitatis*, *Q. oleoides*, *Q. bumelioides*, *Q. insignis* y *Q. brenesii*, el cual a veces se considera sinónimo de *Q. cortesii*, (Fig. 5); algunos encinos están restringidos a Centroamérica como *Quercus gulielmi-treleasei*, *Q. costaricensis*, *Q. eugeniifolia* y *Q. flagellifera* (Fig. 6).



Figura 5. / Fotografías: Francisco Garín

Encinos compartidos entre México y Centroamérica. a) *Q. insignis*, b) *Q. skinneri*, c) *Q. brenesii*, algunas veces reconocido como sinónimo de *Q. cortesii* y d) *Q. bumelioides*



Figura 6. / Fotografías: Francisco Garin
Encinos centroamericanos. a) *Q. gulielmi-treleasei*, b) *Q. costaricensis*, c) *Q. eugeniifolia*, d) *Q. flagellifera*.

Longevidad

Las especies del género *Quercus* son plantas longevas, que tardan muchos años en llegar a la etapa reproductiva, siendo ésta, entre los tres y los 50 años, llegan a vivir más de 900 y cada año (o en periodos más distantes) producen miles de bellotas que asegurarán su descendencia. A lo largo de toda su vida, se considera que un árbol longevo de encino que haya vivido alrededor de 900 años, puede producir más de 10 000 000 de bellotas, todas distintas genéticamente. No obstante, su alta capacidad reproductiva en algunas especies, principalmente las arbustivas, presentan también reproducción vegetativa a través de renuevos rizomatosos, formando grandes extensiones de plantas con el mismo genoma.

Las **características** resaltadas hacen de los encinos un género de plantas versátil que se ajusta a diferentes propósitos de utilidad para la humanidad. Sus tallas variables se adaptan a diferentes ambientes desde los bosques naturales hasta las carreteras y ciudades, sus distribuciones contrastantes proporcionan material vegetal apto a diferentes ecosistemas, su diversidad de especies y endemismos abarca casi todo el territorio mexicano y centroamericano, por lo que deben de reproducirse para conservarse y su longevidad nos habla de su gran papel que tienen en el mantenimiento del equilibrio ecológico de los ecosistemas. Dado el gran número de especies de encino en toda América tropical, se incluye la lista de encinos que se tiene la completa certeza existen en México (Tabla 1), algunos de los cuales se extienden hacia el Sur de Estados Unidos y otros hacia América Central. La intención de la lista es apoyar a los lectores y propagadores de encinos a conocer la **sección** a la que pertenecen las especies de su zona ya que cada una de ellas tienen **diferentes características de germinación** y de esta manera podrán elegir las mejores condiciones para una propagación más exitosa.



Tabla 1.

Especies de encinos mexicanos. Se incluyen sus Secciones y categorías de amenaza.

- **Secciones:** **L:** Lobatae (encinos rojos), **Q:** Quercus (encinos blancos), **V:** Virentes, **P:** Protobalanus
- **Distribución:** **BZ** Belice, **CA** Canadá, **CR** Costa Rica, **GT** Guatemala, **HN** Honduras, **MX** México, **NI** Nicaragua, **PA** Panamá, **SV** San Salvador, **US** Estados Unidos
- **Categorías de amenaza:** **CR**= amenaza crítica, **EN**=amenazada, **VU**= vulnerable, **NT**=casi amenazada, **LC**=preocupación menor, **DD**=datos insuficientes, **NE**=no evaluada

* Datos de Carrero, et al., 2020

ESPECIE	SECCIÓN	DISTRIBUCIÓN	CATEGORÍA DE AMENAZA*	DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO
<i>Quercus acatenangensis</i>	L	GT, MX, SV	LC	Oaxaca, Chiapas
<i>Quercus acherdophylla</i>	L	MX	DD	Veracruz, Puebla, Hidalgo, Oaxaca
<i>Quercus acutifolia</i>	L	BZ, GT, HN, MX	VU	México State, Jalisco, Guerrero, Colima, Chiapas, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro, Veracruz, Tlaxcala
<i>Quercus aerea</i>	Q	MX	DD	Chihuahua
<i>Quercus affinis</i>	L	MX	LC	Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, Nuevo León, Hidalgo, Guanajuato, Oaxaca, Puebla, Veracruz
<i>Quercus agrifolia</i>	L	MX, US	LC	Baja California
<i>Quercus ajoensis</i>	Q	MX, US	VU	Baja California, Baja California Sur, Sonora
<i>Quercus albocincta</i>	L	MX	LC	Sonora, Durango, Chihuahua, Sinaloa
<i>Quercus alpelescens</i>	O	MX	DD	Hidalgo
<i>Quercus ariifolia</i>	Q	MX	NT	Hidalgo, Nuevo León, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Veracruz
<i>Quercus aristata</i>	L	MX	LC	Sinaloa, Nayarit, Jalisco
<i>Quercus arizonica</i>	Q	MX, US	LC	Baja California Sur, Coahuila, Durango, Nuevo León, Sinaloa, Sonora
<i>Quercus barrancana</i>	Q	MX	DD	Chihuahua, Sonora
<i>Quercus benthamii</i>	L	CR, GT, MX, PA	NT	Chiapas, Oaxaca
<i>Quercus berberidifolia</i>	Q	MX, US	LC	Baja California
<i>Quercus brandegeei</i>	V	MX	EN	Baja California Sur

ESPECIE	SECCIÓN	DISTRIBUCIÓN	CATEGORÍA DE AMENAZA*	DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO
<i>Quercus breedloveana</i>	L	MX	DD	Chiapas, Guerrero
<i>Quercus bumelioides</i>	Q	CR, GT, MX, NI, PA	LC	Chiapas
<i>Quercus calophylla</i>	L	GT, MX	LC	Oaxaca, Nayarit, Morelos, Jalisco, Hidalgo, Veracruz, Sinaloa, Puebla, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guerrero, Michoacán, México State, Ciudad de México, Colima
<i>Quercus canbyi</i>	L	MX	LC	Tamaulipas, San Luis Potosí, Nuevo León, Coahuila
<i>Quercus carmenensis</i>	Q	MX, US	EN	Coahuila
<i>Quercus castanea</i>	L	SV, GT, MX	LC	Michoacán, México State, Ciudad de México, Jalisco, Hidalgo, Guerrero, Guanajuato, Durango, Veracruz, Sonora, Sinaloa, San Luis Potosí, Puebla, Oaxaca, Nayarit, Morelos, Chiapas, Colima
<i>Quercus cedrosensis</i>	P	MX, US	VU	Baja California
<i>Quercus centenaria</i>	Q	MX	DD	Colima, Jalisco, Nayarit
<i>Quercus chihuahuensis</i>	Q	MX, US	LC	Zacatecas, Sonora, Sinaloa, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Durango, Chihuahua, Aguascalientes
<i>Quercus chrysolepis</i>	P	MX, US	LC	Baja California
<i>Quercus clivicola</i>	Q	MX	NE	Nuevo León
<i>Quercus coahuilensis</i>	L	MX	DD	Chihuahua, Coahuila
<i>Quercus coffeicolor</i>	L	MX	DD	Jalisco, Nayarit, Sinaloa
<i>Quercus confertifolia</i>	L	MX	LC	Sinaloa, Zacatecas, Durango, Nayarit, Jalisco, Aguascalientes, Guanajuato, Michoacán
<i>Quercus convallata</i>	Q	MX	LC	Durango, Nayarit, Jalisco, Zacatecas
<i>Quercus conzattii</i>	L	MX	LC	Oaxaca, Puebla
<i>Quercus cordifolia</i>	Q	MX	NE	Coahuila, Zacatecas, Nuevo León, Durango
<i>Quercus cornelius-mulleri</i>	Q	MX, US	LC	Baja California
<i>Quercus corrugata</i>	Q	BZ, CR, SV, GT, HN, MX	LC	Veracruz, Puebla, Oaxaca, Hidalgo, Chiapas
<i>Quercus cortesii</i>	L	BZ, CR, GT, HN, MX, NI, PA, SV	NT	Puebla, Veracruz, Chiapas
<i>Quercus crassifolia</i>	L	GT, MX	LC	Morelos, Michoacán, México State, Ciudad de México, Jalisco, Hidalgo, Guerrero, Guanajuato, Zacatecas, Veracruz, Tlaxcala, San Luis Potosí, Querétaro, Puebla, Oaxaca, Nuevo León, Chiapas, Chihuahua, Durango
<i>Quercus crassipes</i>	L	MX	LC	Tlaxcala, Colima, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Ciudad de México, México State, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Querétaro
<i>Quercus crispifolia</i>	L	SV, GT, HN, MX	NT	Chiapas, Guerrero, Oaxaca
<i>Quercus crispipilis</i>	L	GT, MX	NT	Chiapas



ESPECIE	SECCIÓN	DISTRIBUCIÓN	CATEGORÍA DE AMENAZA*	DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO
<i>Quercus cualensis</i>	L	MX	EN	Jalisco
<i>Quercus cupreata</i>	L	MX	EN	Nuevo León
<i>Quercus delgadoana</i>	L	MX	EN	Veracruz, Puebla, Hidalgo
<i>Quercus deliquescens</i>	Q	MX	DD	Chihuahua, Coahuila, Durango, Zacatecas
<i>Quercus depressa</i>	L	MX	LC	Puebla, Veracruz, Hidalgo, Oaxaca
<i>Quercus depressipes</i>	Q	MX, US	LC	Chihuahua, Durango, Zacatecas, Jalisco, Querétaro, Aguascalientes
<i>Quercus deserticola</i>	Q	MX	LC	Querétaro, Puebla, Oaxaca, Michoacán, México State, Ciudad de México, Jalisco, Hidalgo, Guanajuato, Colima
<i>Quercus devia</i>	L	MX	EN	Baja California Sur, Baja California
<i>Quercus diversifolia</i>	Q	MX	EN	México State
<i>Quercus dumosa</i>	Q	MX, US	EN	Baja California
<i>Quercus durifolia</i>	L	MX	NT	Sonora, Durango, Zacatecas, Sinaloa, Chihuahua
<i>Quercus eduardi</i>	L	MX	LC	Zacatecas, Veracruz, Aguascalientes, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas
<i>Quercus edwardsiae</i>	Q	MX	DD	Nuevo León
<i>Quercus elliptica</i>	L	BZ, SV, GT, HN, MX, NI	LC	Sinaloa, Veracruz, Chiapas, Guerrero, México State, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Jalisco
<i>Quercus emoryi</i>	L	MX, US	LC	Durango, Tamaulipas, Coahuila, Sonora, Chihuahua, Nuevo León, Zacatecas, San Luis Potosí
<i>Quercus engelmannii</i>	Q	MX, US	EN	Baja California
<i>Quercus flocculenta</i>	L	MX	EN	Nuevo León, Tamaulipas
<i>Quercus frutex</i>	Q	MX	LC	Tlaxcala, Puebla, Oaxaca, Michoacán, México State, Ciudad de México, Hidalgo
<i>Quercus fulva</i>	L	MX	LC	Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Durango
<i>Quercus furfuracea</i>	L	MX	VU	Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí
<i>Quercus fusiformis</i>	V	MX, US	LC	Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Veracruz
<i>Quercus galeanensis</i>	L	MX	EN	Tamaulipas, Nuevo León
<i>Quercus gambelii</i>	Q	MX, US	LC	Chihuahua, Coahuila, Sonora
<i>Quercus germana</i>	Q	MX	LC	Puebla, Veracruz, San Luis Potosí, Hidalgo, Tamaulipas, Oaxaca, Querétaro
<i>Quercus ghiesbreghtii</i>	L	MX	DD	Veracruz
<i>Quercus glabrescens</i>	L	MX	LC	Ciudad de México, Hidalgo, Veracruz, Tlaxcala, Querétaro, Puebla, Oaxaca, México State
<i>Quercus glaucescens</i>	Q	MX	LC	Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Veracruz
<i>Quercus glaucoides</i>	Q	MX	LC	Puebla, Oaxaca, Michoacán, México State, Jalisco, Hidalgo, Guerrero, Guanajuato, Morelos, Zacatecas

ESPECIE	SECCIÓN DISTRIBUCIÓN		CATEGORÍA DE AMENAZA*	DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO
<i>Quercus graciliformis</i>	L	MX, US	CR	Chihuahua, Coahuila
<i>Quercus grahamii</i>	L	MX	DD	Veracruz, Colima, Guerrero, Jalisco, México State, Michoacán, Morelos, Nayarit, Oaxaca, Puebla, Tlaxcala
<i>Quercus gravesii</i>	L	MX, US	LC	Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas
<i>Quercus greggii</i>	Q	MX	LC	Zacatecas, Veracruz, Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, Puebla, Oaxaca, Nuevo León, Hidalgo, Coahuila
<i>Quercus grisea</i>	Q	MX, US	LC	Sonora, Coahuila, Chihuahua, Veracruz, San Luis Potosí, Querétaro, Nuevo León, Jalisco, Hidalgo, Zacatecas, Aguascalientes, Durango, Guanajuato, Puebla
<i>Quercus hinckleyi</i>	Q	MX, US	CR	Chihuahua
<i>Quercus hintonii</i>	L	MX	EN	México State
<i>Quercus hintoniorum</i>	L	MX	VU	Coahuila, Tamaulipas, Nuevo León
<i>Quercus hirtifolia</i>	L	MX	EN	Puebla, Hidalgo, Veracruz
<i>Quercus huicholensis</i>	L	MX	NE	Durango, Jalisco, Nayarit, Zacatecas
<i>Quercus hypoleuroides</i>	L	MX, US	LC	Sonora, Coahuila, Chihuahua
<i>Quercus hypoxantha</i>	L	MX	LC	San Luis Potosí, Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas
<i>Quercus ignaciensis</i>	Q	MX	DD	Sonora
<i>Quercus iltisii</i>	L	MX	NT	Colima, Jalisco
<i>Quercus insignis</i>	Q	BZ, CR, GT, HN, MX, NI, PA	EN	Veracruz, Oaxaca, Chiapas, Jalisco, Guerrero, Puebla
<i>Quercus intricata</i>	Q	MX, US	LC	Zacatecas, Nuevo León, Durango, Coahuila, Chihuahua, Oaxaca
<i>Quercus invaginata</i>	Q	MX	LC	Coahuila, Nuevo León
<i>Quercus jonesii</i>	L	MX	LC	Sonora, San Luis Potosí, Nayarit, Jalisco, Guanajuato, Durango, Chihuahua, Aguascalientes, Nuevo León, Sinaloa, Zacatecas
<i>Quercus kelloggii</i>	L	MX, US	LC	Baja California
<i>Quercus laceyi</i>	Q	MX, US	LC	Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas
<i>Quercus laeta</i>	Q	MX	LC	Nayarit, Michoacán, México State, Ciudad de México, Jalisco, Hidalgo, Guanajuato, Durango, Coahuila, Zacatecas, Tlaxcala, Tamaulipas, Sinaloa, San Luis Potosí, Querétaro, Puebla, Oaxaca, Nuevo León, Aguascalientes
<i>Quercus lancifolia</i>	Q	BZ, CR, SV, GT, HN, MX, NI, PA	LC	Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, Veracruz
<i>Quercus laurina</i>	L	SV, GT, MX	LC	Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Veracruz, Michoacán, México State, Ciudad de México, Morelos, Tlaxcala, Puebla, Guerrero, Oaxaca, Colima
<i>Quercus liebmannii</i>	Q	MX	LC	Guerrero, Oaxaca, Michoacán, Puebla
<i>Quercus macdougallii</i>	Q	MX	EN	Oaxaca



ESPECIE	SECCIÓN	DISTRIBUCIÓN	CATEGORÍA DE AMENAZA*	DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO
<i>Quercus magnoliifolia</i>	Q	MX	LC	Sinaloa, Nayarit, Morelos, Michoacán, México State, Puebla, Oaxaca, Colima, Guerrero, Jalisco, Veracruz
<i>Quercus martinezii</i>	Q	MX	LC	México State, Nayarit, Guerrero, Jalisco, Oaxaca, Michoacán
<i>Quercus mcvaughii</i>	L	MX	NT	Sonora, Durango, Chihuahua, Sinaloa
<i>Quercus meavei</i>	L	MX	VU	Hidalgo, Puebla, San Luis Potosí, Veracruz
<i>Quercus melissae</i>	Q	GT, MX	DD	Chiapas
<i>Quercus mexiae</i>	L	MX	DD	Jalisco
<i>Quercus mexicana</i>	L	MX	LC	Veracruz, Tlaxcala, Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, Coahuila, Guanajuato, Hidalgo, Ciudad de México, México State, Nuevo León, Puebla
<i>Quercus microphylla</i>	Q	MX	LC	Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, Aguascalientes, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Nuevo León, Oaxaca, Puebla
<i>Quercus miquihuanensis</i>	L	MX	EN	Tamaulipas, Nuevo León
<i>Quercus mohriana</i>	Q	MX, US	LC	Coahuila, Chihuahua
<i>Quercus muehlenbergii</i>	Q	CA, MX, US	LC	Nuevo León, Coahuila, Tamaulipas
<i>Quercus mulleri</i>	Q	MX	CR	Oaxaca
<i>Quercus nixoniana</i>	L	MX	EN	Guerrero, Jalisco, Oaxaca
<i>Quercus oblongifolia</i>	Q	MX, US	LC	Sonora, Coahuila, Chihuahua, Baja California Sur, Durango
<i>Quercus obtusata</i>	Q	MX	LC	Michoacán, México State, Ciudad de México, Jalisco, Hidalgo, Guerrero, San Luis Potosí, Querétaro, Puebla, Oaxaca, Nayarit, Morelos, Colima, Guanajuato, Tlaxcala, Veracruz, Zacatecas
<i>Quercus oleoides</i>	V	BZ, CR, GT, HN, MX	NT	Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Veracruz, Tamaulipas, Tabasco, San Luis Potosí, Querétaro, Puebla
<i>Quercus opaca</i>	Q	MX	DD	San Luis Potosí, Nuevo León, Hidalgo
<i>Quercus palmeri</i>	P	MX, US	NT	Baja California
<i>Quercus paxtalensis</i>	L	MX	DD	Veracruz, Oaxaca, Hidalgo, Chiapas, Puebla
<i>Quercus peduncularis</i>	Q	BZ, SV, GT, HN, MX	LC	Veracruz, Puebla, Oaxaca, Chiapas, Colima, Guerrero, Jalisco, México State, Michoacán
<i>Quercus peninsularis</i>	L	MX	NT	Baja California
<i>Quercus pennivenia</i>	L	MX	NE	Durango, Sinaloa
<i>Quercus perpallida</i>	Q	MX	DD	Chihuahua, Sonora, Sinaloa
<i>Quercus pinnativenulosa</i>	L	MX	NT	Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz, Hidalgo, Puebla
<i>Quercus planipocula</i>	L	MX	LC	Sinaloa, Nayarit, Michoacán, Jalisco, Guerrero
<i>Quercus polymorpha</i>	Q	GT, HN, MX, US	LC	Chiapas, Puebla, Hidalgo, Oaxaca, Nuevo León, Tamaulipas, Veracruz, Querétaro, San Luis Potosí
<i>Quercus porphyrogenita</i>	Q	MX	DD	Nuevo León, Tamaulipas, Coahuila

ESPECIE	SECCIÓN	DISTRIBUCIÓN	CATEGORÍA DE AMENAZA*	DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO
<i>Quercus potosina</i>	Q	MX	LC	Zacatecas, San Luis Potosí, Querétaro, Jalisco, Guanajuato, Durango, Aguascalientes, Tamaulipas
<i>Quercus praeco</i>	Q	MX	LC	Jalisco, Nayarit, Zacatecas, Aguascalientes
<i>Quercus pringlei</i>	Q	MX	LC	Zacatecas, Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, Nuevo León, Hidalgo, Coahuila
<i>Quercus pungens</i>	Q	MX, US	LC	Durango, Coahuila, Chihuahua
<i>Quercus purulhana</i>	Q	BZ, GT, HN, MX, NI	NT	Chiapas
<i>Quercus radiata</i>	L	MX	EN	Jalisco, Durango, Zacatecas
<i>Quercus rekonis</i>	Q	MX	DD	Oaxaca
<i>Quercus repanda</i>	Q	MX	LC	Puebla, Veracruz, San Luis Potosí, Hidalgo, Querétaro, Guanajuato, Michoacán
<i>Quercus resinosa</i>	Q	MX	LC	Zacatecas, Aguascalientes, Durango, Guanajuato, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Querétaro, San Luis Potosí
<i>Quercus rubramenta</i>	L	MX	VU	Guerrero, Oaxaca
<i>Quercus rugosa</i>	Q	GT, HN, MX, US	LC	Aguascalientes, Colima, Guanajuato, Chiapas, Durango, Guerrero, Jalisco, Michoacán, Hidalgo, México State, Morelos, Zacatecas, Veracruz, Tlaxcala, Puebla, Oaxaca, Sonora, San Luis Potosí, Querétaro, Coahuila, Baja California Sur, Chihuahua, Sinaloa
<i>Quercus runcinatifolia</i>	L	MX	EN	Nuevo León
<i>Quercus rysophylla</i>	L	MX	NT	Hidalgo, Nuevo León, Querétaro, San Luis Potosí, Tamaulipas, Veracruz
<i>Quercus salicifolia</i>	L	CR, BZ, SV, GT, HN, MX, NI, PA	LC	Jalisco, Oaxaca, Michoacán, Chiapas, Colima, Guerrero
<i>Quercus saltillensis</i>	L	MX	NT	Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas, Zacatecas
<i>Quercus sapotifolia</i>	L	BZ, CR, SV, GT, HN, MX, PA	LC	Chiapas, Hidalgo, Oaxaca, Puebla, San Luis Potosí, Veracruz
<i>Quercus sartorii</i>	L	MX	NT	Tamaulipas, Puebla, Oaxaca, Hidalgo, San Luis Potosí, Veracruz
<i>Quercus scytophylla</i>	L	MX	LC	Sonora, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guerrero, Jalisco, México State, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa, Puebla
<i>Quercus sebifera</i>	Q	MX	LC	Chiapas, Puebla, San Luis Potosí, Hidalgo, Oaxaca, Nuevo León, Tamaulipas, Veracruz
<i>Quercus seemannii</i>	L	MX, CR, SV, GT, HN, NI, PA	NE	Chiapas

ESPECIE	SECCIÓN	DISTRIBUCIÓN	CATEGORÍA DE AMENAZA*	DISTRIBUCIÓN EN MÉXICO
<i>Quercus segoviensis</i>	Q	SV, GT, HN, MX, NI	LC	Chiapas, Oaxaca
<i>Quercus sideroxyla</i>	L	MX	LC	Tamaulipas, Sonora, San Luis Potosí, Jalisco, Guanajuato, Coahuila, Chihuahua, Aguascalientes, Nuevo León, Zacatecas, Durango, Michoacán
<i>Quercus sinuata</i>	Q	MX, US	LC	Coahuila, Nuevo León, Tamaulipas
<i>Quercus skinneri</i>	L	BZ, CR, SV, GT, HN, MX, PA	NT	Chiapas, Oaxaca, Veracruz
<i>Quercus sororia</i>	Q	MX	LC	Guerrero, Jalisco, Michoacán, Nayarit, Oaxaca, Sinaloa, Morelos, Durango
<i>Quercus striatula</i>	Q	MX	LC	Zacatecas, Aguascalientes, Chihuahua, Durango, Guanajuato
<i>Quercus subspathulata</i>	Q	MX	LC	Chihuahua, Sonora, Sinaloa, Durango, Nayarit, Jalisco, Michoacán
<i>Quercus supranitida</i>	Q	MX	DD	Nuevo León
<i>Quercus tarahumara</i>	L	MX	LC	Sonora, Sinaloa, Durango, Chihuahua
<i>Quercus tinkhamii</i>	Q	MX	DD	Hidalgo, Nuevo León, San Luis Potosí, Tamaulipas
<i>Quercus tomentella</i>	P	MX, US	EN	Baja California
<i>Quercus toumeyi</i>	Q	MX, US	DD	Chihuahua, Sonora
<i>Quercus toxicodendrifolia</i>	Q	MX	DD	Hidalgo, Puebla, Veracruz, Chiapas
<i>Quercus trinitatis</i>	L	SV, MX	DD	Puebla, Oaxaca, Hidalgo, Chiapas
<i>Quercus tristis</i>	L	MX	NE	Chiapas
<i>Quercus tuberculata</i>	Q	MX	LC	Baja California, Sonora, Sinaloa, Nuevo León, Nayarit, Durango, Chihuahua
<i>Quercus tuitensis</i>	L	MX	VU	Colima, Jalisco
<i>Quercus turbinella</i>	Q	MX, US	LC	Baja California, Chihuahua, Sonora
<i>Quercus undata</i>	Q	MX	DD	Durango
<i>Quercus urbani</i>	L	MX	LC	Durango, Guerrero, Jalisco, México State, Nayarit, Sinaloa, Sonora
<i>Quercus uxoris</i>	L	MX	LC	Guerrero, Jalisco, Oaxaca, Colima, Michoacán
<i>Quercus vaseyana</i>	Q	MX, US	LC	Nuevo León, Chihuahua, Tamaulipas
<i>Quercus verde</i>	Q	MX	DD	Nuevo León
<i>Quercus vicentensis</i>	Q	SV, MX	VU	Chiapas
<i>Quercus viminea</i>	L	MX, US	LC	Sonora, Chihuahua, Aguascalientes, Durango, Jalisco, Nayarit, Sinaloa, Guanajuato, San Luis Potosí
<i>Quercus wislizeni</i>	L	MX, US	LC	Baja California
<i>Quercus xalapensis</i>	L	GT, HN, MX, NI	LC	Veracruz, Hidalgo, Tamaulipas, Puebla, Oaxaca, San Luis Potosí, Chiapas, Querétaro
<i>Quercus xylina</i>	Q	MX	NT	Sinaloa, Jalisco, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Querétaro

Características generales y ciclo de vida

Los interesados en cultivar encinos, deben conocer información básica sobre el ciclo de vida de los encinos, ya que este conocimiento permite planear las actividades de reconocimiento y colecta de especies, a la vez que podrán reconocer si las especies fructifican cada año o cada dos. De la misma manera entenderán que las especies de este género tienen unas características que son afectadas por el clima y sus cambios tendrán un efecto considerable en su ciclo de vida.

Los encinos o robles son angiospermas leñosas pertenecientes a la familia Fagaceae, se distinguen por la formación de bellotas (que incluye una nuez de cáscara dura y una cúpula escamosa), hojas simples alternas, con estípulas caedizas, y yemas escamosas. Son predominantemente monoicos, es decir que las flores masculinas y femeninas viven en el mismo árbol.

Flores masculinas y femeninas

Sus flores masculinas se disponen en amentos, mientras las femeninas en ejes que tienden a lignificarse y su polinización es anemófila o sea por el viento (Fig. 7).



Flores masculinas (amentos) en *Q. liebmannii*



Flores femeninas en desarrollo en *Q. aff. miquihuanensis*

Figura 7. / Fotografías: Maricela Rodríguez-Acosta
Flores masculinas y femeninas en especies de *Quercus*

Epoca de floración

La época de floración se presenta en los meses de mayor sequía y viento; en México el porcentaje más alto de floración se da entre febrero y abril, cuando el viento favorece la polinización anemófila, aunque puede haber floración desde enero y prolongarse hasta mayo.

Fructificación

La fructificación se presenta mayoritariamente desde junio hasta diciembre. Los frutos pueden tardar una estación en madurar, es decir, algunos maduran el mismo año en el que se producen las flores femeninas y son polinizadas, mientras que en otras especies los frutos maduran hasta el siguiente año después de que las flores y la polinización se efectuaron (Fig. 8).



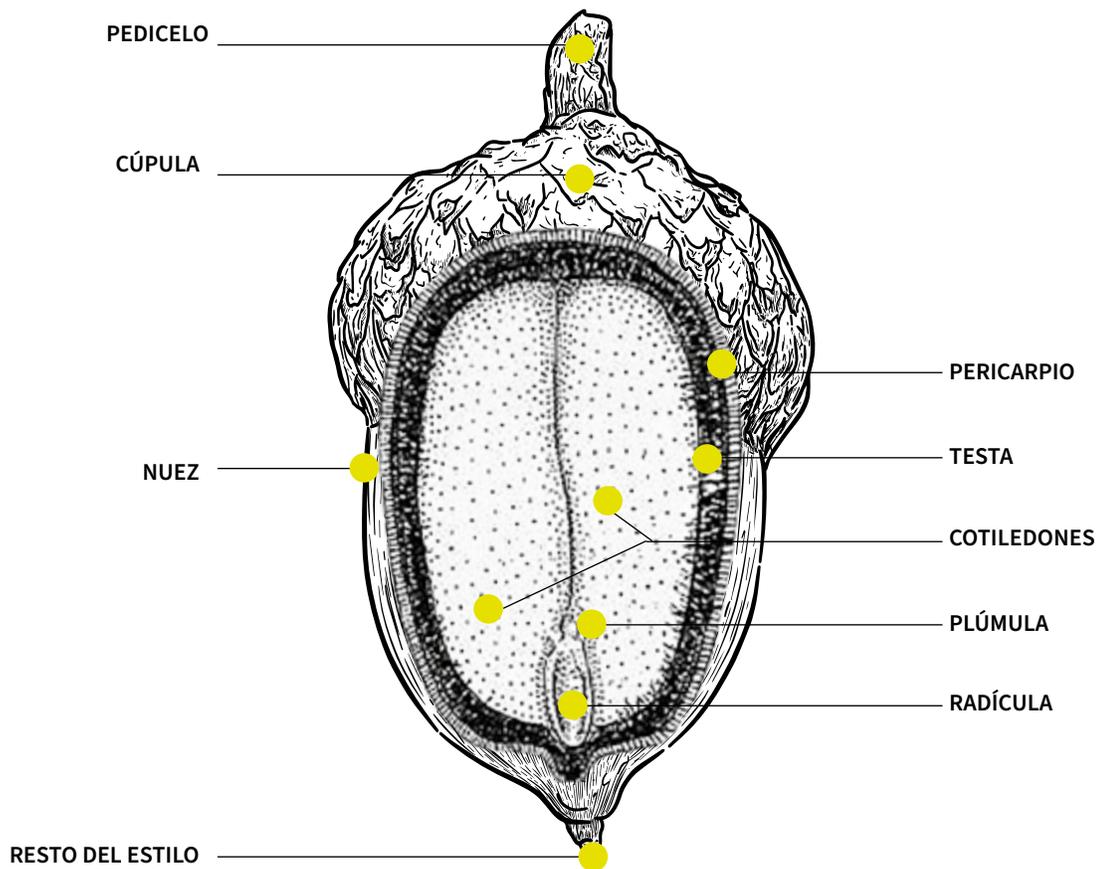
Figura 8. / Fotografía: Allen J. Coombes

Especie de Quercus xalapensis mostrando la presencia de bellotas que maduran en 2 años

Frutos

Los frutos técnicamente son nueces conocidas como bellotas, las cuales están cubiertas en su base por una copa o cúpula escamosa, llevando la semilla en su interior (Esq. 1 y Fig. 9). La dispersión se da cuando la bellota madura y cae al suelo, aunque muchos consumidores como mamíferos y aves también pueden funcionar como dispersores.

Esquema 1. Corte transversal de una bellota



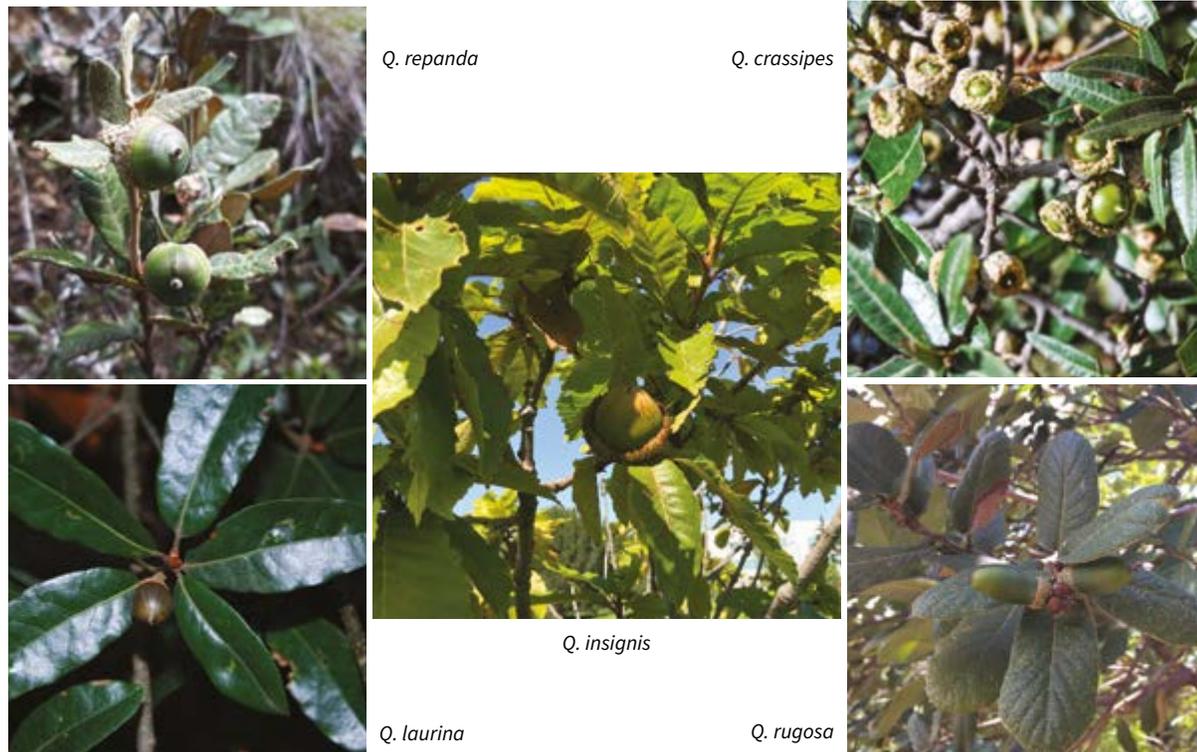


Figura 9. / Fotografías: Maricela Rodríguez-Acosta
Frutos de diferentes especies de *Quercus* mostrando las bellotas y cúpulas.

Autoincompatibilidad

Los encinos presentan autoincompatibilidad, aunque esta no es absoluta. El polen proveniente de árboles distintos de la misma especie es más exitoso en la formación de frutos, es decir, la fecundación cruzada es la predominante, lo que en parte es la causa de la alta variación genética que se presenta en encinos.

Variación genética

Cuando hay dos o más especies de la misma sección creciendo juntos, se pueden formar híbridos. Cruces repetidos de estos últimos con las especies parentales, conducen a la introgresión, donde un árbol parece pertenecer a una especie, pero también muestra caracteres de otras. Esto se suma a la ya existente gran variación genética observada en las poblaciones de encinos mexicanos.



Fotografía: Maricela Rodríguez-Acosta
Quercus sp.

*Allen J. Coombes*²

² Jardín Botánico Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (JBU-BUAP).

III COLECTA Y ALMACENAMIENTO DE BELLotas. ASPECTOS CLAVES

Los encinos producen de manera sincrónica y masiva frutos o bellotas de todas las plantas de una región en periodos irregulares que van de 2 a 9 años. Estos periodos son conocidos como semillación (en español) y más comúnmente como mast o masting, en inglés. La hipótesis más reciente para explicar estas diferencias en producciones de frutos es la limitación del polen (polen escaso), lo que determina el masting en diferentes grupos de plantas incluyendo encinos (Fig. 10).

La producción masiva de bellotas en lapsos intermitentes de varios años tiene repercusiones en toda la red trófica relacionada con el consumo de bellotas, tanto en las poblaciones de consumidores directos (mamíferos y aves principalmente) como en las de los consumidores indirectos.

*Q. oleoides**Q. xalapensis*

Figura 10. / Fotografías: a) Maricela Rodríguez-Acosta, b) Lucio Caamaño
Diferentes producciones de bellotas en dos especies de *Quercus*, mostrando el masting en una de ellas, lo que se puede observar por el mayor número de bellotas producidas.

La germinación de las bellotas en lo general, tiene mucho que ver con el grupo o sección a la cual pertenecen; ya que después de su producción pueden germinar inmediatamente como muchas especies de encinos blancos que se producen entre junio y septiembre. Otras tienen que pasar por unos meses de reposo, como las de algunos encinos de la sección *Lobatae* cuyas bellotas se producen entre octubre y diciembre, después permanecen en la naturaleza sin germinar durante la época más fría y finalmente germinan cuando la temperatura y humedad incrementan, aunque existen especies de encino como *Q. hintonii*, *Q. hirtifolia* que pueden germinar inmediatamente caídas del árbol. Observaciones personales muestran que incluso algunas como *Q. magnoliifolia* o *Q. glaucooides* pueden ser vivíparas, iniciando su germinación cuando aún están en el árbol, y otras como *Q. germana* por ejemplo tienen poliembrionia (Fig. 11), lo que se observará en el número de plántulas producidas por una semilla.





Fig.11. / Fotografías: Maricela Rodríguez-Acosta
Bellotas de *Q. germana* germinando, mostrando dos embriones.

Las bellotas o semillas de los encinos tienen alto contenido de humedad y son consideradas recalcitrantes. Su porcentaje de germinación es alto, pero las que no germinan durante los primeros meses, perderán humedad y por tanto su viabilidad. Por tal motivo, las bellotas no forman parte de los bancos de semilla de los bosques, sino que forman bancos de plántulas esperando un claro o condiciones adecuadas de luz para crecer y alcanzar su talla regular.

Aunque en México no hay datos y es difícil evaluar la producción y germinación de semillas por árbol, datos del encino europeo *Q. petraea* señalan que puede haber entre 200 000 y 1 000 000 de plántulas de encino cada año por hectárea en los bosques de esta especie, pero entre el 68 y 94% de éstas se perderán por causas bióticas o abióticas, lo cual representa un porcentaje muy alto.

La semilla es, sin duda alguna, la forma más fácil y efectiva de propagar encinos o robles. Puede conducir rápidamente a la producción de grandes cantidades de plantas y puede garantizar una amplia diversidad genética en la descendencia. Aunque recoger bellotas en el bosque y sembrarlas es una tarea sencilla, la recolección con fines de conservación debe hacerse de una manera mucho más sistemática y rigurosa como se verá más adelante.

Hay tres recomendaciones importantes que se deben considerar antes de coleccionar semillas de encinos, más conocidas como bellotas, estas son:

Reconocimiento de las especies en el campo

Los encinos pueden ser muy difíciles de identificar y, aunque algunas especies son fácilmente reconocibles, otras no. Por lo tanto, antes de recolectar es importante investigar un poco para asegurarse de que se puedan identificar y localizar las especies correctas. Consulte una buena flora para encontrar caracteres por los cuales la especie en cuestión pueda ser reconocida y distinguida de las especies relacionadas que pueden crecer en la misma área. Los especímenes de herbario también deben examinarse y estos además proporcionarán detalles de dónde crece la especie y en qué época del año están maduras las bellotas. Anote los detalles de cualquier muestra con coordenadas y prepare un mapa de la distribución de la especie. Si es necesario, trabaje con alguien que conozca bien esta especie.

Es una buena idea hacer un viaje de campo antes de que las bellotas estén maduras para garantizar que las especies puedan ser reconocidas y registrar si se producirán bellotas. En este momento también es posible registrar ubicaciones adicionales, que siempre son valiosas para especies raras. Recolecte especímenes de herbario de todos los encinos o robles en el área, o al menos todos los robles en la misma sección, rojo o blanco (Fig. 12). Esto es importante porque los encinos a menudo pueden hibridarse en la naturaleza. Si alguna de las plántulas producidas no parece representar las especies estudiadas, pueden ser híbridos y si se conocen todos los robles en el área, es posible determinar a los progenitores. Se debe recordar que un solo árbol en el campo puede dar lugar a una o muy pocas plántulas en su vida, lo que está relacionado a las condiciones ambientales en las que se encuentra, pero la semilla recolectada puede producir en vivero tantas plántulas como bellotas sembradas en una sola temporada, si estas se coleccionaron en el momento adecuado.



Los bosques húmedos son lugares idóneos para muchas especies de encinos, a pesar de que su colecta se dificulta más que en las zonas áridas.



La destrucción del bosque avanza rápidamente por lo que se recomienda coleccionar el mayor número de especies de encinos existentes en ellos.



Se recomienda la colecta de bellotas en el mayor número de individuos posibles, sin embargo en ocasiones no existe más de un individuo en el área para coleccionar.

Figura 12. / Fotografías: Maricela Rodríguez-Acosta

Zonas favorables para la colecta de encinos y bellotas. Los encinos crecen en diferentes hábitats como se observa en estas fotografías.

Colecta de bellotas

La provisión de las bellotas es la clave para poder germinarlas y propagarlas masivamente, cuando colectarlas y como reconocer su estado sanitario son condiciones determinantes para garantizar la propagación.

¿Cuándo colectarlas?

El momento ideal para recolectar bellotas es cuando caen del árbol. Si no se observa que las bellotas caen, es mejor volver en una fecha posterior cuando ya estén maduras. Si han comenzado a caerse, entonces al menos algunas de las que estén en el suelo estarán saludables y es probable que otras en el árbol estén listas y puedan ser recogidas de las copas o al sacudir las ramas. Puede haber otras especies de encino en el área y las bellotas sobre el suelo pueden estar mezcladas. Si es posible, se recomienda comparar las bellotas que se encuentran en el suelo con aquellas que están en el árbol, de manera que es posible distinguirlas de las otras especies (Fig. 13).



Figura 13. / Fotografías: Maricela Rodríguez-Acosta
Bellotas de *Quercus* en diferentes estados de madurez. a) bellotas postmaduras y en mal estado, b) bellotas casi maduras, pero no completamente, c) bellotas en completo estado de madurez y d) bellotas en un 90% de madurez.

¿Cómo reconocer una bellota sana?

Es importante poder reconocer una buena bellota. Las que sean viables se sentirán frías al tacto, duras, sin agujeros y se verán brillantes. Si la mayoría de las bellotas están en el suelo, su estado puede depender de las condiciones del entorno. En áreas húmedas, es probable que las bellotas estén en buenas condiciones, ya que no se habrán secado e incluso podrían comenzar a germinar. En condiciones cálidas y secas, las bellotas pueden perder su viabilidad rápidamente, así que se debe buscar aquellas que hayan caído o rodado a lugares más húmedos, como debajo de las hojas o rocas. ¡Cuidado! las bellotas que todavía están en la copa después de caerse a menudo no son viables.

Almacenamiento de bellotas

Dependiendo de la cantidad de bellotas que se requieran, el almacenamiento puede ser un problema, por lo que se recomienda observar lo siguiente:



Recoger las bellotas en bolsas de plástico

Si se coloca un poco de tierra de la base del árbol en la bolsa se asegurará de que las bellotas tengan acceso a la micorriza asociada con esa especie.



Observar cuidadosamente el estado de las bellotas

Ya que si hay gusanos o larvas dentro de las bellotas estos emergerán después de unos días en la bolsa de plástico y para entonces habrán consumido el embrión. Por lo tanto, es necesario recolectar más bellotas de las que se necesitan, ya que las perforadas se tendrán que eliminar.



Recoger una muestra de herbario de la fuente del material

Herborizar una muestra de cada árbol del que se recogen las bellotas. Si se han caído las bellotas, recogerlas por separado en una bolsa de papel junto con las cápsulas y etiquetarlas para ligarse al ejemplar de herbario.



Semillas germinando si se pueden coleccionar

Si las semillas sobre el suelo están germinando, aún es posible usarlas. Estas deben colocarse en bolsas de plástico que contengan algo de turba húmeda o vermiculita, ya que la raíz puede pudrirse si se apoya contra el plástico húmedo de la bolsa.



Cuántas bellotas coleccionar

El número de bellotas recolectadas depende de los criterios de cada proyecto, cuántas plantas se necesitan y a cuántas instituciones se distribuirán. Sin embargo, se recomienda recolectar un mínimo de 100 bellotas de cada sitio. Si se va a enviar material a varios lugares, entonces se puede necesitar considerablemente más. Recolectar una cantidad de bellotas que sea al menos el doble del número de plantas requeridas. Es mejor tener demasiadas que no suficientes. Dependiendo del rango de la especie, se recomienda recolectar las bellotas de diferentes sitios en todo el rango de su distribución (Fig.14).

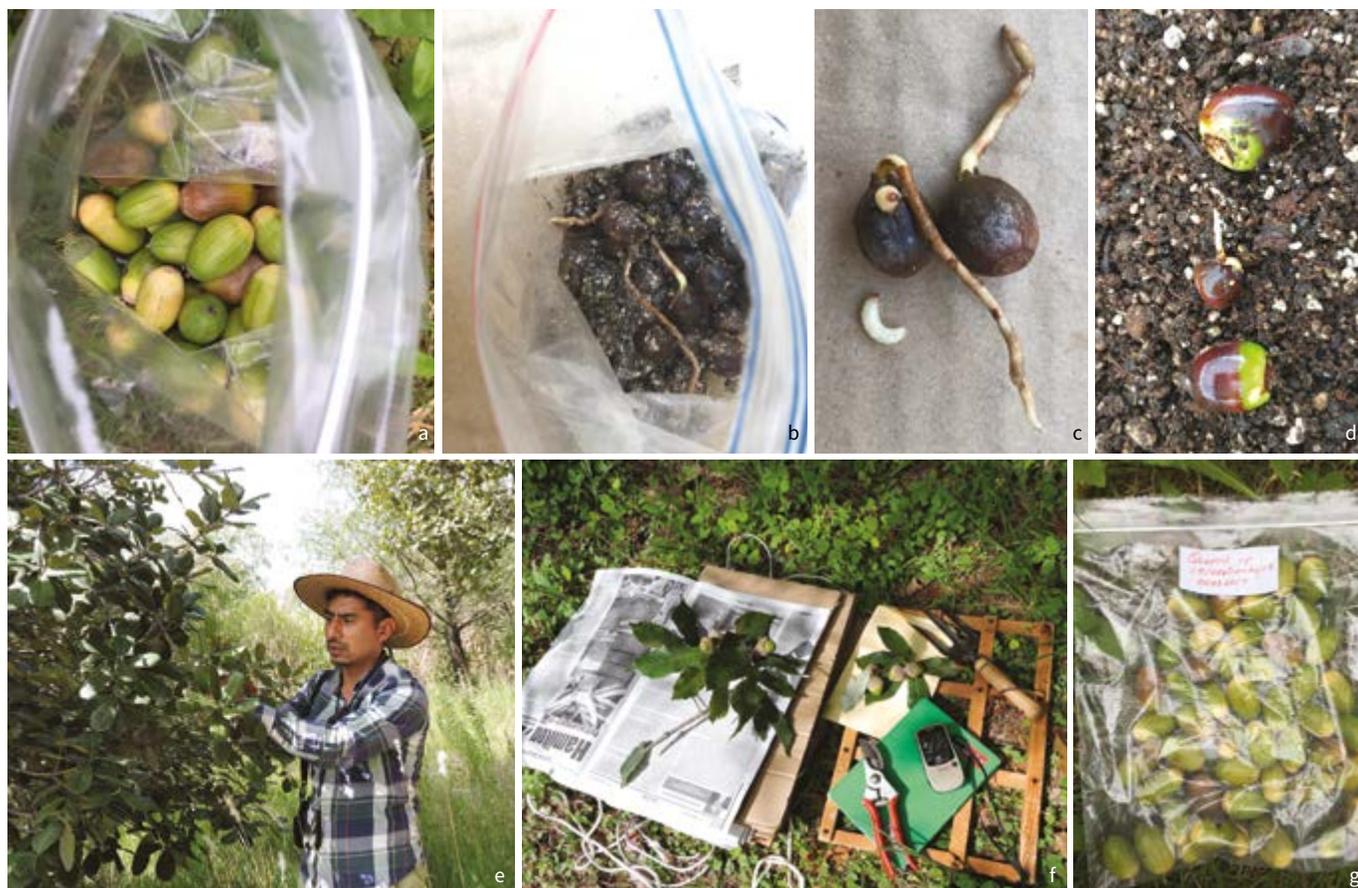


Figura 14. / Fotografías: a) b) c) d) g) Maricela Rodríguez-Acosta, e) f) Lucio Caamaño
 Almacenamiento de bellotas. De la colecta inicial depende el buen estado de las bellotas para la propagación. a) Bellotas frescas, b) bellotas almacenadas germinando, c) bellotas infectadas, d) bellotas germinando al caer, e) colecta en campo, f) ejemplar de herbario, g) bellotas para propagar y almacenar.

No se deben desperdiciar oportunidades para coleccionar las bellotas. Recuerde que el comportamiento de semillación o masting de los robles (grandes fluctuaciones en el número de bellotas producidas cada año) puede dificultar la recolección de bellotas. Si hay muy pocas o ninguna bellota, puede ser necesario regresar en el próximo año. Las que producen bellotas el año siguiente a la floración (bienal) tendrán presentes los restos de las flores del año en curso, indicando posibles bellotas el próximo año. Los encinos que producen bellotas el mismo año que las flores (anual), no dan indicación de que ellos fructificaran el año siguiente.

Si se está hablando de un proyecto de plantación en cientos de hectáreas de terreno, entonces la colecta debe ser realizada masivamente, y se colocan en costales de lona o ixtle para almacenarlas durante el transporte y almacenamiento a corto plazo. Dependiendo del propósito de la plantación, se decidirá la distancia al sitio donde se recomienda coleccionar la bellota.



Figura 15. / Fotografía: Arturo Parra Suárez
Bellotas germinando. Los encinos blancos germinan rápidamente después de caer como se muestra en Quercus liebmannii.

Maricela Rodríguez-Acosta ²

² Jardín Botánico Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (JBU-BUAP).

IV LA GERMINACIÓN DE LOS ENCINOS. LA EXPERIENCIA MEXICANA

Germinación

La germinación de las bellotas de encino, ya sea en poca o gran cantidad, es algo muy sencillo, solo hay que reforzar el conocimiento que del cultivo de plantas se tenga, con la información plasmada en este manual para entender las variaciones en la germinación y como éstas determinan una propagación exitosa de los mismos. No hay nada más satisfactorio para el amante de los *Quercus* que ver germinar las semillas de estos magníficos árboles o arbustos (Fig. 15).

Para comenzar, hay que verificar que se tengan todos los materiales y sustratos requeridos para realizar la germinación, los cuales se mencionan en el siguiente capítulo, incluyendo sus etiquetas para diferenciarlas entre especies.

La separación rápida de las semillas se hace por flotación, eliminando rápidamente aquellas que tengan daño o no sean viables, y lo mismo puede hacerse cuando se tienen 20, 100 o más de mil bellotas, las cuales se pueden poner en contenedores mucho más grandes que permitan flotarlas y separarlas. Las bellotas que flotan no son viables, por lo que se deben escoger las que se hunden. Una vez retiradas las bellotas flotantes, las demás pueden quedarse unas dos horas en remojo para homogeneizar el contenido de humedad (Fig. 16).



Figura 16. / Fotografías: a) Arturo Parra Suárez, b) c) Maricela Rodríguez-Acosta
La prueba de flotación es muy rápida y ayuda a la selección de semillas (bellotas) de manera rápida. a) semillas a seleccionar, b) semillas con daños parciales flotando, c) bellotas dañadas.

Si se nota que la cáscara dura de las semillas (pericarpio) ya está abriendo, la flotación no es necesaria, pero si se pueden colocar en remojo por 10 minutos. En el caso de los encinos blancos el remojo no es tan necesario, ya que muchas veces germinan hasta en la bolsa en donde se colectan, pero en el caso de los rojos si se recomienda uniformizar el contenido de humedad y ayudar a la sincronización de la germinación.

Una vez remojadas las bellotas se deben sembrar a una profundidad no mayor de una vez el tamaño de la misma, en posición horizontal, evitando la exposición a la luz directa y corrientes de aire, dejando un poco descubierto el pericarpio para ver cómo va evolucionando (Fig. 17). Debido a cuestiones económicas, la germinación se hace en contenedores pequeños, ya sea macetas, vasos de cartón, conos forestales o charolas de germinación, tamaños que permiten ahorrar espacio y germinar un número mayor de bellotas. Las charolas de germinación solo se recomienda usarlas por un corto periodo de tiempo, ya que sirve hasta que la radícula aparece, indicando que es tiempo de pasarla a un contenedor individual. Si se deja más tiempo, las raíces se desarrollarán y se enredarán, arruinando la posibilidad de que las plántulas sobrevivan en un contenedor por el daño que

sufrirán. En México y Centroamérica, los encinos por lo general no requieren de un periodo de frío, sin embargo, si estas no van a ser sembradas inmediatamente, se pueden colocar en bolsas con vermiculita húmeda y en refrigeración, lo que permitirá se conserven en buen estado por 1 ó 2 meses. Sin embargo, hay que estarlas monitoreando para evitar se contaminen. Ver el capítulo anterior.

El tiempo de germinación para las bellotas de una sola especie variará, ya que se han observado diferencias hasta de 1 ó 2 meses en ellos, como se observa en la (Fig. 17). En ella se muestran 3 especies diferentes en las cuales se observan algunas bellotas sin germinar, plántulas emergiendo y otras como plántulas establecidas, lo que afectará la talla de las plantas en el vivero.



Figura 17. / Fotografías: Maricela Rodríguez-Acosta
Plántulas de diferentes encinos sembradas al mismo tiempo, mostrando las diferencias en talla, lo que dificulta el trasplante. a) *Quercus sartorii* apenas emergiendo, b) *Q. brandegeei* con plántulas con hasta 5 hojas y bellotas sin germinar, y plántulas de *Q. hirtifolia* en el mismo caso que la anterior con algunas bellotas sin germinar.

Los conos de uso forestal sirven solo para bellotas de talla pequeña, ya que facilitan el trasplante de las plántulas. Sin embargo, hay que cuidar que el sustrato sea muy ligero para que la plántula salga sin problema y no cause daño a la misma. Con el mismo cono se puede hacer el hoyo en el contenedor definitivo en donde la plántula crecerá y se desarrollará.

Es interesante conocer que muchas personas sienten ansiedad cuando siembran las semillas, pero algunos cultivadores de encinos más temerarios han mencionado “yo solo las entierro y ya”.

Una de las bellotas más hermosas cuando germinan son las de *Quercus insignis* (Fig. 18) ya que al contrario de lo que ocurre en las demás especies, donde la radícula sale en el ápice de la nuez, la radícula de esta especie emerge por la parte basal y amplía de la misma.



Figura 18. / Fotografía: Maricela Rodríguez-Acosta
Plántulas de *Quercus insignis* de 4 meses de crecimiento.

Trasplante de plántulas

Las plántulas de encino deben ser trasplantadas cuando tienen de 10 a 20 cm de altura y hojas completamente abiertas. El momento del trasplante lo indica el incremento de las raíces. Lo que se busca con esto es que la raíz no se deforme por la forma del contenedor y que no se seque muy rápido, ya que esto dañará la plántula. El primer trasplante se hará cuando la plántula tenga 2 pares de hojas verdaderas y se podrá realizar un segundo trasplante si se desea crecer los encinos a una talla mayor.

La experiencia nos ha enseñado que las macetas largas son las que dan mejor resultado en el cultivo de los encinos mexicanos, pues estos crecen lentamente y estarán ahí al menos 2 años. Sin embargo, estos requieren más sustrato, además de que en ocasiones no se puede comprar estos contenedores (Fig. 19), y mucho menos adquirir las cantidades de sustrato que se necesitan (Ver materiales y equipo requerido en el siguiente capítulo).



Figura 19. / Fotografías: Maricela Rodríguez-Acosta
Quercus paxtalensis a) Germinado en maceta de plástico de 10 cm de diámetro, b) *Q. paxtalensis* trasplantado a maceta de polipot donde estará hasta 2 años y c) macetas “air pots” para evitar la formación de raíces circulares y estrangulamiento.

Crecimiento y cultivo

Es vital que la raíz principal de la plántula no crezca de manera circular en la base de la maceta, ya que esto conduce al estrangulamiento de la planta. Para evitar esto, las plántulas necesitan ser revisadas regularmente para asegurarse de que esto no está ocurriendo. Lo anterior se puede prevenir usando contenedores profundos o contenedores conocidos como “air pots”, que permiten generar muchas raíces que detienen su crecimiento al contacto con el aire. Si las raíces crecen de manera circular en la base de la maceta, la sobrevivencia de la plántula se puede reducir considerablemente.

Una vez trasplantadas al contenedor seleccionado, se trasladan al vivero, cubierto con una malla 50% sombra, en donde se cuidarán por 1 año, y después pasarán a la sección descubierta para continuar su crecimiento. Lo más importante en esta etapa es incrementar la masa rizomatosa para permitir posteriormente el crecimiento de la parte aérea.

Las diferencias en talla que los pequeños arboles alcancen variará mucho tal como ocurrió en la germinación de las semillas. Un ejemplo muy claro se ha observado en *Q. brandegeei*, donde tres plantas crecieron hasta 90 cm en un año, mientras que el resto se dejó crecer otro año más para alcanzar la misma talla y plantarlo.

Cuando se trata de miles de bellotas que se desean germinar y crecer, se utiliza una forma muy económica de hacerlo a gran volumen, para ello se utilizan almácigos de tabique, con grava en la base que se cubre con plástico perforado sobre el cual se coloca el sustrato para permitir el drenaje y evitar el crecimiento excesivo de las raíces. Este almácigo permite sembrar las bellotas al igual que en charolas de germinación

y visualizar las bellotas que están listas, y sacarlas rápidamente. Aquí se debe buscar diferir el tiempo de siembra para tener diferentes tiempos de trasplante y disminuir la cantidad de plántulas que se deben trasladar a sus contenedores. Se avanza mucho en la germinación de los encinos y se optimiza el espacio y el recurso económico, pero se incrementa el trabajo en el trasplante, debido a que este último requiere de muchas manos para hacerlo rápidamente y tener éxito. Lo más importante a considerar es que la plántula de encino tiene una proporción de 1:10 o hasta 1:20 entre la parte aérea y la raíz en algunas especies de zonas áridas, lo cual debe considerarse cuando se colocan en el almácigo. De esta manera se han logrado propagar 200 000 encinos para reforestación a un precio por planta muy reducido (Fig. 20).



Figura 20. / Fotografías: Maricela Rodríguez-Acosta
Germinación masiva de Quercus. a) charolas de germinación, b) bolsa de plástico en almácigo, c) encino trasplantado en maceta, d) encino sembrado directamente en bolsa.

Riego

Desde la etapa de germinación hasta la plántula, es importante controlar la cantidad de agua que se utilizará para las mismas. Para ello hay que verificar que los contenedores, sea el que usen tengan un buen drenaje y eviten el exceso de humedad. Precaución, mucha atención se le debe dar a las plántulas jóvenes en contenedores pequeños ya que estos se pueden secar muy rápidamente. El riego debe ser de cada tercer día, sin embargo, el recorrido y supervisión diaria nos indicará cuando se debe aplicar el riego. El observar el contenido de humedad de la mezcla en el contenedor o el grado de turgencia de las hojas de las plantas serán un buen indicador para la toma de decisión de cuando regar.

Pestes o enfermedades

En ocasiones la cáscara dura de la semilla o pericarpio se ve infectada, sin embargo, el embrión está en perfecto estado y por lo tanto no representará un problema para desarrollarse. El problema más frecuente es la presencia de larvas, las cuales saldrán de la bellota durante la germinación. Cuando las larvas se detectan, generalmente el embrión ya está dañado. De preferencia se debe evitar el uso de químicos en el cultivo de estas plantas, sin embargo, en ocasiones se tienen que utilizar, por lo que se hacen algunas recomendaciones en el capítulo siguiente.

Como se pudo entender en esta sección, la propagación generativa de encinos es un proceso muy sencillo, pero que demanda de una comprensión total del género con el que se está trabajando. También demanda de espacio, instalaciones para el almacenamiento de los materiales que se requieren y un presupuesto para el pago de labor. No se puede confiar en voluntarios de buena fe con tiempo limitado o sin experiencia ya que el trabajo puede ser muy intenso en tiempos vitales para la planta y se requiere realizarlo muy rápido y de forma correcta. Esto último pareciera muy sencillo, pero es un punto de gran importancia.

De manera resumida, estos son los aspectos básicos en la propagación de encinos: espacios, materiales y control (Fig. 21). Más detalles prácticos útiles para la propagación de encinos se incluyen en el capítulo V.

En el capítulo VI y VII se describirá la propagación clonal por esquejes e injertos. Estas técnicas son menos conocidas en México y Centroamérica, pero son empleadas por viveros de América del Norte y de Europa, dedicados a la producción de encinos de gran calidad. El cultivo de tejido vegetal es más reciente, sin embargo, es prometedora sobre todo para el rescate de especies de distribución restringida y amenazadas, de las cuales se tienen pocos sitios de localización y contados individuos maduros en los que no se observa regeneración.



Figura 21.
Aspectos básicos para la propagación de encinos.



Fotografía: Maricela Rodríguez-Acosta
Quercus polymorpha

Arturo Parra Suárez² y
Maricela Rodríguez-Acosta²

² Jardín Botánico Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (JBU-BUAP).

V MATERIALES Y CONSEJOS PRÁCTICOS PARA LOGRAR UNA BUENA GERMINACIÓN Y CULTIVO DE PLÁNTULAS

A continuación, se describe la infraestructura básica que se requiere para la propagación masiva y continua de encinos, así como algunos consejos prácticos útiles a considerarse para la misma. Un **invernadero** es fundamental debido a que en él se puede realizar la propagación sexual y asexual de encinos, llevar a cabo el registro de los individuos y origen de las semillas y/o material vegetativo que se propagarán, y el control de las condiciones climáticas en las cuales las semillas germinarán. También es necesario contar con un área de **vivero**, de preferencia con dos niveles de sombra: uno con una sombra similar a la del invernadero en donde las plántulas han crecido, y otra donde la intensidad lumínica será cercana

a la de la zona de plantado de los encinos (80% sol) (Fig. 22). Una **bodega** es muy importante para el almacenamiento de la herramienta y los materiales como macetas y sustratos envasados que se necesitaran para realizar una germinación en invernadero y vivero, además de un área de trabajo. Queda entendido que se debe tener un área para el **almacenamiento y manejo de sustratos a granel**.

En el capítulo III se habló detalladamente de la importancia de la colecta de semilla, el procedimiento y las diferentes acciones que se tienen que realizar para garantizar su viabilidad y buen estado reproductivo y sanitario, por lo que aquí se detallaran los pasos que se siguen en el Jardín Botánico JBU-BUAP, que alberga la colección nacional de encinos en México.



Figura 22. / Fotografías: Maricela Rodríguez-Acosta
Vivero e invernadero para la propagación y el crecimiento de los encinos.

Recolección de bellotas o semillas de encino

En el caso del JBU-BUAP, las bellotas son proporcionadas por el área de colecciones científicas, de acuerdo a lo especificado en el capítulo III. En esta área se identifica la especie y se le asigna un número de acceso para poder seguir con la germinación de las semillas de acuerdo a su procedencia, cantidad y fecha de adquisición; el material colectado puede ser producto de expediciones o de las colectas del propio jardín.

Una vez recibidas las semillas en el área de propagación, se procede a llenar un formato de recepción y seguimiento de accesos donde se anotan datos de colecta, características morfológicas (medidas y peso), e información referente a las condiciones en las que llegan dichas semillas. Si se quiere obtener un crecimiento uniforme en el vivero se recomienda estandarizar el peso y el tamaño, desechando de ser posible, aquellas semillas de menor talla y peso, o mantenerlas si lo que se busca es tener una mayor variabilidad (Fig. 23).



Figura 23. / Fotografías: a) b) c) Lucio Caamaño, d) e) Arturo Parra Suárez

La recolección de semillas y su procesamiento es de gran importancia para la propagación. a) colecta en campo, b) toma de datos, c) empaque de semillas, d) formatos para registro y seguimiento y e) toma de datos morfométricos de las bellotas.

Preparación y selección de las semillas

Prueba de flotación

Esta prueba se basa principalmente en el peso específico de cada una de ellas, y permite separar las semillas llenas y maduras de aquellas vanas e inmaduras (inviabiles), aquellas ya atacadas por insectos o bien con daño mecánico. Esta actividad se lleva a cabo en un recipiente adecuado al número de semillas a probar de al menos 20 o 30 cm de profundidad, de manera que las semillas en buen estado se queden en el fondo. Después de un máximo de 2 horas las semillas se hunden como se aprecia en la Fig. 24.

Pasado el tiempo mencionado se realiza el conteo de semillas que permanecen en el fondo, lo que dará una idea aproximada del porcentaje de viabilidad. Los datos obtenidos se registran en el formato de control del lote de semillas que se someten a germinación. Las semillas que flotan se desechan.



Figura 24.
La prueba de flotación es muy rápida y ayuda a la selección de semillas.

Después de la prueba de flotación se puede inspeccionar una muestra de manera visual para verificar que no tengan hongos, insectos, malformaciones o daños mecánicos que afecten a la germinación de estas. Cuando las semillas llevan mucho tiempo almacenadas, o en el suelo, el porcentaje de viabilidad por lo general es muy bajo.

Escarificación Mecánica

Consiste en desgastar la testa de la semilla con un material abrasivo (lija) hasta notar un cambio de color, posteriormente se coloca en un recipiente con agua durante 24 horas, con el fin de que la testa se ablande para que las semillas puedan germinar. Esta técnica se puede utilizar en semillas de cubierta muy dura o en casos donde la germinación no ha sido exitosa.

Estratificación

Esta es una técnica que se utiliza para romper la latencia fisiológica, y consiste en colocar las semillas entre estratos que conservan la humedad, comúnmente arena, turba o vermiculita en condiciones de frío o calor. Sin embargo, en encinos tropicales no se utiliza y se reserva para semillas provenientes de encinos que crecen en zonas templadas y frías.

Sustratos para la germinación

El proceso de germinación se entiende desde un punto de vista agronómico cuando la semilla ha recuperado la actividad biológica por parte de los tejidos y da origen a una plántula, iniciando los procesos metabólicos con la absorción de agua, activando el crecimiento o elongación de la radícula.

Después de los tratamientos pre germinativos, a excepción de la prueba de flotación (que no es un tratamiento pre germinativo, sino una técnica de

selección y separación de semillas potencialmente viables), se procede con la colocación de la semilla en la mezcla o sustrato en la cual se desarrollará la planta.

Para germinar las semillas independientemente de que tipo de encino (*Quercus*) se trate, se utiliza una mezcla neutra, ligera, la cual está compuesta por 50% turba (peatmoss) y 50% agrolita o se puede utilizar 20% de lombricomposta (Fig. 25).

Turba (peatmoss)		La turba se forma en pantanos de las regiones nórdicas y forma una masa esponjosa y ligera. El peatmoss fino es muy utilizado para la germinación y para que la semilla u esqueje tenga una óptima penetración en el medio para germinar y pueda enraizar adecuadamente. Este sustrato permite tener una humedad, temperatura y porosidad adecuada. Sin embargo, debido a razones ambientales se está sustituyendo con fibra de coco.
Tierra negra		Este sustrato proviene de bosques, es de color oscuro e incluye gran porción de materia orgánica, proveniente de la descomposición de los restos de animales u hojas y ramas que caen de los árboles. Se caracteriza por tener un alto nivel de fertilidad ya que tiene abundantes nutrientes, mejora la textura, y proporciona una buena circulación entre las raíces de las plantas.
Lombricomposta		Resulta de la composta elaborada por lombrices, quienes transforman los residuos orgánicos en abono, aporta nutrientes, microorganismos y retiene la humedad.
Agrolita		Se le llama así al mineral expandido formado por óxidos de silicio de origen volcánico. Ayuda a la retención de humedad, maximiza los nutrientes disponibles para la planta, facilita el enraizamiento, es ligero y tiene pH neutro.

Figura 25. / Fotografías: Arturo Parra Suárez
Sustratos usados en la propagación de encinos.

Contenedores utilizados para la germinación y crecimiento de encinos

Los recipientes o contenedores a utilizar pueden ser de distintos tamaños y materiales, deberán estar limpios, y si son reutilizados se deberán desinfectar. Los que se utilizan en el Jardín Botánico Universitario son macetas pequeñas de plástico o vasos de papel o cartón, conos o tubetes, “root trainers” y las macetas tipo polypot. Cuando no se cuenta con presupuesto se pueden sustituir las macetas por bolsa de plástico negro alargadas como se muestra en la Fig. 26. En ocasiones se llegan a utilizar vasos de unicel, los cuales no son muy recomendables; sin embargo, en ocasiones debido al presupuesto que se tiene no existen otra opción. Si este es el caso, se recomienda reutilizarlos lo más posible y cuando ya estén inservibles, triturarlos y usarlos como drenaje en las mezclas de sustrato.

Dependiendo del recurso económico que se tenga, del espacio y la disponibilidad de materiales, se selecciona una u otra opción. Las macetas pequeñas, conos o

tubetes ocupan poca mezcla y espacio, son económicos y ayudan a salvar emergencias con grandes cantidades de semillas, pero solo es para semillas y plántulas pequeñas, ya que tienen el gran inconveniente de que la planta no puede estar mucho tiempo en el mismo contenedor, debido a que el poco volumen del sustrato en él afecta el crecimiento radicular. Por tal motivo, es indispensable el trasplante a un contenedor de mayor capacidad para que la planta alcance la talla adecuada hasta que salga a plantación.

En el contenedor más grande (polypot) o en bolsa de plástico alargada que se han experimentado, la planta puede estar un año o más, hasta alcanzar la talla adecuada para su salida a plantación. Al contar con un mayor volumen de sustrato se disminuye el riesgo en el manejo de la planta principalmente en lo que concierne a la desecación de raíces al momento de trasplante (estrés hídrico).



Figura 26. / Fotografías: Arturo Parra Suárez y Maricela Rodríguez-Acosta
Contenedores para la propagación de encinos de diferentes tipos y tamaños.

Siembra y trasplante

Es importante destacar de manera más detallada algunos aspectos relacionados con la siembra y trasplante que se requieren conocer por parte de los propagadores de encinos; de esta manera se facilitará la comprensión del proceso, y su agilización. Un aspecto clave es el referente al registro de la germinación y seguimiento de las plántulas, y el otro es la técnica para el trasplante. Estos puntos son muy útiles para colecciones pequeñas de encinos con fines de conservación o cuando se desea restaurar un área y tener un control sobre la procedencia de la semilla para el futuro.

Sistema de registro para la germinación y seguimiento de plántulas

El sistema de registro cambiara dependiendo del propósito del proyecto de propagación de los encinos. En el caso de una colección viva científica y de conservación en un Jardín Botánico, se requiere tener control sobre cada una de las plántulas. Para ello cuando se inicia el proceso de germinación se coloca el rotulado en el contenedor, con el número de identificación y nombre de la especie. Al momento de realizar el trasplante a un contenedor de mayor capacidad es importante que cada individuo cuente con

su número de acceso, que este no se extravíe y que no se borre el nombre científico o identificación. Para evitar este riesgo se realiza la identificación del individuo por triplicado, se coloca una etiqueta con los datos unida al contenedor, una segunda etiqueta enterrada entre la pared del contenedor y el sustrato y, por último; escribir la información con un marcador indeleble en el contenedor; de esta manera se tiene un mejor control y registro de los individuos. Los datos registrados en la etiqueta son: nombre científico y número de acceso correspondiente. En un “formato de control” se escribe información adicional como: el número de ejemplares que se tienen con el mismo acceso, la fecha en que se inicia el proceso de germinación, cantidad de semillas recibidas y de aquellas que germinaron, fecha de trasplante y su ubicación dentro del área de propagación; se complementa con información relevante de los cuidados y control de plagas y enfermedades.

En la Fig. 27 se muestra las diferentes formas de identificación y diferenciación de las plántulas de encino, se puede apreciar la información que contiene cada etiqueta y maceta. En esta misma figura se muestran las tallas de las plántulas a las que se recomiendan los trasplantes a otros contenedores, hasta llegar a aquellos en los que se puede crecer la planta por uno o dos años.





Figura 27. / Fotografías: Maricela Rodríguez-Acosta
Trasplante de encinos. a) crecimiento no adecuado para el trasplante, b) y c) talla adecuada para trasplantar, d) encinos de 1 año de crecimiento, e) encino de 2 años de crecimiento con su etiqueta de identificación.

Una vez realizado el trasplante, se recomienda dejar las plántulas por una semana más en el lugar donde se encontraban previamente, con el propósito de evitar un aumento de estrés propiciado por el cambio, posteriormente se moverán a la zona donde continuarán su desarrollo para después pasarlas al lugar definitivo.

Resumiendo los pasos para el trasplante de encinos:

1. En una maceta polypot agregar una capa filtrante de aproximadamente 1 cm, que cubra los orificios de la maceta y permita el drenaje, pero no la pérdida de sustrato. En la zona de la región central de México, el cacahuatillo funciona muy bien y es económico. Sin embargo, se podrá utilizar cualquier material que no retenga el agua. El propósito de colocar un filtro en la parte baja del contenedor es evitar el exceso de humedad que pueda llevar a la pudrición de las raíces y la exposición a la intemperie del sistema radicular a través de los orificios encontrados en la base del contenedor.

2. El sustrato utilizado para trasplantar los encinos se obtiene de la preparación de una mezcla 1:1:2 de tierra, composta o lombricomposta y cacahuatillo, respectivamente, para después humedecerlo. La maceta de polypot se rellena con la mezcla preparada (sustrato) hasta la marca indicada en el contenedor, aproximadamente 3 cm antes de la superficie, se realiza un orificio de aproximadamente 15 cm de largo con un cono o palo de madera en el centro para poder colocar la plántula.

3. Retirar con mucho cuidado la plántula del recipiente donde se llevó a cabo el proceso de germinación para evitar dañar el sistema radicular, y colocar la plántula en el nuevo contenedor dejando expuestos los cotiledones, e ir cubriendo las raíces completamente con el sustrato y compactando suavemente para garantizar que no queden espacios de aire e iniciar el riego.

4. Después del trasplante, las plantas se dejan de 8 a 10 días en el invernadero para evitar el estrés y una vez pasado este tiempo se mueven al vivero donde permanecerán hasta que alcancen la talla recomendada, no menos de 30 cm, para después ser plantadas en el lugar definitivo. Cabe mencionar que, de acuerdo a la experiencia obtenida, las plantas podrán estar en el contenedor hasta dos años, por lo que hay que pensar en la fertilización.

Cuidados generales de la plantación

A continuación, se dan algunas recomendaciones para llevar a cabo en las diferentes fases del cultivo de encinos.

1) Germinación	<p>Riego</p> <p>Regar constantemente y sin exceder de agua, es importante muestrear diferentes plantas para comparar que el riego sea homogéneo. Se debe evitar la sobresaturación para evitar problemas de hongos en la semilla o proliferación de musgo.</p>
	<p>Clareo</p> <p>Vigilar y mantener la maceta libre de malezas durante la germinación, debido a que existe competencia por el espacio y absorción de nutrientes entre la semilla y las hierbas.</p>
2) Sanidad	<p>No se sugiere usar productos químicos para el control de plagas o enfermedades a menos que sea estrictamente necesario para garantizar la correcta germinación. Cuando esto ocurre se recomienda el uso de productos orgánicos preventivos. Así también el uso de placas amarillas para la captura de insectos dañinos a las plántulas, nos da un indicador del nivel de infestación que puede haber.</p>
3) Trasplante	<p>Limpieza y mantenimiento</p> <p>Mantener la maceta libre de malezas, llevar a cabo poda de formación eliminando ramas secundarias que provengan del tallo principal y retirar ramas que se encuentren en la parte baja del tallo, con el propósito de que fluya el aire; manteniendo así un crecimiento recto.</p>
	<p>Riego</p> <p>El riego será cada 3-5 días, y dependerá de la estación del año y de la región donde el vivero se encuentre ubicado. Por ejemplo, si hace mucho viento, las plantas se deshidratarán más rápido, lo mismo sucede en la estación más calurosa, por lo que se debe observar cuidadosamente el contenido de humedad en los contenedores antes de adicionar el agua.</p>
4) Control fitosanitario	<p>Con el fin de evitar plagas o enfermedades, se realizan aplicaciones preventivas con productos orgánicos, sin embargo, en ocasiones se tienen que efectuar el control preventivo y correctivo de plagas y enfermedades con otros productos.</p>
	<p>Bactiva</p> <p>Biofungicida seco y soluble que previene la pudrición de las raíces por hongos patógenos. Actúa con microorganismos antagónicos y bacterias benéficas que estimulan el crecimiento del sistema radicular. Contiene Bacillus polymyxa antagónico a Fusarium. Se aplica 1 kg en 70,000 plantas al mes.</p>
	<p>Nimicide.</p> <p>Insecticida y acaricida botánico. Se recomienda en dosis de 10ml/1L (agua).</p>

	<p>Captan Fungicida en polvo humectable, formulado para usarse en aspersión mezclado con agua para la prevención y control de las enfermedades fungosas en los frutales, hortalizas y plantas ornamentales. Se aplica en cantidades de 1gr/L (agua). Este producto debe utilizarse solo cuando existe un problema grave de sanidad y se deben tener todas las precauciones necesarias para su uso.</p>
<p>5) Fertilización</p>	<p>En el período de germinación las plántulas satisfacen sus demandas energéticas de las reservas que ellas mismas poseen. Cuando inicia su crecimiento vegetativo demanda altas cantidades de nutrientes mismos que deben ser suministrados mediante la fertilización mineral. En el JBU-BUAP, las necesidades nutrimentales de los encinos se cubren mediante un manejo de fertilización programado que incluye cuatro fertilizantes de lenta liberación que han funcionado en el siguiente orden:</p>
	<p>1) Micromódulo Fertilizante de lenta liberación en pastillas de 1.4 g; las cuales nutren a la planta por un período aproximado de 12 meses. Contiene macro y micronutrientes clasificados como esenciales para el desarrollo de las plantas y contiene una fuente orgánica proporcionada por un ácido fúlvico, como complemento a la fertilización inorgánica. Las cantidades de NPK son 25-12-7 más 0.8 de calcio, 0.7 de magnesio, 0.1 de hierro, 0.1 de zinc y 0.13 de azufre.</p>
	<p>2) Hemimódulo Fertilizante de lenta liberación en pastilla; este se utiliza en árboles de 1 a 3 años, la pastilla tiene un peso de 10 g; contiene los mismos porcentajes de nutrientes que los micromódulos. Al momento del trasplante se coloca una pastilla en el contenedor a una profundidad de 2/3 cerca de donde quedan las raíces del árbol. Esta pastilla nutre al árbol por un tiempo aproximado de 12 meses.</p>
	<p>3) Macromódulo Fertilizante de lenta liberación, pastilla con un peso de 23 g, recomendado para árboles de 3 años en adelante, contiene los mismos porcentajes de nutrientes que los micromódulos. Se recomienda utilizarlo en árboles que ya están establecidos en su lugar definitivo, colocando las pastillas en la zona de goteo a una profundidad de 5 a 10 cm; para que sea absorbido por las raíces o pelos absorbentes.</p>
<p>4) Multicote Fertilizante complejo de liberación lenta de NPK, granulado (17-17-17), bien incorporado, recomendado para aplicar al sustrato por su acción prolongada (8 meses de liberación controlada). Se aplica de 5 a 6 kg por metro cúbico al momento de preparar el sustrato para los contenedores correspondientes. Se puede utilizar también para germinación de semillas y trasplante de plántulas.</p>	

Cabe mencionar que en caso de no contar con estos fertilizantes se pueden utilizar algunos más tradicionales, sin embargo, hay que tener cuidado en su aplicación. Este paso es muy importante ya que una planta bien nutrida será más resistente a plagas y enfermedades, ayudando al buen crecimiento de los encinos.



Fotografía: Maricela Rodríguez-Acosta
Quercus calophylla

*Nina Bassuk*³ y
*Allen J. Coombes*²

³ Urban Horticulture Institute,
University of Cornell.

² Jardín Botánico Universitario de la
Benemérita Universidad Autónoma
de Puebla (JBU-BUAP).

VI PROPAGACIÓN POR ESQUEJES E INJERTOS

Esquejes, un problema ...

Al igual que muchas otras plantas, los encinos se pueden propagar a partir de esquejes, acodos e injertos, principalmente cuando no hay semillas. Estas técnicas no se utilizan comúnmente en México, pero en los Estados Unidos de América y Europa han tenido éxito en **la propagación de selecciones ornamentales de encino en cantidades comerciales**. También se usa con frecuencia para **propagar especies raras en colecciones de encinos o para aumentar su número si solo se reciben unas pocas semillas**. Un problema con los esquejes es que su enraizamiento está fuertemente relacionado con la edad de la planta. Los esquejes de plántulas jóvenes se enraízan con relativa facilidad, sin embargo, los esquejes de árboles maduros son mucho más difíciles, y aunque los árboles maduros tienen mucho material, las plántulas jóvenes producen muy poco.

La mayor parte de la propagación de los encinos o robles a partir de esquejes se realiza a partir de plantas cultivadas cuando el material juvenil a menudo está disponible y el tiempo entre la recolección de esquejes y su colocación en el medio de enraizamiento puede ser muy corto. Recolectar esquejes de poblaciones nativas presenta sus propios problemas. En primer lugar, el material juvenil puede no estar disponible y, en segundo lugar, pueden pasar varios días antes de que el material recolectado se pueda colocar en el medio de enraizamiento.

El primer problema se puede superar mediante colecta de material de plantas jóvenes o de los retoños basales o epicórmicos (brotes producidos en las plantas más viejas). Si no están disponibles y el tiempo lo permite, los brotes se pueden cortar antes de que comience el crecimiento para promover el crecimiento juvenil, de lo cual se pueden recolectar los esquejes más adelante. Como todas las propagaciones de una sola planta serán genéticamente idénticas, es necesario **recolectarlas de un amplio rango**, y si hay pocas plantas jóvenes disponibles, se restringirá la diversidad genética de las plantas resultantes. Una vez recolectado, el material debe mantenerse en buenas condiciones hasta que pueda colocarse en el medio de enraizamiento, lo cual, en un viaje largo en zonas calientes y secas, puede ser difícil.

Los encinos a menudo producirán dos oleadas de crecimiento en un año y cualquiera de los brotes en estas estaciones pueden usarse. Los esquejes deben tomarse de madera semi-madura, es decir, cuando las hojas se han expandido completamente, pero los brotes son firmes, flexibles y no completamente leñosos. Una prueba fácil es que, al doblar el brote entre el pulgar y el índice, este debe tener cierta resistencia y no ser demasiado rígido ni demasiado flojo. Incluya una pequeña porción del tallo principal del que surge el corte. Se puede esperar menos éxito si el brote sigue creciendo, pero si este es el único material disponible, se debe quitar la punta del brote joven.

Los esquejes deben mantenerse en bolsas de plástico con cierre, con musgo húmedo o vermiculita no demasiado húmedos, ya que el exceso de humedad promueve su pudrición. Las bolsas Green Stay Fresh, utilizadas para almacenar verduras y que absorben etileno, ayudarán a que los esquejes sigan siendo viables y los mantenga sellados. Se deben evitar grandes variaciones de temperatura y para ello se recomienda el uso de una caja fría.

A continuación, se mencionan dos experiencias con esquejes de encino, por expertos en su propagación.

- **Garin y Almandoz** (2015), han descrito la propagación por esquejes de varios robles mexicanos y centroamericanos en el Jardín Botánico de Iturrarán, España. Ellos recomiendan usar esquejes de aproximadamente 5 cm de largo para especies de hojas pequeñas y 15 cm de largo para especies con hojas grandes. Las hojas grandes deben cortarse a la mitad para reducir la transpiración mientras están enraizando. Utilizan AIB (Acido Indol Butírico) al 1% como una hormona de enraizamiento y colocan los esquejes en un ambiente cálido-húmedo. La tasa de éxito con esta técnica es del 20-60%, utilizando especies de hoja caduca y de hoja perenne.

- **Tom Hudson** (com. pers., 2020) usa brotes laterales cortos de 5-10 cm con 3-5 hojas y afirma que la hormona de enraizamiento a menudo no es necesaria. Recomienda usar una caja aislada/caliente, con buen drenaje, mantenida en condiciones frescas y sombreadas, con una mezcla 50/50 de granito (menos de 0.5 cm) y perlita. Las hojas inferiores del corte deben retirarse y la base debe recortarse para proporcionar una superficie limpia mientras retiene la unión del corte con el tallo del que surge. La parte superior de la caja donde se colocan los esquejes debe ser más fría que la parte de las raíces si es posible. En algunas ocasiones el enraizamiento puede tomar más de 1 año. A veces, los esquejes producen un gran callo en la base y no tienen raíces. En este caso, el callo se puede cortar por la mitad y esto puede promover el enraizamiento. En caso de ser necesario, se puede aplicar un fungicida.

Para las especies que producen un lignotuber (engrosamiento leñoso del cuello de la raíz que sirve de protección contra la destrucción del tallo), se pueden recoger piezas de este con o sin brotes y raíces. El lignotuber tiene muchos nodos que pueden producir brotes rápidamente, y ser utilizados.

El principal problema que enfrentan los jardines botánicos al propagar encinos o robles a partir de esquejes es el acceso a un suministro genéticamente diverso de material juvenil. Sin embargo, esta limitante puede ser eliminada, como se puede ver en el método desarrollado por Nina Bassuk de la Universidad de Cornell. En este método, es necesario recolectar semillas y plantar las plantas resultantes en una cama de vivero o en contenedores en un invernadero hasta que tengan unos pocos años. Debe recordarse que **la diversidad genética depende del número de plántulas plantadas y todas las propagaciones de una sola planta serán genéticamente idénticas**. La técnica de Bassuk puede dar como resultado un gran número de plantas adecuadas para reintroducción o distribución a otras colecciones.

Propagación clonal de encinos: acodos y esquejes. Técnica modificada por N. Bassuk



La mayoría de los encinos utilizados en el paisaje se propagan por semillas debido a la dificultad de propagarlos asexualmente, ya sea por esquejes, injertos, cultivo de tejidos o brotación. Las plántulas resultantes varían en formas y son las mejores plantas, por ejemplo, aquellas más ornamentales, que rara vez se introducen en el comercio. Sin embargo, hoy día, la propagación vegetativa de los encinos ha experimentado un giro prometedor con el desarrollo de una técnica de acodo modificada. Esta técnica junto con la etiolación se ha desarrollado para promover el enraizamiento en varias especies de encinos, y a continuación se describe la metodología.

Banco de esquejes con raíz

La planta que se desea propagar se corta a unos 4 cm por encima del suelo a principios de la primavera, después de cumplir con los requisitos de enfriamiento. Cuando los brotes comienzan a desarrollarse, las plantas stock (plantas madres) se cubren con un recipiente cubierto con papel de aluminio y se les permite crecer en la oscuridad (Fig. 28a).

Cuando los brotes etiolados tienen aproximadamente 8-12 cm de largo, sus bases (solo los 2 cm inferiores) se pintan con 6,000 ppm de ácido indol butírico (AIB) disuelto en etanol al 98% (Fig. 28b). Si el AIB se aplica demasiado cerca de la punta del brote, este puede morir. Una vez realizado lo anterior, se coloca una maceta sin fondo o un cilindro de PVC sobre los brotes tratada descansada sobre la superficie del suelo (Fig. 28c). Alrededor de los brotes etiolados se coloca una mezcla de sustrato ligero y húmedo, sin suelo, hasta que estén casi completamente cubiertos (Fig. 28d). Los brotes que emergen de la mezcla se adaptan a la luz durante un período de una semana cubriendo los brotes con un bote de basura de malla de color plateado (Fig. 28e).



Figura 28. / Fotografías: Nina Bassuk
Obtención de esquejes con raíz.

Después de una semana, se retira la ‘sombra’ portátil y se permite que las plantas crezcan a pleno sol. El sustrato agregado se debe mantener húmedo durante este tiempo (Fig. 29a). Dos meses después (Fig. 29b) se examinan los brotes para determinar la formación de raíces. Cuando el crecimiento de la raíz es suficiente, la masa de raíces enraizadas se elimina de la planta madre y se colocan en macetas (Fig. 29c y 29d).



Figura 29. / Fotografías: Nina Bassuk
Crecimiento de raíces en esquejes. a) plantas al sol, b) examinación de brotes para ver formación de raíz, c) crecimiento de raíz en esquejes, d) plantado de esquejes en maceta.

Para aumentar el número de brotes que surgen de los tocones recortados, los brotes de tocón de plantas stock pueden tratarse con 500 ppm de Provide (GA4 + 7) cada cuatro días hasta que se evidencie el crecimiento del brote. Esta es una forma efectiva de aumentar la cantidad de brotes que crecen por planta.

Obtención de esquejes en contenedor

50

Se puede realizar una modificación de la técnica en el invernadero, mediante el uso de plantas stock en contenedores y tela negra para etiolar los brotes emergentes, inmediatamente después de que se cumplan los requisitos de latencia. La obtención de esquejes en contenedores se logra de manera similar a las plantas stock cultivadas en el campo, excepto que la tela negra se coloca sobre las mesas con los contenedores para etiolar los brotes emergentes (Fig. 30 a y b). Para evitar la acumulación de calor debajo del paño negro, se coloca un paño blanco sobre el paño negro y se utilizan ventiladores para disipar el calor. La adaptación a la luz se logra con un paño de sombra del 50-75% después de quitar el paño negro. Una semana después del destete, se quita toda la tela de sombra.



Figura 30. / Fotografías: Nina Bassuk

Promoción y obtención de esquejes en contenedor. a) producción de raíces, b) aparición de brotes de las raíces.

Obtención de brotes en tocón

Otra modificación más de este método es etiolar brotes a partir de tocón y luego usar malla de velcro para mantener las bases de los brotes de plantas almacenadas etioladas, mientras que la parte superior de la planta se deja verde a la luz. Se coloca una mezcla de 8000 ppm de AIB en talco en la pieza de Velcro de aproximadamente 2.5 x 2.5 cm y luego la porción basal del brote etiolado se mantiene firmemente entre el Velcro (Fig. 31a). Después de 4 semanas, se retira el brote junto con el Velcro y después de quitar el Velcro, el corte se trata con una inmersión rápida de 8000 ppm de AIB en etanol al 98% y se enraíza bajo un ambiente de niebla. El enraizamiento ocurre entre 2 y 6 semanas después (Fig. 31b).



Figura 31. / Fotografías: Nina Bassuk
Obtención de brotes en tocón. a) etiolación con malla y velcro, b) enraizamiento de esquejes en AIB.

En esta técnica, existen ciertas características claves que favorecen un buen resultado:

- El enraizamiento ocurre mejor cuando se usan brotes que emergen de plantas juveniles.
- Cuando se usan plantas más viejas, se deben cortar casi hasta el suelo, estas producirán brotes juveniles de brotes de tallo latentes.
- El uso del AIB es necesario para el enraizamiento. Se puede utilizar en un rango de 6000 a 10,000 ppm, sin embargo 6000 a 8000 ppm da la mejor respuesta.
- Los brotes se mantienen bajo control. El conjunto de brotes en la masa o banco de raíces deben pinzarse. Es decir, nunca deben dejarse crecer a más de 30 cm, ya que, si los brotes crecen, las nuevas raíces emergentes no podrán soportar un brote tan grande.

Injertado de encinos

Si las bellotas no están disponibles y no hay material adecuado para los esquejes, o si las técnicas utilizadas no tienen éxito, el injerto es un método alternativo para la propagación de encinos. El injerto se ha utilizado para propagar encinos durante muchos años y es más común en regiones templadas. Se utiliza principalmente para propagar plantas de encino cultivadas, que probablemente hibridarán si se cultivan a partir de semillas o para las cuales no hay semillas disponibles. También se utiliza para propagar cultivares, es decir, selecciones hortícolas cultivadas por sus características ornamentales.

Las ventajas del injerto son que las plantas crecen relativamente rápido y son genéticamente idénticas a la madre (característica valiosa en cultivares ornamentales). Además, la madera de vástago para injerto es más madura que la madera utilizada para esquejes, por lo que es más fácil transportarla desde el campo y, a diferencia de los esquejes, no tiene que ser material juvenil. Lamentablemente hay desventajas. El injerto es una técnica especializada realizada por propagadores expertos y experimentados (Fig. 32).



Figura 32. / Fotografías: Dirk Benoit

Injertado de encinos mostrando el método de Hot pipe para ayudar al proceso. a) tallos de encinos en el tubo caliente “hot pipe”, b) amarrado del injerto y portainjerto, c) rechazo al injerto.

Portainjertos, que es la planta sobre la cual se injerta el scion (o injerto), deben estar preparados de antemano, lo que requiere tiempo. Por lo general se utilizan para el injerto en su segunda estación. Además, la incompatibilidad puede ocurrir cuando el injerto falla, a veces después de muchos años. El uso de portainjertos estrechamente relacionados y al menos en la misma sección que el vástago reducirá esta posibilidad (Tabla 2).

Tabla 2.
Ventajas y desventajas del injertado en encinos

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> · Crecen relativamente rápido · Genéticamente idénticas a la madre, si esto se desea · Madera dura que facilita su transporte · No tiene que ser juvenil 	<ul style="list-style-type: none"> · Técnica especializada para expertos · El portainjerto y scion o injerto deben prepararse con antelación · La incompatibilidad se puede dar después de varios años · El portainjerto debe ser cercano a la sección a la que pertenezca el injerto

En lo que respecta a la conservación de las especies, el injerto puede considerarse como un último recurso, ya que puede usarse cuando existen muy pocos árboles en la naturaleza o cuando la propagación por otros medios no ha sido exitosa. Los vástagos deben recolectarse de tantos árboles como sea posible a lo largo del rango de la especie y documentarse como se describió anteriormente. **Las plantas injertadas nunca deben reintroducirse en la naturaleza**, ya que la falla del injerto puede conducir al crecimiento del portainjerto, lo que significa que ocasionaría el crecimiento de una especie exótica que se produce donde no se desea. Sin embargo, las plantas injertadas pueden usarse como fuente de esquejes que darán como resultado plantas adecuadas para la reintroducción y con ello se han combinado varias técnicas de manera exitosa (Fig. 33).

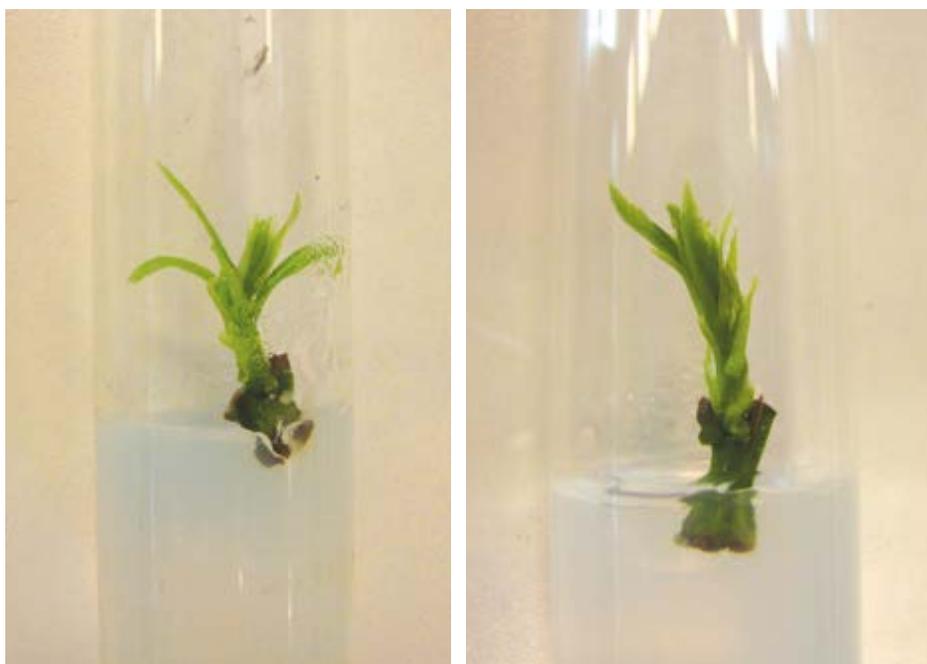


Figura 33. / Fotografías: Paulina Morales
La técnica de injertado combina varias técnicas como la de cultivo in vitro para la obtención de yemas a injertar.

Moon y Yi (1993) injertaron material de árboles más viejos y usaron las plantas resultantes para cortar esquejes con éxito. Descubrieron que los injertos aumentaron dos veces la proporción de esquejes que enraizaron.

Como la propagación por injerto es un proceso complicado, no se describe en este manual, sin embargo, se recomienda a aquellos que estén interesados en usar esta técnica consultar el documento de Benoit (2009) para una introducción y el libro de Humphrey (2019) para leer una descripción completa de las técnicas (Fig. 34).



Figura 34. / Fotografías: Dirk Benoit

Quercus injertados por Dirk Benoit en los invernaderos Pavia en Bélgica. a) *Q. palustris* 'Betty Jean', b) *Q. petraea* 'Laciniata Crispa', *Q. urbani*, d) *Q. robur* 'Concordia'.



Fotografía: Maricela Rodríguez-Acosta
Quercus hirtifolia

Paulina Morales Sandoval²

² Jardín Botánico Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla (JBU-BUAP).

VII PROPAGACIÓN POR TEJIDO VEGETAL

En contraste con la facilidad de propagación de encinos por semilla, las diferencias en fenología y la producción de semillas anualmente, ya sea por la limitación en la cantidad de polen, por la anualidad o el estado de salud en la que se encuentran las especies de encino, los métodos convencionales de propagación para las especies de *Quercus* no son tan eficientes a mediano y largo plazo. Esto se debe a que las semillas son recalcitrantes, por lo tanto no se pueden almacenar para su conservación en bancos de germoplasma, a diferencia de las semillas ortodoxas; es decir, aquellas que no pierden viabilidad con la pérdida de humedad.

Existen métodos como el cultivo in vitro cuyo objetivo principal es la multiplicación exponencial del número de individuos de una planta madre a partir de semillas o tejidos vegetales. El mantenimiento y/o crecimiento

de tejidos vegetales tiene como ventaja que se realizan en condiciones controladas de temperatura, humedad, fotoperiodos y libres de cualquier microorganismo patógeno. El grado de variabilidad genética depende de la diversidad del material disponible para iniciar los cultivos. Respecto a este último, es importante destacar que el uso de material de plántulas para establecer los cultivos in vitro permite la producción de grandes cantidades de plantas de diversos genotipos necesarios para mantener la diversidad genética en los ecosistemas forestales.

La propagación in vitro a través de la proliferación de brotes axilares fue descrita para *Q. robur* por Favre y Juncker (1994), *Q. petraea* por Chalupa (1993) y *Q. suber* por Manzanera y Pardos (1990) especies asiáticas o europeas. A pesar de que México tiene el mayor número de especies de encinos en todo el mundo y la mayoría de ellos son endémicos del mismo país, no hay mucha información de propagación in vitro de especies mexicanas de *Quercus*. Es por esto que la técnica de cultivo in vitro ofrece una alternativa para la propagación de encinos amenazados a partir de tejido vegetal. Para llevar a cabo esta técnica, es necesario seleccionar el material vegetal que se utilizará del árbol de encino al cual se le conoce como explante vegetal.

Explante vegetal

Un explante de manera general se define como cualquier parte vegetal que ha sido cortada de una planta como: trozos de hojas, raíces, pétalos, tallos, etc. Específicamente para los encinos se buscan las ramas juveniles en donde se observan las yemas vegetativas (Fig. 35a), de esta zona emerge el primer brote para la formación de una nueva plántula.

Es importante seleccionar un buen explante, ya que de eso dependerá el éxito del crecimiento de la plántula. Para los encinos se recomienda seleccionar estos con base a la siguiente tabla:

Tabla 3.
Características de los explantes.

Selección del explante	Características
<ul style="list-style-type: none"> · Estado de salud del árbol · Edad cronológica · Ramas 	<ul style="list-style-type: none"> · No presentar ninguna enfermedad (sano) · Árboles preferentemente jóvenes · No leñosas

Al momento de seleccionar el explante del encino es necesario que se identifiquen las características específicas de las ramas para poder realizar la propagación de manera exitosa. En este caso las yemas son partes muy importantes ya que ayudaran a establecer las plántulas de encinos en los medios de cultivo.

Yemas vegetativas

Las yemas son meristemos de forma semiesférica, se originan en la parte lateral o axilar de las hojas. La importancia que tiene este tipo de estructuras vegetales se debe a que es el extremo joven de un vástago, es decir; lleva hojas inmaduras o primordios foliares, a partir de las cuales se desarrollarán los tallos o las hojas (yemas vegetativas) (Fig. 35b y c).

Al observar una yema de cerca se observarán numerosas escamas denominadas catáfilos, estos tienen la función de proteger la parte interna de la yema. En la parte inferior de la yema, se podrá notar la cicatriz foliar; que indica el lugar en el que se desprendió la hoja en el último otoño.

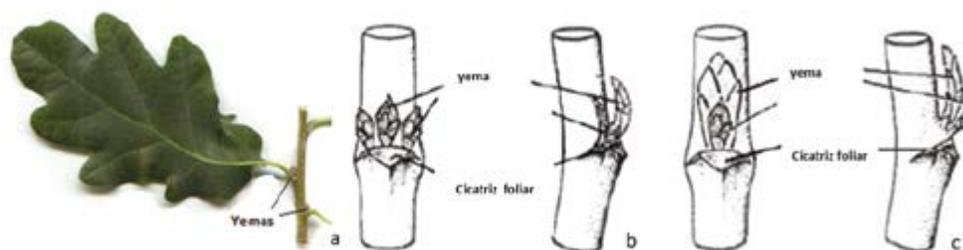


Figura 35.
Yemas vegetativas en Quercus. a) Q. robur, b y c) descripción gráfica

Colecta y almacenamiento del explante

Cuando se haya ubicado el árbol de interés, se proseguirá a cortar unas ramas para tomar las yemas. Para ello se debe cortar los tallos de manera que la yema quede en la parte de en medio como se observa en la Fig. 36. La planta de interés se puede guardar en una bolsa tipo ziploc con sellado hermético para mantener viables los explantes. Una vez que estén en su lugar de trabajo pueden almacenarse a 4°C (refrigerador convencional) por un periodo máximo de 1 semana antes de ser utilizadas. Es importante anotar los datos de la colecta, de preferencia en la bolsa que vayan a utilizar para llevar un registro del lugar de procedencia y de la especie seleccionada.



Fig.36. / Fotografías: Paulina Morales
Almacenamiento de las ramas cortadas de encinos.

¿Por qué son importantes las hormonas vegetales o fitohormonas?

Las hormonas vegetales son moléculas orgánicas producidas en tejido vegetal en concentraciones muy pequeñas y transportadas a otra zona de la planta donde pueden influir en la respuesta fisiológica como en el crecimiento, floración o maduración. Existen diversas hormonas vegetales que influyen en el crecimiento de la planta, pero para el desarrollo de las yemas intervienen 2 específicamente:

Citocininas

Esta hormona es muy usada para promover la división celular, estimulando el metabolismo y la formación de flores en yemas y es fundamental para regular y/o manipular eventos fisiológicos específicos en el cultivo.

Auxinas

La auxina se produce en los meristemos apicales de la planta y tiene un efecto en la absorción de agua, división celular y elongación de las células. Esta hormona estimula el crecimiento radicular (raíz) de la planta. La combinación de estas hormonas es esencial para inducir brotaciones laterales a partir de las yemas terminales.

Procedimiento para la propagación in vitro de yemas vegetativas

Para poder realizar este procedimiento, se necesitan equipos que garanticen condiciones de esterilidad, como una campana de flujo laminar, la cual tiene la función de circular aire filtrado y estéril, protegiendo el material vegetal con el que se vaya a trabajar. Si no se cuenta con una, se puede acondicionar un área de trabajo en un cuarto cerrado que no presente corrientes de aire y en una caja de vidrio realizar el proceso de desinfección.

A continuación, se muestran los requerimientos necesarios para realizar el cultivo de tejidos (Tabla 4).

Tabla 4.
Requerimientos básicos para el cultivo de tejidos.

Materiales	Soluciones
Frascos de vidrio con tapa (estériles)	Solución desinfectante (cloro comercial)
Campana de flujo laminar / Cuarto cerrado libre de corrientes de aire	Solución antifúngica
Mesa de trabajo	Jabón líquido
Mecheros de Bunsen / lámparas de alcohol	Etanol 70%
Pinzas	Agua
Autoclave / olla express	Fitohormonas (citocininas, auxinas) y/o componentes orgánicos (jugo de tomate, agua de coco, etc.)
	Frascos con Medio de cultivo para plantas (MS/WPM)

Se colocan los mecheros alrededor del espacio delimitando un área de trabajo para asegurarse de que esté totalmente aséptica, cerciorándose que todo el material este limpio y estéril antes de empezar a trabajar. Lo anterior se logrará esterilizando todo el material que se vaya a utilizar, puede ser de ayuda una autoclave u olla express; donde el tiempo indicado para esterilizar el material es de 30 min, dependiendo del equipo que se vaya a utilizar (Fig. 37).

Se necesita un medio de cultivo sólido para la germinación de las plántulas; el cual debe estar conformado por un agente gelificante inerte (phytagel, agar-agar, agar bacteriológico, Gelrite Gellan Gum), macronutrientes, micronutrientes, nutrientes (vitaminas, hidratos de carbono), hormonas vegetales, todos estos elementos son básicos para que se logre el desarrollo del explante. En algunas ocasiones se pueden reemplazar las hormonas vegetales por componentes orgánicos no definidos en su composición, con los que se pueden obtener muy buen resultado y son de fácil acceso. El pH del medio de cultivo para los explantes de encinos es de 6.1, el rango de temperatura idónea es entre 25-26°C y el fotoperiodo de 12 por 12 horas (luz/oscuridad), esta técnica ha sido recomendada por Li y colaboradores (2019). Actualmente existen empresas en el mercado que venden los frascos de medio de cultivo ya preparados adicionado con las hormonas que se necesitan para la regeneración de brotes de encinos.



Figura 37. / Fotografías: Paulina Morales

Material que se requiere para llevar a cabo el cultivo de tejidos. a) frascos para medios de cultivo para plantas, b) autoclave para esterilizar material, c) cultivo in vitro casero, d) cultivo in vitro en campana de flujo laminar.

Método de desinfección modificado por Li y colaboradores (2019).

Para una óptima desinfección de los explantes se sigue el siguiente protocolo:

- 1.- Lavar los explantes con agua y jabón directamente en el agua por 5 min.
- 2.- Cortar los explantes de un tamaño de 2 cm, dejando en la parte de en medio la yema, es importante incluir solo 1 yema por cada tallo (Fig. 38a).
- 3.- Sumergir los explantes en solución antifúngica por 40 min.

Dentro de la campana de flujo laminar:

- 4.- Colocar los explantes en recipientes estériles, agregar etanol al 70 % y dejarlo por 1 min, desechar el etanol y dejar los explantes en el recipiente para agregar la siguiente solución.
- 5.- Agregar cloro al 40% más 2 gotas de jabón líquido al frasco con los explantes por 30 min y desechar la solución de jabón, dejando nuevamente los explantes en los frascos para realizar posteriormente los lavados.
- 6.- Realizar 3 lavados con agua estéril por 5 min cada lavado o hasta que no se vea ningún resto de jabón en los explantes.

Ya que estén los explantes en el medio de cultivo, es importante que se dejen en un cuarto de crecimiento con condiciones ambientales que se puedan controlar para garantizar un óptimo desarrollo.

En aproximadamente 3-5 semanas se comenzará a notar un crecimiento o brote que se origina en la zona donde estaba la yema, como se observa en la Fig. 38c y d. En algunas ocasiones cuando no hay un balance de hormonas adecuado o las condiciones de cultivo no son constantes se generan diferentes formaciones vegetales, en el caso de los encinos es muy común que se observe la formación de callo, Fig. 38b.

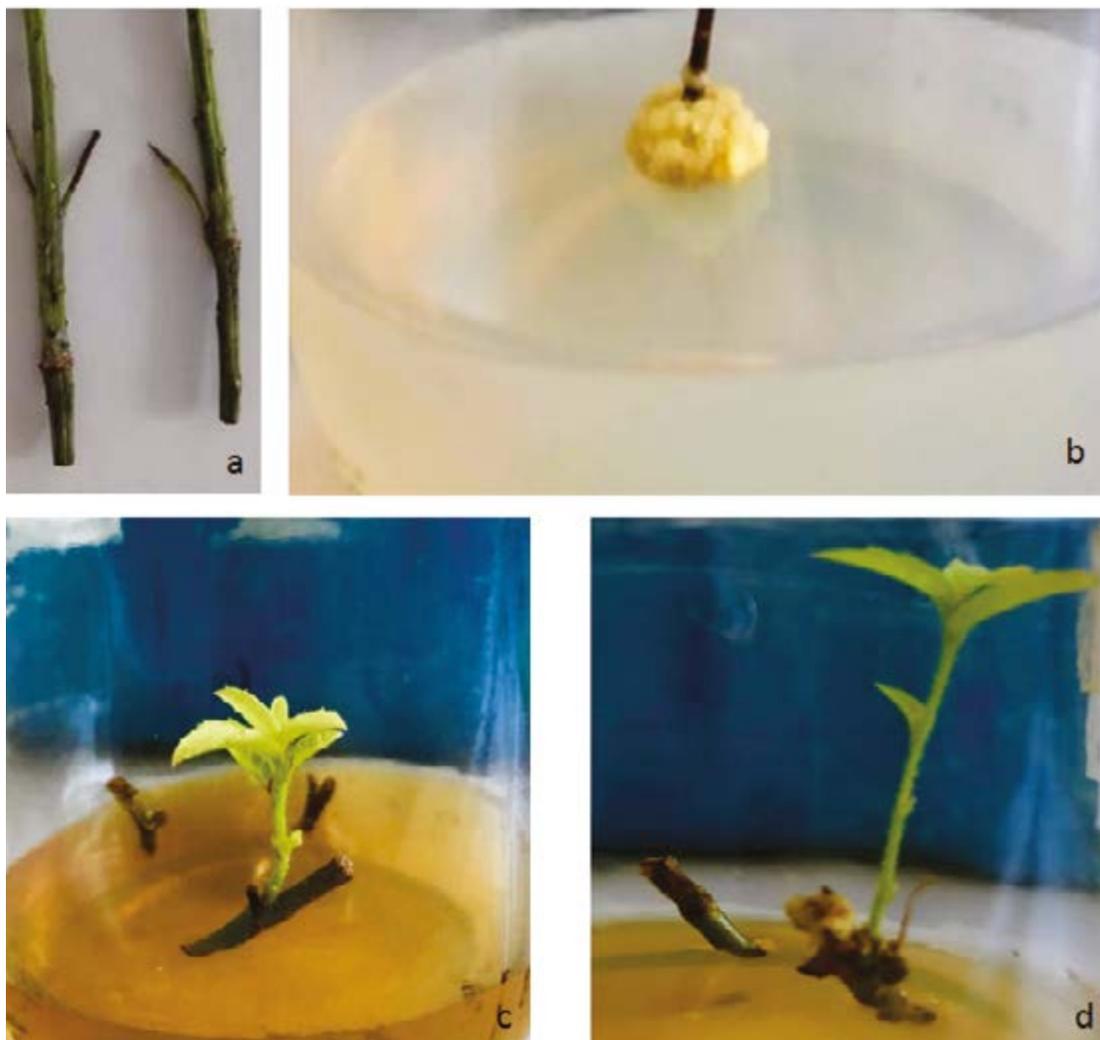


Figura 38. / Fotografías: Paulina Morales
Corte de los explantes de encino e inducción de callo y brotes. a. corte de explante, b) inducción de callo, c y d) inducción de brotes.

Una vez que se empiece a ver la formación de una plántula y el desarrollo de raíz, es importante que se prosiga con el último paso del cultivo de tejidos: la aclimatación (Fig. 39).



Figura 39. / Fotografías: Paulina Morales
Aclimatación de plántulas de encino.

Aclimatación

Este proceso es el más importante de todos, consiste en la adaptación fisiológica de la plántula a cambios externos del medio ambiente no controlados y se realiza de la siguiente manera:

- 1.- Sacar con mucha delicadeza las plántulas del frasco y lavarlas muy bien para quitar todo el medio adherido.
- 2.- Preparar el sustrato para la maceta con una relación de 50% de peatmoss y 50% de perlita (lavarlo y esterilizarlo antes de colocarlo en la maceta).
- 3.- Una vez limpia la plántula, sumergirla en una solución antifúngica por 15 min.
- 4.- Sembrar la plántula en la maceta ya con el sustrato limpio y colocarla en un sistema totalmente cerrado, manteniendo una humedad del 90% aproximadamente por 15 días.
- 5.- A partir del 15º día, abrir poco a poco por las noches durante un mes, revisarlas a detalle para ver cómo va su adaptación.
- 6.- Una vez adaptadas las plántulas al medio ambiente, se pueden dejar directamente en la maceta.





Fotografía: Maricela Rodríguez-Acosta
Bosque de pino y encino en Taxco, Guerrero

Antonio González Rodríguez ⁴
y **Jesús Llanderal Mendoza** ⁵

⁴ Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad (IIES), UNAM campus Morelia.

⁵ Escuela Nacional de Estudios Superiores (ENES), UNAM campus Morelia.

VIII LAS VARIACIONES DE LAS POBLACIONES DE ENCINO. FUNDAMENTOS PARA LA CONSERVACIÓN

La variación es uno de los atributos más importantes de las poblaciones de cualquier ser vivo, desde bacterias hasta mamíferos. Los humanos sabemos bien que no hay dos personas iguales (inclusive los gemelos no son absolutamente idénticos), pero esto aplica también a los individuos de prácticamente todas las especies que habitan el planeta. Charles Darwin en el siglo XIX fue uno de los primeros científicos en reconocer que la variación o, dicho de otra forma, las diferencias que existen de manera natural entre individuos y poblaciones son muy importantes para el proceso de la evolución y para la formación de nuevas variedades, razas y especies a lo largo del tiempo. De esta forma, el estudio de las causas y consecuencias de la variación biológica ha sido desde hace mucho tiempo uno de los temas principales de las ciencias de la vida.

Los encinos ocupan un lugar especial en los estudios sobre variación en plantas porque destacan por presentar una gran diversidad morfológica a distintos niveles:

- entre distintas partes de un mismo individuo
- entre los individuos de una misma población
- entre las poblaciones de una misma especie

Esta elevada variación se puede observar en todos los atributos de los encinos, como pueden ser la textura de la corteza, el aspecto de las bellotas, el largo del tronco, etc., pero es especialmente notable en la forma y el tamaño de las hojas. No es de extrañar que ante esta complejidad morfológica los taxónomos hayan tenido muchas dificultades para elaborar descripciones adecuadas y delimitar a las especies de encinos. Sin embargo, por otro lado, puede ser que los encinos deban gran parte de su éxito evolutivo y ecológico precisamente al hecho de ser capaces de mantener grandes niveles de variación al interior de las especies.

Entre distintas partes de un mismo individuo

Aunque puede sorprender que dentro de un mismo individuo de encino y a veces incluso dentro de la misma rama pueden observarse hojas con forma y tamaño marcadamente diferentes, es importante señalar que estas diferencias se deben a un fenómeno biológico bien conocido, llamado **plasticidad fenotípica**. La plasticidad fenotípica es la capacidad de un mismo **genotipo** (es decir un mismo conjunto de información genética) de producir **fenotipos** (es decir aspectos) diferentes en respuesta a diferentes condiciones ambientales. En el caso de los encinos, un mismo individuo (es decir un mismo genotipo), puede producir hojas diferentes, por ejemplo, dependiendo de si estas se encuentran en el exterior o en el interior de la copa del árbol. Las primeras se encuentran expuestas al sol y al viento y experimentan altos niveles de luz, calor,

viento, etc. por lo que normalmente son más pequeñas, gruesas y resistentes. Por el contrario, las hojas que se encuentran en condiciones más sombreadas son más grandes y delgadas para aumentar la absorción de la escasa luz que les llega. En algunos estudios realizados con varias especies de encinos se ha documentado que esta variación puede ser muy importante.

Entre los individuos de una misma población

Por otra parte, los individuos dentro de una misma localidad pueden también manifestar diferencias fenotípicas notables, que en este caso pueden tener dos causas, de las cuales la primera es la **variación genética**. Es interesante mencionar aquí que muchos estudios han revelado que los encinos se encuentran entre las plantas que mayores niveles de variación genética tienen. Las razones para esto incluyen el contar frecuentemente con poblaciones muy grandes (en general, entre mayor sea una población, mayor cantidad de variación genética será capaz de mantener), así como la alta capacidad que tienen para transmitir sus genes a largas distancias a través del polen, que puede ser llevado por el viento a decenas de km del sitio de origen. De esta forma, los genes presentes en un sitio dado pueden ser transmitidos fácilmente a sitios lejanos y prácticamente cualquier población puede contener en su interior la mayor parte de la variación genética presente en la especie en su conjunto. Por lo tanto, las diferencias fenotípicas entre los individuos de una población de encinos se deberán en parte a que tienen diferencias genéticas entre sí. La segunda causa de variación en las poblaciones de encinos es nuevamente la **plasticidad fenotípica**, que estaría en este caso ocasionada por las diferencias de microhábitat, es decir las condiciones ambientales específicas que cada individuo experimenta con respecto a suelo, humedad, temperatura, inclinación, etc. y que pueden producir la expresión de rasgos diferentes, aún en ausencia de diferencias genéticas entre los individuos.

Entre las poblaciones de una misma especie

Un tercer nivel de variación estaría representado por las **diferencias observables entre las distintas poblaciones de una misma especie de encino**. Por ejemplo, estudios realizados con el encino *Quercus rugosa*, una de las especies con más amplia distribución en México, han permitido observar que el tamaño de las hojas es un rasgo que cambia marcadamente de manera continua con la latitud geográfica. Los extremos de esta variación estarían representados por las poblaciones de esta especie en las cercanías de San Cristóbal de las Casas, Chiapas, que tienen hojas grandes, de 30 a 50 cm² en promedio, y por las poblaciones de los alrededores de Casas Grandes, Chihuahua, que tienen hojas que miden apenas 15 cm² (Fig. 40). Las hojas en las poblaciones situadas entre estos dos puntos muestran una disminución gradual de tamaño en dirección sur-norte. Es muy interesante notar que el tamaño de las bellotas sigue un patrón muy parecido, pasando de casi 2.5 g de peso promedio en San Cristóbal de las Casas a menos de 0.5 g en Casas Grandes (Fig. 40).

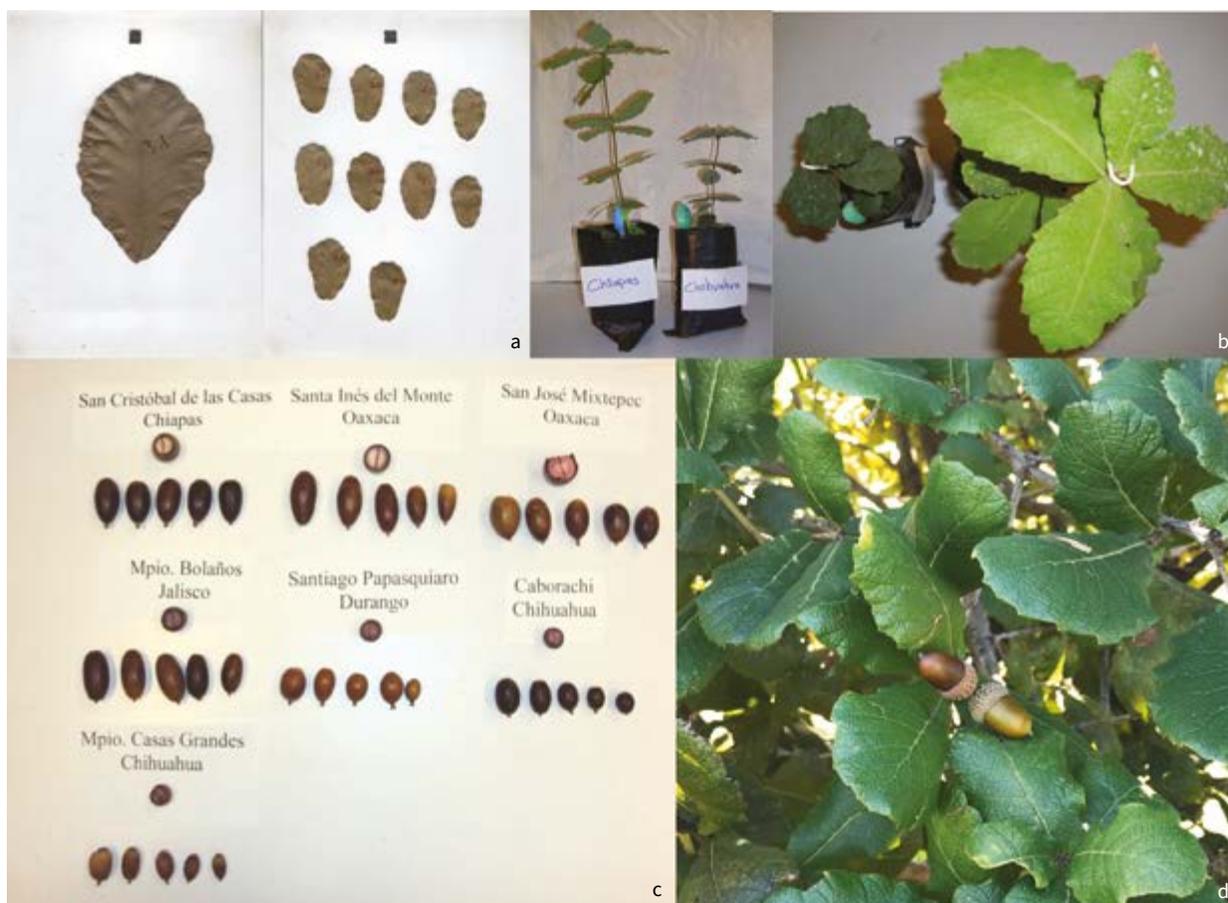


Fig.40. / Fotografías: Antonio González Rodríguez, d) Maricela Rodríguez-Acosta

Variación en las poblaciones de *Quercus rugosa* a lo largo de su distribución latitudinal en México. a) Comparación del tamaño de las hojas de individuos de una población cercana a San Cristóbal de las Casas, Chiapas (izquierda) y Casas Grandes, Chihuahua (derecha), b) Vistas lateral y superior de plántulas crecidas bajo las mismas condiciones de invernadero a partir de semillas provenientes de Chiapas y Chihuahua, c) Ilustración de la variación en el tamaño de las bellotas en varias poblaciones de *Q. rugosa* a lo largo del gradiente latitudinal de su distribución, d) *Q. rugosa* cultivado en el Jardín Botánico JBU-BUAP.

¿A qué puede deberse esta variación?

Los resultados de experimentos de invernadero mostraron que cuando se crecen plántulas de *Q. rugosa* bajo las mismas condiciones ambientales las diferencias morfológicas se mantienen, sugiriendo que tienen una base genética y no se deben solo a plasticidad fenotípica (Fig. 40). Por otro lado, las variables climáticas de precipitación anual y temperatura disminuyen también en dirección sur-norte (por ejemplo, la precipitación pasa de 1000 mm anuales en San Cristóbal de las Casas a 420 mm anuales en Caborachic) y el tamaño de las hojas y de las bellotas se correlaciona fuertemente con estas variables.

En conjunto, todos estos resultados sugieren que la variación fenotípica de las poblaciones de *Q. rugosa* a lo largo de su distribución geográfica tiene un componente adaptativo y por lo tanto permite mejorar las probabilidades de supervivencia y reproducción de los individuos bajo las condiciones específicas que experimentan en cada localidad. A este fenómeno biológico se le conoce como adaptación local y se considera que es extremadamente común en las especies de árboles de amplia distribución geográfica, incluidos muchos encinos, por lo que sería una causa frecuente de variación fenotípica en estos organismos. La adaptación local es muy importante de tomar en cuenta en el momento de realizar acciones de reforestación o restauración ecológica, ya que idealmente el material biológico a introducir debe provenir de lugares geográficamente cercanos y ambientalmente lo más parecidos posible al sitio a intervenir.

La hibridación como fuente de variación

Por último, una de las causas más importantes de variación en los encinos es la alta frecuencia de hibridación entre especies. La hibridación se define como la producción de descendencia a partir del entrecruzamiento de individuos pertenecientes a diferentes especies, y los encinos son famosos por su capacidad de formar híbridos en muchas combinaciones e incluso entre especies que no se encuentran cercanamente relacionadas o que difieren en su hábito de crecimiento (por ejemplo, se ha documentado la hibridación entre encinos arbóreos y arbustivos). La hibridación puede incrementar notablemente la variación fenotípica (Fig. 41) y genética de las especies y tiene potencialmente consecuencias ecológicas y evolutivas muy importantes.

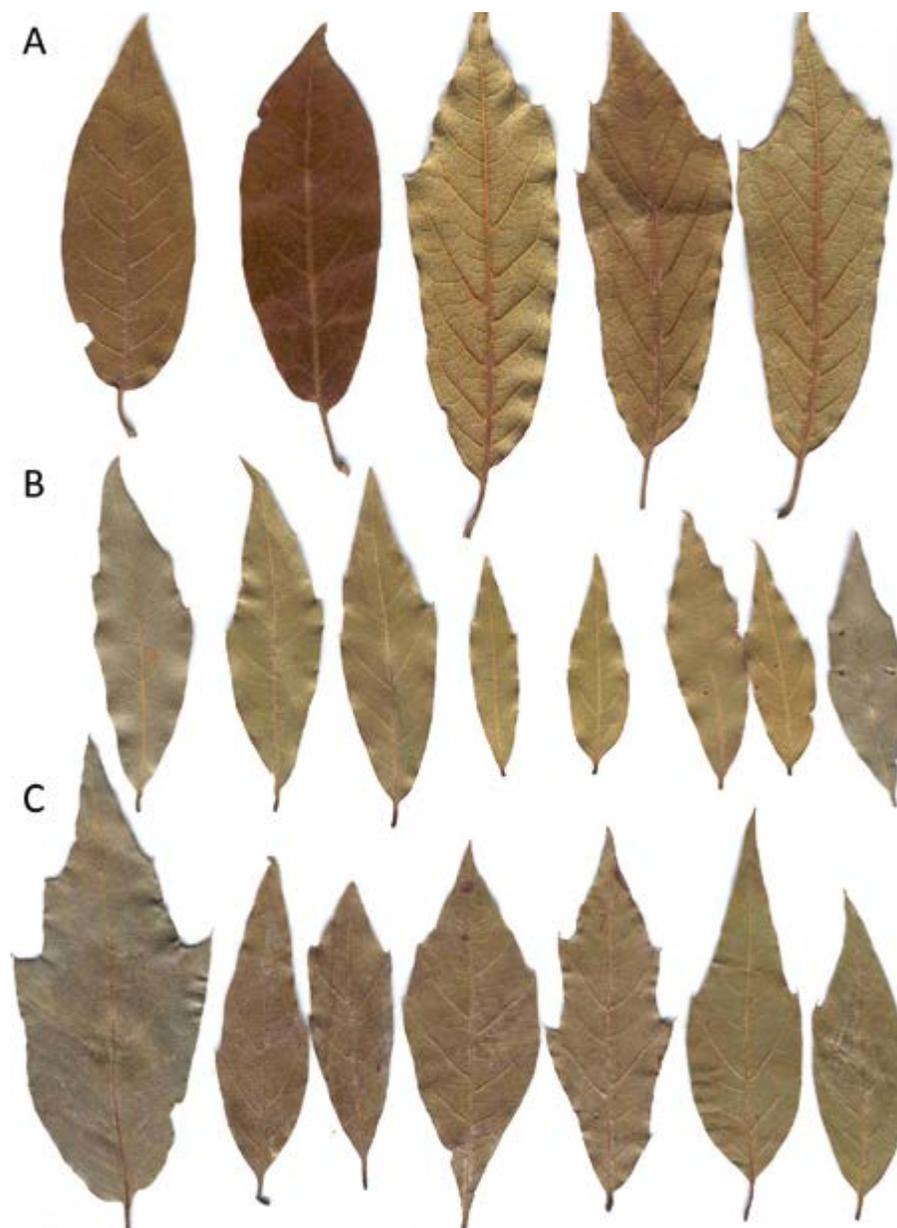


Figura 41. / Fotografías: Antonio González Rodríguez
Ejemplo de la variación morfológica foliar entre los encinos a) *Quercus laurina*, b) *Q. affinis* y c) sus híbridos naturales.

La morfología de los individuos híbridos puede ser intermedia entre las dos especies que les dieron origen (progenitores), pero también es común que aparezcan rasgos extremos, por ejemplo, hojas más grandes o chicas que las que se presentan en los progenitores, e incluso rasgos novedosos. A largo plazo, en algunas ocasiones las poblaciones de híbridos pueden constituirse como nuevas especies independientes de los progenitores y con sus propias características ecológicas. En otras ocasiones, los híbridos pueden actuar como “puentes” entre los progenitores para la transferencia de adaptaciones, como pueden ser mecanismos de respuesta ante la sequía, el frío o alguna enfermedad. Se piensa que la existencia de estas redes de interacción genética entre especies, que algunos biólogos han llamado “singameones” ha sido fundamental en la evolución de los encinos y puede ayudar a entender el gran éxito evolutivo y ecológico de este importante grupo de árboles. Sin embargo, el potencial de hibridación también debe de tomarse en cuenta en el momento de tomar la decisión de introducir una especie de encino a un área en la que no es nativa y en la que podría coexistir y posiblemente hibridarse con las especies locales. Bajo estas circunstancias, la hibridación podría resultar en la “contaminación genética” de las poblaciones nativas, que de esta forma adquirirían rasgos no necesariamente favorables o adaptativos.

Consideraciones para la conservación de encinos

Lo anteriormente descrito constituye la base para la conservación ex situ de los encinos en jardines botánicos y otras colecciones biológicas vivas. Lo que se busca es que la **diversidad genética** natural de las especies se encuentre **representada de la mejor forma posible** en dichas colecciones. Algunas recomendaciones generales para lograr esto incluirían: un muestreo geográficamente amplio, aleatorio y disperso, tanto entre poblaciones como entre individuos dentro de las poblaciones, así como en múltiples años. Lograr una adecuada representación de la diversidad genética es probablemente más sencillo en el caso de las especies con distribución geográfica restringida, pero puede ser muy complicado para las especies de distribución muy amplia. Recientes estudios realizados para el género *Quercus* indican que el número mínimo de individuos que deben ser mantenidos en colecciones para preservar un porcentaje adecuado de la variación genética natural oscila entre un mínimo de 70 y casi 200, siempre y cuando hayan sido colectados tomando en cuenta las recomendaciones arriba mencionadas. Dado que la mayoría de los jardines botánicos o arboretos no pueden mantener números tan grandes de individuos por especie, lo ideal sería crear colecciones distribuidas o “metacolecciones” (es decir repartir los individuos entre varios jardines o arboreta para optimizar la preservación de las especies).

Finalmente, un último punto sería mencionar que los híbridos forman parte de la variabilidad natural de las especies de encinos y como se ha mencionado pueden tener un papel ecológico y evolutivo muy importante, por lo que también sería recomendable su inclusión en las condiciones ex situ con fines de conservación.



Fotografía: Lucio Caamaño
Quercus glaucooides

Silvia Alvarez-Clare ⁶,
Emily Beckman ⁶,
Amy Byrne ⁶,
Christina Carrero ⁶,
Sue Paist ⁶,
Murphy Westwood ⁶ y
Susana Valencia-Avalos ¹

⁶ Global Tree Conservation Program,
The Morton Arboretum.

¹ Facultad de Ciencias de la
Universidad Nacional Autónoma
de México (UNAM).

IX PROPAGAR PARA CONSERVAR: UNA ESTRATEGIA DEL CONSORCIO MUNDIAL PARA LA CONSERVACIÓN DE ENCINOS

Como fue mencionado en los capítulos anteriores, México, así también como América Central son un foco de biodiversidad de encinos. México por ejemplo, cuenta con 168 especies que representan el ~40% de las especies existentes. Estas especies ocurren en una amplia gama de zonas de vida y ecosistemas, incluyendo bosques xéricos en las tierras bajas, bosques mesófilos montañosos y bosques de pino-encino de las tierras altas. De ellos destaca enormemente su endemismo y su distribución extremadamente restringida de algunos de ellos. Tal es el caso del encino arroyero *Quercus brandegeei* Goldman, que solo se encuentra a las orillas de riveras estacionales, de 0-200m de elevación, en las faldas de la Sierra La Laguna, en Baja California Sur. A nivel nacional, los estados con mayor número de especies de encinos son Oaxaca, Jalisco y Nuevo León (con 54, 49 y 47 especies nativas respectivamente). Sin embargo, hay 27 estados con más de 10 especies de encinos nativos y solo uno (Quintana Roo) que no cuenta con ninguna especie (Fig. 42).



Figura 42.

Mapa del número relativo de especies del género *Quercus* por estado en México. Los puntos verdes representan jardines botánicos, según la base de datos GardenSearch (https://tools.bgci.org/garden_search.php)

Estado de conservación de los encinos mexicanos

La Lista Roja de Especies Amenazadas para México elaborada por Oldfield y Eastwood en 2007, reportó 86 especies para México, 52 de ellas consideradas como amenazadas incluyendo *Q. hinckleyi* como críticamente amenazada, y 5 de ellas, *Q. brandegeei*, *Q. dumosa*, *Q. hintonii*, *Q. miquihuanensis* y *Q. skutchii*, en peligro de extinción. Lo anterior significa que al menos que se tomen medidas inmediatas, estas especies probablemente van a desaparecer para siempre. Más preocupante es el hecho de que 17 especies en esta lista, ni siquiera puedan ser clasificadas debido a que no existen datos suficientes para emitir un criterio (DD-Data Deficient; en inglés). Debido a su importancia a nivel global y local, es imperativo que se tomen medidas para prevenir la extinción de las especies de encino amenazadas y se promueva la investigación de las especies más raras o desconocidas.

Tabla 5.**Especies de Quercus mexicanos amenazados.**

- **Categorías de amenaza:** **CR**= amenaza crítica, **EN**=amenazada, **VU**= vulnerable, **NT**=casi amenazada, **LC**=preocupación menor, **DD**=datos insuficientes, **NE**=no evaluada)
- **Distribución:** **BZ** Belice, **CR** Costa Rica, **GT** Guatemala, **HN** Honduras, **MX** México, **NI** Nicaragua, **PA** Panamá, **SV** San Salvador, **US** Estados Unidos

* Datos de Carrero, et al., 2020

ESPECIE	DISTRIBUCIÓN	CATEGORÍA DE AMENAZA*
<i>Quercus graciliformis</i>	US, MX	CR
<i>Quercus hinckleyi</i>	US, MX	CR
<i>Quercus mulleri</i>	MX	CR
<i>Quercus brandegeei</i>	MX	EN
<i>Quercus carmenensis</i>	MX, US	EN
<i>Quercus cualensis</i>	MX	EN
<i>Quercus cupreata</i>	MX	EN
<i>Quercus delgadoana</i>	MX	EN
<i>Quercus devia</i>	MX	EN
<i>Quercus diversifolia</i>	MX	EN
<i>Quercus dumosa</i>	MX, US	EN
<i>Quercus engelmannii</i>	MX, US	EN
<i>Quercus flocculenta</i>	MX	EN
<i>Quercus galeanensis</i>	MX	EN
<i>Quercus hintonii</i>	MX	EN
<i>Quercus hirtifolia</i>	MX	EN
<i>Quercus insignis</i>	BZ, CR, GT, HN, MX, NI, PA	EN
<i>Quercus macdougallii</i>	MX	EN
<i>Quercus miquihuanensis</i>	MX	EN
<i>Quercus nixoniana</i>	MX	EN
<i>Quercus radiata</i>	MX	EN
<i>Quercus runcinatifolia</i>	MX	EN
<i>Quercus tomentella</i>	MX, US	EN
<i>Quercus acutifolia</i>	BZ, GT, HN, MX	VU
<i>Quercus ajoensis</i>	MX, US	VU
<i>Quercus cedrosensis</i>	MX, US	VU
<i>Quercus furfuracea</i>	MX	VU
<i>Quercus hintoniorum</i>	MX	VU
<i>Quercus meavei</i>	MX	VU
<i>Quercus rubramenta</i>	MX	VU
<i>Quercus tuitensis</i>	MX	VU
<i>Quercus vicentensis</i>	SV, MX	VU



Las especies de las categorías **NT**= casi amenazada, **LC**=preocupación menor, **DD**= datos insuficientes y **NE**= no evaluada, se incluyen en la Tabla 1 Capítulo II.

Consciente de esta necesidad, nuestro grupo de trabajo realizó un esfuerzo por reevaluar el estado de conservación de las especies del género *Quercus*, a partir de las listas rojas ya existentes, así como del listado incluido en este manual en la Tabla 1, el cuál fue preparado por los expertos en el tema, complementándolo con el análisis y la actualización de los estados de conservación que de acuerdo a los criterios de la IUCN hizo nuestro equipo. Como resultado final de este trabajo, se publicó *The Red List of Oaks 2020* (Carrero *et al.*, 2020) <https://www.mortonarb.org/files/RedListOaks2020.pdf>, en la cual se incluyeron las 168 especies de encino aquí reportadas, tres de ellas con la categoría de críticamente amenazadas (CR), 20 en peligro (EN) y 9 Vulnerables (VU) (Tabla 5), además de 18 casi amenazadas (NT), 85 con preocupación menor (LC), mientras que para 27 especies los datos son insuficientes (DD) y 6 no han sido evaluadas (NE) (ver Tabla 1 en capítulo II, Fig. 43).

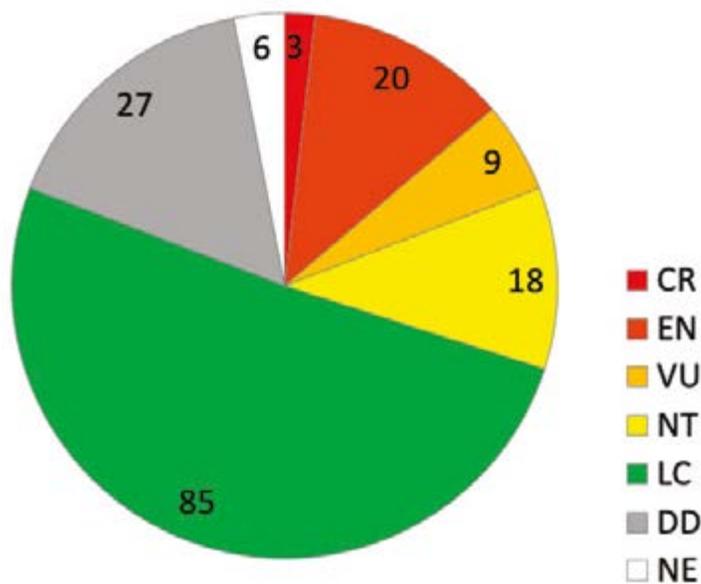


Figura 43.
Distribución de las especies de Quercus incluidas en The Red List of Oaks 2020.

Por su parte la lista roja de los árboles amenazados del bosque mesófilo de montaña, publicada en 2011 por González-Espinosa y colaboradores, incluye solo 24 especies de *Quercus*, de las cuales una la considera extinta, ocho críticamente amenazadas, ocho vulnerables, dos casi amenazadas y cinco con preocupación menor. Sin embargo, estos datos deben ser revisados y actualizados, por lo que debe hacerse un esfuerzo por completar el conocimiento sobre todas las especies mexicanas, especialmente las endémicas, y aquellas que se extienden hacia América Central.





Estrategia para la conservación de los encinos mexicanos: El potencial de los jardines botánicos en la conservación de encinos

Los jardines botánicos mexicanos tienen un gran potencial para promover la conservación de encinos mediante investigación, propagación e incorporación de especies raras o amenazadas en sus colecciones, así como desarrollo de materiales didácticos y actividades de diseminación y educación. Los jardines botánicos establecen un vínculo entre la academia y el público, y en muchos casos son una importante fuente de información sobre la flora local en las comunidades donde se encuentran. Según la base de datos GardenSearch (https://tools.bgci.org/garden_search.php), actualmente existen 66 jardines botánicos registrados en México (Fig. 42) pero de esos jardines solo 21 tienen encinos nativos amenazados en sus colecciones. El encino críticamente amenazado (CR) *Quercus mulleri*, por ejemplo, no se encuentra en ninguna colección registrada en México.

Este fenómeno no es sorprendente considerando que los encinos crecen extremadamente despacio, ocupan mucho espacio, y podrían resultar menos “carismáticos” que otros grupos de plantas (orquídeas o suculentas, por ejemplo). Además, conseguir bellotas y propagar algunas de estas especies de encinos raras puede ser difícil. Una excepción es el Jardín Botánico Universitario de la Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, el cual cuenta con un *Quercetum* de 48 especies de encinos, incluyendo varios ejemplares del amenazado *Q. brandegeei*, que fueron incorporados a la colección en el 2019. Este Manual de Propagación de Encinos procura incentivar y apoyar a otros jardines a seguir el ejemplo del jardín botánico JBU-BUAP, especialmente aquellos que se encuentran en áreas donde hay alto número de especies nativas o amenazadas.

Si los diferentes jardines mexicanos desarrollaran un plan conjunto para plantar y catalogar ejemplares de todas las especies de encino del país en sus colecciones, esto representaría un recurso invaluable para la conservación del género *Quercus* a nivel mundial y para asegurar que estos valiosos árboles estén disponibles para el uso de futuras generaciones. Los individuos plantados en los diferentes jardines botánicos podrían servir como fuente de semillas (bellotas) para futuras iniciativas de restauración o reforestación, lo cual es de particular importancia en encinos, ya que las bellotas no pueden ser almacenadas en bancos de semillas.

Creación de un Consorcio Mundial para la Conservación de encinos Sección México.

Como parte de los esfuerzos realizados para lograr la conservación de árboles en el mundo, en 2020 se conformó un “Consorcio Global para la Conservación de Encinos” (*Global Conservation Consortium for Oak; GCCO*) liderado por el Morton Arboretum en Illinois (mortonarb.org) en Estados Unidos de América. Este consorcio busca crear una red de instituciones y expertos que -en forma coordinada- desarrollen e implementen una estrategia de conservación comprensiva que prevenga la extinción de especies de encinos a nivel mundial.

En México, se ha formado una sección de este Consorcio, liderado por el Jardín Botánico de la BUAP, que busca incluir la participación de los Jardines Botánicos Mexicanos, Asociaciones Civiles, Organismos Gubernamentales, Centros de Investigación, grupos de la iniciativa privada y propietarios de la tierra entre otros más, con el objetivo principal de sumar esfuerzos, compartir experiencias y coordinar recursos e información para incrementar el impacto del proyecto de Conservación de encinos y asegurarse que todas las especies de las diferentes regiones y ecosistemas en México, estén salvaguardadas en colecciones vivas dentro de jardines botánicos o en áreas de bosque designadas como “sitios seguros” para las especies de encino amenazadas. Además, al tener encinos en sus colecciones o en sus espacios físicos, los jardines y organizaciones participantes brindarán atención a estas especies, creando una conexión con los visitantes y promoviendo su conservación.

Otros recursos disponibles son la red de jardines botánicos “Botanic Garden Conservation International” (BGCI) y la red mundial de arboretos Arbnet (arbnet.org), que facilitan el intercambio de información, coordinación y capacitación entre diferentes Instituciones a nivel global.

En la Fig. 44 se resumen los pasos a seguir para desarrollar un programa de propagación y/o conservación de una o varias especies de encino amenazado. Esta información está basada en una reciente publicación titulada “*Toward the Metacollection: Safeguarding plant diversity and coordinating conservation collections*” (Griffith *et al.*, 2019).



1 Selección de Especies	<input type="checkbox"/> Selecciona especies carismáticas, raras, deficientes de datos, o amenazadas que ocurran en tu región o ecosistemas de interés
	<input type="checkbox"/> Puedes usar la lista roja de la UICN o la Tabla 1 y 5 incluidas en este manual como guías
2 Colección de Bellotas	<input type="checkbox"/> Colecta bellotas de múltiples árboles madre, pensando en capturar la mayor diversidad genética posible
	<input type="checkbox"/> Colecta de poblaciones o líneas génicas subrepresentadas
	<input type="checkbox"/> Comparte bellotas con otros jardines, especialmente si encuentras una especie rara en fruto
3 Propagación	<input type="checkbox"/> Infórmate de las mejores técnicas para propagar tus bellotas (puedes usar este manual)
	<input type="checkbox"/> También puedes usar esquejes, cultivo de tejidos, u otro método de propagación
	<input type="checkbox"/> Trata de tener plantas de diferentes edades en tu colección
4 Manejo de Datos e Investigación	<input type="checkbox"/> Mantén información de cada árbol en tu colección, incluyendo procedencia y toda la información posible asociada al espécimen
	<input type="checkbox"/> Trata de coordinar con otros jardines que tengan la misma especie para maximizar la diversidad genética capturada en colecciones ex situ
	<input type="checkbox"/> Puedes llevar a cabo estudios con las especies amenazadas en tu colección
5 Educación y Extensión	<input type="checkbox"/> Divulga la información obtenida, incluyendo investigación y técnicas de propagación
	<input type="checkbox"/> Usa tu especie(s) como abanderada(s) para la conservación del hábitat o ecosistema de donde proviene
	<input type="checkbox"/> ¡Celebra tu trabajo y éxitos con los medios y visitantes!

Figura 44.
Cinco pasos para la conservación de encinos.

Finalmente, se puede decir que este manual, es uno de los primeros resultados que el “Consortio Global para la Conservación de Encinos” sección México ha desarrollado, y se espera será de gran utilidad a todos aquellos interesados en propagar los encinos de México y América Central. La visión que siempre se mantuvo en la elaboración del mismo fue la accesibilidad de la información y de los recursos materiales de bajo costo, para lograr la propagación y cultivo de encinos de manera exitosa en diferentes condiciones de accesibilidad. De esta manera se espera avanzar en la protección de los encinos y encinares para el futuro.

En la Fig. 45 se muestra *Q. brandegeei* plantado en el JBU-BUAP, en junio del 2019. Este acto representa la primera vez que esta especie de encino en peligro de extinción, se planta para su cultivo y cuidado en un Jardín Botánico, considerado como un sitio seguro para su conservación. El germoplasma de esta especie fue proporcionado a través de otros miembros participantes en el Consortio, resaltando con ello la importancia de la colaboración Interinstitucional para la creación de Metacolectores.



Figura 45. / Fotografía: Archivo JBU-BUAP
Plantación de Q. brandegeei en junio del 2019 por Allen J. Coombes, Curador de colecciones científicas en el JBU-BUAP, Maricela Rodríguez-Acosta, Directora del Jardín Botánico JBU-BUAP y Susana Valencia-Avalos, investigadora de la Facultad de Ciencias de la UNAM.

X BIBLIOGRAFÍA CONSULTADA

- Almeida R., Gonçalves S. y Romano A. (2005). In vitro micropropagation of endangered *Rhododendron ponticum* L. subsp. *baeticum* (Boissier & Reuter) Handel-Mazzetti. *Biodiversity & Conservation*, 14(5): 1059-1069.
- Bacilieri R., Ducouso A., Petit R.J. y Kremer A. (1996). Mating System and Asymmetric Hybridization in a Mixed Stand of European Oaks. *Evolution* 50(2): 900-908.
- Benoit D. (2009). Clonal Oak Propagation by Grafting. *International Oaks*, 20: 7-12.
- Bruijnzeel L., Kappelle M., Mulligan M. y Scatena F. N. (2011). Tropical montane cloud forests: State of knowledge and sustainability perspectives in a changing world. En: Bruijnzeel L., Scatena F. y Hamilton L. (eds) *Tropical Montane Cloud Forests: Science for Conservation and Management* (International Hydrology Series). Cambridge: Cambridge University Press.
- Cacho Q.C. (1986). Nuevos datos sobre la transición del Magdaleniense al Epipaleolítico en el País Valenciano: el Tossal de la Roca. *Boletín del Museo Arqueológico Nacional*, 4(2): 117-129.
- Cannon C.H. y Petit R.J. (2019). The oak syngameon: more than the sum of its parts. *New Phytologist*, 1-6.
- Carrero, C., Jerome, D., Beckman, E., Byrne, A., Coombes, A. J., Deng, M., González-Rodríguez, A., Hoang, V. S., Khoo, E., Nguyen, N., Robiansyah, I., Rodríguez-Correa, H., Sang, J., Song, Y-G., Strijk, J. S., Sugau, J., Sun, W. B., Valencia-Ávalos, S., and Westwood, M. (2020). The Red List of Oaks 2020. The Morton Arboretum. Lisle, IL.
- Cavender-Bares J. (2019). Diversification, adaptation, and community assembly of the American oaks (*Quercus*), a model clade for integrating ecology and evolution. *New Phytologist*, 221:669-692.
- Chalupa V. (1993). Vegetative propagation of oak (*Q. robur* and *Q. petraea*) by cutting and tissue culture. *Ann Sci For*, 50 Suppl 1, 295s-307s.
- Chassé B. (2016). Eating Acorns: What Story Do the Distant, Far, and Near Past Tell Us, and Why?. *International Oaks*, 27: 107-136.
- Childs D. (2014). *The Warship Mary Rose: The Life and Times of King Henry VIII's Flagship*. Seaforth Publishing. Great Britain, 240.
- Cuevas-Reyes P., Canché-Delgado A., Maldonado-López Y., Wilson Fernandes G., Oyama K. y González-Rodríguez A. (2018). Patterns of herbivory and leaf morphology in two Mexican hybrid oak complexes: Importance of fluctuating asymmetry as indicator of environmental stress in hybrid plants. *Ecological Indicators*, 90: 164-170.
- Díaz-Pontones D. y Reyes-Jaramillo I. (2009). Producción y almacenamiento de bellotas de *Quercus hintonii* Warburg (Fagaceae) de la depresión del Balsas, México. *Polibotánica*, 27: 131-143.
- Ducouso A., Michaud H. y Lumaret R. (1993). Reproduction and gene flow in the genus *Quercus* L. *Annales des Sciences Forestières*, 50 Suppl. 1: 91-106.
- Farjon A. (2017). *Ancient Oaks in the English Landscape*. Kew Publishing, Royal Botanic Garden, Kew. Richmond. London, 348.
- Favre J.M. y Juncker B. (1987). In vitro growth of buds taken from seedlings and adult plant material in *Quercus robur* L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 8:49-60.
- García M.J.G. (2008). Carbón de encino: Fuente de calor y energía. CONABIO. *Biodiversitas*, 77: 7-9.
- Garín F. y Almandoz J. (2015). Vegetative Propagation of Oaks in Iturraran. International Oak Society. <https://www.internationaloaksociety.org/content/vegetative-propagation-oaks-iturraran>. Consultado en marzo, 2020.
- Gaspar T., Kevers C., Penel C., Greppin H., Reid D. y Thorpe T.A. (1996). Plant hormones and plant growth regulators in plant tissue culture. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 32: 272-289.
- Gil-Pelegrín E., Peguero-Pina J.J. y Sancho-Knapik D. (2017). Oaks and People: A Long Journey Together. En: Gil-Pelegrín E., Peguero-Pina J.J. y Sancho-Knapik D. (eds) *Oaks Physiological Ecology. Exploring the Functional Diversity of Genus Quercus L. Tree Physiology*. Springer, Cham. Switzerland.

- Gocke M.H., Robison D.J. y Treasure E. (2008). Rooting Stem Cuttings of Several Species within the genus *Quercus* L. *International Oaks*, 19: 29-41.
- González-Espinosa M., Meave J. A., Lorea-Hernández F. G., Ibarra-Manríquez G. y Newton A. C. (2011). *The Red List of Mexican Cloud Forest Trees*. Fauna & Flora International. Cambridge, UK, 149.
- Griffith, M.P., Emily Beckman, Taylor Callicrate, John Clark, Teodoro Clase, Susan Deans, Michael Dosmann, Jeremie Fant, Xavier Gratacos, Kayri Havens, Sean Hoban, Matt Lobdell, Francisco Jiménez-Rodríguez, Andrea Kramer, Robert Lacy, Tracy Magellan, Joyce Maschinski, Alan W. Meerow, Abby Meyer, Vanessa Sanchez, Emma Spence, Pedro Toribio, Seana Walsh, Murphy Westwood, Jordan Wood. 2019. TOWARD THE METACOLLECTION: Safeguarding plant diversity and coordinating conservation collections. Botanic Gardens Conservation InternationalUS (San Marino, USA). <https://www.bgci.org/resources/bgci-tools-and-resources/toward-the-metacollection-coordinating-conservation-collections-to-safeguard-plant-diversity/>
- Hipp A.L., Manos P.S., González-Rodríguez A., Hahn M., Kaproth M., McVay J.D., Valencia A.S. y Cavender-Bares J. (2018). Sympatric parallel diversification of major oak clades in the Americas and the origins of Mexican species diversity. *New Phytologist*, 217:439-452.
- Humphrey B.E. (2019). *The bench grafter's handbook: Principles & Practice*. CRC Press, Taylor & Francis Group. Boca Raton, USA, 638.
- Jarret P. (2004). *Guide des sylvicultures-Chêne atlantique*. ONF/ Lavoisier, Paris 335.
- Johnson P.S., Shifley S.R. y Rogers R. (2002). *The Ecology and Silviculture of Oaks*. CABI. New York. USA, 503.
- Jones J.H. (1986). Evolution of the Fagaceae: The implications of foliar features. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 73:228-275.
- Juncker B. y Favre J.M. (1989). Clonal effects in propagating oak trees via in vitro culture. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 19: 267-276.
- Juncker B. y Favre J.M. (1994). Long-term effects of culture establishment from shoot-tip explants in micropropagating oak (*Quercus robur* L.). *Ann Sci For*, 51 (6): 581-588.
- Li Q., Deng M. y Gu M. (2019). Micropropagation of *Quercus arbutifolia*. *International Oaks*, 30: 217-224.
- Lumaret R., Yacine A., Berrod A., Romane F. y Li T. X. (1991). Mating system and genetic diversity in holm oak (*Quercus ilex* L., Fagaceae). En: Hattemer H. H., Fineschi S., Cannata F. y Malvolti M.E. (eds.). *Biochemical markers in the population genetics of forest trees*. Academic Publishing, The Hague, Netherlands.
- Luna-José A. de L., Montalvo-Espinosa L. y Rendón-Aguilar B. (2003). Los usos no leñosos de los encinos en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 72: 107-117.
- Manzanera J.A. y Pardos J.A. (1990). Micropropagation of juvenile and adult *Quercus suber* L. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 21: 1-8.
- McCown B.H. (2000). Recalcitrance of woody and herbaceous perennial plants: Dealing with genetic predeterminedism. *In Vitro Cellular & Developmental Biology Plant*, 36: 149-154.
- Moon H.K. y Yi J.S. (1993). Cutting propagation of *Quercus acutissima* clones after rejuvenation through serial grafting. *Ann Sci For* 50, Suppl 1, 314s-318s.
- Moström J. (2006). The Oak Tree, from Peasant Torment to a Unifying Concept of Landscape Management. En: *The Oak - History, Ecology, Management and Planning*, Proceedings from a conference in Linköping, Sweden.
- National Geographic. (2016). Los druidas, los misteriosos filósofos de la Galia. https://historia.nationalgeographic.com.es/a/druidas-misteriosos-filosofos-galia_7918/1 Consultado en marzo, 2020
- Nixon K.C. (2006). "Global and Neotropical Distribution and Diversity of Oak (genus *Quercus*) and Oak Forests". En: Kappelle M. (ed) *Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forests. Ecological Studies (Analysis and Synthesis)*. Springer, Berlin, Heidelberg.
- Nixon K.C., Jensen R.J., Manos P.S. y Muller C.H. (1997). *Flora of North America, North of Mexico*. Magnoliophyta: Magnoliidae and Hamamelidae. New York: Oxford University Press.
- Oldfield S. y Eastwood A. (2007). *The Red List of Oaks*. Fauna and Flora International. Cambridge. UK, 32 pp.

- Ostrolucká M.G., Gajdošová A. y Libiaková G. (2007). Protocol for micropropagation of *Quercus* spp. En: Jain S.M. y Häggman H. (eds) *Protocols for Micropropagation of Woody Trees and Fruits*, Springer.
- Pearse I.S., Koenig W.D., Funk K.A. y Pesendorfer M.B. (2015). Pollen limitation and flower abortion in a wind-pollinated, masting tree. *Ecology*, 96 (2):587-593.
- Pence V.C. (2010). The possibilities and challenges of in vitro methods for plant conservation. *Kew Bulletin*, 65: 539-547.
- PortalFruticola.com. (2019). Qué es la tierra negra y cuáles son sus usos. <https://www.portalfruticola.com/noticias/2019/12/24/que-es-la-tierra-negra-y-cuales-son-sus-usos/> Consultado en febrero, 2020
- Purohit V.K., Palni L.M.S., Nandi S.K. y Rikhari H.C. (2002). In vitro regeneration of *Quercus floribunda* Lindl. through cotyledonary nodes: an important tree of Central Himalaya. *Current Science*, 83(3): 312-316.
- Rackham O. (2006). European oaks: cultural history and ecology. En: *The Oak - History, Ecology, Management and Planning*, Proceedings from a conference in Linköping, Sweden.
- Romano A., Noronha C. y Martins-Loução M.A. (1992). Influence of Growth Regulators on Shoot Proliferation in *Quercus suber* L. *Annals of Botany*, 70 (6):531-536.
- Sabás-Rosales J.L., Sosa-Ramírez J. y Luna-Ruiz J. de J. (2015). Diversidad, distribución y caracterización básica del hábitat de los encinos (*Quercus*: Fagaceae) del estado de San Luis Potosí, México. *Botanical Sciences*, 93(4): 881-897.
- San-Jose M.C., Vieitez A. M. y Ballester A. (1990). Clonal Propagation of Juvenile and Adult Trees of Sessile Oak by Tissue Culture Techniques. *Silvae Genetica*, 39 (2): 50-55.
- San-Jose M.C., Ballester A., Vieitez A.M. (1988). Factors affecting in vitro propagation of *Quercus robur* L. *Tree Physiology*, 4 (3): 281-290.
- Tamta S., Palni L.M.S., Purohit V.K. y Nandi S.K. (2008). In vitro propagation of brown oak (*Quercus semecarpifolia* Sm.) from seedling explants. *In Vitro Cellular & Developmental Biology - Plant*, 44: 136-141.
- Valencia-A.S. (2004). Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, 75: 33-53.
- Valencia-A.S. y Gual-Díaz M. (2014). La familia Fagaceae en el Bosque Mesófilo de Montaña de México. *Botanical Sciences*, 92: 193-204.



MANUAL PARA LA PROPAGACIÓN DE QUERCUS:
UNA GUÍA FÁCIL Y RÁPIDA PARA CULTIVAR ENCINOS
EN MÉXICO Y AMÉRICA CENTRAL

Fue impreso en los talleres de Xpressgráfica en Puebla, México.
El cuidado de la edición y la composición tipográfica estuvieron a
cargo de la Mtra. María Esperanza Dávila Coronado y la coordinación
editorial estuvo a cargo de la Dra. Maricela Rodríguez-Acosta.
El tiraje constó de 1000 ejemplares.

Mayo · 2021



De izquierda a derecha: Allen J. Coombes, miembro del CSC del GCCO de Norteamérica, Audrey Denvir y Silvia Clare, Conservation Ecologist, The Morton Arboretum, Maricela Rodriguez-Acosta Directora del JBU-BUAP en Puebla y coordinadora del GCCO en México.

“Uno de los grandes beneficios del Consorcio Global para la Conservación de Encinos (GCCO) liderado por The Morton Arboretum, es la colaboración. El saber, la experiencia y el intercambio del conocimiento permiten el avance continuo y constante de nuestra misión para lograr la conservación de encinos y los hábitats donde ellos se encuentran”

El JBU-BUAP es un jardín botánico acreditado por la BGCI, y por Arbnet, en la categoría nivel IV.

