

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA



Evaluación de la Germinación y Crecimiento de *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. y
Quercus peduncularis Née (FAGACEAE) en Dos Diferentes Sustratos Bajo
Condiciones *Ex Situ*

Por:

NAIVI QUITERIO RADILLA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2025

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE BOTÁNICA

Evaluación de la Germinación y Crecimiento de *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. y
Quercus peduncularis Née (FAGACEAE) en Dos Diferentes Sustratos Bajo
Condiciones *Ex Situ*

Por:

NAIVI QUITERIO RADILLA

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROBIOLOGÍA

Aprobada por el Comité de Asesoría



Dra. Aida Isabel Leal Robles
Asesor Principal



Dr. Juan Antonio Encina Domínguez
Coasesor



Dr. Juan Antonio Núñez Colima
Coasesor



Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México

Junio, 2025

DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

El autor quien es el responsable directo, jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestados los datos o la tesis para presentarla como propia; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, graficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo es original.

Autor principal



Naivi Quiterio Radilla

DEDICATORIA

A mis padres, **Juan Quiterio Medel y Olga Lidia Radilla Rumbo**, por estar siempre a mi lado desde el primer instante. Su amor, su fe inquebrantable en mí y su constante presencia han sido el motor que me impulsó a alcanzar uno de los sueños más importantes de mi vida. Cada palabra de aliento, cada gesto de cariño y cada mirada llena de orgullo viven en este logro. Papá, tus palabras, tu ternura y tu manera de hacerme sentir única han iluminado mi camino. Ustedes son mi mayor inspiración.

A mis abuelos maternos, **Margarito Radilla Ayvar y Carmela Rumbo Rodríguez**, por su amor inmenso, por su apoyo incondicional y por hacerme sentir siempre importante y querida. En especial, a ti, abuela, que ya no estás físicamente conmigo, pero cuya presencia vive en cada uno de mis recuerdos y en lo más profundo de mi corazón. Este trabajo también es para ti, hasta el cielo, con todo mi amor.

Cada uno de mis logros es una ofrenda de gratitud hacia ustedes.

Mis triunfos son su reflejo.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco profundamente a todas las personas que, en lo académico y personal, apoyaron la realización de este trabajo.

Gracias a mi padre, **Juan Quiterio Medel**, por su ejemplo de perseverancia, su apoyo incondicional y siempre creer en mí, que han sido fundamentales en este logro, te amo mejor amigo.

A mi madre, **Olga Lidia Radilla Rumbo**, por su amor, fortaleza y paciencia, que me inspiraron en todo momento, te amo.

A mis abuelos maternos, **Carmela Rumbo Rodríguez** y **Margarito Radilla Ayvar**, y paternos, **Ángela Crescencia Medel Rodríguez** y **Leobardo Quiterio Candela**, por su cariño y enseñanzas, los amo con todo mi corazón.

Gracias a la familia **De La Cruz Radilla**, por su afecto y apoyo constante.

Reconozco a mi tío **Bruno Radilla Rumbo** y a mi prima **Deyanira Quiterio Medel**, por sus valiosos consejos y apoyo.

Mi gratitud a la **Dra. Aida Isabel Leal Robles** por su guía y compromiso durante este proceso.

Al **Ing. Luis Enrique Garces Flores**, gracias por tu apoyo y amor incondicional. Te amo.

Finalmente, agradezco a mis amigas **Nisi Mariel Cavanzo González**, **María José Paulina Cedillo Castillo** y a la **Ing. Karen Santiago Hernández** por su amistad y apoyo constantes.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
1. INTRODUCCIÓN	3
2. JUSTIFICACIÓN	6
3. OBJETIVOS	8
3.1. Objetivo General	8
3.2. Objetivos Específicos.....	8
4. HIPÓTESIS	9
5. REVISIÓN DE LITERATURA	10
5.1. Características generales de las especies del género <i>Quercus</i>	10
5.1.1. Características de los frutos de los encinos	11
5.1.2. Longevidad	12
5.1.3. Variación genética	13
5.1.4. Descripción botánica de <i>Quercus liebmannii</i> Oerst. ex Trel	13
5.1.5. Descripción botánica de <i>Quercus peduncularis</i> Née	16
5.1.6. Distribución geográfica de <i>Quercus liebmanii</i> Oerst. ex Trel. y <i>Quercus peduncularis</i> Née	20
5.1.7. Clasificación taxonómica de <i>Quercus liebmanii</i> Oerst. ex Trel. y <i>Quercus peduncularis</i> Née	21
5.1.8. Aspectos generales sobre el cultivo de los encinos	22
5.2. Sustratos para el cultivo de los encinos.....	24
5.3. Servicios ecosistémicos de los encinos	28
5.4. Conservación y endemismo de los recursos biológicos de la Sierra Madre del Sur	28

5.5. Sociedad internacional de los encinos.....	30
5.6. Programa guardines de los encinos	30
6. MATERIALES Y MÉTODOS.....	32
6.1. Sitio experimental	32
6.2. Exploración y colecta	33
6.2.1. Selección de especies sujetas a investigación	33
6.2.2. Recolecta, herborización e Identificación de ejemplares botánicos	34
6.2.3. Colecta de semillas para la propagación de encinos.....	34
6.3. Siembra y seguimiento del cultivo	35
6.3.1. Determinación la viabilidad de bellotas.....	35
6.3.2. Preparación de sustratos y camas para siembra de bellotas	36
6.3.3 Siembra de bellotas	39
6.3.4. Etiquetado de las macetas.....	41
6.3.5. Riego y cuidados en macetas dds	41
6.3.6. Registro de variables a evaluar, diseño experimental y análisis estadístico	42
6.3.7. Retribución a la sociedad.....	43
7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	44
7.1. Sitios de colecta.....	44
7.2. Registro de viabilidad de las semillas y respuesta de germinación.....	45
7.3. Evaluación de la germinación en sustratos orgánicos.....	47
7.4. Evaluación del crecimiento inicial de los encinos en sustratos orgánicos	52
7.5. Parámetros morfométricos.....	54
7.6. Reincorporación de los encinos a la comunidad Llanos de Tepoxtepec	61
8. CONCLUSIONES	66

9. RECOMENDACIONES	68
10. LITERATURA CITADA	69
11. ANEXOS	77

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Sección transversal de una bellota. Valencia-Avalos <i>et al.</i> , (2021).....	12
Figura 2. Encino amarillo ubicado a orilla del camino en la localidad Llanos de Tepoxtepec. (Archivo personal, 2025).....	14
Figura 3. Muestra de hojas de encino amarillo, procedente de la colección de plantas vasculares del Herbario Nacional de México (MEXU). (Yescas, 2012).....	15
Figura 4. Encino roble ubicado en el parque ecoturístico de la localidad Llanos de Tepoxtepec. (Archivo personal, 2025).....	18
Figura 5. Muestra de hojas de encino amarillo, procedente de la colección de plantas vasculares del Herbario Nacional de México (MEXU). (Soto Núñez y Solórzano G., 1986).....	19
Figura 6. Mapa de la distribución geográfica en México del encino amarillo. (Tomado de www.uicn.org , 2025).....	20
Figura 7. Mapa de la distribución geográfica en México del encino roble. (Tomado de www.uicn.org , 2025).....	21
Figura 8. Bosque de pino y encino en la comunidad Llanos de Tepoxtepec.....	32
Figura 9. <i>Quercus liebmanii</i> Oerst. ex Trel (encino amarillo) a orilla del camino en la comunidad.....	33
Figura 10. Colecta de bellotas.....	35
Figura 11. Utilización de la técnica de flotación para la selección de semillas viables.....	36
Figura 12. Bellotas colocadas en charolas para obtener su viabilidad mediante la técnica de flotación.....	40
Figura 13. Bellotas listas para ser sembradas tras pasar por la técnica de flotación, garantizando su viabilidad.....	40
Figura 14. Siembra de bellotas en sus respectivas macetas.....	41
Figura 15. Tierra de encino colocada en las macetas, con su respectivo número de etiqueta, para la siembra de la especie <i>Quercus peduncularis</i> Née (roble).....	42

Figura 16. Mapa de georreferenciación para las especies <i>Quercus liebmanii</i> Oerst. ex Trel. y <i>Quercus peduncularis</i> Née (Elaboración propia).....	44
Figura 17. Porcentajes de germinación de las especies de <i>Quercus</i> analizadas.....	46
Figura 18. Registro de la germinación de las bellotas, desde el día inicial de la siembra hasta el registro final de datos. Se comparan los resultados de germinación obtenidos en los tres sustratos evaluados.....	48
Figura 19. Registro de latencia en las semillas de <i>Quercus liebmanii</i> Oerst. ex Trel.....	49
Figura 20. Registro de la germinación de las bellotas, desde el día inicial de la siembra hasta el registro final de datos. Se comparan los resultados de germinación obtenidos en los tres sustratos evaluados.....	51
Figura 21. Comparación de la presencia de latencia en las semillas de <i>Quercus peduncularis</i> Née.....	52
Figura 22. Representación de medias para la variable altura de las plantas de roble.....	55
Figura 23. Representación de medias para la variable numero de hojas de las plantas de roble.....	56
Figura 24. Representación de medias para la variable grosor del tallo de las plantas de roble.....	56
Figura 25. Representación de medias para la variable altura de las plantas de encino amarillo.....	58
Figura 26. Representación de medias para la variable número de hojas de las plantas de encino amarillo.	58
Figura 27. Representación de medias para la variable grosor de tallo de las plantas de encino amarillo.....	59
Figura 28. Área donde está establecido el vivero de Sembrando Vida.....	61
Figura 29. Exhibición de carteles informativos con el tema “Encinos de Guerrero, Los Gigantes de la Sierra”	63

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1 (a y b). En el Herbario Nacional de México (MEXU) de plantas vasculares del Instituto de Biología de la UNAM se encuentran los siguientes datos (Yescas, 2012; Soto Núñez y Solórzano G., 1986).....	22
Cuadro 2. Tratamientos de sustratos para la germinación de bellotas de la especie <i>Quercus liebmanii</i> Oerst. ex Trel.....	37
Cuadro 3. Tratamientos de sustratos para la germinación de bellotas de la especie <i>Quercus peduncularis</i> Née.....	37
Cuadro 4. Especie: <i>Quercus liebmanii</i> Oerst. ex Trel.....	48
Cuadro 5. Especie: <i>Quercus peduncularis</i> Née.....	49
Cuadro 6. Datos obtenidos de la especie <i>Quercus liebmanii</i> Oerst. ex Trel.....	52
Cuadro 7. Datos obtenidos de la especie <i>Quercus peduncularis</i> Née.....	53
Cuadro 8. Efecto de los dos sustratos en las medias de altura de la planta, número de hojas y grosos de tallo, al evaluar el crecimiento $\pm$ la desviación estandar, para <i>Quercus peduncularis</i> Née (Roble).....	55
Cuadro 9. Efecto de los tres sustratos en las medias de altura de la planta, número de hojas y grosos de tallo, al evaluar el crecimiento $\pm$ la desviación estandar, <i>Quercus liebmanii</i> Oerst. ex Trel.....	57

RESUMEN

El presente estudio evaluó la germinación y el crecimiento de dos especies de *Quercus* endémicas del sur de México que se distribuyen en el bosque mesófilo de montaña de la Sierra Madre del Sur, en Guerrero, México. El objetivo fue evaluar el efecto de dos sustratos en la germinación de bellotas y desarrollo inicial de *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. y *Quercus peduncularis* Née, como estrategia de conservación. Para ello, se identificaron poblaciones naturales mediante la aplicación Gaia GPS y se generó un mapa en ArcGIS que muestra los límites ejidales y sitios de muestreo. Se diseñó un experimento controlado de ocho meses, donde se sembraron bellotas en distintos sustratos para *Q. liebmanii* Oerst. ex Trel. se utilizó composta (tratamiento 1, T1), mezcla de tierra de encino, aserrín y tierra de pino (tratamiento 2, T2), y tierra de encino (tratamiento 3, T3); en la especie *Q. peduncularis* Née, lombricomposta con tierra de encino (T1) y tierra de encino (T2). Durante el experimento se regularon las condiciones ambientales como luz y humedad. Los resultados más relevantes son para *Q. liebmanii* Oerst. ex Trel. se obtuvo un 21 % de viabilidad y un total de 17 bellotas germinadas. La etapa de germinación fue más rápida en T2 y la de latencia más prolongada en el testigo (T). El mayor diámetro del tallo y altura se presentó en T2, y el mayor número de hojas (9) en T1. En la especie *Q. peduncularis* Née, germinaron un total de 21 bellotas, con una viabilidad del 17 %. La germinación fue más rápida en T1 y la latencia mayor en el testigo (T). El mayor diámetro del tallo fue en el testigo (T), y la mayor altura y número de hojas (30) en T1. De acuerdo con el análisis estadístico, no se encontró diferencia significativa en ninguna de las variables evaluadas con los sustratos para *Q. liebmanii* y en *Q. peduncularis*, si hubo diferencia significativa en la variable número de hojas en los encinos que crecieron en el sustrato T1. Los encinos y material informativo se entregaron al vivero Sembrando Vida en Llanos de Tepoxtepec, Guerrero. La respuesta en la germinación de las bellotas se relaciona con las características endógenas y el uso de sustratos de origen orgánico favorece su crecimiento.

Palabras clave: *Quercus*, sustratos, germinación, desarrollo, endémica

ABSTRACT

This study evaluated the germination and growth of two *Quercus* species endemic to southern Mexico, distributed in the montane cloud forest of the Sierra Madre del Sur in Guerrero, Mexico. The objective was to evaluate the effect of two substrates on acorn germination and initial development of *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. and *Quercus peduncularis* Née, as a conservation strategy. To this end, natural populations were identified using the Gaia GPS application and a map was generated in ArcGIS showing the ejido boundaries and sampling sites. An eight-month controlled experiment was designed, where acorns were sown in different substrates for *Q. liebmanii* Oerst. ex Trel. Compost (treatment 1, T1), a mixture of oak soil, sawdust and pine soil (treatment 2, T2), and oak soil (treatment 3, T3) were used; In the species *Q. peduncularis* Née, vermicompost with oak soil (T1) and oak soil (T2). During the experiment, environmental conditions such as light and humidity were regulated. The most relevant results are for *Q. liebmanii* Oerst. ex Trel. 21 % viability and a total of 17 beautiful germinated acorns were obtained. The germination stage was fastest in T2 and the longest latency in the control (T). The largest stem diameter and height occurred in T2, and the highest number of leaves (9) in T1. In the species *Q. peduncularis* Née, a total of 21 acorns germinated, with a viability of 17 %. Germination was fastest in T1 and the longest latency in the control (T). The largest stem diameter was in the control (T), and the highest height and number of leaves (30) in T1. According to the statistical analysis, no significant differences were found in any of the variables evaluated with the substrates for *Q. liebmanii* and *Q. peduncularis*, although there was a significant difference in the variable number of leaves in the oaks grown in substrate T1. The oaks and informational materials were delivered to the Sembrando Vida nursery in Llanos de Tepoxtepec, Guerrero. The germination response of the acorns is related to endogenous characteristics, and the use of organic substrates favors their growth.

Key words: *Quercus*, substrates, germination, development, endemic.

1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Valencia-Avalos (2001) para el estado de Guerrero se reportan 20 especies del género *Quercus*, la mayoría son especies arbóreas propias de los bosques de encino y bosque mesófilo de montaña.

En la comunidad Llanos de Tepoxtepec, ubicada en la Sierra Madre del Sur del estado de Guerrero, los habitantes han comentado que dentro de sus terrenos se presentan dos especies de encino (*Quercus* spp) que afectan el cultivo de durazno, ya que al caer las hojas de los encinos provocan que se deterioren las raíces de los árboles por el exceso de humedad o bien, que impiden el paso de la luz solar afectando la germinación de semillas de otras especies.

Esta situación ha ocasionado que en algunos sitios dentro de la comunidad, los encinos son cortados para mantener la producción de durazno y la madera obtenida por la tala, se vende como materia prima para la construcción de cabañas, por lo anterior, ambas especies de encino tienen un alto nivel de deforestación (Comunicación verbal, octubre 2024). Por tal motivo, las autoridades ejidales y algunos otros pobladores han manifestado su interés en la protección de las especies de *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. y *Quercus peduncularis* Née en las que se centrará la presente investigación.

De acuerdo con Molina (2023) en la región existían otros cultivos, debido a las situaciones políticas y económicas del país, actualmente, en la comunidad Llanos de Tepoxtepec, los habitantes han realizado proyectos de ecoturismo para que forme parte de la principal fuente de ingresos como son la construcción de cabañas, senderos, aunado a la elaboración de artesanías y mezcal que aumenta su economía local. Por otra parte, datos del Gobierno del Estado de Guerrero (2023) indican que se han ejecutado programas de reforestación con el objetivo de sembrar 300,000 plantas en superficies afectadas por incendios forestales, esto implica que la comunidad ha recibido apoyo para su infraestructura debido al acceso limitado

que se tiene para ingresar a ella. El ejido tiene como objetivo implementar un modelo de desarrollo más sostenible.

Derivado de lo anterior, en la presente investigación se planteó como objetivo evaluar la germinación de bellotas de los encinos *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. y *Quercus peduncularis* Née y su desarrollo, al establecerlos en diferentes sustratos, para contribuir con la producción de plantas que a futuro puedan servir en programas de conservación y restauración de bosques de la comunidad Llanos de Tepoxtepec, estado de Guerrero.

La investigación se llevó a cabo en la comunidad Llanos de Tepoxtepec, de acuerdo con INEGI (2025), el sitio se encuentra a una latitud de 17°28'32.130 N y la longitud de 99°31'40.340 W, la cual, está ubicada en la Sierra Madre del Sur, del municipio de Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, México. El ejido se caracteriza por tener un ecosistema montañoso con bosques de pino y encino, con un clima templado subhúmedo y lluvias en verano, ubicado a una altitud de 2,333 m. El estudio se desarrolló durante un periodo de ocho meses, iniciando en el mes de octubre de 2024 y concluyendo en el mes de mayo 2025.

Se recolectaron bellotas y se seleccionaron a través de la prueba de flotación, posteriormente se sembraron en distintos sustratos para analizar su efectividad en la germinación y así contribuir a la conservación de este género botánico.

Por lo tanto, los resultados de porcentaje de germinación para *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. es 21 % y *Quercus peduncularis* Née con un 17%, se observó que *Quercus liebmannii* Oerst. ex Trel. presentó mayor germinación en el sustrato T2 (10 bellotas) y *Quercus peduncularis* Née en T (13 bellotas). La germinación fue más rápida en T2 y T1, respectivamente, mientras que la latencia fue mayor en T. en *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel., el mayor crecimiento se dio en T2, y en *Quercus peduncularis* Née, en T1. Los resultados obtenidos de este trabajo ayudaran a conservar la vegetación de esta zona, cuando se reincorporen los

encinos a los bosques. De acuerdo con el análisis estadístico, no se encontró diferencia significativa en ninguna de las variables evaluadas con los sustratos para *Q. liebmanii* y en *Q. peduncularis*, si hubo diferencia significativa en la variable número de hojas en los encinos que crecieron en el sustrato de lombricomposta y tierra de encino.

El trabajo contribuirá a conservar esa zona de manera en que se reincorporen los encinos a los bosques, por lo que, esta zona fue determinada como adecuada para llevar a cabo el estudio debido a la alta incidencia de incendios forestales en los últimos años, lo cual algunas de las consecuencias son pérdida de la biodiversidad animal y vegetal.

2. JUSTIFICACIÓN

México es un país megadiverso, sin embargo, las altas tasas de destrucción de ecosistemas y desaparición de especies nativas han aumentado, aunado a que los programas de conservación para la biodiversidad de plantas son mínimos y se centran en familias botánicas más carismáticas (por ejemplo: *Cactaceae* u *Orchidaceae*) dejando de lado el interés por otros grupos botánicos como las especies del género *Quercus* de la familia Fagaceae.

La importancia de este grupo radica en que, los encinos, son un elemento clave en el ecosistema debido sus interacciones con otras especies (aves, pequeños mamíferos, insectos, arácnidos, asociaciones simbióticas con orquídeas y hongos), son reguladores de la temperatura, contribuyen en la recarga de mantos freáticos, disminuyen la erosión y el ruido. Sin embargo, son susceptibles a la desaparición por el calentamiento global y efecto de pérdida del ambiente, haciéndolos un grupo vulnerable y sin un programa de conservación a nivel estatal o regional.

En particular para este trabajo, se seleccionaron dos especies del sur del estado de Guerrero *Quercus liebmannii* y *Quercus peduncularis* Née y de acuerdo a la lista roja de la UICN en 2000 (Unión Internacional para conservación de la naturaleza) ambas especies se encuentran en la categoría de “least concern” (LC), es decir con “bajo riesgo” sin embargo, eso no indica que deban de ignorarse las medidas de protección para esas especies, sobre todo por la información de la población local que reportan altas tasas de deforestación de los bosques donde habitan estas especies, así como el aumento de los incendios forestales que ocurren en la región.

La generación de información acerca de la biología de estas especies y aspectos de su cultivo permitirán a la población crear consciencia de los recursos forestales con los que cuenta y los beneficios ecosistémicos que les aportan, evitando que las especies ocupen alguna categoría de riesgo y sea demasiado tarde para ejecutar acciones de conservación. Tal como lo menciona el comisario ejidal de la comunidad Llanos de Tepoxtepec, mediante una encuesta nos informó que a pesar

de que los encinos son considerados “perjudiciales” en la germinación de las semillas de otras especies, los ejidatarios se organizaron para presentar un proyecto de servicios ambientales a la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), dado que los encinos desempeñan el papel de ser una fuente de leña, carbón vegetal, uso medicinal, forraje para ganado y como materia prima para la construcción de cabañas, así como en la protección contra la erosión del suelo y en la regulación microclimática de la zona.

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo General

Evaluar el efecto de dos sustratos en la germinación de bellotas y desarrollo inicial de las especies de encino *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. y *Quercus peduncularis* Née como estrategia para su conservación *ex situ*.

3.2. Objetivos Específicos

- ✓ Determinar el porcentaje de germinación de bellotas y el desarrollo vegetativo de las plantas formadas al establecerlas en dos diferentes sustratos.
- ✓ Impartir una plática de educación ambiental sobre la importancia de los encinos de la Sierra Madre del Sur, además de entregar al vivero de la comunidad, los encinos obtenidos en este estudio.

4. HIPÓTESIS

Las bellotas de encino tienen un mayor porcentaje de germinación en sustratos que provienen de su entorno natural (tierra de encino y tierra de pino), en comparación con otros sustratos como aserrín, lombricomposta y composta, debido a su adaptación fisiológica y ecológica al medio donde germinan de forma natural.

5. REVISIÓN DE LITERATURA

5.1. Características generales de las especies del género *Quercus*

La familia Fagaceae incluye nueve géneros con unas 1000 especies, que habitan las zonas templadas y subtropicales de ambos hemisferios. El género con la mayor riqueza es *Quercus*, se distribuye en gran medida en el hemisferio norte, en latitudes bajas principalmente en ecosistemas montañosos. Este grupo está conformado por 500 especies, de las cuales, 150 habitan en México, donde proliferan bosques y se asocian con otras especies de árboles (INECOL, 2014).

Los encinos son plantas fácil de recolectar, por su hábito arbóreo o arbustivo, hojas simples, alternas y por el tipo de semilla conocida como bellota. Sin embargo, existe un número alto de especies, variación morfológica, variación ecológica e hibridación, por lo que su manejo requiere de atención especial (Villarreal *et al.*, 2022), aunado a lo anterior, las especies del género *Quercus*, han perdurado en el tiempo aun cuando, han experimentado cambios en las comunidades biológicas, presentando una amplia variedad y adaptación a climas adversos, reflejando su capacidad adaptativa y diversificación de este grupo de especies (Rodríguez, 2021).

Es importante resaltar que, la reproducción es de manera simultánea y a gran escala, por lo que las bellotas de los encinos de un área se producen en periodos variables que van de 2 a 9 años. Las semillas son recalcitrantes, es decir, tiene una alta tasa de germinación, las semillas que mantienen una germinación tardía, pierden humedad y así mismo su viabilidad. Debido a esto, las bellotas no se encuentran en los bancos de germoplasma de los ecosistemas en los que se desarrollan, sino que forman bancos de plántulas esperando obtener condiciones óptimas de luz y formando parte de una técnica más eficiente para propagar estas especies (Rodríguez, 2021).

5.1.1. Características de los frutos de los encinos

De acuerdo con lo propuesto por Valencia-Avalos *et al.* (2021) la fructificación ocurre en los meses de junio abarcando hasta el mes de diciembre, la maduración de los frutos varía de acuerdo con la especie, por otro lado, nos comenta que las bellotas son los frutos de los encinos, los cuales en su base están protegidas por una cúpula escamosa, con su embrión en su interior, cuando la bellota ya está madura esta cae al suelo, así de esta manera se lleva a cabo su dispersión y mediante los consumidores como mamíferos y aves, del mismo modo, indica que los encinos presentan autoincompatibilidad, la fecundación cruzada es la que predomina, esto es uno de los factores principales de la diversidad genética. Producen de manera abundante sus frutos en un periodo de 2 a 9 años, existen estos contrastes en la producción de frutos o bellotas debido a la limitación de la dispersión del polen.

De acuerdo con Zavala-Chávez (2004) las bellotas de los encinos blancos tienen un retraso en su germinación (latencia) y por lo regular emergen después de su etapa de maduración. Por otro lado, las bellotas que pertenecen a los encinos rojos tienen una latencia variable. Las semillas de los encinos blancos son recalcitrantes, debido a la deshidratación se disminuye la capacidad de germinar de las bellotas (Bonner, 1996; Gosling, 1989; Guthke y Spethmann, 1993; Pardos, 2000).

Los encinos blancos pierden su viabilidad cuando caen de los árboles al suelo y su periodo es menor a los 12 meses (Zavala-Chávez, 2001; Zavala-Chávez y García, 1996). La viabilidad de las bellotas depende en gran parte de diferentes factores ambientales y el equilibrio entre la ganancia/pérdida de agua (Vázquez-Yanes y Orozco-Segovia, 1990).

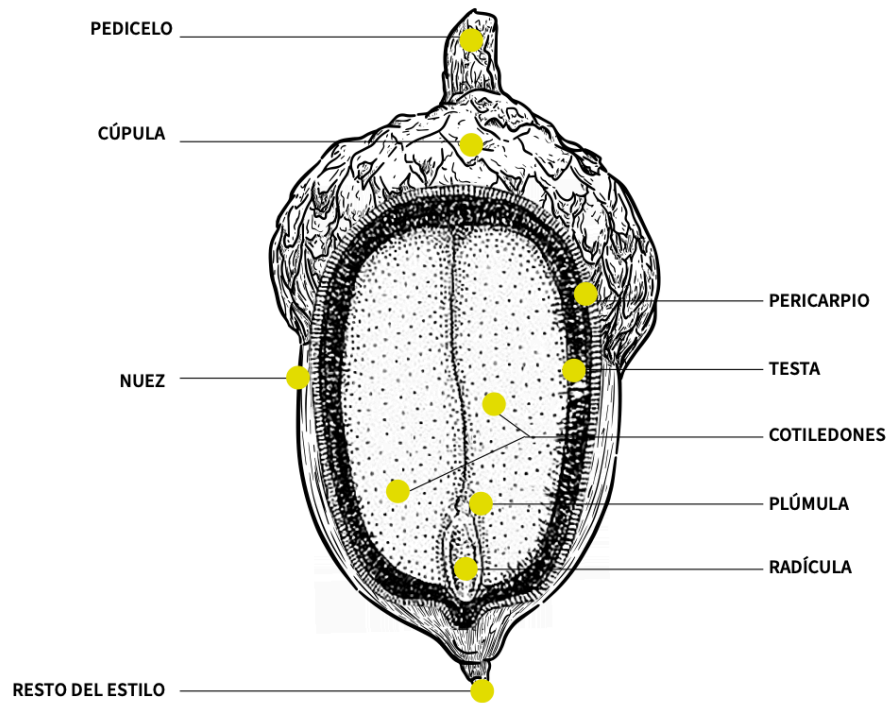


Figura 1. Sección transversal de una bellota. Valencia-Avalos *et al.*, (2021)

5.1.2. Longevidad

De acuerdo con Valencia-Avalos *et al.* (2021) el género *Quercus* está integrado por plantas longevas, que requieren un largo periodo para alcanzar la madurez reproductiva, entre los tres y 50 años, por lo que llegan a vivir más de 900 años y para asegurar la continuidad de la especie cada año forman miles de bellotas, se estima que un árbol que llega a vivir 900 años, tiene la capacidad de producir más de 10,000,000 bellotas, estas siendo de una misma especie pero genéticamente distintas. Las especies arbustivas realizan la reproducción vegetativa por medio de renuevos rizomatosos, de esta manera forma grandes áreas de plantas con el mismo genoma.

Las características de los encinos como son las: medidas variables, diversidad de especies y endemismos, han propiciado que estas especies se adapten a diferentes ambientes y sean de utilidad para la humanidad, por lo que abarcan casi todo el

territorio mexicano y América Tropical, hacia el Sur de Estados Unidos y América Central.

5.1.3. Variación genética

En el género *Quercus* los híbridos se forman cuando se mezcla el polen de diferentes especies Valencia-Avalos *et al.* (2021), es decir, cuando dos o más especies de una misma sección comparten un mismo hábitat. Esto provoca la introgresión a través de los conocidos cruces repetidos de las especies parentales, donde un árbol muestra similitudes con otras. Esto es uno de los principales factores por los que existe una alta diversidad de las poblaciones de encinos en México.

5.1.4. Descripción botánica de *Quercus liebmannii* Oerst. ex Trel

De acuerdo con Oerst (1924) los sinónimos de esta especie de *Quercus* son: *poculifer* Trel. 1924 y *liebmannii* f. *brevipes* Trel. 1924. Estos árboles tienen una altura de 10 m, las hojas miden 9-25 x 4-16 cm, son caducifolias, coriáceo, oboval a oblanceolado, a veces elípticas, su ápice es redondeado o romo, con base estrechada, redondeada o a veces cordada, las hojas jóvenes son de color amarillo rosado, hojas maduras adaxialmente verdes, brillantes, sin pelo o con algunos pelos estrellados a lo largo de la costilla media, la base de las hojas maduras son abaxialmente con tomento persistente, denso y blanquecino hecho de pelos fasciculados y glandulares, excepto en las venas primarias, el margen es ondulado, sinuado-dentado y tiene de 7-13 pares de dientes de mucrones cortos. Contienen 10-16 pares de venas, son prominentes, la medida del peciolo es de 4-15 mm de largo y glabrescente.

Las bellotas miden de 1,5-3 cm de largo, de forma ovoide, sedosa en el ápice, individual o agrupada, el tallo mide de 2-8 cm de largo, tiene una media copia que

encierra en 1/3 a la nuez, con escamas pubescentes grisáceas, estas bellotas maduran en el primer año y poseen cotiledones libres.

Entre sus rasgos distintivos está una corteza que es oscura, agrietada, gemelo delgado, sin pelo, algo rosado, con numerosas lenticelas pálidas, con un brote de 2-4 mm de largo, con un color marrón pálido, pubescente al inicio y con el paso del tiempo se vuelve glabro, con escamas ciliadas y estipuladas de hojas caducas.



Figura 2. Encino amarillo ubicado a orilla del camino en la localidad Llanos de Tepoxtepec. (Archivo personal, 2025).

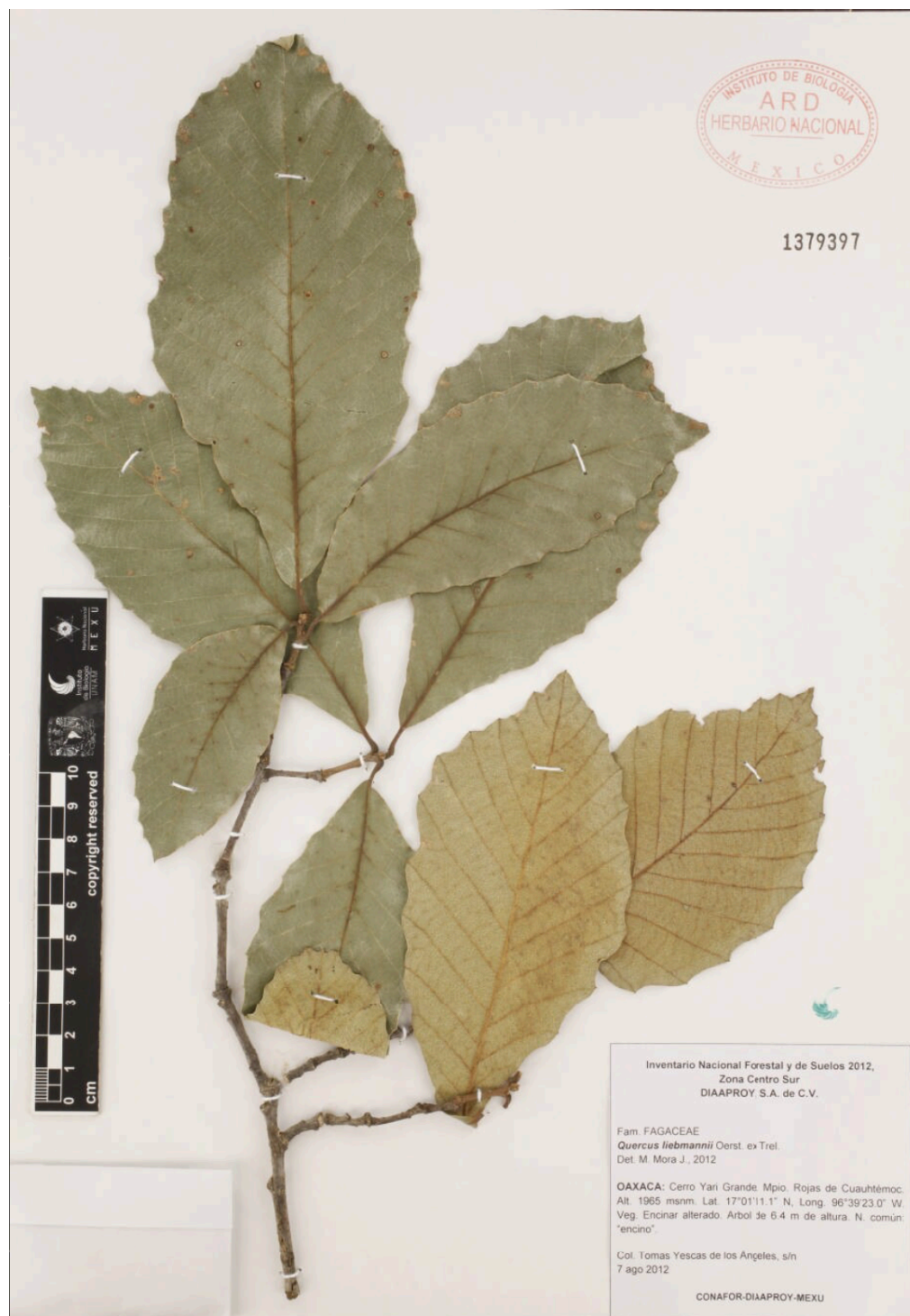


Figura 3. Muestra de hojas de encino amarillo, procedente de la colección de plantas vasculares del Herbario Nacional de México (MEXU). (Yescas, 2012)

5.1.5. Descripción botánica de *Quercus peduncularis* Née

Tal como indica Romero Rangel *et al.*, (2014) esta especie consta de diferentes nombres comunes como son: roble, xaxaru que está escrito en lengua purépecha, encino, encino blanco, encino zapote, mazcahuite, negro y encino avellano.

Por otro lado, este árbol puede medir 12 m de alto, presenta un tronco de 30 cm de ancho, la corteza de tonalidad oscura, las ramillas son de color amarillo con medidas de 2 a 2.5 mm de grosor, la cobertura de tricomas fasciculados consta de estipitados de ramas con una gran longitud, glabrescentes, lenticelas color claro con un tamaño de 1mm de largo, las yemas son en forma ovoide de color castaño en una escala de 3-4 mm de largo, en los que contiene escamas pubescentes, las estípulas son subuladas o lineares con las características de ser pubescentes y glabrescentes, con unas medidas de 5 a 7 mm de largo, sus peciolo son pubescentes y tienen una escala de 4 a 9 mm de longitud, las hojas jóvenes constan de una tonalidad verde oscura, indumentos de tricomas fasciculados cortos o largos. El envés de las hojas posee un tono blanquecino y está protegido por un denso indumento de tricomas fasciculados estipitados. Las láminas de las hojas en etapa madura son en forma oblanceoladas, elípticas u obovadas, con una longitud de 4-7 y 13 cm y un ancho de 1.5-6 cm.

El ápice y la base pueden ser obtuso o agudo, el margen engrosado, revoluto, cartilaginoso, crenado o dentado y muestra 7 a 10 crenaciones o dientes, cada uno con un mucrón. La textura de la hoja es subcoriácea y sus venas secundarias son semicraspedódroma, con entre 9 y 14 nervaduras secundarias de cada uno de sus lados, de manera recta. El haz que es la superficie superior de la hoja es de color verde oscuro, brillante y glabro, excepto en la base, en donde existen tricomas fasciculados estipitados.

El envés, está cubierto por un indumento denso que está compuesto por tricomas fasciculados estipitados con ramas largas, en forma extendida y entrecruzada, la epidermis es ampulosa y contiene papilas. Los amentos masculinos miden 5-9 cm

de largo, incluye una gran cantidad de flores y son pubescentes, cada una de sus anteras miden 1-1.3 mm de largo y sus filamentos alrededor de 1 mm. Los amentos femeninos miden de 2-3 cm de largo, dispone de 2 a 5 flores, además son pubescentes.

Las bellotas o semillas se producen una vez al año, solitarias o en grupos, cada uno con pedúnculos de 3-4 cm de largo, por otro lado, las cúpulas son hemisféricas, con 9 mm de alto por 12-13 mm de diámetro y cada una de las escamas tienen el ápice agudo, la base prominente y son pubescentes. Las bellotas o semillas son en forma ovoide, de 10 mm de largo y 8-13 mm de diámetro, incluyendo una tercera parte de su longitud en la cúpula.



Figura 4. Encino roble ubicado en el parque ecoturístico de la localidad Llanos de Tepoxtepec.
(Archivo personal, 2025).

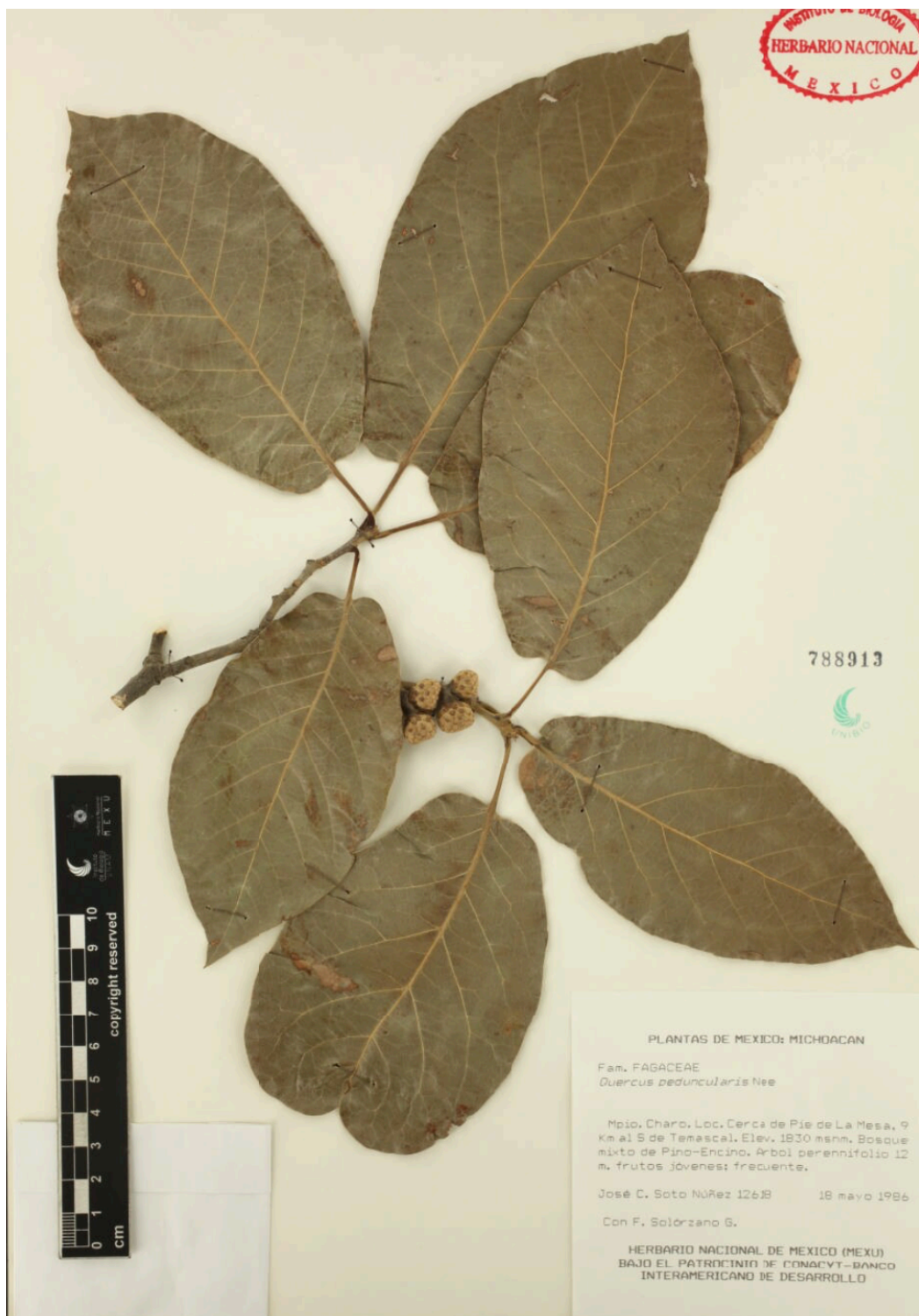


Figura 5. Muestra de hojas de encino amarillo, procedente de la colección de plantas vasculares del Herbario Nacional de México (MEXU). (Soto Núñez y Solórzano G., 1986)

5.1.6. Distribución geográfica de *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. y *Quercus peduncularis* Née

Existen registros de esta especie *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. (encino amarillo) en los estados de Oaxaca, Puebla y Guerrero, se encuentran de 1000 a 2500 m. Resiste temperaturas de hasta -13°C. (Oerst, 1924)



Figura 6. Mapa de la distribución geográfica en México del encino amarillo. (Tomado de www.uicn.org, 2025)

Hay evidencia de la presencia de esta especie *Quercus peduncularis* Née (roble) en los estados de Querétaro, Michoacán, Jalisco, Colima, Michoacán, Puebla, Veracruz, Guerrero, Oaxaca y Chiapas (Romero *et al.*, 2014) se encuentran de 800 a 1550 m (García, 1998). Resiste temperaturas de 18 a 24°C (López, 2004).



Figura 7. Mapa de la distribución geográfica en México del encino roble. (Tomado de www.uicn.org, 2025)

5.1.7. Clasificación taxonómica de *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. y *Quercus peduncularis* Née

La clasificación infragenérica del género *Quercus* ha tenido cambios a lo largo de la historia. De acuerdo con Denk *et al.*, (2017) el género está integrado por dos subgéneros y ocho secciones, en particular las especies en estudio pertenecen a la sección (encinos blancos), al género *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. y especie *Quercus peduncularis* Née.

Cuadro 1 (a y b). En el Herbario Nacional de México (MEXU) de plantas vasculares del Instituto de Biología de la UNAM se encuentran los siguientes datos (Yescas, 2012; Soto Núñez y Solórzano G., 1986)

a)

Reino	Plantae
Phylum o división	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fagales
Familia	Fagaceae
Género	Quercus
Especie	Quercus liebmannii
Nombre científico	<i>Quercus liebmannii</i> Oerst. ex Trel.

b)

Reino	Plantae
Phylum o división	Tracheophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fagales
Familia	Fagaceae
Género	Quercus
Especie	<i>Quercus peduncularis</i>
Nombre científico	<i>Quercus peduncularis</i> Née

5.1.8. Aspectos generales sobre el cultivo de los encinos

De acuerdo a lo mencionado por Coombes (2021) antes de que las bellotas lleguen a la etapa de su madurez se deben realizar viajes de campo para asegurar que las especies sean identificadas y tengan la capacidad de producir bellotas.

Las bellotas se deben de recolectar cuando caen del árbol y son viables cuando al momento de tocarlas se sienten frías, duran, sin agujeros y brillantes. Se recomienda recolectar como mínimo 100 bellotas de cada sitio.

Tal como lo explica Parra-Suárez y Rodríguez-Acosta (2021) para la germinación de las bellotas se aplica el método de flotación, se tienen que eliminar las que no son viables (flotan) y se deben elegir las que se hunden, se deben de quedar una o dos horas en agua y así unificar el grado de humedad.

Si la cubierta rígida de las bellotas, mejor conocida como pericarpio, ya está abierta se deben de remojar por 10 min. Por otro lado, en el caso de los encinos blancos, colocar las bellotas en agua no es fundamental, por lo que, tienen la capacidad de germinar en la misma bolsa en la que se colectan, sin embargo, con los encinos rojos se debe de uniformizar el contenido de humedad y así mismo ayudar con su germinación.

Parra-Suárez y Rodríguez-Acosta (2021) mencionan que las bellotas se deben sembrar a una inferior profundidad a la de sus medidas y de manera horizontal, impidiendo el paso de luz y flujos de aire, exponiendo el pericarpio, se deben de germinar en contenedores pequeños y ya cuando la radícula crece se pasan a un contenedor individual y llegan a germinar de 1 a 2 meses.

De acuerdo con lo propuesto por Parra-Suárez y Rodríguez-Acosta (2021) las plántulas se deben de transplantar cuando las medidas son de 10 a 20 cm de altura y hojas abiertas. Se deben de tener un análisis de la cantidad de agua que se va a utilizar es las etapas iniciales de crecimiento hasta la plántula, su riego tiene que ser cada tercer día, pero se deben de monitorear para establecer un adecuado calendario de riego. Las plagas más comunes son las larvas que afectan a las bellotas durante su germinación. Un invernadero y vivero son de gran utilidad para tener una óptima germinación, al igual que una bodega para el almacenamiento de la herramienta y sustratos.

5.2. Sustratos para el cultivo de los encinos

El sustrato es el material inerte o activo que cumple ciertas funciones como: ser un soporte para la raíz de las plantas, retención de agua y nutrientes.

Los sustratos, dependiendo de su origen y composición, son las funciones que aportan a las plantas para favorecer el crecimiento y desarrollo vegetativo.

A continuación, se listan cinco de los sustratos utilizados y sus principales características:

A) Lombricomposta

La agricultura orgánica, utiliza la lombricultura para producir abono a través de residuos vegetales y utilizando la lombriz roja californiana (*Eisenia fetida*), con el objetivo de potenciar la sustentabilidad. Un factor determinante de esta práctica es el manejo adecuado de las lombrices (Rubio, 2023).

De acuerdo con la Comisión Nacional Forestal (2017), la lombriz que es utilizada en la práctica de la lombricultura mide de 6 a 8 cm, respira por su piel y es sensible a la luz solar, al avanzar en la tierra, esta especie come y sus deyecciones provocan que la tierra sea un suelo aún más fértil, dado que sus excrementos contienen nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, esto tiene como resultado que sea un producto más eficaz que los fertilizantes comerciales, así de esta manera produciendo el humus.

B) Composta

Torres (2025), de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), nos informa que la composta es un sustrato orgánico que se obtiene mediante la descomposición de material biológico colocados en

capas que llevan a cabo una etapa de degradación. Esta descomposición es realizada de forma natural a través de los microorganismos que existen en el ambiente, por otro lado, la producción de este abono es económica y sencilla.

Los residuos orgánicos que se utilizan son: hojas, rastrojos, zacates, cáscaras, desechos orgánicos caseros, subproductos maderables, ramas, excremento animal y residuos industriales biodegradables, son de gran ayuda para los suelos ya que optimizan la estructura y su fertilidad.

Contribuye a la mejora de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, proporcionando nutrientes esenciales para las plantas. Además, funciona como parte de la alimentación de los microorganismos del suelo, es un excelente amortiguador en los cambios de pH y reduce las fluctuaciones bruscas de temperatura. La relación carbono/nitrógeno en el suelo se ve beneficiada, permitiendo una mejor absorción de nitrógeno por las plantas.

Para su elaboración se debe seleccionar un sitio protegido de la luz solar directa y del viento, se deben de construir camas con las siguientes medidas: 10 m de largo, 2 m en la base mayor, 1.5 m de base menor y 1.5 m de altura. Posteriormente se coloca una rejilla de madera gruesa sobre el terreno para se lleve a cabo una correcta aireación, por otro lado, sobre la misma rejilla se coloca una capa de residuos de 30 cm de altura a lo largo de la cama.

Se colocan capas de material orgánicos y marrones que son ricos en nitrógeno y carbono, cada una de las capas debe de tener un grosor de 20 a 30 cm, entre cada una de las capas se deben de añadir tierra, debido a que contiene microorganismos que ayudan en la descomposición.

Cada una de las capas se deben de voltear cada dos semanas para así favorecer la aireación y acelerar el proceso de descomposición, solo se debe de añadir agua si la mezcla esta seca y si está demasiado húmeda, agregar material seco.

Las campas de composta suelen estar listas entre 3 y 4 meses, aunque este plazo puede cambiar dependiendo del tipo de materiales y el volumen de la mezcla. Se considera que ha madurado cuando los restos originales ya no son identificables, presenta un color oscuro, una textura homogénea y desprende un aroma agradable.

C) Aserrín de pino

Anteriormente el aserrín de pino era utilizado para la producción de combustibles a través de esta biomasa, para posteriormente ser reemplazados por los carburantes fósiles en la era industrial.

De acuerdo con Pérez-Vinent *et al.*, (2022) la biomasa puede convertirse en energía, por medio de la vía de conversión termoquímica y bioquímica, para que se lleven a cabo cada uno de estos procesos se deben de seguir ciertos pasos, los cuales son: recolección, almacenamiento, transporte, secado y molienda. Se deben de analizar las propiedades física y químicas de la biomasa, por otro lado, las partículas relacionadas con el tamaño del material (granulométricas) se pueden evaluar con un análisis de tamizado en el que se determina el diámetro de una partícula promedio de una muestramicroscopía y pruebas de sedimentación.

d) Tierra de hoja de bosques de encinos

De acuerdo con SEMARNAT (1996) en México existe una norma que respalda el aprovechamiento de manera legal y sustentable del sustrato en los diferentes bosques de encinos que existen en el país, la cual es la NOM-027-SEMARNAT-1996, de esta manera su extracción se considera una práctica común que beneficia a las comunidades forestales. La tierra de hoja de encinos se utiliza para la germinación de plantas en invernaderos, viveros, mejorador de suelos en jardines urbanos (Callejas-Ruíz *et al.*, 2009; Flores *et al.*, 2004; Sayer, 2005) y como enriquecedor en la fertilidad de los suelos agrícolas, debido a que es un sustrato rico en nutrientes y está conformado por una gran cantidad de hongos micorrícicos

aunque anteriormente en Europa se utilizaba para la elaboración de combustible y el ganado.

Como señalan Valle-Arango y Ignacio (2003) los bosques de encinos se conforman mayormente por hojarasca, que se consideran todas las hojas, flores, frutos, semillas, cortezas y ramas que caen al suelo, la cual al momento de caer se descomponen y pasan por diferentes horizontes los cuales son el horizonte mineral y horizonte A.

La compra y venta de este sustrato va en aumento debido a que se obtienen buenos resultados del sustrato, pero como consecuencia se llevan a cabo impactos en el suelo forestal. Conforme la hojarasca lleva a cabo su proceso de descomposición.

e) Tierra de pino

Tal como lo describe Soluciones Naturales Profesionales (2025) este sustrato orgánico, se forma mediante la degradación de las hojas de pino, lo cual funciona para mejorar las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, debido al alto contenido de nutrientes que este contiene, por otro lado, este compuesto por una gran diversidad de microorganismos que benefician el desarrollo de las plantas. Así mismo, ayuda a controlar la humedad para que tengan un óptimo crecimiento las raíces y evita el crecimiento de malezas.

Es utilizado en el paisajismo, jardinería y construcción de caminos, su almacenamiento debe de ser en un lugar fresco y seco porque si se almacena en un lugar con mucha humedad, existe una alta probabilidad de que proliferen hongos y bacterias que afecten a las plantas.

5.3. Servicios ecosistémicos de los encinos

Tal como lo señala Luna-José *et al.*, (2003) la especie *Q. crassifolia* se emplea en la medicina y como alimento, por otro lado, *Q. rugosa* se utiliza como medicina natural, alimento, forraje y artesanías. La mayor parte de los órganos de la planta se emplean como un remedio medicinal, los cuales son: corteza, hojas, flores, raíces y agallas. Las yemas foliares, flores, hojas y agallas forman parte de la alimentación de los grupos étnicos, por su alto contenido de nutrientes. Los encinos se consumen de manera natural, un claro ejemplo de ello son las bellotas y de manera procesados, consumiendo las bellotas como si fueran semillas, elaboración de harina para tortilla, pan, pastel, atole, tesgüino, chocolate, café, pinole y tamales.

Las especies de animales porcino o caprino son alimentados mediante el forraje de la planta, por otro lado, en el estado de Tlaxcala las hojas frescas de *Q. crassipes* y *Q. obtusata* son usadas en la alimentación de los burros (Espejel *et al.*, 1999).

Con las bellotas, las comunidades zapotecas de Trinidad Buenavista (Oaxaca), elaboran artesanías sin importar los tamaños y formas, ejemplo de ello son los rosarios, sin embargo, en Cuetzalan (Puebla) se elaboran aretes, cuadros, cestos y juguetes, en cambio, en Xochimilco (CDMX), se fabrican coronas y adornos navideños, de igual forma, en Tepoztlán (Morelos) se comercializan collares echos a base de bellotas, por último en Amecameca (Estado de México) se implementan las agallas como ornamento en floreros (Estrada, 1996).

5.4. Conservación y endemismo de los recursos biológicos de la Sierra Madre del Sur

De acuerdo con Almazán-Núñez, *et al.*, (2011) se estableció un estudio en siete ejidos que conforman la Sierra Madre del Sur, mediante un ordenamiento territorial comunitario (OTC) que tiene como objetivo llevar a cabo el estudio de la diversidad biológica de plantas y animales de cada uno de los sitios, el estudio se llevó a cabo

en: Petatlán, Xocomanatlán, San Vicente, San Cristóbal, Santa Rosa, El Durazno y Corrales, cada uno de los ejidos mencionados tiene una descripción geográfica y ambiental diferente. Estos estudios se realizaron en las fechas de junio del 2023 a febrero del 2007, asimismo, las observaciones y colectas fueron mediante el método convencional en plantas, aves, anfibios, reptiles y mamíferos.

Mediante este método de estudio se derivó que existen diferentes especies endémicas, en peligro de extinción, en categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 y no consideradas bajo ninguna categoría de riesgo de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010, mediante esta norma se elaboró un listado y así establecer una zona de conservación.

La Sierra Madre del Sur es una zona con una gran riqueza de especies, esto es debido a los diferentes taxones que se encuentran en ella y está formada por una cadena montañosa del noroeste al sureste, dicha cadena es de forma paralela hasta la Costa Sur del Pacífico mexicano, la cual conforma los estados de Jalisco, Michoacán, Guerrero, Oaxaca, Puebla y abarcando el sur de la Faja Volcánica Transmexicana.

La vegetación que más se encuentra es el bosque de coníferas y encinos con un 47 %, en segundo, se ubica el bosque tropical caducifolio representando el 24 %, así mismo, se encuentra el bosque mesófilo de montaña que abarca el 15 % y en menor cantidad se encuentran los bosques tropicales perennifolios, subcaducifolio, matorral xerófilo y pastizal con un porcentaje del 14 % (Rzedowski, 1990).

Existen 34 especies de diferentes grupos taxonómicos que forman parte de 18 familias y 23 géneros, dicha distribución está restringida en el área que fue tomada como base para que de esta manera se considerará parte de la Sierra Madre del Sur, los grupos que fueron seleccionados son 19 especies de plantas, tres taxones de anfibios, aves, mamíferos, y seis de reptiles, por lo tanto, se registraron 1,686 registros, de esta manera se realizó una validación taxonómica, geográfica y el

proceso de evaluación de calidad de datos, de los cuales se registraron 505 localidades únicas en su especie. Por último, se estimó la presencia potencial de 34 especies y así de esta manera se destacan siete patrones principales de distribución en la Sierra Madre del Sur.

5.5. Sociedad internacional de los encinos

Como lo menciona (GCCO, 2025) la Sociedad Internacional del Roble se fundó en el año de 1992, con el objetivo de reunir a personas que tengan interés sobre los *Quercus* a nivel internacional, todo inició con el objetivo de intercambiar semillas de este género botánico, con la misión de gestionar la sostenibilidad en los hábitats donde se encuentran, desarrollar un estudio, conservar, apreciar y difundir.

En el periodo del 26 de mayo al 2 de junio se realizó la primera reunión del Consorcio Global para la Conservación de *Quercus* (GCCO) en las Américas. Con el título “Construyendo alianzas transfronterizas”, la organización de este encuentro estuvo a cargo, conjuntamente con los Consorcios regionales GCCO US y GCCO. El objetivo principal es fomentar la conservación entre los países como: Estados Unidos, México y Centroamérica, con la finalidad de enfocarse en la conservación de las especies vulnerables de encinos y robles.

5.6. Programa guardines de los encinos

Este programa surgió con el objetivo de desarrollar estrategias para la conservación de estos grupos botánicos y así de esta manera compartir conocimientos de temas como son la ecología, morfología y diversidad de este género botánico en México y Centroamérica, al obtener estos conocimientos las personas interesadas comprenderán la importancia de los encinos, de tal forma en la que apoyen a la conservación y reconocimiento, por otro lado, aprenderán técnicas de propagación y cultivo, la conservación y rehabilitación de bosques de encinos (Botanic Gardens, 2025).

Además, destacada la importancia del papel fundamental del Consorcio de Conservación Global de Encinos (GCCO) en la protección y cuidado de estas especies representativas.

6. MATERIALES Y MÉTODOS

6.1. Sitio experimental

El estudio se realizó en la comunidad Llanos de Tepoxtepec (Latitud $17^{\circ}28'32.130$ N –, Longitud – $99^{\circ}31'40.340$ W), se ubicada en la Sierra Madre del Sur, en el municipio de Chilpancingo de los Bravo, Guerrero.



Figura 8. Bosque de pino y encino en la comunidad Llanos de Tepoxtepec.

6.2. Exploración y colecta

6.2.1. Selección de especies sujetas a investigación

De acuerdo con los habitantes de las comunidades de la Sierra Madre del Sur en Guerrero, en los pobladores del ejido Llanos de Tepoxtepec, se seleccionaron dos sitios de colecta para identificar la presencia de encinos (figura 9).



Figura 9. *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel (encino amarillo) a orilla del camino en la comunidad.

6.2.2. Recolecta, herborización e Identificación de ejemplares botánicos

Se colectó material vegetativo (ramas, hojas, amentos y bellotas), aplicando la técnica de herborizado, almacenando en un lugar fresco y seco para su transportación, identificación y deposito al Herbario de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN).

Se consultaron los registros bibliográficos especializados para encontrar caracteres por los cuales las especies colectadas puedan ser identificadas. Los especímenes de herbario se examinaron con apoyo del Dr. Juan Antonio Encina Domínguez y sirvieron para proporcionar detalles de su entorno de crecimiento y en que estación del año están maduras las bellotas.

Posteriormente, se hicieron recorridos de campo para confirmar distribución y se seleccionaron poblaciones para la colecta de bellotas (maduras). Se documentaron las características de cada una de las muestras con coordenadas y se preparó un mapa de la distribución de las especies.

6.2.3. Colecta de semillas para la propagación de encinos

Los ensayos desarrollados siguieron la metodología propuesta por el manual para la propogación de *Quercus* escrito por Rodríguez-Acosta y Coombes, (2020), las bellotas se colectaron (figura 10) cuando caían del árbol, también fueron recogidas de las copas o al sacudir las ramas, considerando las siguientes características: deben de sentir frías al tacto, duras, sin agujeros y de color brillante, después se guardaron en bolsas de plástico dentro de una cámara fría hielera y se procedió de manera inmediata a su siembra.

Se colectó un total de encinos 102 bellotas de la especie 1 y 155 de la especie 2, las cuales fueron empleadas para su propagación.



Figura 10. Colecta de bellotas.

6.3. Siembra y seguimiento del cultivo

6.3.1. Determinación la viabilidad de bellotas

La viabilidad de las semillas se determinó utilizando la técnica de flotación, obteniendo un valor en porcentaje de viabilidad estimado (PV) calculado a partir de la siguiente fórmula:

$$PV = \frac{\text{No. de semillas hundidas}}{\text{No. semillas totales sumergidas}} \times 100$$



Figura 11. Utilización de la técnica de flotación para la selección de semillas viables.

6.3.2. Preparación de sustratos y camas para siembra de bellotas

Por cada especie, se utilizaron macetas de plástico para germinación, se desinfectaron asperjando cloro comercial con concentración de 0.5 % y limpiando con una toalla de papel, se llenaron con sustrato previamente hidratado, de acuerdo al siguiente orden:

Sustrato 1: composta (100%)

Sustrato 2: tierra de encino (25%), aserrín (25%) , tierra de pino (50%)

Sustrato 3: tierra de encino (100%)

Cuadro 2. Tratamientos de sustratos para la germinación de bellotas de la especie *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel.

Especie	Sustrato 1	Sustrato 2	Sustrato 3
Encino amarillo	Tratamiento 1 (macetas 1-23)	Tratamiento 2 (macetas 24-89)	Testigo (macetas 90-102)

Esta tabla muestra los diferentes sustratos para la germinación de cada uno de los tratamientos y su respectivo testigo.

La composición de sustratos para *Quercus penducularis* fue:

Sustrato 1: mezcla de lombricomposta (50%) y tierra de encino (50%)

Sustrato 2: tierra de encino (100%)

Cuadro 3. Tratamientos de sustratos para la germinación de bellotas de la especie *Quercus peduncularis* Née.

Especie	Sustrato 1	Sustrato 2
Encino roble	Tratamiento 1 (macetas 1-68)	Testigo (charolas 69-155)

Esta actividad se consideró para cada una de las especies colectadas, sujeta a la formación de semillas y disponibilidad de sustratos.

- **Composta**

En la ciudad de Chilpancingo de los Bravo, Guerrero, se realizó la recolección de dos costales de este tipo de sustrato, elaborada a base de tierra pino, hojarasca y residuos orgánicos, como parte del proceso de preparación de los tratamientos experimentales. Se obtuvo con el objetivo de ser incorporada en las macetas asignadas a cada uno de los tratamientos, siguiendo el diseño establecido para el estudio. Su incorporación permitió aportar nutrientes esenciales para la germinación

de las bellotas, asegurando condiciones más adecuadas para el análisis comparativo entre diferentes tipos de sustratos utilizados.

- **Lombricomposta**

Se adquirieron tres costales de lombricomposta provenientes de la ciudad de Chilpancingo de los Bravo, los cuales fueron obtenidos para ser utilizados en el desarrollo de los tratamientos experimentales. Este tipo de composta, rica en nutrientes debido al proceso de descomposición llevado a cabo por lombrices, fue elegido por sus beneficios para mejorar la calidad del suelo y fomentar un entorno favorable para el crecimiento de las plantas. Los costales fueron transportados a las instalaciones del proyecto, donde fueron incorporados en las macetas con sus respectivos tratamientos.

- **Tierra de encino**

Durante el mes de octubre 2024, correspondiente a la temporada de lluvias, se recolectaron tres costales de tierra de encino en la comunidad de Llanos de Tepoxtepec. La recolección se realizó en las áreas ubicadas a la orilla del camino, justo debajo de los árboles de encino, aprovechando las condiciones húmedas del suelo propias de esta época del año. Esta tierra fue seleccionada por sus características naturales, influenciadas por la presencia del encino y el entorno húmedo del bosque.

- **Tierra de pino**

En octubre de 2024, durante la temporada de lluvias, se realizó la recolección de dos costales de tierra de pino en la zona de estudio previamente delimitada. Esta actividad se realizó bajo los árboles de pino, donde el sustrato presentaba una composición influenciada por la hojarasca y materia orgánica característica de dicha especie. Posteriormente, el material recolectado fue trasladado y utilizado como

sustrato en cada una de las macetas seleccionadas para el experimento, asegurando que se mantuvieran las condiciones naturales del suelo del entorno original.

- **Aserrín**

Se obtuvo un costal de aserrín de pino proveniente de un aserradero localizado en la comunidad de Llanos de Tepoxtepec. Este material fue recolectado en el sitio de procesamiento de la madera, donde se genera como subproducto del corte y cepillado de piezas de pino. El aserrín fue seleccionado por su potencial uso como componente en la preparación de sustratos, debido a sus propiedades físicas que contribuyen a mejorar la aireación y la retención de humedad en las mezclas destinadas al cultivo en macetas. El costal fue trasladado al área de trabajo para su incorporación en los tratamientos experimentales correspondientes.

6.3.3 Siembra de bellotas

De acuerdo con el protocolo descrito en por los investigadores del Jardín Botánico de la Benemérita Universidad Autónoma De Puebla BUAP (Rodríguez-Acosta y Coombes, 2021), se sembraron un total de 257 bellotas, se remojaron las bellotas por 1 hora para romper la dormancia y se sembraron en el sustrato a una profundidad no mayor al tamaño de esta, de manera horizontal, evitando la exposición a la luz directa y flujos de aire, dejando semicubierto el pericarpio para ver cómo fueron desarrollándose



Figura 12. Bellotas colocadas en charolas para obtener su viabilidad mediante la técnica de flotación.



Figura 13. Bellotas listas para ser sembradas tras pasar por la técnica de flotación, garantizando su viabilidad.



Figura 14. Siembra de bellotas en sus respectivas macetas.

6.3.4. Etiquetado de las macetas

Se etiquetaron cada una de las macetas de acuerdo a cada uno de los tratamientos, se obtuvo un total de 102 bellotas para la especie *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel (encino amarillo) y 155 bellotas para la especie *Quercus peduncularis* Née (roble).

6.3.5. Riego y cuidados en macetas dds

Las macetas se regaron cada 3-4 días con la misma cantidad y calidad de agua, se cuidaron por 8 meses tiempo en el cual cada quince días se examinó el tiempo de germinación, número de hojas formadas y longitud de tallo.



Figura 15. Tierra de encino colocada en las macetas, con su respectivo número de etiqueta, para la siembra de la especie *Quercus peduncularis* Née (roble).

6.3.6. Registro de variables a evaluar, diseño experimental y análisis estadístico

Para análisis de la respuesta de germinación (porcentaje) en el sustrato convencional y nativo, bajo dos condiciones de temperatura (ambiente y a 25° C), se realizó un diseño experimental de bloques al azar. Se registró el porcentaje de germinación por tratamiento, contabilizando el número de bellotas que aumentaron de volumen y emergió la radícula a través del estilo, obteniendo ese valor (PG) calculado a partir de la siguiente fórmula:

$$PV = \frac{\text{No. de semillas germinadas}}{\text{No. semillas totales sembradas}} \times 100$$

Se midieron tres variables: altura, número de hojas (biomasa) y grosor del tallo. La altura se midió con una cinta métrica, para saber el número de hojas se hizo el conteo manual y el grosor del tallo se obtuvo con un vernier digital. Se tomaron registros de cada uno de estos parámetros cada 15 días, en un periodo de 7 meses, y posterior se organizaron los datos para analizarlos, se aplicó un análisis de varianza con un nivel de significancia de 0.5, utilizando el software R o SAS.

6.3.7. Retribución a la sociedad

Como parte final del proyecto de investigación, se elaboró un material de educación ambiental sobre la importancia de los encinos en la Sierra Madre del Sur y se presentó a los habitantes de la comunidad, además se les entregaron las plantas obtenidas a partir de los experimentos realizados.

7. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

7.1. Sitios de colecta

Se identificaron dos sitios con poblaciones naturales de las especies: *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. y *Quercus peduncularis* Née, las coordenadas de localización y ubicación se determinaron mediante la aplicación Gaia GPS y se elaboró un mapa en el programa ArcGIS, el cual se muestra en la figura 16.

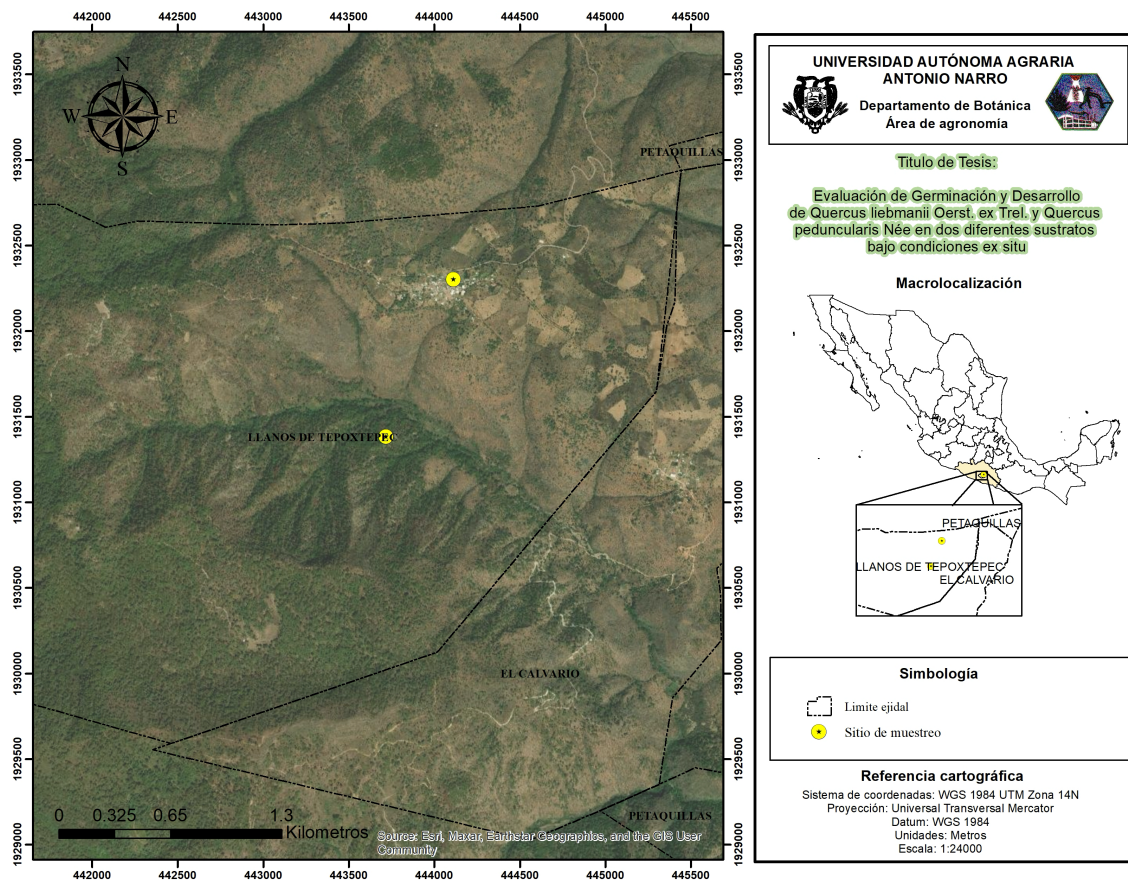


Figura 16. Mapa de georreferenciación para las especies *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. y *Quercus peduncularis* Née (Elaboración propia).

De acuerdo con la geolocalización para ambas especies, se les consideró como vegetación constitutiva del estrato arbóreo de las regiones montañosas (Espinosa de G. Rul, 1979), particularmente del Bosque Mesófilo de Montaña (BMM), representado en la Sierra Madre del Sur distribuido entre los 600 y 3100 m de altitud (Gual, 2014). Como lo refiere SMN (2000) las especies de *Quercus* que se encuentran en algunas localidades de México, presentan climas templados sub-húmedos con lluvias en verano. Un estudio realizado por Sánchez (2007) en el estado de México, localizó a dos especies de encino, *Quercus crassifolia* y *Quercus candicans*, en un rango altitudinal de 2,570 a 2,650 m , alturas representativas de este tipo de ecosistema (BMM), por lo que se considera que las características altitudinales y climáticas son clave para la presencia de encinos en este tipo de ecosistema, así mismo menciona Aguilar y Romero (1995) que en la Sierra Madre del Sur se presenta un bosque de encino, en cual está compuesto por cuatro especies claves de *Quercus*, en las que destaca la especie *Q. peduncularis*, formado parte de los encinos blancos que tienen una amplia cobertura geográfica a nivel nacional (Corral, 1981; Reyes y Gama-Castro, 1995), algunas especies como el encino rojo *Q. hintonii* Warburg se encuentran solo en este ecosistema, sin embargo, forma parte de la lista roja de especies en peligro de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2007).

7.2. Registro de viabilidad de las semillas y respuesta de germinación

De acuerdo a la evaluación física de las semillas colectadas, *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. el total es de 102 bellotas, las cuales se evaluaron mediante la técnica de flotación, dando como resultado para esta prueba que 24 bellotas flotaron y 78 se precipitaron al fondo, por lo tanto, se estimó que había un 74% de semillas viables; para la especie *Quercus peduncularis* Née el total de bellotas colectadas fue de 155, mediante la técnica de flotación, se registró que 32 bellotas flotaron y 123 se fueron al fondo, por lo tanto, se estimó que había un 79% de semillas viables. Estos resultados, se sustentan bajo la propuesta de Gribko y Jones (1995) quienes determinan que, las semillas viables para el proceso de germinación son las que en

la prueba de flotación se precipitan, ya que no presentan daños por plagas, ni signos de aborto, así mismo, al tener mayor densidad (proporcionada por el embrión), permiten que se hundan en el agua.

Después de determinar la viabilidad, se evaluó la respuesta de germinación (figura 17), para *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. con un total de 102 bellotas sembradas, se registró la germinación de 6 bellotas a los 39 días después de la siembra, hasta alcanzar un total de 17 plantas germinadas a los 235 días, estos valores representan un 21% de germinación. De la misma forma se obtuvo el registro para *Quercus peduncularis* Née en donde, a partir de 155 bellotas sembradas, 3 germinaron a los 28 días, hasta alcanzar un total de 21 plantas germinadas a los 235 días, estos valores representaron un 17 % de germinación.

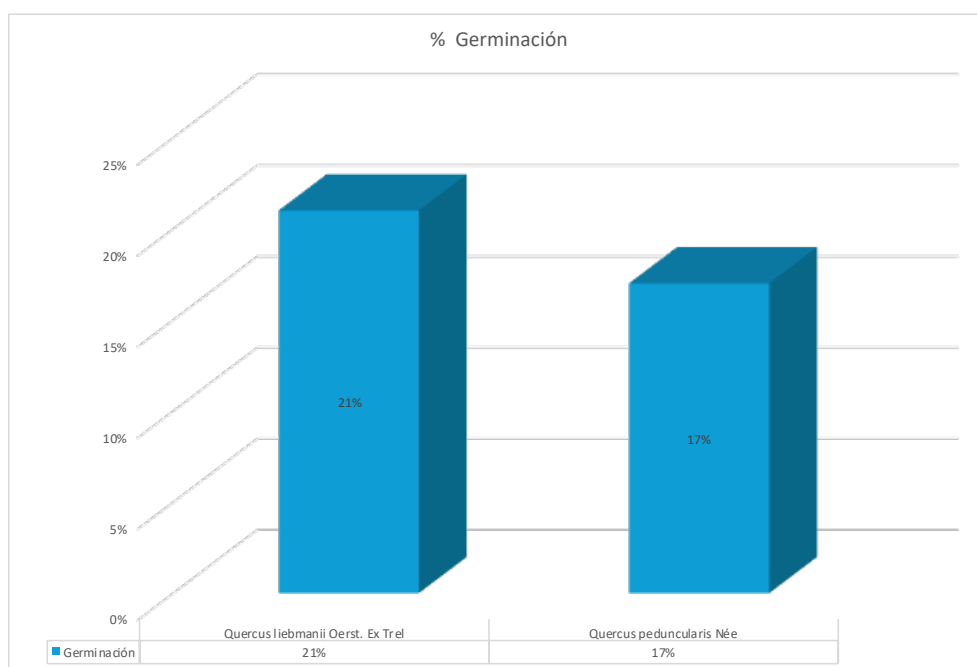


Figura 17. Porcentajes de germinación de las especies de *Quercus* analizadas.

Al comparar el valor estimado para el porcentaje de viabilidad respecto al porcentaje de germinación reportado, se observa una diferencia menor, es decir germinaron menos de las que se consideraban viables, esto es debido a las características

fisiológicas que poseen las bellotas, tal como Diaz-Fleischer (2010) indican que, los factores bióticos y abióticos afectan la germinación, siendo que también pueden presentar bajos niveles de germinación y se tiene poco éxito en la germinación al realizar la siembra de las bellotas, así mismo Kester (1975) sostiene que los factores ambientales son determinantes en la germinación y desarrollo de la planta, en la mayor parte de las variedades de especies su germinación es favorable a temperaturas que oscilan entre 0-10°C, así como una humedad relativa que varía entre 80-90 %, por lo tanto, la respuesta de germinación puede afectarse con temperaturas que se encuentran por encima del rango óptimo, tal como se registró en el presente estudio, debido a que la temperatura promedio del espacio donde germinaron era de 30°C, observando un bajo porcentaje de germinación 21 % y 17 % para *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. y *Quercus peduncularis* Née respectivamente.

7.3. Evaluación de la germinación en sustratos orgánicos

El proceso de germinación en las semillas, comienza con el aumento de volumen del embrión debido al proceso de imbibición, esta respuesta fisiológica permite a las células hidratarse y comenzar con la activación de rutas metabólicas que favorecen la síntesis de proteínas, fitohormonas, así como la expresión de genes para degradar las sustancias de reserva y comenzar los procesos de división celular Matilla (2008), de acuerdo con los registros de las bellotas sembradas en esta etapa, en todas las que germinaron se identificó un aumento de tamaño (si tienes foto de bellota hinchada), seguido de la formación de la estructura denominada radícula (foto de bellota con radícula).

Para que ocurra la imbibición, es necesario que el agua del sustrato esté disponible para ser absorbida (Suárez y Melgarejo, 2010), los sustratos utilizados para esta etapa además de poseer diferentes características nutricionales poseen una composición física (porosidad, textura, intercambio catiónico) que facilita la disponibilidad de agua necesaria para la germinación y el posterior desarrollo de la

planta. Los resultados obtenidos en la especie *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. demuestran que en el sustrato T2 se registraron 10 bellotas germinadas siendo este el mayor valor respecto a los otros dos sustratos en los que se registraron 4 bellotas germinadas que permanecieron en el T1 y por último 3 bellotas germinadas en el sustrato T. Un aspecto relevante fue la germinación tardía, ya que la radícula se observó hasta el 30 de mayo. En esta fase, el mayor número de germinaciones se dio en el sustrato T (7 bellotas), seguido de T2 (3 bellotas) y T1 (0).

Cuadro 4. Especie: *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel.

Tratamiento	T1		T2		Testigo	
Etap	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Germinación	2	4	6	10	2	3
Latencia	0	0	1	3	1	7

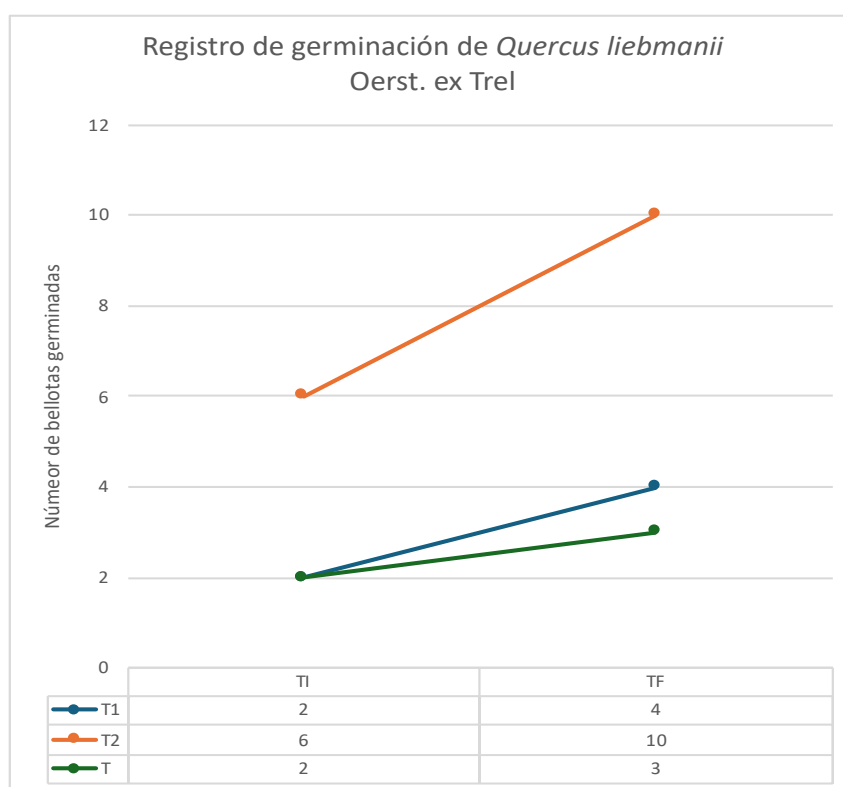


Figura 18. Registro de la germinación de las bellotas, desde el día inicial de la siembra hasta el registro final de datos. Se comparan los resultados de germinación obtenidos en los tres sustratos evaluados.



Figura 19. Registro de latencia en las semillas de *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel.

Los resultados obtenidos en la especie *Quercus peduncularis* Née demuestran que en el sustrato T1 se registraron 8 bellotas germinadas siendo este el mayor valor respecto al sustrato testigo (T) en el que se registraron 13 bellotas germinadas. Un aspecto relevante fue la germinación tardía, ya que la radícula se observó hasta el 15 de mayo. En esta fase, el mayor número de germinaciones se dio en el sustrato T1 (9 bellotas), seguido del T con 8 bellotas.

Cuadro 5. Especie: *Quercus peduncularis* Née.

Tratamiento	T1		Testigo	
	Inicial	Final	Inicial	Final
Germinación	3	8	11	13
Latencia	3	9	1	8

La germinación en el T2 en a la especie *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. tiene una diferencia significativa respecto al T1 de la especie *Quercus peduncularis* Née, ya que el T2 que está compuesto por tierra de encino, aserrín y tierra de pino, así mismo el aserrín en un sustrato poroso que facilita la disponibilidad de agua, por

otro lado, el T1 está compuesto por lombricomposta y tierra de encino, la lombricomposta es una materia orgánica nutritiva pero compacta y limita los espacios para la disponibilidad de agua, así como el crecimiento radicular de las bellotas en la etapa de germinación.

Los sustratos utilizados para la germinación de las especies *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. y *Quercus peduncularis* Née, deben permitir un desarrollo adecuado de las plantas. Entre estas propiedades se encuentra la capacidad de retener y suministrar el agua necesaria, así como mantener una porosidad suficiente para asegurar una correcta aireación. Esto resulta fundamental para el desarrollo óptimo del sistema radicular, ya que el intercambio gaseoso en la rizósfera debe ser eficiente, permitiendo la entrada de oxígeno y la eliminación del exceso de dióxido de carbono, lo cual previene condiciones anaeróbicas que podrían afectar el crecimiento.

Las propiedades físicas, como la textura, el tamaño de partícula y la estructura, generalmente no se pueden modificar una vez establecido el cultivo. En cambio, las propiedades químicas pueden ajustarse a condiciones óptimas durante las diferentes etapas del desarrollo vegetal, por medio de enmiendas o fertilización adecuada (Abad *et al.*, 1993). Las propiedades biológicas están determinadas principalmente por la actividad microbiana presente en sustratos como lombricomposta que se utilizó en el T1 de la especie *Quercus peduncularis* Née. Los microorganismos que descomponen la materia orgánica desempeñan un papel clave, ya que influyen en la dinámica del agua y el aire en el sustrato, por lo que es crucial que exista un equilibrio biológico estable en el ciclo del cultivo.

El tamaño de los poros en los sustratos es especialmente relevante a causa de su impacto directo sobre la retención, movimiento del agua y aire. Estos poros están íntimamente relacionados con las propiedades físicas del sustrato (Handreck y Black, 2002). La capacidad del sustrato para retener agua, por ejemplo, depende del volumen y distribución de los poros, que a su vez está determinado por el tamaño

y la forma de las partículas que lo componen (Caron y Nkongolo, 1999; Caron *et al.*, 2001). Una adecuada estructura porosa permite la coexistencia del agua y del aire, lo que resulta esencial para mantener la salud radicular y promover un crecimiento óptimo de la planta.

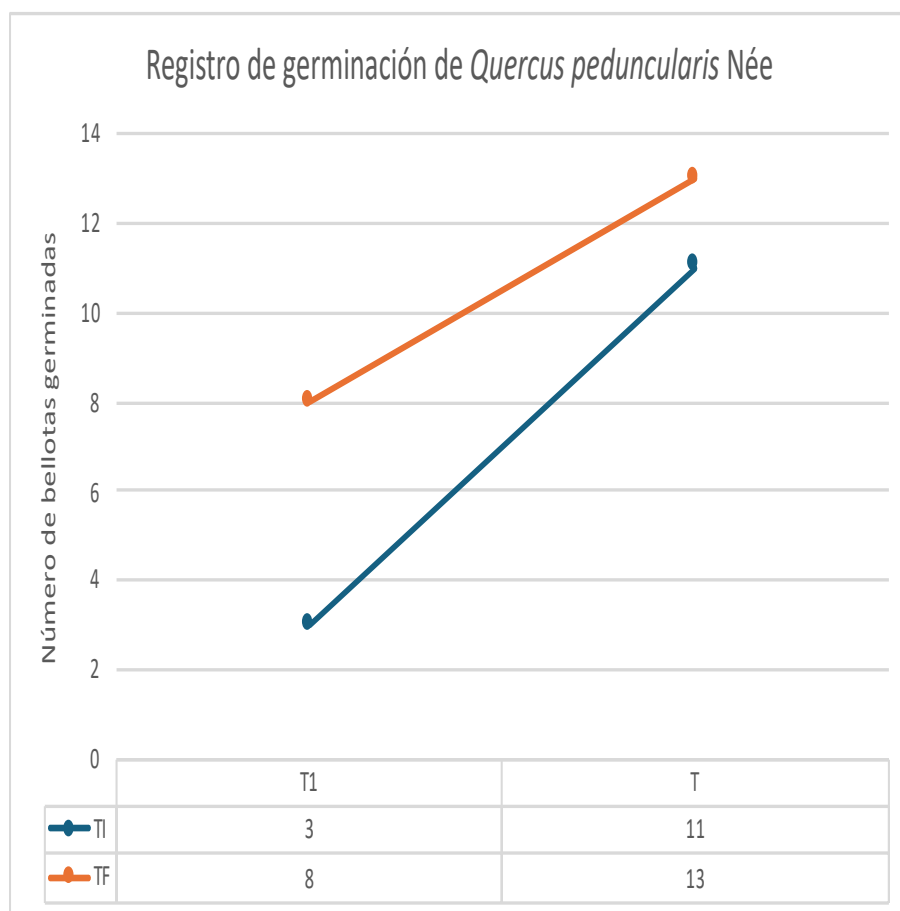


Figura 20. Registro de la germinación de las bellotas, desde el día inicial de la siembra hasta el registro final de datos. Se comparan los resultados de germinación obtenidos en los tres sustratos evaluados.

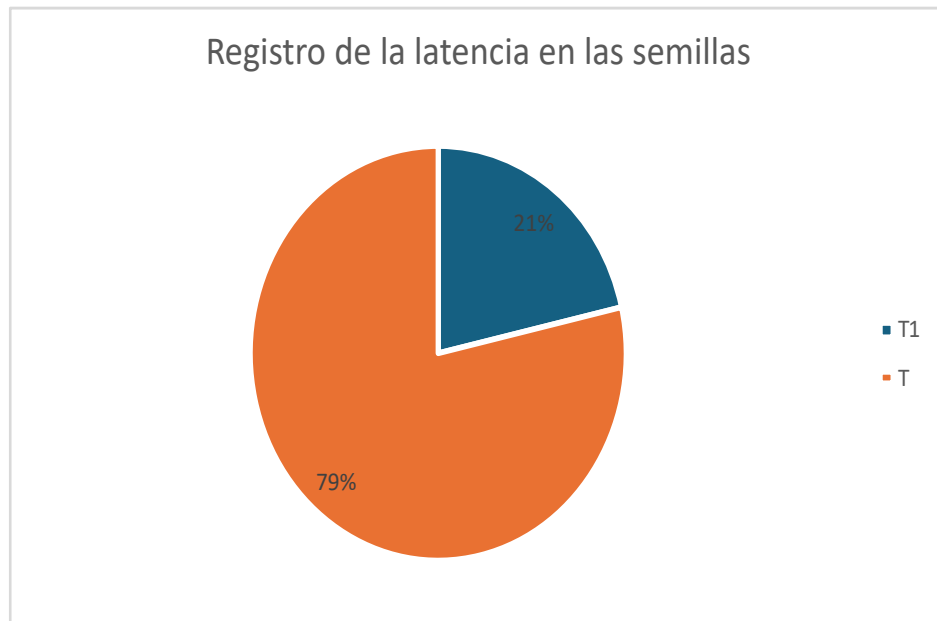


Figura 21. Comparación de la presencia de latencia en las semillas de *Quercus peduncularis* Née.

7.4. Evaluación del crecimiento inicial de los encinos en sustratos orgánicos

Las variables evaluadas se promediaron obteniendo para *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. que el valor de mayor grosor del tallo se registró en los individuos desarrollados en el sustrato T2, seguido del T1 y T en los que para ambos fue igual la medida (tabla 6) respecto al número de hojas (producción de biomasa) se registró en promedio un número de 9 hojas para los árboles que crecieron en el T1, seguido de 8 hojas formadas en las plantas del sustrato T y 7 en las del T2 y se reportó una mayor altura en el T2, seguido del T y concluyendo con el T1.

Cuadro 6. Datos obtenidos de la especie *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel.

Tratamiento	T1		T2		Testigo	
Etapas	Inicial	Final	Inicial	Final	Inicial	Final
Grosor de tallo	0	2.6 mm	0	3.4 mm	0	2.6 mm
Numero de hojas (biomasa)	2	9	2	7	2	8
Altura	5.4 cm	23 cm	6.1 cm	30 cm	6.2 cm	32 cm

Para *Quercus peduncularis* Née el valor de mayor grosor del tallo se registró en los encinos del sustrato T, seguido del T1, respecto al número de hojas (producción de biomasa) se registró en promedio un número de 30 hojas para los árboles que crecieron en el T1, seguido de 20 hojas formadas en las plantas del sustrato T y se determinó una mayor altura en el T1, seguido del T.

Cuadro 7. Datos obtenidos de la especie *Quercus peduncularis* Née.

Tratamiento	T1		Testigo	
Etapas	Inicial	Final	Inicial	Final
Grosor de tallo	0	4.9 mm	0	5.3 mm
Numero de hojas (biomasa)	2	30	0	20
Altura	6 cm	54 cm	7 cm	53 m

Las variables de grosor del tallo, altura y número de hojas, están relacionadas con la capacidad de división celular y actividad fotosintética, ya que, el incremento en número de células de las estructuras vegetativas contribuye al crecimiento (volumen y tamaño) de la planta, además, la actividad fotosintética produce azúcares que se convierten en energía necesaria para el funcionamiento celular (Taiz *et al.*, 2015).

La disponibilidad de nutrientes que aportan los sustratos a las plantas a través de las raíces, depende de la composición de cada uno, Marin *et al.* (2005) germinaron y evaluaron el crecimiento de *Quercus humboldti*, utilizando sustratos de aserrín y acículas y tierra negra como testigo, obteniendo resultados favorables en la mezcla de aserrín y acículas, atribuyéndolo al alto contenido de macro y micro nutrientes, si bien en nuestro estudio no se analizaron las composiciones de los sustratos, si sabemos que un alto contenido de materia orgánica favorece la disponibilidad de nutriente y por lo tanto la absorción de los mismos por las plantas.

Por otro lado, Madrid-Aispuro *et al.* (2025) menciona que la especie *Quercus durifolia* al germinar en sustratos como turba de musgo, corteza compostada de pino y aserrín fresco de pino no mostró diferencias estadísticas significativas.

No obstante, al aplicarle fertilizante, las plantas muestran una mayor altura, diámetro, biomasa seca en hojas como en tallo, particularmente, al agregar aserrín fresco de pino combinado con turba y corteza compostada de pino en partes iguales. Esto proporciona una mejor calidad de las plantas y reduce los costos de producción, esto es relevante para programas de reforestación y restauración, sin embargo, en nuestro estudio con las especies analizadas *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel. y *Quercus peduncularis* Née, los datos mostraron una mejor altura, diámetro y biomasa en las plantas evaluadas en el sustrato nativo correspondiente al testigo (T).

7.5. Parámetros morfométricos

Para el roble (*Quercus peduncularis* Née) se realizó una prueba de t y así comparar los dos tipos de sustrato, mientras que para encino amarillo (*Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel) se realizó un análisis de varianza para observar si existe diferencia estadísticamente significativa entre los tres tipos de sustratos, posterior al análisis se realizó una prueba de comparación de media de Tukey, lo anterior con la ayuda del programa computacional estadístico SPSS con un nivel de significancia de $p < 0.05$.

En la evaluación del roble, los resultados de la prueba de t no mostraron diferencia estadística significativa para las variables (cuadro 8) de Altura ($t = 2.10$, g.l. = 18, $p = 0.05$) siendo el tipo de sustrato lombricomposta y tierra de encino la que obtuvo mayor altura (43.10 ± 9.42 cm) en comparación con el sustrato nativo (34.31 ± 8.95 cm), lo mismo ocurrió para la variable grosor de tallo ($t = 1.438$, g.l. = 18, $p = 0.168$), donde la lombricomposta y la tierra de encino obtuvieron una media de 3.3750 ± 1.03 mm y el sustrato nativo 2.66 ± 1.10 mm. Por otra parte el número de hojas si fue estadísticamente diferente ($t = 2.73$, g.l. = 18, $p = 0.014$) el sustrato hecho con lombricomposta y tierra de encino alcanzó una media de 16.5 ± 6.54 y el sustrato nativo 9.41 ± 5.12 . Por lo tanto, podemos relacionar el número de hojas con la disponibilidad de nutrientes provenientes del sustrato y son requeridos para las reacciones metabólicas de la planta, en específico, con la producción de biomasa.

Cuadro 8. Efecto de los dos sustratos en las medias de altura de la planta, número de hojas y grosos de tallo, al evaluar el crecimiento $\pm$ la desviación estandar, para *Quercus peduncularis* Née (Roble).

Tratamientos	Variables evaluadas		
	A	NH	GT
Lombricomposta y Tierra de Encino	43.1 $\pm$ 9.42	16.50 $\pm$ 6.54	3.37 $\pm$ 1.03
Sustrato Nativo	34.31 $\pm$ 8.95	9.41 $\pm$ 5.12	2.66 $\pm$ 1.10

A: Altura de la planta en cm, NH: número de hojas, GT: grosor de tallo en mm

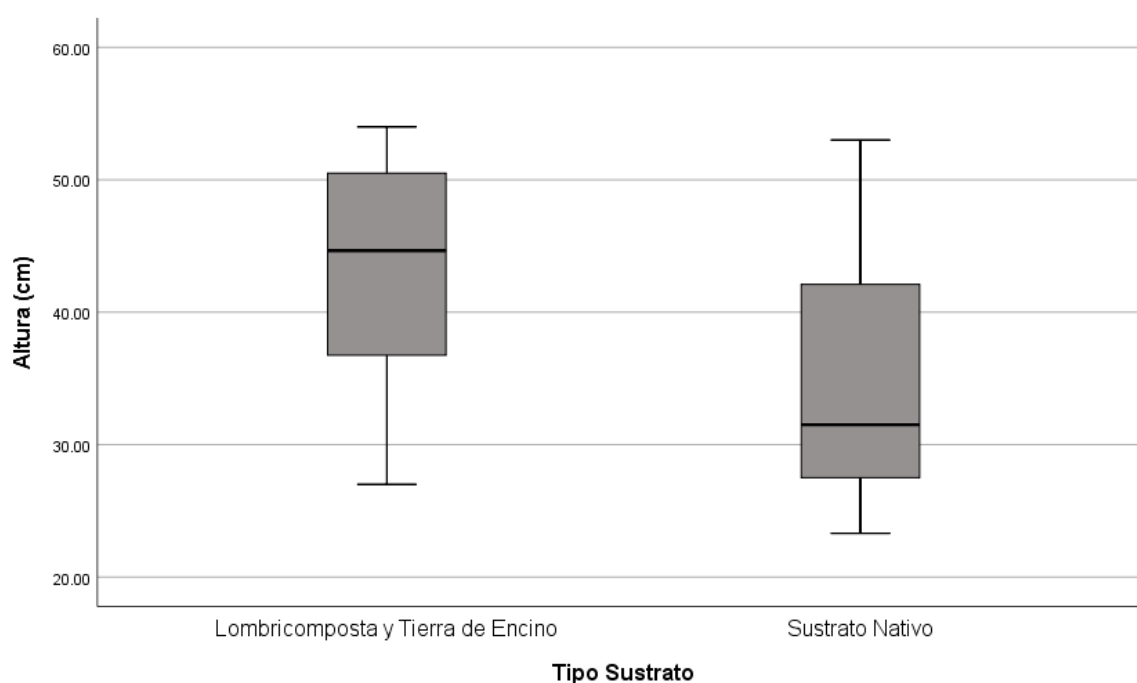


Figura 22. Representación de medias para la variable altura de las plantas de roble.

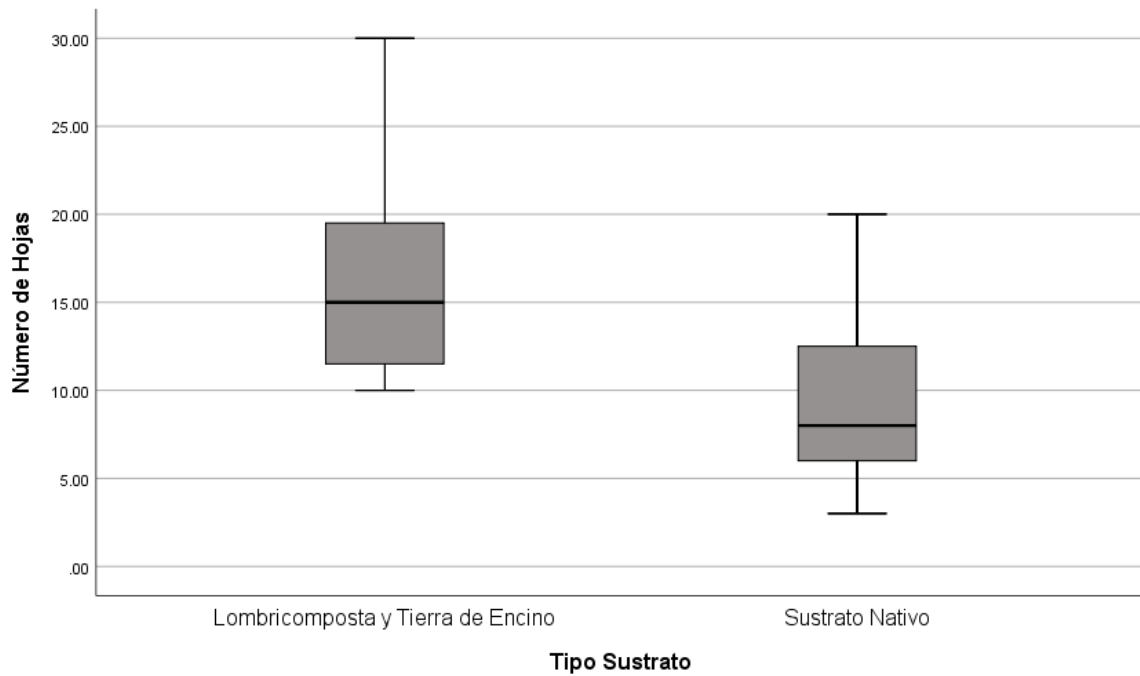


Figura 23. Representación de medias para la variable numero de hojas de las plantas de roble.

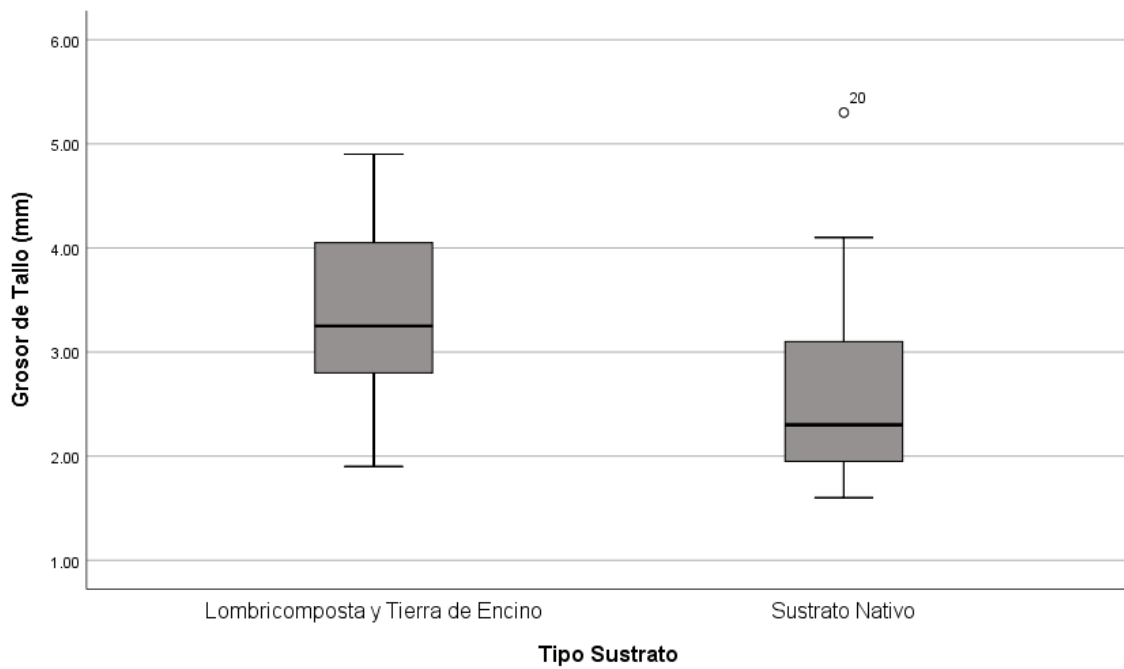


Figura 24. Representación de medias para la variable grosor del tallo de las plantas de roble.

En la evaluación del crecimiento de encino amarillo (*Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel) el resultado de la prueba de t no muestra diferencia estadística significativa (cuadro 9) para las variables de altura ($F = 0.408$, g.l. = 2, $p = 0.628$) siendo el tipo de sustrato nativo mayor altura (24.10 ± 7.09 cm) en comparación con el sustrato tierra pino, encino y acerrin (21.07 ± 6.08 cm) y composta (20.32 ± 2.82 cm), lo mismo ocurrió para la variable grosor de tallo ($F = 0.406$, g.l. = 2, $p = 0.674$), donde el mayor valor ($2.32 \pm .5$ mm) se obtuvo en los encinos que crecieron en el sustrato tierra pino, encino y acerrin, seguido del sustrato composta ($2.00 \pm .43$ mm) y el sustrato nativo ($1.66 \pm .81$ mm). Por otra parte el número de hojas tampoco se hay diferencia significativa ($F = 1.81$, g.l. = 2, $p = 0.2$), registrando en orden descendente, 6 ± 2.8 en sustrato composta, seguido de 5.2 ± 1.6 en el de tierra pino, encino y acerrin y por último 4.66 ± 3.05 el sustrato nativo.

Cuadro 9. Efecto de los tres sustratos en las medias de altura de la planta, número de hojas y grosos de tallo, al evaluar el crecimiento $\pm$ la desviación estandar, *Quercus liebmanii* Oerst. ex Trel.

Tratamientos	Variables evaluadas		
	A	NH	GT
Composta	20.32 ± 2.82	6.00 ± 2.16	$2.00 \pm .43$
Tierra Pino, Encino y Acerrin	21.07 ± 6.08	5.20 ± 1.61	$2.34 \pm .53$
Sustrato Nativo	24.33 ± 7.09	4.66 ± 3.05	$1.66 \pm .81$

A: Altura de la planta en cm, NH: número de hojas, GT: grosor de tallo en mm

No se encontró diferencia estadística significativa para la variable altura ($F = 0.480$, g.l. = 2,16, $p = 0.628$), número de hojas ($F = 0.406$, g.l. = 2,16, $p = 0.674$) y grosor de tallo ($F = 1.81$, g.l. = 2,16, $p = 0.200$) como se observar en el cuadro del ANOVA. Por lo que podemos inferir que el uso de cualquiera de los tres sustratos, se consideran una alternativa viable para el crecimiento del encino.

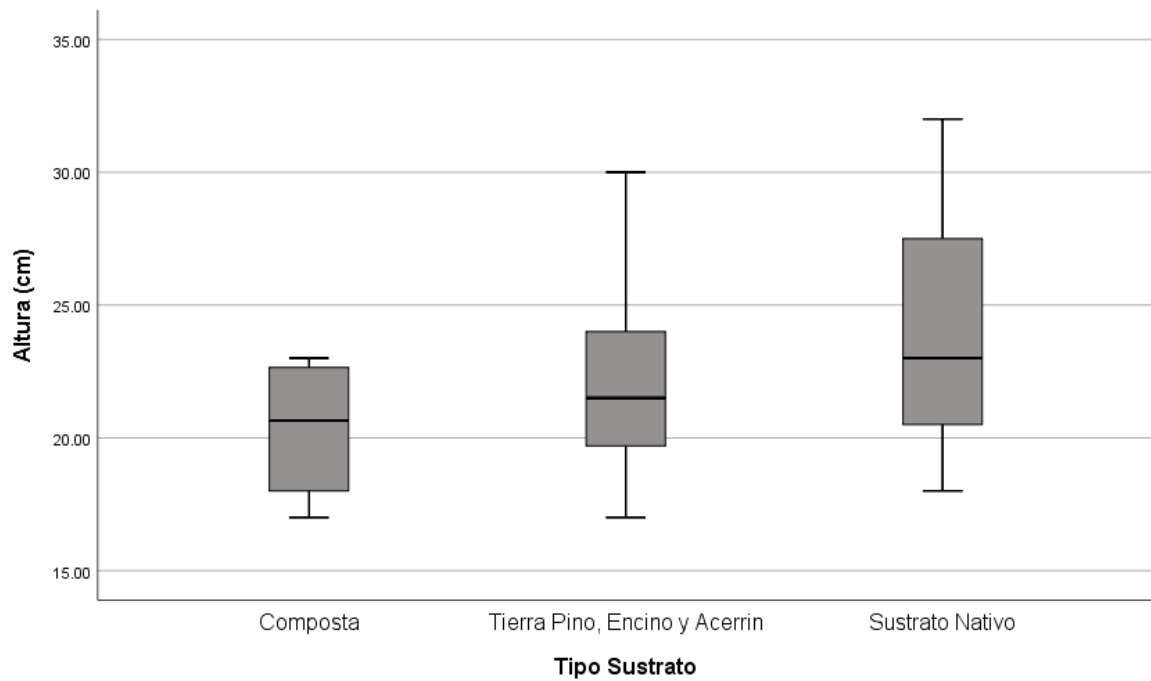


Figura 25. Representación de medias para la variable altura de las plantas de encino amarillo.

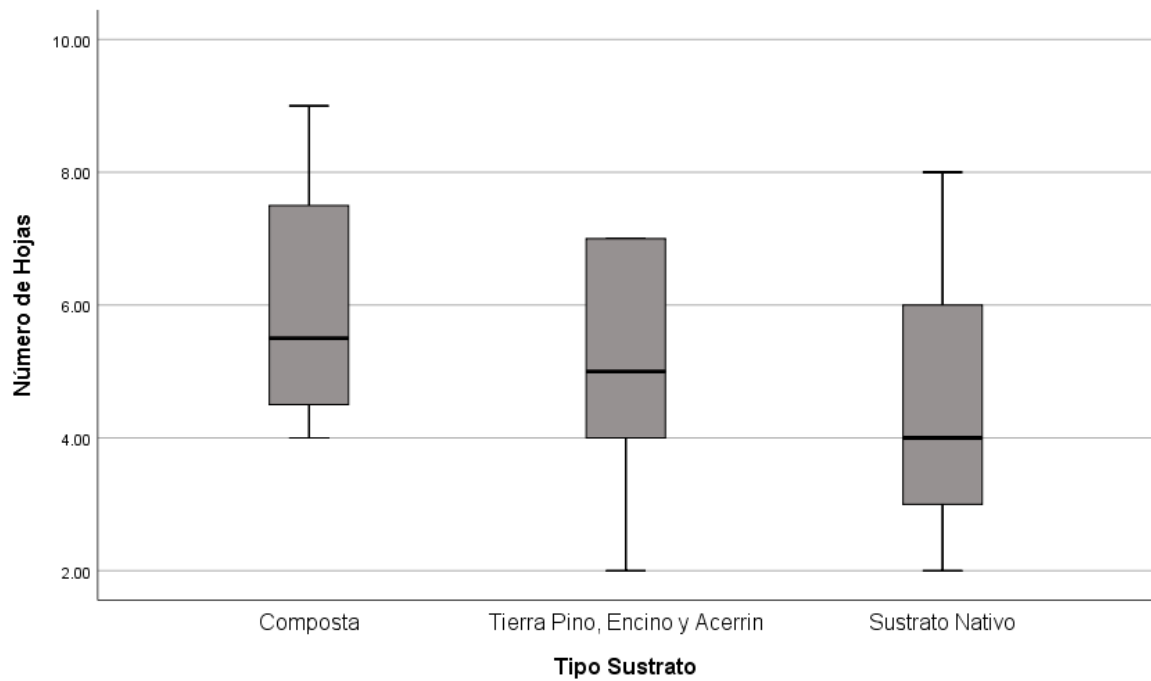


Figura 26. Representación de medias para la variable número de hojas de las plantas de encino amarillo.

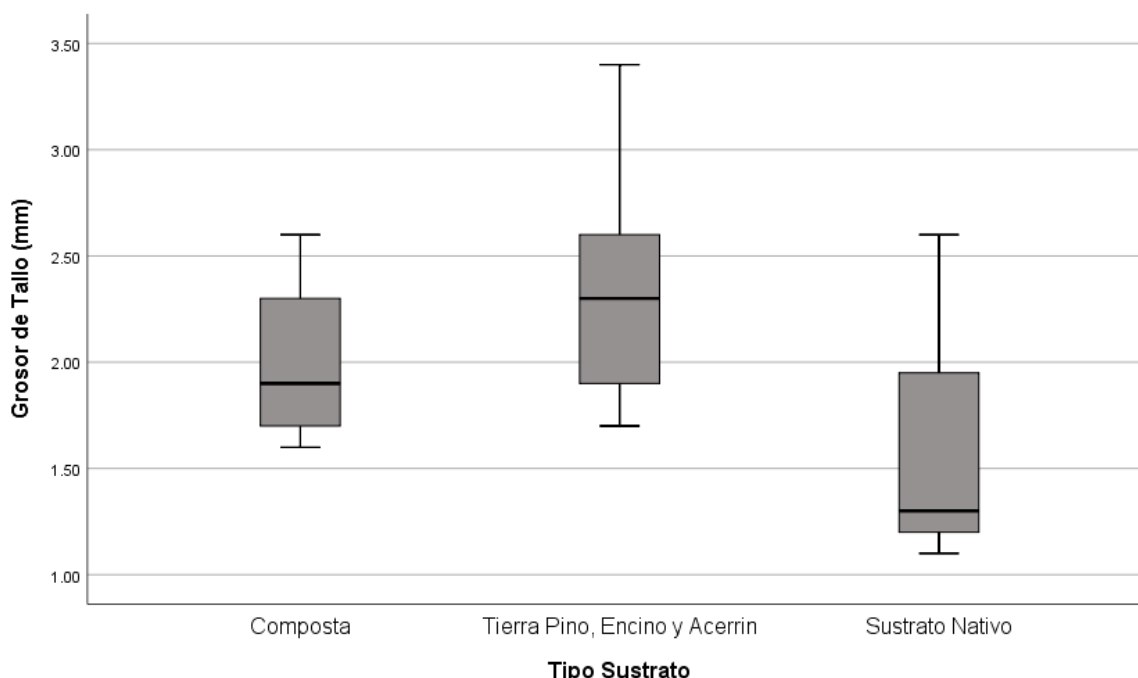


Figura 27. Representación de medias para la variable grosor de tallo de las plantas de encino amarillo.

En las plantas en crecimiento, se distingue un incremento en la actividad celular, en particular de los meristemos que promueven la división celular y la diferenciación, además la elongación de las células permite el aumento de tejidos y por lo tanto de hojas, que a su vez contribuirán en las reacciones de fotosíntesis para la obtención de fotoasimilados requeridos como fuente de energía primaria; todas estas respuestas metabólicas, requieren de minerales y moléculas orgánicas disponibles en el sustrato, por lo tanto, podemos asumir que el sustrato a base de lombricomposta tiene una composición de nutrientes adecuada para el crecimiento de la planta.

Olivares-Campos *et al.*, (2012) mencionan que el uso de composta, ya sea sola o combinada con otros sustratos, estimula la actividad microbológica, esencial para un adecuado crecimiento de las plantas. Esto se debe a que mejora la estructura del medio de cultivo, incrementa su aireación y capacidad de retención de humedad. Además, actúa como regulador térmico y favorece la solubilización de fósforo, lo que incrementa su disponibilidad para las plantas, permitiendo su absorción

eficiente a través de las raíces. En este sentido, los sustratos juegan un papel fundamental en el crecimiento y establecimiento de las plántulas (Jacobo y Uexküll, 1973). La aplicación de diferentes sustratos en la germinación de plantas en vivero, promueve un adecuado crecimiento y plantas de alta calidad para reincorporarlas a campo como es el caso de *Pinus ayacahuite* Ehrenb. ex Schltdl. (López, 2018).

Particularmente, la lombricomposta destaca como un abono orgánico sólido, sin olor y que no requiere fermentación, lo que permite su aplicación directa en cultivos (Cacciamani, 2004). Aporta nutrientes esenciales, tanto macro como micronutrientes, y mejora las propiedades físicas y biológicas del suelo. Entre sus ventajas más relevantes se encuentra el alto contenido de materia orgánica, la mejora en la estructura del suelo y el aumento en la actividad microbiana (Scullion y Mallik, 2004). Además, favorece la estabilización del nitrógeno, reduciendo su pérdida por procesos como la lixiviación o la desnitrificación (Bouch *et al.*, 1997; Hadas *et al.*, 2004).

Adicionalmente, los derivados de la lombricomposta contienen concentraciones importantes de nutrientes como nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg), cobre (Cu) y zinc (Zn), así como compuestos biológicamente activos (Cosio, 2013). En este sentido, la aplicación de lombricomposta no solo favorece el desarrollo general de las plantas, sino que tiene un impacto particular en el crecimiento foliar. La disponibilidad de nutrientes y fitohormonas presentes en este abono estimula la producción de hojas, lo cual es crucial en las primeras etapas de desarrollo, ya que incrementa la capacidad fotosintética de las plántulas y mejora su vigor. Así, la lombricomposta se presenta como una alternativa eficiente y sostenible para promover un crecimiento más rápido y saludable en distintas especies forestales.

7.6. Reincorporación de los encinos a la comunidad Llanos de Tepoxtepec

Posterior a la evaluación del crecimiento de los encinos en los diferentes sustratos, 38 plantas y 27 bellotas en etapa de germinación fueron entregadas al vivero del programa Sembrando Vida, ubicado en la comunidad Llanos de Tepoxtepec.

Los encinos quedaron bajo resguardo de los encargados del área forestal para dar seguimiento a su crecimiento e introducirlos en algún área del bosque, su establecimiento en condiciones naturales, a futuro, fortalecerá la resiliencia ecológica y se contribuirá a realizar reforestaciones sostenibles, que involucre a la comunidad para que lleven a cabo un manejo que impulse a la conservación local y de desarrollo social, cumpliendo con lo establecido en la NOM-007-SEMARNAT-1997, como lo destacan García-De la Cruz *et al.* (2011), al reconocer que en este instrumento legal, se establece una serie de procedimientos, criterios y especificaciones para un adecuado aprovechamiento de los recursos forestales, así como la distribución y conservación de la biomasa vegetal, como es el caso de los encinos.



Figura 28. Área donde está establecido el vivero de Sembrando Vida.

De igual forma, la iniciativa de los pobladores locales para recolectar las bellotas ya maduras, junto con su almacenamiento y transporte, en conjunto son un elemento fundamental en la conservación y producción de las plantas para la reforestación, al igual que existen programas gubernamentales coordinados y supervisados por diferentes instituciones, entre las cuales destacan la Comisión Nacional Forestal, PRONATURA y el Instituto de Ecología A.C.

La reincorporación de los encinos a los viveros y programas de reforestación por parte de instituciones gubernamentales, son fundamentales para restaurar los ecosistemas degradados y así conservar la biodiversidad. Estas especies nativas de México favorecen los factores físicos, químicos y biológicos del suelo, además de la regulación de la temperatura y es hábitat de diversas especies, como son hongos, orquídeas y fauna silvestre, un ejemplo de lo anterior, es la iniciativa propuesta por el Instituto Costero De Baja California Sur (2024) quienes han desarrollado el proyecto “Salvemos al Encino Arroyero” trabajando de forma conjunta con comunidades locales en la reproducción, preservación y evaluación continua de la especie *Quercus brandegeei*, conocido comúnmente como encino arroyero sudcaliforniano, el cual habita en la región del Cabo, dentro de la Sierra La Laguna. Como parte de su proyecto, se han establecido centros de reproducción vegetal comunitarios que han producido más de 5,500 plántulas, las cuales han sido adoptadas en 26 ranchos distribuidos en 12 localidades de la zona.

Tomando como referente el ejemplo anterior, se considera que se debe seguir promoviendo el cuidado de los encinos de la Sierra Madre del Sur, para evitar que sus poblaciones disminuyan, además, hacer conciencia en la población local de la importancia de la vegetación boscosa, por lo tanto, se realizó una acción de educación ambiental, para lo cual se elaboraron carteles con información de los encinos que se distribuyen en la Sierra Madre del Sur en el estado de Guerrero para después colocarlos en el parque ecoturístico de la comunidad.

Para cumplir con el objetivo de dicha acción, el día de la entrega del material impreso (figura 23) se solicitó la presencia de las personas que visitan el parque para impartirles una plática de las características principales de estas especies, y resaltar la importancia de generar información sobre estas especies que no ha sido investigadas ampliamente en esta zona geográfica. El programa EUFORGEN (2024) considera que las actividades de educación ambiental enfocadas en estas especies forestales son importantes para fomentar el conocimiento y la divulgación.



Figura 29. Exhibición de carteles informativos con el tema “Encinos de Guerrero, Los Gigantes de la Sierra”.

Por otro lado, las herramientas de educación ambiental generan conciencia sobre la importancia ecológica y las amenazas que enfrentan los ecosistemas por el mal manejo y degradación de la vegetación, a partir de esta visión este tipo de educación se convierte en una herramienta clave para promover su conservación en el tiempo, por lo que Euskadi.eus (2014) estableció el programa *Quercus*, cuyo objetivo principal es la conservación y recuperación de los bosques mediante estrategias de

educación ambiental. A través de estas acciones, se pretende sensibilizar e involucrar a la población en la protección de estos ecosistemas, los cuales, son fundamentales por los múltiples servicios ecosistémicos que brindan, como la regulación del clima, la provisión de alimentos y otros beneficios esenciales para el bienestar humano.

Tomando en cuenta esta perspectiva, el programa “Salvemos al Encino Arroyero” del Instituto Costero de Baja California Sur (2024) impulsa actividades como el taller comunitario denominado San Dionisio y una jornada de conservación ambiental realizada en La Paz, con la participación personas de distintos sectores, en la que elaboran material informativo sobre los *Quercus*, lo cual permite mantener informadas a las comunidades sobre atributos ecológicos y funcionales de estas especies.

Un monitoreo adecuado favorece la correcta plantación de especies del género *Quercus* en ecosistemas perturbados, por lo que resulta fundamental organizar talleres sobre propagación, plantación y seguimiento como los que imparte el Consorcio de Conservación Global de Encinos (2025) que realizó un curso en Senguio, Michoacán, México, con el respaldo del USFS, The Morton Arboretum, FOCEN y otras organizaciones locales. De esta manera, estas actividades comunitarias contribuyen mantener informada a la población acerca de estos ejemplares que han sido poco investigados.

En algunas ciudades existen viveros que forman parte de la conservación de los recursos biológicos, que se operan por el Gobierno de México (2025) bajo el resguardo de la dependencia de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), en la Ciudad de México, desde el año 1973 se proyectaban audiovisuales de temas relacionados con el cuidado de la naturaleza y como trofeo recibían árboles pequeños por haber asistido a observar los documentales, conforme pasaron los años se continuó promoviendo la propagación

de las especies forestales, en donde se imparten actividades de educación ambiental para los ciudadanos.

Como se ha descrito, las acciones para la conservación de los encinos, no queda restringida a temas de investigación sobre su germinación y/o desarrollo, sino también a la ejecución de acciones de educación ambiental que contribuyen en la difusión de la información generada por los investigadores y comprometen a la sociedad para la protección de los recursos naturales.

8. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos esta investigación evidencia que la técnica de flotación no es un método preciso para determinar la viabilidad de las bellotas, ya que esto se debe a que dicha técnica únicamente permite observar características externas, sin garantizar la integridad del embrión u otras estructuras internas esenciales para la germinación. Las bellotas que no germinaron compartían ciertas características físicas: no presentaban cúpula ni pedicelo, su cáscara era dura, sin perforaciones, brillante y fría al tacto.

Se observó una marcada latencia en ambas especies, ya que algunas bellotas germinaron hasta seis meses después de haber sido sembradas en los distintos sustratos, lo cual es un patrón de germinación tardía característico del género *Quercus*.

Los resultados de germinación y crecimiento sugieren que la combinación de sustratos puede influir de manera diferenciada en el crecimiento de las plántulas según la especie evaluada.

Las plantas obtenidas en la presente investigación contribuyen a la disponibilidad de germoplasmas en el vivero municipal de la comunidad Llanos de Tepoxtepec, para fines de reforestación.

Este estudio representa un aporte significativo para futuras investigaciones orientadas a la restauración ecológica y conservación de especies nativas del género *Quercus*, particularmente en zonas montañosas como la Sierra Madre del Sur. La información obtenida puede servir como base para el diseño de estrategias de reforestación más efectivas, considerando la selección adecuada de sustratos que favorezcan tanto la germinación como el crecimiento inicial de las plántulas. Asimismo, los resultados evidencian la importancia de entender los patrones de latencia y desarrollo en especies forestales, aspectos clave para su manejo y propagación en viveros comunitarios.

Además, este trabajo refuerza la relevancia de la educación ambiental como herramienta de sensibilización y transferencia de conocimientos hacia las comunidades rurales. En este caso, la colaboración con habitantes de la comunidad de Llanos de Tepoxtepec, en el estado de Guerrero, generó un vínculo entre la ciencia y la práctica local, promoviendo el aprovechamiento sostenible de los recursos forestales y fomentando la participación activa en programas sociales que nos brinda el gobierno mexicano como Sembrando Vida. Finalmente se espera que esta experiencia sirva de modelo para futuras acciones en favor de la conservación de encinos y de los servicios ecosistémicos que brindan.

9. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar investigaciones que profundicen en el uso de los sustratos evaluados en este estudio, ya que han demostrado ser una alternativa viable para la reforestación de la zona. Además, su origen orgánico los posiciona como una opción sustentable frente al uso de sustratos químicos que podrían generar impactos negativos en el ecosistema.

Asimismo, se propone la elaboración de un artículo de divulgación técnica dirigido a los agricultores de la comunidad, con el objetivo de brindarles herramientas prácticas para el manejo adecuado de sus cultivos. Este material podría abordar el efecto de la acumulación de hojarasca en la inhibición de la germinación de semillas de durazno, y ofrecer recomendaciones para mitigar este problema.

Se sugiere considerar la aplicación de distintas técnicas para evaluar la viabilidad de las bellotas, ya que existen diversos métodos con distintos niveles de precisión. En el presente estudio se utilizó un método accesible en función de los materiales disponibles.

10. LITERATURA CITADA

- Almazán-Núñez, R. C., Almazán-Juárez, A., & Ruiz-Gutiérrez, F. (2011). *Áreas comunitarias para la conservación de los recursos biológicos de la Sierra Madre del Sur, Guerrero, México*. Universidad y Ciencia, 27(3), 315–329.
- Blanco, I. (2023). Corteza de pino: ¿Para qué sirve? De Raíz. <https://www.deraizchile.cl/blogs/noticias/corteza-de-pino-para-que-sirve>
- Bétard, F. *Quercus liebmannii* Oerst. Oaks of the World. <https://oaksoftheworld.fr/quercus liebmannii.htm>
- Becerra-Zavaleta, J., Quintanar-Isaías, A., Ramos-Prado, J. M., & Hernández-Ramírez, A. M. (2014). La bellota de *Quercus insignis* Martens & Galeotti, 1843, la más grande del mundo.
- Botanic Gardens Conservation International (BGCI). (2024, mayo 26). *Nuevo módulo en español disponible: Programa de capacitación para los guardianes de los encinos*. <https://www.bgci.org/news-events/nuevo-modulo-en-espanol-disponible-programa-de-capacitacion-para-los-guardianes-de-los-encinos/>
- Cosío, E. A., Cabrera, M., Schuldt, M., Christiansen, R., & Mayo, J. P. (2013). Evaluación de lombricompuestos como sustrato de crecimiento de *Acer Negundo* L. en Río Turbio. Informe Científico Técnico UNPA, 5(3), 56-65.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2016). *Desde la oscuridad*. Gobierno de México. <https://www.gob.mx/conafor/articulos/desde-la-oscuridad>
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). (2017). *Desde la oscuridad: Conoce el trabajo que hacen las lombrices por los suelos*. <https://www.gob.mx/conafor/articulos/desde-la-oscuridad>

- Denvir, A., Gerlowski, N., Breceda Solís, A., Cavender-Bares, J., González-Rodríguez, A., Leal, M. A., & Pérez, D. (2016-2021). Salvemos el Encino Arroyero. Sitio Oficial Web Morton Arboretum. <https://www.bcibaja.org/salvemos-el-encino-arroyero-un-llamado>
- Departamento de Botánica, Instituto de Biología (IBUNAM). *Quercus liebmannii* Oerst. ex Trel., ejemplar de: Herbario Nacional de México (MEXU), Plantas Vasculares. En Portal de Datos Abiertos UNAM. <http://datosabiertos.unam.mx/IBUNAM:MEXU:1379397>
- European Forest Genetic Resources Programme. (s. f.). European forest genetic resources programme (EUFORGEN). <https://www.euforgen.org/>
- Escuela Agrícola Panamericana “El Zamorano”. (1998). *Caracterización dendrológica y ecológica del género Quercus L. en el bosque de la Montaña de Uyuca* [Informe técnico, Universidad Zamorano], p. 42. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/0547a7e6-b8ed-41ef-bb04-168a09769823/content>
- Espinosa de G. Rul, J. (1979). *Flora fanerogámica del Valle de México* (Vol. 1, Rzedowski, J. & Rzedowski, G., Comps.). Instituto de Ecología A.C.
- García Córdova, J. A. (2004). *El aserrín: propiedades, manejo y aprovechamiento*. INFOMADERA. https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_163_17133.pdf
- García-Mendoza, A., & Meave, J. A. (2004). *Diversidad y endemismo de las selvas secas de la región del Pacífico de México*. Acta Botanica Mexicana, 67, 23–50. <https://www.redalyc.org/pdf/577/57707204.pdf>
- Garzón Marín, G., Montenegro Riveros, E. P., & López Botía, F. (2005). *Uso de aserrín y acículas como sustrato de germinación y crecimiento de quercus humboldtii (roble)*. Colombia Forestal, 9(18), 98-108.

- GBIF Secretariat. (2023). *Quercus liebmannii* Oerst. ex Trel. In *GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset*. <https://doi.org/10.15468/39omei>
- GBIF. *Quercus liebmannii* Oerst. Global Biodiversity Information Facility. <https://www.gbif.org/es/species/2877977>
- González-Salvatierra, C., Badano, E. I., Flores, J., & Rodas, J. P. (2013). *Germinación, infestación y viabilidad en bellotas de Quercus polymorpha (Schltdl. & Cham.) tras un año de almacenamiento*. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, 19(3), 351-362.
- Gobierno del Estado de Guerrero. (2023). *Encabeza Evelyn Salgado actividad de reforestación en Llanos de Tepoxtepec*. <https://www.guerrero.gob.mx/2023/07/encabeza-evelyn-salgado-actividad-de-reforestacion-en-llanos-de-tepoxtepec/>
- Gobierno Vasco. (s.f.). Gurasoak. I-hi-tza44. https://www.euskadi.eus/web01-a2inghez/es/contenidos/informacion/ihitza44/es_def/gurasoak.html
- Gribko, L. S., & Jones, W. E. (1995). *Test of the float method of assessing northern red oak acorn condition*. Tree Planters Notes, 46, 143-147.
- Instituto Nacional de Ecología (INE-SEMARNAT). (2009). *Manual de la biodiversidad de encinos michoacanos*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT).
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (s.f.). *Llanos de Tepoxtepec, Chilpancingo de los Bravo, Guerrero (clave 120290099)*. <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?ag=120290099#collapse-Resumen>
- International Oak Society. (2025). GCCO en las Américas. <https://www.internationaloaksociety.org/content/gcco-en-las-am%C3%A9ricas>

- International Union for Conservation of Nature (IUCN). (s.f.). *Quercus peduncularis* [Ficha de la Lista Roja de la UICN]. <https://www.iucnredlist.org/es/species/34666/89239423>
- José, A. D. L. L., Espinosa, L. M., & Aguilar, B. R. (2003). *Los usos no leñosos de los encinos en México*. Boletín de la Sociedad Botánica de México, (72), 107–117.
- López López, B., Gálvez Arce, P., Calleja Peláez, B., Méndez González, J., & Ríos Camey, J. M. (2018). Sustratos orgánicos en la germinación y crecimiento de *Pinus ayacahuite* var. *veitchii* (Roezl) Shaw en vivero. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 9(49), 110-124.
- López Melara, A. A., Hernández, J. G., Portillo, J. A., & Quezada, J. R. (2004). *Guía técnica dendrológica de Roble Amarillo (Quercus peduncularis Née)* [Guía técnica], p. 3. Ministerio de Agricultura y Ganadería de El Salvador. <http://forestal.mag.gob.sv/phocadownload/gua%20tec.dendrolgica%20de%20roble%20amarillo.pdf>
- Matilla, A. J. (2008). Desarrollo y germinación de las semillas. *Fundamentos de fisiología vegetal*, 2, 549.
- Madrid-Aispuro, R. E., Cordova-Saucedo, M. D., Prieto-Ruíz, J. Á., Aldrete, A., Salcido-Ruiz, S., & Pérez-Luna, A. (2025). *Crecimiento de Quercus durifolia Seemen en sustratos con turba, corteza, aserrín y fertilizante de liberación controlada*. *Revista mexicana de ciencias forestales*, 16(88), 74-97. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v16i88.1526>
- Mantero-García, H. D., Gómez-Guerrero, A., Gavi-Reyes, F., Zamora-Morales, B. P., & Ramírez-Ayala, C. (2019). *¿Es sustentable el aprovechamiento de tierra de hoja en bosques de encino?* *Madera y Bosques*, 25(3), e2531807.
- Monroy-Vázquez, M. E., Peña-Valdivia, C. B., García-Nava, J. R., Solano-Camacho, E., Campos, H., & García-Villanueva, E. (2017). Imbibición, viabilidad y vigor

de semillas de cuatro especies de *Opuntia* con grado distinto de domesticación. *Agrociencia*, 51(1), 27-42.

INEGI. Área geográfica: *Ahuacatlán, Guerrero*. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. <https://www.inegi.org.mx/app/areasgeograficas/?aq=120290099#collapse-Resumen>

Oaks of the World. (2025). *Quercus liebmannii* Oerst. ex Trel. In *Oaks of the World*. https://oaksoftheworld.fr/quercus_liebmannii.htm

Organización Editorial Mexicana. (2023, 21 de enero). *Llanos de Tepoxtepec, de cultivos ilegales al ecoturismo*. El Sol de Acapulco. <https://oem.com.mx/elsoldeacapulco/tendencias/llanos-de-tepoxtepec-de-cultivos-ilegales-al-ecoturismo-16925541>

Ortega-Martínez, L. D., Sánchez-Olarte, J., Díaz-Ruiz, R., & Ocampo-Mendoza, J. (2010). Efecto de diferentes sustratos en el crecimiento de plántulas de tomate (*Lycopersicum esculentum* MILL). *Ra Ximhai*, 6(3), 365-372.

Olivares-Campos, M. A., Hernández-Rodríguez, A., Vences-Contreras, C., Jáquez-Balderrama, J. L., & Ojeda-Barrios, D. (2012). Lombricomposta y composta de estiércol de ganado vacuno lechero como fertilizantes y mejoradores de suelo. *Universidad y ciencia*, 28(1), 27-37.

Pérez-Vinent, A. R., Serret-Guasch, N., & Penedo-Medina, M. (2022). *Caracterización de la biomasa vegetal aserrín de pino*. Facultad de Ingeniería Química y Agronomía, Universidad de Oriente.

Ramírez Martínez, J. A. (2018). *Evaluación de la calidad de sitio para Quercus liebmannii* Oerst., en la región forestal de la sierra de Atoyac de Álvarez, Guerrero [Tesis de maestría, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio Institucional UAQ. <https://ri-ng.uaq.mx/bitstream/123456789/8205/1/RI007357.pdf>

Rodríguez-Acosta, M. & Allen J. Coombes (Eds.). (2021). *Manual de 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.

Rodríguez Rivera, I. S., & Romero Rangel, S. (2007). *Arquitectura foliar de diez especies de encino (Quercus, Fagaceae) de México* (pp. 16–18). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Laboratorio de Ecología y Taxonomía de Árboles y Arbustos. https://www.researchgate.net/figure/Quercus-elliptica-Morfologia-general-A-rama-con-hojas-B-inflorescencia-C-tricomas_fig3_26493409

Rodríguez Rivera, I. S., & Romero Rangel, S. (2007). *Arquitectura foliar de diez especies de encino (Quercus, Fagaceae) de México*. Acta botánica mexicana, (81), 09-34. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-71512007000400002&lng=es&tlng=es

Romero-Rangel, S., & Rojas-Zenteno, E. C. (2019). *Aspectos taxonómicos de la morfología floral masculina de Quercus (Fagaceae) en México*. Polibotánica, (48), 13-27.

Romero Rangel, S., Rojas Zenteno, E. C., & Rubio Licona, L. E. (2014). *Fagaceae* [Fascículo 181 de la Flora del Bajío y de regiones adyacentes]. Instituto de Ecología, A.C. (INECOL). <http://inecolbajio.inecol.mx/floradelbajio/documentos/fasciculos/ordinarios/Fagaceae%20181.pdf>

Rubio-Licona, L. E., Romero-Rangel, S., & Rojas-Zenteno, E. C. (2011). *Estructura y composición florística de dos comunidades con presencia de quercus (fagaceae) en el Estado de México*. Revista Chapingo serie ciencias forestales y del ambiente, 17(1), 77-90. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.03.014>

- Rubio Rodríguez, L. E. (2023). *Caracterización físico-química y comparación de abonos orgánicos producidos a partir de estiércol por medio de lombricultura en Concá, Arroyo Seco, Querétaro* [Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma de Querétaro]. Repositorio Institucional de la UAQ. <https://ri-ng.uaq.mx/handle/123456789/8205>
- Scareli-Santos, C., Sánchez-Mondragón, M. L., González-Rodríguez, A., & Oyama, K. (2013). *Foliar micromorfología de los robles mexicanos (Quercus: Fagaceae)*. Acta Botanica Mexicana, 104, 31–52.
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. (s. f.). Vivero Coyoacán. Gob.mx. <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/vivero-coyoacan>
- Soluciones Naturales Profesionales. (s.f.). *Tierra de Hoja* [Fertilizante orgánico]. https://solucionesnaturalespro.com.mx/product/tierra-de-hoja/?srsltid=AfmBOor8SEitJ96amCVvWV2iMzlkAERmG3eH_ZjoQJXVYfCfa0Ey3Kyf
- Taiz, L., Zeiger, E., Moller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Fisiología vegetal* (6ª ed.). Sinauer Associates.
- Toval Hernández, G. (s.f.). *Utilización de la corteza de pinos como sustrato en viveros*. https://infomadera.net/uploads/articulos/archivo_163_17133.pdf
- Vence, L. B. (2008). Disponibilidad de agua-aire en sustratos para plantas. Ciencia del suelo, 26(2), 105-114.
- Velázquez-Martínez, A., & Ángeles-Pérez, G. (2012). *Efecto de la sombra sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de cinco especies de Quercus del altiplano mexicano*. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, 19(3), 353–363. <https://www.scielo.org.mx/pdf/rcscfa/v19n3/v19n3a4.pdf>

- Zamora-Cornelio, L., Rodríguez-Correa, H., Rodríguez-Arévalo, I. C., González-Rodríguez, A., & Oyama, K. (2020). *Morphological differentiation among populations of Quercus elliptica Née (Fagaceae) along an environmental gradient in Mexico and Central America*. <https://www.researchgate.net/publication/339850333>
- Zulueta, J. de, & Montoto, J. L. (1992). *Efectos de la temperatura y humedad en la germinación de bellotas de encina (Quercus ilex L.) y alcornoque (Quercus suber L.)*. Investigación Agraria: Sistemas y Recursos Forestales, 1(1), 65–71.

11. ANEXOS

Carteles informativos sobre encinos de Guerrero.

ENCINOS DE GUERRERO LOS CIGANTES VERDES DE LA SIERRA

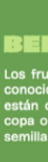



¿QUÉ ES UN ENCINO?

Los encinos o robles son angiospermas leñosas pertenecientes a la familia Fagaceae.

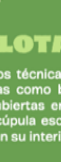
¿CÓMO SE DISTINGUEN?

Se distinguen por la formación de bellotas, 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.




BELLOTA

Los frutos técnicamente sus nueces conocidas como bellotas, las cuales están cubiertas en su base por una copa o cúpula escamosa, llevando la semilla en su interior.

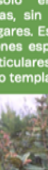



ENDÉMICA

Se encuentran solo en ciertas regiones geográficas, sin presencia natural en otros lugares. Esto ocurre debido a adaptaciones específicas a climas o suelos particulares, como en zonas montañosas o templadas.

REPRODUCCIÓN

La reproducción de los encinos es sexual y ocurre mediante la polinización de sus flores (anemófila) mediante el viento. Los encinos tienen flores unisexuales: los amentos masculinos liberan polen y las flores femeninas forman bellotas. Las bellotas caen al suelo para germinar.

Fuente:

- Rodríguez-Aranda M. y Allen J. (2015). Manual de propagación de Coníferas y Angiospermas. Editorial Mundi.
- Enciclopedia de la Sierra de Guadalupe. (2015). (1 de marzo). <http://www.sierra-de-guadalupe.com/>

ENCINOS DE GUERRERO LOS GIGANTES VERDES DE LA SIERRA

USOS

- Madera
- Leña y carbón
- Forraje
- Alimento silvestre
- Conservación del suelo
- Hábitat
- Ornamental
- Medicina tradicional
- Cultural
- Artesanías

CARACTERÍSTICAS

- México alberga el mayor número de especies de encinos en el mundo.
- El 62% de ellos son endémicos.
- La deforestación de los bosques de encino y de encino-pino se encuentran entre las más altas del país.
- Los bosques de encinos se encuentran en altitudes que alojan las poblaciones con mayor número de habitantes en el país.
- Los bosques de encino son de los más ricos en diversidad vegetal.
- Un solo árbol de encino alberga hasta 200 especies de organismos diferentes.
- Son muy longevos, pues llegan a durar hasta más de 1000 años.

ESPECIES EN GUERRERO

<i>Quercus acutifolia</i> Née	<i>Q. martinzii</i> C.H. Muller
<i>Q. candicans</i> Née	<i>Q. obtusata</i> Humboldt et Bonpland
<i>Q. castanea</i> Née	<i>Q. peduncularis</i> Née
<i>Q. conspersa</i> Benthom	<i>Q. planipocula</i> Trelease
<i>Q. corrugata</i> Hook	<i>Q. resinosa</i> Liebmann
<i>Q. crassifolia</i> Humboldt et Bonpland	<i>Q. rubramenta</i> Trelease
<i>Q. crispifolia</i> Trelease	<i>Q. rugosa</i> Née
<i>Q. elliptica</i> Née	<i>Q. salicifolia</i> Née
<i>Q. glaucescens</i> Humboldt et Bonpland	<i>Q. sartorii</i> Liebmann
<i>Q. glaucoides</i> Martens et Galeotti	<i>Q. scytophylla</i> Liebmann
<i>Q. insignis</i> Martens et Galeotti	<i>Q. splendens</i> Née
<i>Q. laurina</i> Humboldt et Bonpland	<i>Q. subspatulata</i> Trelease
<i>Q. liebmanni</i> Oersted	<i>Q. urbana</i> Trelease
<i>Q. magnoliaefolia</i> Née	<i>Q. uxoris</i> McVaugh

"Un encino más, un respiro para el planeta"

Elaborado por: Naivi Quiterio Radilla

Memoria gráfica de las etapas del proceso experimental.

