



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
IZTACALA**

**“Comportamiento germinativo y
crecimiento en vivero de *Quercus
insignis* Mart. & Gal. (Fagaceae)”**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

BIÓLOGA

PRESENTA

ZÚÑIGA HERNÁNDEZ CRISTINA

DIRECTORA DE TESIS

DRA. SILVIA ROMERO RANGEL

Los Reyes Iztacala, 2013





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Cada encino puede albergar en su tronco y ramas, decenas de especies de plantas como orquídeas, bromeliáceas, helechos, así como musgos, hepáticas, hongos y líquenes. La diversidad de nichos que ofrecen el follaje, las ramas, el tronco y las grietas en la corteza, además de los jardines de plantas epífitas, hacen que cada árbol pueda ser el hogar de una gran variedad de insectos, arañas y otros invertebrados y vertebrados, como pequeños sapos o lagartijas a grandes mamíferos y un sinfín de aves, que encuentran su alimento y un refugio en este encino.

Este trabajo está dedicado a todas las personas que han creído en mi, y que con sus palabras me han impulsado a continuar con esto que tanto me apasiona (la Biología y los árboles); que me han hecho ver que las cosas no son difíciles como uno se las imagina, simplemente hay que arriesgarse y hacerlas, "nosotros nos vamos poniendo esos obstáculos".

Para mi asesora la Dra. Silvia Romero Rangel, por darme la oportunidad de ser su alumna y dejarme formar parte del equipo de trabajo. Este trabajo también es suyo.

Para Miguel Ángel Cortez Hernández, que estuvo siempre conmigo en las buenas y en las... buenas de este trabajo, nunca hubo nada malo.

Y en especial para mi madre que me ha apoyado en TODO, aunque nunca estuvo de acuerdo con mis sueños, al final los terminó compartiendo.

AGRADECIMIENTOS

Mi más profundo agradecimiento a la Dra. Silvia Romero Rangel por la paciencia, confianza y comprensión que mostró durante todo este tiempo, así como por el apoyo que siempre necesitamos como estudiantes.

A cada uno de los sinodales: Biól. Marcial García Pineda, M. en C. Ángel Duran Díaz, M. en C. Carlos Rojas Zenteno, al Dr. Diódoro Sánchez Granados y a la Dra. Silvia Romero Rangel, por la revisión de este trabajo.

A los profesores Carlos y Silvia, por permitirme entrar a este gran equipo, que ama las plantas principalmente los árboles, por el gran apoyo que nos han brindado, y por los buenos ratos amenos.

A mis amigos de la carrera: Mauricio, Sergio, Natalia, Aleida, Edgar y David, con los que compartí grandiosos momentos y con los cuales tuve el privilegio de hacer equipo, las horas de trabajo valieron la pena, y el nombre de la banda ñoña. Gracias por haber participado en mi desarrollo como persona y como bióloga.

A mis amiguitos y compañeros de grupo, estos 4 años fueron los más fantásticos de mi vida, y lo volvería a vivir. Las prácticas de campo y los viajes realizados fueron lo mejor y vaya que aprendimos muchas cosas.

A mis compañeros y amigos del laboratorio de árboles y arbustos (L-405), por los buenos ratos y por hacer más placentero el trabajo.

A Edgar y a David por su participación directa al inicio de este trabajo, y en especial a ti Edgarín por tu paciencia en regar cada una de mis plantitas cuando me tenía que ausentar.

A la M. en C. Lilita Rubio, por la revisión de este trabajo, sé que fue algo apresurado; pero principalmente por brindarme tu amistad y por compartir tus experiencias y conocimientos, los cuales me han motivado para continuar con el posgrado.

Al profesor José del Taller de equipo y laboratorio de enseñanza (TELE), por permitirme el uso de sus instalaciones y maquinaria para la escarificación de las bellotas.

Así como al INIFAP por permitirme el uso de sus instalaciones, para el análisis de suelo y muestras vegetales, y en especial al Biól. Francisco Reséndiz por su apoyo y asesoramiento en las técnicas realizadas.

*A Eduardo, por la realización del dibujo, el hecho que consultaras mi opinión fue muy gratificante, me creí experta en *Q. insignis*.*

A Orlando Tzanahua, gracias por el jalón de oreja que me hizo volver a la realidad. Gracias por tu sinceridad y sencillez, y por tus palabras de motivación que hicieron darme cuenta lo lejos que he llegado, y de no darme por vencida por pequeñeces.

A mis familiares, que creyeron en mí y se enorgullecieron cuando entré a esta gran casa de estudios tan importante y valiosa, que es la UNAM, formadora de grandes profesionistas de sangre azul y piel dorada.

Y con especial agradecimiento a Mickey, por estar cada día desde que comenzó esto, porque sin ti no se hubiera concretado. Tu participación desde la escarificación, siembra, medición y riego fue muy importante, cambiaste tus vacaciones y fines de semana por ayudarme. Tus palabras de aliento, tu apoyo infinito forman parte de la base y estructura de este trabajo. Me has mostrado lo que es el amor verdadero.

Y con un profundo agradecimiento, a ti madre, por tu participación en cada momento de mi vida, por tus desvelos, tus apuros, tus cansancios y muchas cosas más, para que yo pudiera finalizar esta parte importante de mi vida. GRACIAS...

ÍNDICE DE CONTENIDO

RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN.....	2
MARCO TEÓRICO.....	4
UBICACIÓN TAXONÓMICA DEL GÉNERO <i>Quercus</i>	4
ASPECTOS ECOLÓGICOS DEL GÉNERO <i>Quercus</i>	4
IMPORTANCIA DE GÉNERO <i>Quercus</i>	5
DESCRIPCIÓN DE FLORES Y FRUTOS DE <i>Quercus</i>	6
GERMINACIÓN DE <i>Quercus</i>	8
COMPORTAMIENTO GERMINATIVO	8
CRECIMIENTO	9
PRODUCCIÓN Y MANEJO	10
RIEGO	11
DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE <i>Quercus insignis</i> Martens & Galeotti.....	13
Hábitat	16
Distribución	16
Datos Fenológicos.....	16
Importancia y usos.....	16
ANTECEDENTES.....	18
Trabajos que refieren a <i>Quercus insignis</i>	18
Comportamiento germinativo en <i>Quercus</i>	19
OBJETIVOS.....	21
Objetivo General.....	21
Objetivos particulares.....	21
ÁREA DE RECOLECTA.....	22
Topografía.....	22
Hidrografía	22
Clima.....	23
Geología.....	23
Edafología.....	23
Vegetación y Fauna.....	23

Uso del suelo.....	24
METODOLOGÍA	26
Trabajo de campo.....	26
Trabajo de laboratorio.....	26
Trabajo en vivero	27
ANÁLISIS DE DATOS.....	28
Análisis morfométrico de frutos-semillas.....	28
Análisis del comportamiento germinativo	28
Análisis de crecimiento radical	28
Análisis del crecimiento en vivero	29
RESULTADOS.....	30
Morfometría de frutos y semillas	30
Comportamiento germinativo.....	38
Viabilidad de semillas en almacenamiento en frío	40
Crecimiento radical en cámara de germinación.....	41
Crecimiento en vivero (crecimiento <i>ex situ</i>).....	45
Plantas obtenidas de frutos recolectados del suelo.....	46
Plantas obtenidas de frutos recolectados del árbol.....	49
Supervivencia en vivero.....	52
Descripción morfológica a diferentes edades	55
6 meses.....	55
9 meses.....	57
16 meses.....	59
DISCUSIÓN.....	62
Morfometría de frutos-semillas	62
Comportamiento germinativo.....	65
Viabilidad.....	68
Crecimiento radical en cámara de germinación.....	71
Crecimiento en vivero (crecimiento <i>ex situ</i>).....	72
Supervivencia en vivero.....	74
Descripción morfológica	76
CONCLUSIONES	78

BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	91
Anexo 1. Formulario de índices de germinación	91
Anexo 2. Medidas descriptivas de las variables morfométricas de frutos y semillas de <i>Q. insignis</i> . ..	92
Anexo 3. Medidas descriptivas de las variables medidas en raíz de <i>Q. insignis</i>	93
Anexo 4. Medidas descriptivas de las variables medidas en plantas de <i>Q. insignis</i>	93

RESUMEN

La especie *Quercus insignis* habita en sitios restringidos y susceptibles a disturbios, por lo que se ha catalogado en México como una especie en peligro, por la lista roja de encinos. La falta de información sobre la propagación, a través de semillas, de especies nativas ha impedido el uso de éstas para fines de reforestación, reintroducción, aprovechamiento forestal y restauración de terrenos degradados; por lo que es importante se realicen estudios sobre el conocimiento de aspectos biológicos, ecológicos y de manejo de especies, como *Q. insignis*. El objetivo de este trabajo fue estudiar el comportamiento germinativo y el crecimiento en vivero de esta especie. En la caracterización morfométrica de los frutos y semillas, se encontró una relación positiva entre el peso y el ancho de los primeros; el peso de la semilla correspondió al 50% del peso del fruto. Se formaron tres grupos: frutos/semillas recolectados del suelo (FS/SS), frutos/semillas recolectados del árbol (FA/SA) y frutos/semillas recolectados del suelo almacenados (FS-A/SS-A), encontrándose en cada uno de ellos diferencias estadísticas en peso y talla. En cuanto al comportamiento germinativo, se vio que la germinación inició al tercer día, mostrando una capacidad germinativa de 95.19% para SS y 67.64% para SA. El tiempo medio de germinación (TMG) fue alto y la uniformidad germinativa baja. El primer grupo mostró mejor calidad de germinación (índice de Maguire). Se observó que después de someter las semillas a estratificación (SS-A) por 55 días, la capacidad germinativa disminuyó (91.11%); sin embargo, se mejoró la calidad germinativa. El desarrollo en vivero de las plantas, mostró un crecimiento notorio en altura y diámetro durante los primeros 6 meses, de acuerdo a la tasa de crecimiento relativo (TCR). También se vio que la cobertura y número de hojas se incrementan conforme avanza el tiempo; después de un año (en la época fría) disminuye por la pérdida de las hojas. Las tres muestras mostraron diferencias significativas en cuanto al crecimiento en vivero, presentando valores más elevados aquellas plantas de SS y SS-A. Los porcentajes de supervivencia mostraron que las plantas de SS tuvieron una supervivencia de 88.35% seguido de las SS-A con 69.05% y con 21.98% las SA después de un año de monitoreo. Se puede decir que el manejo en vivero es un factor importante en la supervivencia de las plantas, debido a que es una especie de crecimiento rápido. El estado de maduración de los frutos influyó en la germinación y en el desarrollo de las plantas. Se realizó la descripción morfológica de plantas a diferentes edades, encontrándose diferencias morfológicas a distintas edades, destacando el cambio de tipo de tricoma, de simple a fasciculado sésil.

INTRODUCCIÓN

México es reconocido como un país de alta diversidad biológica, en el cual están representados casi todos los tipos de vegetación del planeta. Se ha calculado que nuestro país contiene 10% de la flora del mundo y, de acuerdo con las estimaciones hasta ahora publicadas, se encuentra en el cuarto lugar entre los países o regiones con más de 18,000 especies de plantas vasculares (Magaña & Villaseñor, 2002), debido a su ubicación geográfica y la combinación de una variedad de condiciones fisiográficas y climáticas, además de su compleja historia geológica (Flores-Villela & Gerez, 1994).

Los bosques de coníferas y de encino ocupan 21% de la superficie del país y tienen una riqueza florística de unas 7,000 especies de las cuales 70% son endémicas (Rzedowski, 1991). Por esta razón, los encinares en cuanto a abundancia ocupan el segundo lugar después de los pinares (Rzedowski, 1978).

Los bosques de encino cubren aproximadamente 5.5% de la superficie total del país, encontrándose la mayor diversidad de especies del género *Quercus* en el intervalo altitudinal de 1 200 a 2 800 m (Rzedowski, 1978). Se distinguen por su adaptación a diferentes condiciones del medio, como son: relieve, altitud, pendiente, tipo de roca, suelo y otros (Espejel *et al.*, 1999). México es el centro de diversidad de los encinos en el hemisferio occidental (Nixon, 1993); en el país se han registrado 161 especies, de los cuales 81 especies pertenecen a encinos blancos (*Quercus*), 76 especies de encinos rojos (*Lobatae*) y 4 de encinos de copa dorada (*Protobalanus*); del total de especies, 109 son endémicas (Valencia, 2004).

En México constituyen el principal componente fisonómico de los bosques de encino, pino-encino y mesófilo de montaña (Nixon, 1993). En la actualidad, los ecosistemas terrestres de México presentan una drástica alteración y una reducción en su superficie original (Toledo y Ordoñez, 1993; Challenger, 1998). La degradación ecológica ha afectado a los encinares, por lo que algunos bosques han desaparecido debido a un aprovechamiento irracional o a cambios en el uso de la tierra, mientras que otros revelan fuertes daños en su estructura y afecciones en su dinámica (Challenger, 1998). Ante esta situación, desde hace casi 30 años Rzedowski (1978) ya había sugerido fomentar la conservación de los encinares, en especial donde su presencia es necesaria para preservar el equilibrio ecológico de las cuencas.

El encino *Quercus insignis*, es una especie que tiene áreas de distribución relativamente amplias; sin embargo, su hábitat es muy restringido y susceptible a disturbios por la tala para diferentes actividades. Esta especie se desarrolla principalmente en el bosque mesófilo de montaña y en

encinares húmedos. El tamaño de sus bellotas puede alcanzar hasta 5 cm de largo y esto hace que los árboles sólo produzcan cada dos o tres años. Estas características lo ponen en riesgo de desaparecer (Valencia, 2004). Por lo que se encuentra en la lista roja de los encinos, en México es una especie calificada como en peligro, esto quiere decir con un alto riesgo de extinción (Oldfield & Eastwood, 2007).

MARCO TEÓRICO

UBICACIÓN TAXONÓMICA DEL GÉNERO *Quercus*

Su posición taxonómica es la siguiente de acuerdo a Cronquist, 1981:

División Magnoliophyta

Clase Magnoliopsida (Dicotiledóneas)

Subclase Hammamelidae

Orden Fagales

Familia Fagaceae

Subfamilia Quercoideae

Género *Quercus*

Los encinos pertenecen a la familia Fagaceae, la cual está ampliamente distribuida. Los miembros de esta familia son considerados de gran importancia económica debido a su abundancia y como recurso maderero, cuenta con ocho géneros y aproximadamente 600 especies de regiones templadas y subtropicales del hemisferio norte (Elías, 1971; Lawrence, 1951). El género *Quercus*, es el que contiene el mayor número de especies dentro de la familia Fagaceae (Valencia, 1989).

Quercus es considerado un género taxonómicamente complicado, debido a su gran variabilidad morfológica, a la capacidad de formar híbridos y a que sus estructuras reproductivas no se han estudiado lo suficiente (Romero *et al.*, 2000 en Romero *et al.*, 2002).

La especie *Quercus insignis* pertenece a la sección *Quercus* (encinos blancos) (Nixon, 1993).

ASPECTOS ECOLÓGICOS DEL GÉNERO *Quercus*

El género *Quercus* se distribuye mundialmente en zonas templadas y subtropicales del hemisferio norte, se calcula que está conformado aproximadamente por 500 especies. Por lo que México es el país que posee el mayor número de especies del mundo, distribuidas en las zonas templadas de montaña de todos los estados, a excepción del sur de Yucatán y Quintana Roo. A las especies del género se les encuentra formando bosques de encino; sin embargo, también penetran en regiones de clima caliente o muy húmedos, siendo parte del bosque tropical perennifolio y bosque mesófilo de montaña, así como en las zonas semiáridas (Rzedowski, 1988).

Los tipos de suelo que prefieren son profundos de terrenos aluviales planos, con buen drenaje, aunque se han encontrado encinos que crecen a orillas de arroyos en tierras permanentemente húmedas, también aunque más rara vez, los encontramos en suelos someros de terrenos rocosos y con

pendientes pronunciadas. El tipo de clima de acuerdo a la clasificación de Köeppen (1948) es Cw pero también se extiende a los climas Cf, Cs, Cx, Af, Am y Bs que se refiere a climas templados, cálidos y secos, respectivamente (Rzedowski, 1978).

La precipitación media anual varía de 350 mm a más de 2000 mm, pero la distribución de la gran mayoría de los encinos se hayan entre las isoyetas de 600-1200 mm.

Las temperaturas medias anuales tienen una amplitud global de 10-26 °C y más frecuentemente de 12-20 °C, el número de meses secos varía de 0 a 9.

Los bosques de encino son comunidades cuya altura varía en un intervalo de 2-30 m, alcanzando en ocasiones hasta 50 m y pueden formar masas puras; sin embargo, a menudo admiten la compañía de los Pinos (*Pinus*) y otros árboles como: *Abies*, *Alnus*, *Arbutus*, *Buddleia*, *Cerocarpus*, *Crataegus*, *Cupressus*, *Fraxinus*, *Garrya*, *Juglans*, *Juniperus*, *Platanus*, *Populus*, *Prunus*, *Pseudotsuga*, *Clethra* y *Cornus*, entre otros.

En su composición florística presentan una mezcla de elementos neotropicales y holárticos y algunos géneros autóctonos. (Rzedowski, 1978; Bello y Labat, 1987).

Los encinos sirven como hospederos de epífitas, que varían desde líquenes y musgos hasta fanerógamas de gran tamaño, esta abundancia y diversidad está correlacionada con el clima y la humedad atmosférica a lo largo del año. Las comunidades de *Quercus* presentan un sólo estrato arbóreo, pero también hay algunas zonas donde se pueden distinguir dos o tres; el estrato arbustivo puede tener uno o dos niveles por lo general bien desarrollados, el estrato herbáceo es abundante en los bosques abiertos. Dada la complejidad de su estructura vegetal, la fauna silvestre es también importante ya que alberga una gran diversidad de anfibios, reptiles, aves, mamíferos y algunos invertebrados (Ramírez, 2009).

IMPORTANCIA DE GÉNERO *Quercus*

La riqueza biológica de encinos en México se expresa no sólo en el número de especies sino también en la variedad de formas de vida (arbustos, árboles bajos y árboles altos) y hábitos que presentan (perennes o caducifolios), así como en la diversidad de tamaños, texturas y colores de sus hojas y maderas (Rubio-Licona, 2009).

Las especies del género *Quercus* se distinguen por su adaptación a diferentes condiciones del medio como son: relieve, altitud, pendiente, exposición, régimen climático, tipo de roca, suelo y otros (Espejel

et al., 1999); a lo que se atribuye su presencia tanto en las zonas templadas como en las tropicales y subtropicales del hemisferio norte (Romero *et al.*, 2002; Valencia, 2004).

El género *Quercus* es muy importante en el almacenamiento de carbono, en los ciclos del agua (son participantes activos en la infiltración) y el oxígeno en la biosfera debido a su amplia distribución geográfica tanto a escala mundial como nacional (Baes *et al.*, 1977; Woodwell *et al.*, 1978 citados por Mur, 2003). Esto les confiere también gran importancia en el reciclaje de nutrientes en los ecosistemas donde se localizan, ya que la mayoría de especies del género *Quercus* son de hábitos caducifolios. La abscisión de hojas se presenta al inicio del verano aportando hasta un 70% del total anual de hojarasca, de tal manera que durante los meses de mayor precipitación hay disponible una gran cantidad de biomasa para la descomposición (Garrido *et al.*, 1989). En los bosques dominados por especies el género *Quercus* la hojarasca provee otro importante servicio ambiental que consiste en proteger al suelo de la erosión hídrica (Rubio-Licona, 2009).

DESCRIPCIÓN DE FLORES Y FRUTOS DE *Quercus*

Los encinos son árboles y arbustos monoicos. Las flores masculinas tienen un cáliz formado por cinco lóbulos fusionados en un perianto más o menos en forma de cúpula, que envuelve de 5 a 10 estambres libres con anteras cortas y filamentos delgados, éstas flores se producen en amentos desnudos, en tanto que las femeninas, en espigas de dos a muchas flores sobre el mismo árbol durante la primavera, presentan un cáliz de 6 lóbulos que se adhieren a la base de los estilos y se fusionan con un tubo. La mayoría de las flores masculinas caen tan pronto como se ha desprendido el polen (Zavala & García, 1996). El ovario de los encinos, tiene originalmente de seis o siete óvulos. Debido a que es tricarpelar y cada carpelo tiene dos o a veces tres óvulos; sin embargo, sólo uno de los óvulos se desarrolla hasta llegar a semilla madura en una bellota unilocular, en tanto que todos los demás abortan por distintas causas (falta de fertilización, fracaso en el desarrollo del cigoto o del embrión, ausencia del saco embrionario o la presencia de un saco embrionario vacío). Los óvulos abortivos de las bellotas generalmente permanecen adheridos en la base de la semilla madura (encinos blancos) o en el ápice de la misma (encinos rojos) (Zavala & García, 1996). No obstante, la fertilización si puede ocurrir en varios de los óvulos abortivos. El fracaso de la mayoría de los óvulos es que uno de ellos es fertilizado antes que los demás y subsecuentemente, suprime el crecimiento de los otros ya fertilizados.

El fruto de los encinos es comúnmente conocido como bellota, se compone de una nuez envuelta en una cubierta rígida (McVaugh, 1974) asociada a un involucreo en forma de copa (cúpula) alrededor de la base de la nuez madura y conectada a ella. La nuez de los encinos contiene una semilla carente de

endospermo, con un embrión recto y con dos cotiledones. Las semillas se caracterizan por ser recalcitrantes, por lo que necesitan retener un contenido de humedad relativamente alto para continuar siendo viables (o durante su almacenamiento). Pero aun cuando estas semillas sean almacenadas bajo condiciones húmedas, su periodo de vida es muy corto y sólo ocasionalmente excede pocos meses (Zavala & García, 1996). Las recalcitrantes de algunas especies pierden su viabilidad rápidamente bajo condiciones secas por lo que se recomienda que el contenido de humedad de éstas no sea menor de 20-50% en los encinos blancos y de 20-30% en los negros (Romero *et al.*, 2002).

Las bellotas de los encinos blancos a los cuales pertenece *Q. Insignis*, maduran en el año en que ocurre la fertilización por lo que se les conoce como bellotas anuales (con un ciclo reproductivo de un año) y no presentan reposo; las de los encinos rojos requieren de dos años para madurar por eso son bellotas bianuales (con un ciclo reproductivo de tres años).

La producción de frutos en muchas especies leñosas es periódica, con altas producciones en algunos años e inter-espaciados en otros, en los cuales pocos frutos son producidos. Los árboles de un área geográfica que muestran este hábito, conocido como año semillero, comúnmente tienen reproducción sincronizada y por tanto hay gran diferencia en el número de semillas que llegan al suelo entre un año y el siguiente (Zavala, 2001).

Entre las características de la madurez de las bellotas a simple vista, en los encinos rojos, se pueden considerar las siguientes: 1. el pericarpio pierde su color verde y se torna café oscuro o negro; 2. la nuez se desprende fácilmente de la cúpula sin romperse; 3. la cicatriz de la cúpula es de color claro, en apariencia, en algunas especies puede ser de color rosa o naranja claro, pero el color amarillo puede ser común en otras; 4. la bellota en sección transversal muestra los siguientes colores: en especies con alto contenido de aceites, de amarillo obscuro a naranja; en otras con bajo contenido en aceites, amarillo claro. Para el caso de los encinos blancos: 1. en la mayoría de las especies, el pericarpio pierde su color verde y es principalmente café o negro cuando las bellotas han madurado, pero pueden haber algunas excepciones en aquellas cuyas bellotas maduras son de color amarillo, café amarillento o tienen manchas verdes y amarillas; 2. las nueces (frutos) se desprenden fácilmente de las cúpulas, como en los encinos rojos, los encinos cuyas cúpulas cubren más de 50% de la nuez pueden ser una excepción, pues la nuez permanece con la cúpula después de caer; 3. la bellota en sección transversal, muestra los cotiledones muy firmes y de color blanco, amarillo o rosa intenso. (Romero *et al.*, 2002)

GERMINACIÓN DE *Quercus*

Uno de los requerimientos para la germinación es la viabilidad y en el caso de los encinos se pierde cuando las semillas disminuyen su contenido de humedad a menos del 20 %. Otra condicionante es el ambiente adecuado para que la germinación pueda realizarse; es decir se requiere de suficiente humedad para que las semillas se embeban, una composición gaseosa similar a la de las primeras capas de la biosfera y una temperatura entre 10 y 30°C que permita el crecimiento vegetal (Camacho,1994).

La germinación es hipógea y generalmente ocurre en 3-5 semanas. En general, las semillas de encinos blancos germinan casi inmediatamente después de la diseminación (Zavala & García, 1996). Las plantas de germinación hipógea producen semillas cuyos cotiledones son grandes y suculentos y permanecen bajo tierra durante el desarrollo de las plántulas estando aún recubiertos por el pericarpio. La gran cantidad de reservas alimenticias almacenadas favorecen extensivamente el desarrollo de la raíz antes que el vástago emerja (brote aéreo y sistema de hojas). Los cotiledones de las semillas de los encinos almacenan una provisión considerable de agua y tienen una cantidad suficiente de reservas alimenticias para restablecer el epicotilo si éste es dañado. Además bajo tierra y/o dentro del pericarpo, los cotiledones están protegidos de animales carpófagos (Zavala, 2001).

COMPORTAMIENTO GERMINATIVO

Es necesario en encinos caracterizar el proceso germinativo, ya sea gráfica o numéricamente, para establecer la calidad de las semillas, la planeación de manejo silvícola y el estudio de la respuesta a la aplicación de tratamientos.

Así se requiere conocer el número de semillas, de acuerdo con el tiempo transcurrido desde la siembra, lo cual se relaciona con el criterio de ocurrencia del fenómeno como de los siguientes aspectos: a) Incubación, las semillas se someten a un determinado ambiente natural o artificial, definido por la temperatura, humedad, iluminación etc. El tiempo que deben estar expuestas depende de la emergencia de la radícula; b) Número de repeticiones, en donde la mejor caracterización del proceso se hace contabilizando las semillas germinadas varias veces a lo largo de la incubación; c) Formato para tomar datos, se recomienda de forma práctica el uso de un formato tabular con los datos de localidades, fecha de colecta y establecimiento.

Para este tipo de estudios debe considerarse los tipos de evaluaciones existentes:

Germinación sencilla: cantidad de plántulas obtenidas entre dos evaluaciones, se recomienda que las evaluaciones sean frecuentes.

Germinación acumulada: cantidad de semillas germinadas más las que se sumen en cada evaluación.

La información obtenida de los registros de germinación puede verse en curvas de germinación, donde puede observarse lo siguiente: a) Porcentaje de germinación final: se visualiza como la altura máxima alcanzada en la etapa de estabilización, b) Tiempo de germinación: se refiere a las cercanías de las curvas al eje de los porcentajes y c) Uniformidad germinativa: está muy ligada al tiempo de germinación y se refleja en la inclinación general de la gráfica obtenida.

La capacidad germinativa es uno de los principales indicadores de la calidad de las semillas.

Los índices numéricos para estudiar la germinación son particulares si se considera una sola característica de la curva germinativa y generales cuando engloban a varias de ellas. Así los valores germinativos son muy útiles para una interpretación objetiva e imparcial de experimentos sobre germinación, pero como son abstractos, deben acompañarse de índices particulares o bien gráficas (Camacho & Morales, 1992).

CRECIMIENTO

El crecimiento se define como el incremento en volumen o peso del individuo, a través del tiempo, como resultado de la síntesis de grandes moléculas y del alargamiento de la célula. El incremento de volumen (tamaño) puede medirse aproximadamente por expansión en una o dos direcciones como longitud, diámetro, altura, área y ancho (Salisbury & Ross, 1992). Para el análisis del crecimiento se han estudiado plantas de diferentes ciclos de vida y se han obtenido sus curvas de crecimiento. Las plantas anuales y partes individuales de perennes y anuales presentan curvas de crecimiento sigmoideas con tres fases primarias: 1) fase logarítmica, en donde el incremento en tamaño por unidad de tiempo es lento al principio, aparentemente porque la semilla tiene células que inician su crecimiento, dicho valor continúa incrementándose conforme más células se forman; 2) fase linear, cuando el incremento en tamaño continúa constante. Usualmente llega hasta un valor máximo durante algún tiempo. El por qué éste valor llega a una constante no está aún completamente entendido, pero una razón probable es que los tallos y raíces, crecen por medio de las zonas meristemáticas que producen células que incrementan su tamaño sólo en longitud; 3) fase de senescencia, caracterizada por un decremento en el valor de crecimiento, la planta madura y continúa con esta fase (Salisbury & Ross, 1992).

PRODUCCIÓN Y MANEJO

La forma típica de producción de planta en los viveros de México ha sido por medio de semilla en envases. La producción en contenedor se cultiva en sustrato artificial, bajo condiciones ambientales controladas, como es un invernadero, donde los factores limitativos pueden ser manipulados. Debido a que el volumen del sustrato es relativamente pequeño, las raíces se aglutinan en el mismo, conformando un cepellón uniforme al momento de ser cultivada (Landis *et al.*, 2004). Una de las razones por las cuales el sistema de producción de planta en envase es el más utilizado se debe a las pocas restricciones técnicas que existen para lograrlo adecuadamente en la mayoría de las especies forestales (Prieto & Sánchez, 1991).

La variedad de envases existentes en el mercado es muy amplia, sin embargo en México se utilizan sólo una minoría de éstos. Muchas veces el costo de los contenedores es un impedimento para su utilización, sin embargo a largo plazo puede ser redituable esta erogación dado que el éxito que se tenga en la producción de planta en vivero dependerá en mucho del tipo de envase seleccionado (INIFAP, 1995). Las plantas que se producen en contenedores rígidos tienen un sistema radicular bien desarrollado, una proporción adecuada de masa radicular y parte aérea, y altos porcentajes de supervivencia en el sitio de plantación (Acosta, 2000 en Juárez, 2011); aunque en realidad, un tipo determinado de contenedor no puede satisfacer las necesidades de cada viverista, a causa de las diferencias en las prácticas culturales en cada vivero, o debido a las condiciones del sitio de plantación (Landis *et al.*, 2000).

El término “sustrato”, que se aplica en la producción en vivero, se refiere a todo material sólido diferente del suelo que puede ser natural o sintético, mineral u orgánico y que colocado en contenedor, de forma pura o mezclado, permite el anclaje de las plantas a través de su sistema radical; el sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición de la planta allí ubicada (Pastor, 2000 en Juárez, 2011). Mastalerz (1977, citado por Landis *et al.* 2000) señala que las plantas que están siendo cultivadas en contenedores tienen ciertos requerimientos funcionales que pueden ser provistos por el sustrato:

Suministro de agua: Las plantas requieren de agua para su crecimiento y otros procesos fisiológicos, y esta agua debe ser provista por el sustrato. Debido al volumen limitado de los contenedores, el medio de crecimiento debe poseer una elevada capacidad para almacenar agua y proveerla a la planta cuando sea necesario.

Suministro de aire: Las raíces de las plantas consisten de tejidos vivos y gastan energía para su crecimiento y otros procesos fisiológicos, como la absorción de nutrientes minerales de la solución del medio. La energía para estos procesos es generada por la respiración aeróbica la cual requiere una cantidad establecida de oxígeno.

Suministro de nutrientes minerales: Con excepción del Carbono, Hidrógeno y el Oxígeno las plantas deben obtener los 13 nutrientes minerales esenciales de la solución del medio de crecimiento. Muchos de estos existen en la solución como cationes eléctricamente cargados los cuales se mantienen ahí hasta que las raíces de las plantas los toman y utilizan para el crecimiento y mantenimiento de los tejidos o, a causa de su carga eléctrica positiva, son adsorbidos por los sitios cargados negativamente en ciertos tipos de partículas del sustrato, proporcionando un reservorio de nutrientes para el crecimiento de la planta.

Soporte físico a la planta: La última función del medio de crecimiento es anclar a la planta en el contenedor y mantenerla en una posición vertical. Este soporte es una función de la densidad (peso relativo) y de la rigidez del sustrato.

RIEGO

El agua está considerada como el principal factor limitativo del crecimiento en los ecosistemas naturales, y es uno de los factores promotores del crecimiento más importantes en los ecosistemas artificiales (Landis *et al.*, 2000-b).

La frecuencia y la cantidad de riego están dadas por las necesidades de cada especie, el tipo de contenedor, sustrato utilizado y la combinación de estos. Los riegos se deben aplicar en cantidad suficiente para saturar el sustrato y permitir una pequeña lixiviación (10% aproximadamente) de modo que arrastre las sales sobrantes de la solución del medio de cultivo (Peñuelas & Ocaña, 1994 en Juárez, 2011).

Diversos autores señalan que el agua de riego se puede manejar según la fase de desarrollo de las plantas (Escobar, 2007 en Juárez, 2011):

Fase de establecimiento: El sustrato debe humedecerse al colocarse en el área de cultivo y debe manejarse sólo para compensar el agua perdida por evaporación en la parte superior del contenedor que es la principal pérdida en esta fase, por lo que se suelen dar riegos cortos y frecuentes. Los principales errores en esta etapa es que se suele mantener un riego con alta frecuencia (hasta dos veces al día) con baja intensidad, por más tiempo del requerido.

Fase de crecimiento rápido: El consumo de agua en este periodo es superior al que podría deducirse de la aplicación de las formulas de evapotranspiración potencial. El cálculo de las necesidades de riego, debe considerar la necesidad de los lavados entre fases de fertilización. Durante este fase se debiera utilizar un tamaño de gota mayor al de la fase anterior y los tiempos de riego deben ser más prolongados para dejar al sustrato en capacidad de contenedor.

Fase de endurecimiento: La reducción de la frecuencia y cantidad de riego en esta etapa del manejo de las plantas es muy importante para detener su crecimiento, endurecerlas o forzar la aparición de yemas. En esta fase hay que tener cuidado con la falta de uniformidad del riego. Además de la disminución del riego como herramienta para endurecer las plantas se utiliza la disminución brusca del nitrógeno en el fertirriego, así como la reducción de las fertilizaciones a la mitad hasta desaparecer al final del periodo de endurecimiento.

DESCRIPCIÓN MORFOLÓGICA DE *Quercus insignis* Martens & Galeotti

Sinonimias: *Q. schippii* St. Corn. Inst. Wash. Pub. 461:53. 1936, *Q. tomentocaulis* C. H. Müller. Madroño, 10(5):130-132, pl. 9,1950. (BH) (holotipo)!, (MEXU) (isotipo), *Q. strombocarpa* Liebm., *Q. insignis* var. *strombocarpoides* Liebm.

Nombres comunes: Chicalaba, Encino avellano, Roble, Roble-Encino, Ahoaquahuitl, Borneo y Bornio.

Árbol recto de 15-25 m de altura, tronco recto de 80 cm de diámetro y hasta de 1.30 m, corteza oscura o café grisáceo; **ramillas** de ca. 1.9 mm de diámetro, ligeramente surcadas, densamente tomentosas cubiertas con pelos estrellados y mechones de pelos adpresos; **yemas** de 2-5 (-15) mm de longitud, globosas u ovoides y glabras; **estípulas** largamente lanceoladas de 6.9-7.5 mm de largo por 0.7-0.9 mm de ancho, seríceas en el envés. **Hojas maduras** con **pecíolos** de 7.8-11.4 mm de largo por 1-1.6 mm de gruesos, cubiertos con pelos estrellados y mechones de pelos rectos adpresos papiro-coriáceas a coriáceas, oblanceoladas, obovadas, elípticas o angostamente elípticas, de 9.5-26 cm de largo por 3.7-9 cm de ancho, de 2.3-3 veces más largas que anchas; **ápice** obtuso o agudo atenuado, terminando en un mucrón corpulento; **base** cuneada o más rara vez obtusa; **margen** cartilaginoso ligeramente crispado casi entero o con 3-8 dientes inconspicuos mucronados distribuidos por arriba de la mitad a cada lado de la hoja; **venas secundarias** de 14-17 a cada lado de la vena media, ascendentes ligeramente curvas, ramificadas y anastomosadas cerca del margen, las superiores con la ramificación principal que se continúa hasta el mucrón; **haz** de color verde oscuro un tanto lustroso, u opaco glabrescente con pelos estrellados laxamente distribuidos sobre la superficie o concentrándose hacia la vena media ligeramente impresa al igual que venas secundarias y terciarias; **envés** pálido, verde amarillento, cubierto por pelos estrellados de 2-4 radios rectos que se traslapan pero no cubren totalmente la epidermis, ésta con papilas ligeramente lustrosas (visibles al microscopio estereoscópico a 40 aumentos) o muy laxamente dispuestos, glabrescentes, los pelos concentrados hacia las venas media y secundarias; venas media, secundarias y terciarias prominentes y con mayor abundancia de pelos estrellados que el resto de la superficie; especie monoica con flores diferenciadas diminutas y amarillentas, esparcidas a lo largo de ramillas (inflorescencia) finas y colgantes hasta de 7 cm de largo; fruto anual generalmente solitario, subsésil, muy grande al madurar; cúpula de 4-6 cm de diámetro, 2-3 cm de alto, en forma de taza profunda estrechándose hacia la parte baja, escamas amarillo-tomentosas, muy engrosadas y muy anchas, las de la base hasta de 5 mm de diámetro, ápice flojamente adpresos o extendidos; bellota ovoide, globosa y deprimida de pared gruesa, 3.5-5 cm de

diámetro, 3-5 de alto, cicatriz basal oscura, de 2.5-4.5 cm de diámetro, la mitad o un poco más de su largo incluida en la cúpula (ver Fig.1) (Valencia, 1995; Benítez *et al.*, 2004).

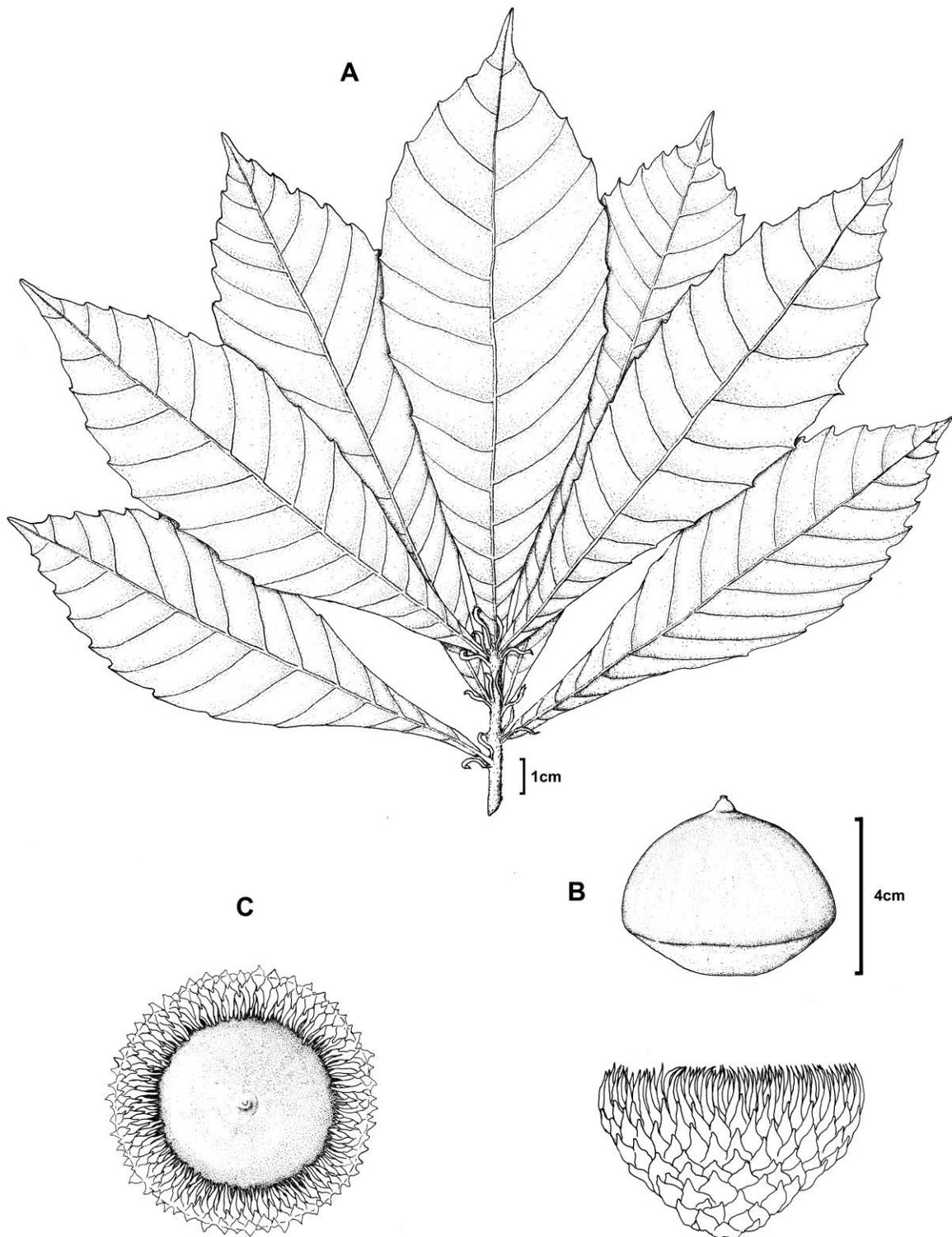


Figura 1. Morfología de *Quercus insignis*. A. Ramilla, B. Nuez ovoide y cúpula C. Bellota (vista desde el ápice).

Hábitat

Especie arbórea de hábito terrestre, se encuentra en el bosque mesófilo de montaña, asociado a los géneros *Cupressus* y *Alnus*. En altitudes cercanas a 2000 m, en lugares templados-húmedos, en suelos con abundante hojarasca derivados de rocas calizas.

Distribución

En México se distribuye en Jalisco, Guerrero, Nayarit, Oaxaca, Puebla y Veracruz. En Centro América se encuentra en Belice, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá y Guatemala (Fig. 2).

Datos Fenológicos

Inicia su floración en Marzo y los frutos se desarrollan anualmente de julio a noviembre (Benítez *et al.*, 2004), alcanzando la madurez en los últimos meses.

En condiciones de vivero las plantas de *Quercus insignis* mantienen durante casi todo el año un buen porcentaje de hojas verdes; durante los meses de Julio y Agosto se observa el inicio de la necrosis marginal en las hojas, acentuándose en el mes de Octubre. Para finales del año (Noviembre-Diciembre) se describe la caída total o parcial de hojas en algunos individuos, debido a que es una especie subcaducifolia. Las hojas de esta especie caen generalmente cuando llega el otoño de cada año, coincidiendo con la llegada del frío y el final de las lluvias, y así poder optimizar el agua del sustrato durante esta época; Pérez (2012) menciona que durante esta época, los árboles entran en una fase de reposo hibernal. A partir del mes de Enero hay aparición de nuevos brotes y hojas.

Importancia y usos

La especie *Quercus insignis* es uno de los encinos más atractivos morfológicamente debido a que sus frutos son de los más grandes del género. A pesar de que no es un encino endémico de la república mexicana, sus poblaciones son muy pequeñas debido a que el tipo de vegetación donde crece se ha reducido considerablemente por el aumento de plantaciones de café en sus áreas nativas (Coombes & Rodríguez-Acosta, sin año; Vera, 2003), por lo que se reporta que en Panamá y México es considerada una especie en peligro; en Guatemala se encuentra en un estatus de amenaza cercana, mientras que en Nicaragua es abundante (Oldfield & Eastwood, 2007). Las poblaciones ex-situ han sido establecidas en jardines botánicos locales y ha sido propagado para la reintroducción (Coombes & Rodríguez-Acosta, sin año).

Es una especie considerada con un claro valor potencial o futuro (Vera, 2003), ya que su madera es pesada, por lo que es utilizada de modo industrial en la fabricación de durmientes de ferrocarril, de pisos para tráfico pesado y ligero; de uso residencial, para elaborar muebles, para peldaños de escaleras, pasamanos, tarimas, mangos de herramientas, artesanías; también es apreciada para la elaboración de carbón y leña; además se utiliza para el mejoramiento de sitios urbanos y paisajismo, mientras que las bellotas son utilizadas en la alimentación de ganado porcino, igualmente esta especie muestra potencial para ser usada en la restauración y reforestación de bosques (Williams-Linera, 1996; Machuca-Velasco *et al.*, 1999; Benítez *et al.*, 2004; González, 1986 en Luna *et al.*, 2003; Flores & Linding-Cisneros, 2005).

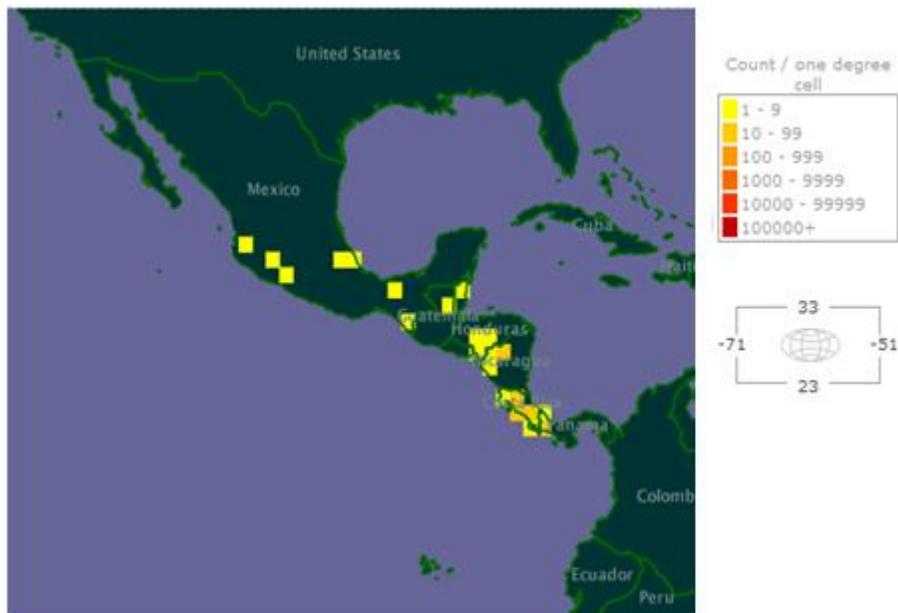


Figura 2. Distribución de *Quercus insignis*. (Imagen tomada de Global Biodiversity Information Facility)

ANTECEDENTES

Trabajos que refieren a *Quercus insignis*.

Williams (1996) menciona es necesario conocer qué tan rápido crecen los árboles, ya sea para investigación o para planear su utilización, por lo que el objetivo de su estudio fue determinar y compara las tasas de crecimiento en diámetro de especies perennifolias y caducifolias (*Q. insignis*) dominantes en tres sitios de Veracruz. Los individuos estudiados de *Q. insignis*, se registraron en tres clases diamétricas, presentando una tasa de crecimiento de 0.75 cm/año la clase >70 cm y 0.03 cm/año la clase 40-49.9 cm; los cuales se localizaban en el Jardín botánico (JBFJC), mientras que en el Parque ecológico (PEFJC) el individuo de la clase 5-9.9 cm presentó una tasa de crecimiento de 0.000 cm/año. Mencionando que frecuentemente el crecimiento diamétrico es menor en la primera clase, que contiene muchos árboles suprimidos o dominados y, se destacan sitios donde los árboles más gruesos son los que crecen más.

Tamarit Urias y colaboradores (2002), mencionan que para disminuir los problemas ocasionados a la madera por el intemperismo es necesario protegerla con sustancias llamadas acabados, por lo que llevaron a cabo un estudio para determinar la vida útil del acabado de dos barnices poliuretanos para exteriores de tipo comercial en madera de encino (*Quercus insignis*), mediante intemperismo acelerado, donde se estimó una vida útil de 5.0 y 4.9 años para cada barniz. Esta especie al pertenecer al grupo Leucobalanus (encinos blancos), poseen una baja permeabilidad por contener tálides que obstruyen el libre paso de los líquidos, por lo que al aplicar el acabado, éste no penetró en la superficie de la madera, además que ésta posee una alta densidad y por lo tanto una menor proporción de espacios vacíos, lo que influyó para que se tuviera una baja retención.

Machuca Velasco y colaboradores (2006), realizaron un trabajo, cuyo objetivo fue conocer la capacidad de absorción de soluciones preservantes de nueve especies de maderas entre ellos *Quercus insignis* (chicalaba), debido a que existen maderas, que por sus propias características son de alta durabilidad natural; sin embargo, otras presentan menor durabilidad o no la tienen, por lo que deben impregnarse con sustancias preservadoras para incrementar su vida útil en servicio. Aplicaron los procesos de impregnación vacío-presión e inmersión con sales CCA (cobre, cromo, arsénico) tipo C, a 2.5%; pentaclorofenol (PCP) a 5%; y creosota a 50% de concentración. La madera del encino fue difícil de impregnar con el pentaclorofenol y la crosota; la mayor absorción fue con sales de CCA con inmersión prolongada.

Fraatz & Montúfar (2007) en su estudio de una comunidad de Honduras, encontraron que el Índice de Valor de Importancia (IVI) se encuentra concentrado en seis especies (63%), que poseen un alto peso ecológico; siendo *Quercus insignis* la más importante con un IVI de 28.20%, ya que presenta la mayor dominancia (52.11%), y por otra parte es la especie con mayor distribución espacial y la segunda en abundancia convirtiéndose en un componente importante del dosel arbóreo, además presentó el mayor DAP (270 cm) y la mayor altura con 40 m de altura dentro del estudio.

Pujade Villar (2008), describió una nueva especie de cinípido gallícola en Costa Rica: *Odontocynips hansonii* n. sp. (Hymenoptera: Cynipidae: *Cynipini*). La agalla se encuentra en *Quercus insignis* y representa el primer registro de cinípido gallícola en Costa Rica y la segunda especie del género *Odontocynips*. Se mencionan los caracteres diagnósticos, la distribución y la biología de esta especie. Se discute la validez del género *Odontocynips*.

House *et al.*, (2006), realizaron un inventario florístico, donde *Quercus insignis*, ocupa el cuarto lugar dentro de su cuadrante, con un Índice de Valor de Importancia de 11.28%, por ser una especie de gran tamaño lo que la hace dominante del dosel superior.

Montes Hernández (2011), realizó una evaluación de una plantación de *Q. insignis*, con fines de restauración de un BMM en el centro de Veracruz, encontrando que las plantas desarrolladas en vivero presentaron mayor crecimiento con composta, mientras que la supervivencia se vio afectada en los primeros meses de vida ya que murieron primero. Se encontró que es una especie que puede crecer y sobrevivir en condiciones de sombra intermedia y en condiciones totalmente expuestas a la luz solar, además en condiciones de sombra intermedia es donde existe un mayor incremento en área basal (0.063 y 0.054 mm²-mes). Y en cuanto al porcentaje de supervivencia de las plantas después de un año, en la zona abierta fue de 64.9 % y bajo dosel fue de 57.8%, donde la herbivoría fue la principal causa de pérdida.

Comportamiento germinativo en *Quercus*

Rubio Licona (2006), caracterizó la estructura, diversidad y composición florística de dos comunidades de bosque de encino del Estado de México, en donde habitan *Q. crassifolia* y *Q. candicans*; además evaluó la germinación y propagación por semilla de dichas especies. Obteniendo que en ambas especies la germinación se inició un día después del establecimiento. Las semillas de *Q. crassifolia* lograron una capacidad germinativa del 98.66%; *Q. candicans* registró un porcentaje de germinación del 72%. Esta última especie responde mejor a procedimientos de estratificación y puede almacenarse por un periodo mayor de tiempo que *Q. crassifolia*. En cuanto a condiciones de vivero, las dos

especies de encino difieren en porcentaje de sobrevivencia, características de crecimiento y morfología de plantas.

Flores Soto (2007), dentro de su trabajo con *Quercus rugosa*, registró una capacidad germinativa del 100%. En su trabajo reporta que la capacidad germinativa obtenida para este encino fue superior al reportado para otras especies en distintos trabajos. También menciona que el tiempo medio de germinación (TMG) para la especie es corto y que se mejora con la estratificación de las semillas a los tres meses y que la calidad de germinación fue mayor para las semillas que fueron estratificadas por tres meses, mientras que disminuyó notablemente en las estratificadas por un año. Es por eso que recomienda que las semillas se estratifiquen preferentemente por un periodo de tres meses.

Luna Cruz (2008), trabajó con *Quercus frutex*, el cual mostró una capacidad germinativa con valores altos en las semillas procedentes de las diferentes localidades y años, alcanzando hasta un 98.8 % al tercer día del establecimiento. Mientras que el porcentaje de germinación para los frutos almacenados a una temperatura de 4°C durante un mes fue de 87.5 %, el cual disminuyó al 21 % con tres meses de almacenamiento, por lo que es corto el tiempo de viabilidad. También se realizó la descripción morfológica de plantas en condición de vivero de diferentes edades, lo que permitió observar que las variaciones en la morfología sólo se dan en la forma de lámina, la base y el margen, así como en el tamaño de las hojas.

Ramírez Cruz (2009), realizó aportaciones en los campos de la ecología, biología y fenología de *Q. obtusata* y *Q. castanea*, dos especies de amplia distribución, los cuales mostraron una germinación al día siguiente para ambas especies, con un porcentaje máximo de germinación de 92.8% para *Q. obtusata* y de 98.8% para *Q. castanea*. Menciona que la viabilidad de las semillas de *Q. obtusata* fue nula a los treinta días de almacenamiento en refrigeración, en tanto que la de *Q. castanea* se mantuvo por doce meses. En relación a la sobrevivencia de plantas en vivero a partir de semilla se obtuvo un porcentaje final de 13.79% para *Quercus obtusata* y de 64.4% para *Quercus castanea*.

OBJETIVOS

Objetivo General

- ❖ Describir y evaluar el comportamiento germinativo de *Quercus insignis* así como su crecimiento en vivero con fines de conservación y restauración.

Objetivos particulares

- ❖ Evaluar la germinación de semillas a través de la capacidad germinativa, tiempo de germinación, uniformidad germinativa y calidad de germinación.
- ❖ Evaluar la morfometría de los frutos y semillas.
- ❖ Describir el crecimiento en vivero y la sobrevivencia de plantas de *Q. insignis*.
- ❖ Evaluar la viabilidad de las semillas en condiciones de almacenamiento.
- ❖ Evaluar la capacidad de propagación en vivero de *Q. insignis*.
- ❖ Describir la morfología de plantas producidas en vivero a los 6, 9 y 16 meses de edad.

ÁREA DE RECOLECTA

El municipio de Huatusco cuenta con superficie de 212.21 Km² (cifra que representa un 0.29% total del Estado), se encuentra ubicado en la zona central montañosa del Estado de Veracruz, en la Región de Las Altas Montañas, sobre las estribaciones de la Sierra Madre Oriental (ver Fig. 3) (INAFED).

Se localiza en las coordenadas 19° 09´ de latitud norte y 96° 58´ de longitud Oeste, a una altura de 1300 metros sobre el nivel del mar. Limita al Norte con Tlatetela, Totutla y Sochiapa; al Noreste con Comapa; al Sureste con Zentla y Tepatlaxco; al Sur con Ixhuatlán del Café y Coscomatepec; al Oeste con Calcahualco y al noroeste con el estado de Puebla (*Ibíd.*).

En Huatusco se localiza “**Las Cañadas**”, la primera Servidumbre Ecológica, el cual es una reserva privada de 306 ha; en donde se encuentra uno de los últimos remanentes de bosque mesófilo de montaña de la zona central de Veracruz. Se encuentra ubicada en la provincia biótica Veracrucense, Ecorregión de los Bosques Montanos Oaxaqueños. Sus coordenadas son: N 19° 10´ 35.2” y W 96° 58´ 18.8” (Aguilar *et al.*, 2002).

Topografía

La región forma parte del Eje Neovolcánico Transversal. El predio, se encuentra en una superficie irregular, con lomeríos y pequeños cañones por donde pasan algunos arroyos, con pendientes que varían desde 0% a 60% (Hernández, 2006; Plan de desarrollo municipal de Huatusco, 2011-2013).

Hidrografía

La localidad se encuentra ubicada en la región hidrológica 28. Esta región abarca gran parte de la porción centro sur de Veracruz, las corrientes que la integran tienen una disposición radial y paralela, controlada por algunas elevaciones de la Sierra Madre Oriental y el Eje Neovolcánico: Cofre de Perote y Pico de Orizaba, así como otros elementos volcánicos y sierras plegadas. Las cuencas que la conforman son: Papaloapan y Jamapa, de las cuales la segunda es la que irriga los terrenos de la zona en que se ubica Huatusco. Este río nace de los deshielos del glaciar Jamapa en tierras altas del Pico de Orizaba, y desemboca en el Golfo de México, formando la barra de Boca del Río. En las Cañadas nacen o cruzan cuatro manantiales de corriente permanente que forman parte de los tributarios del río Dos Puentes-El Castillo (*Ibíd.*).

Clima

De acuerdo con la clasificación de Köppen, modificada para el territorio nacional por Enriqueta García, el clima es clasificado como (A) Cm(f)(i')gw", que se interpreta como semicálido húmedo del grupo C con lluvias todo el año (48%), mismo que manifiesta una temperatura media anual de 19.6° C, con una temperatura en el mes más caluroso de 24° C y en el mes más frío de 16° C, con un porcentaje de lluvia invernal menor al 10% y una precipitación anual en promedio de 1,500 a 2,000 milímetros (*Ibíd.*).

Geología

En lo que concierne a este rubro, el área analizada pertenece a la era del Cenozoico, dentro del periodo Cuaternario, manifestando la presencia de rocas ígneas extrusivas, con dos unidades litológicas: toba básica (TB) (cuerpos consolidados de tobas líticas y cenizas finas y gruesas, manifestándose en lomeríos), y brecha volcánica básica (BVB), que es la unidad litológica predominante, (compuesto de fragmentos poco consolidados de escoria y lapilli, exponiendo colores negro, rojo y gris, siendo su expresión morfológica de cerros y lomeríos) (*Ibíd.*).

Edafología

El suelo corresponde a luvisol crómico más luvisol férrico más eutrítico, clase textural fina sin fase física ni química. Los luvisoles se formaron en sierras, lomeríos y llanuras a partir de lutitas, calizas, areniscas y rocas ígneas básicas. En ellos el horizonte a ócrico es de color pardo rojizo o gris oscuro, muy delgado y con alto contenido de materia orgánica, aportada por las selvas mediana y alta. Su textura varía de migajón arenoso a arcillosa, y el pH de moderadamente ácido a ligeramente alcalino. Sus partículas forman una estructura de bloques subangulares de tamaño fino a grueso. El horizonte B argílico tiene textura arcillosa, color pardo rojizo y pH medianamente ácido. Su capacidad para retener nutrientes y cederlos a las plantas es moderada, la saturación con calcio y magnesio que presenta va de media alta, el potasio se encuentra en cantidades bajas (*Ibíd.*).

Vegetación y Fauna

Sus principales ecosistemas que coexisten, son el subtropical perennifolio, donde se desarrolla una fauna con elementos de filiación neártica como neotropical, aunque son éstos últimos los que predominan. Está compuesta por poblaciones de mamíferos como ardilla gris (*Sciurus aureogaster*), conejo de monte (*Sylvilagus floridanus*), mapache (*Procyon lotor*); de anfibios y reptiles como la ranita de labios blancos (*Leptodactylus labialis*), sapito de río (*Syrhophus cystignatoides*), falso coralillo (*Lampropeltis triangulum*) entre otros. Durante los períodos más fríos del año se observa una

migración altitudinal de especies de aves residentes en las zonas de coníferas a la franja de bosque de niebla. Esta zona es el hábitat del chivizcoyo o codorniz coluda veracruzana (*Dendrortyx barbatus*), especie endémica y considerada como amenazada (Aguilar *et al.*, 2002).

La flora está constituida por especies características del bosque mesófilo de montaña. No obstante se pueden encontrar elementos tanto del bosque tropical perennifolio (Rzedowski, J., 2006) adyacente hacia las laderas y partes bajas de las barrancas, como otras especies introducidas, tanto de herbáceas y gramíneas forrajeras como arbustos y árboles (*Clethra mexicana*, *Quercus spp*, *Mimosa wagneri*, *Cnidoscous arboreus*). Se encuentra especies como los helechos que precisan de climas húmedos y sombríos para su prosperidad, entre éstas últimas los helechos arbóreos denominados maquiques guardan poblaciones saludables. Otra de las especies con poblaciones al menos ostensibles y consideradas como raras y amenazadas es la Capa de pobre (*Gunnera mexicana*) que requiere de microclimas de humedad particular para su sobrevivencia (*Ibíd.*).

Uso del suelo

Su riqueza está representada por minerales como la arena, mármol y arcilla; además son de gran importancia sus recursos forestales.

El 70% del territorio municipal es agrícola, un 20% es ocupado por viviendas, un 7% es destinado para el comercio y un 3% es utilizado en oficinas y espacios públicos (INAFED).

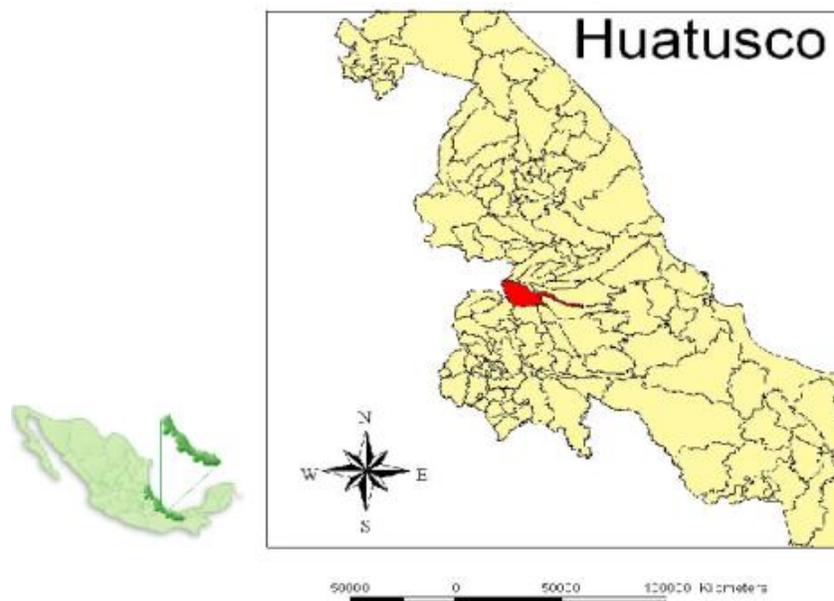


Figura 3. Mapa del área de estudio.



Figura 4. Zonas de recolecta.

METODOLOGÍA

Trabajo de campo

Se realizó un recorrido en las zonas boscosas del municipio de Huatusco, Veracruz; durante el cual se buscaron sitios donde habita *Quercus insignis*. Se ubicaron seis individuos en fructificación los cuales presentaban una altura de 10-23.5 m de altura y 1.09-2.82 m de diámetro, una vez tomado los datos de talla y su georreferenciación se realizó la recolecta de los frutos (Fig. 4); ésta fue directamente del suelo y bajo la copa de los árboles, además, otros se cortaron directamente del árbol. Se tomaron y herborizaron ejemplares de los árboles progenitores. Posteriormente, se transportaron los frutos en bolsas de plástico rotuladas al laboratorio de Ecología y Taxonomía de Árboles y Arbustos de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala (FES-I).

Trabajo de laboratorio

A los frutos se les retiró las cúpulas; después se tomaron al azar 100 frutos que fueron recolectados del suelo y 102 que se cortaron del árbol, de cada uno se registró el peso y dimensiones (largo y ancho).



Figura 5. Escarificación con torno eléctrico.

Se llevó a cabo la escarificación mecánica (retiro de pericarp), por medio de un torno eléctrico (Fig. 5) y una segueta en el Taller de equipo de laboratorio de enseñanza (TELE) de la facultad. Una vez obtenidas las semillas se volvió a registrar el peso y dimensiones de cada semilla; posteriormente, se lavaron con agua corriente y se desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio (NaClO) al 15% durante quince minutos. Transcurrido el tiempo, se escurrieron y una vez secas se establecieron veinte lotes con 10 semillas escarificadas en cajas de plástico tipo domo; diez lotes correspondieron a las

semillas colectadas en el suelo y los otros diez a los cortados del árbol. Se utilizó como sustrato papel absorbente embebido con agua destilada para evitar la deshidratación de los embriones. Para mantener uniformes las condiciones de luz y temperatura en todos los domos, se colocaron en una cámara de crecimiento a una temperatura de 25 °C, con fotoperiodo de 24 horas luz, esto hasta que la muestra de semillas alcanzó el más alto porcentaje de germinación (se consideró como semilla germinada aquella que presentara una radícula visible mayor de 0.1 cm). Diariamente se registró el número de semillas germinadas; se registró el día de su emergencia y se tomaron tres mediciones de la longitud y diámetro de la radícula, éstas se realizaron cada tercer día por nueve días; lo anterior se realizó hasta que se obtuvo un alto porcentaje de germinación de todos los lotes.

Con el propósito de monitorear la viabilidad de *Q. insignis*, se tomaron 100 frutos que se obtuvieron del suelo, éstos se mantuvieron en bolsas de plástico y se almacenaron en refrigeración (con una temperatura de entre 5 y 7 °C). Una vez transcurrido 54 días de almacenamiento, se sacaron y se les aplicaron los procedimientos anteriores.

Trabajo en vivero

Una vez que las semillas contaron con más de una semana de haber germinado, fueron establecidas en recipientes sin fondo (recipientes de unicel) con un sustrato de tierra negra y agrolita (en relación 1:1), esto con el propósito de podar la raíz. Los vasos fueron colocados sobre mesas de malla de alambre en el Jardín Botánico de la FES-I. En el momento en que los tallos de las plantas alcanzaron los 15 a 20 cm de longitud se realizó el trasplante a bolsas negras de plástico.

Los riegos fueron aplicados cada tercer día o dependiendo de las condiciones ambientales.

Para el crecimiento de las plántulas, en condiciones de vivero, se realizaron registros mensuales de altura y diámetro del tallo, así como cobertura y número de hojas; este monitoreo se realizó durante 12 meses.

ANÁLISIS DE DATOS

Análisis morfométrico de frutos-semillas

Para analizar los datos de peso y talla, obtenidos de los frutos y semillas, se calcularon las medidas descriptivas de cada una de ellas. Las medidas calculadas fueron: media, error estándar de la media, desviación estándar, coeficiente de variación, mínimo, máximo, cuartil 1, mediana y cuartil 3; las cuales fueron representadas gráficamente en diagramas de cajas (Box Plot). También se realizó un análisis de varianza de un factor (ANOVA) con las características obtenidas del peso y talla, para determinar la existencia de diferencias significativas entre las tres muestras.

Para estudiar la relación entre las variables de frutos y semillas, se realizaron análisis de correlación (correlación de Pearson) así como diagramas de dispersión.

Análisis del comportamiento germinativo

Para valorar el comportamiento germinativo de *Quercus insignis*, se determinó la capacidad germinativa, tiempo de germinación, uniformidad germinativa y calidad de germinación (Índice de Maguire) de acuerdo a Camacho y Morales (1992) (ver Anexo 1).

Para ilustrar la viabilidad de semillas en almacenamiento (refrigeración) se realizaron nuevamente los índices de germinación ya mencionados para contrastar los resultados obtenidos con aquellas muestras que no fueron almacenadas.

Análisis de crecimiento radical

Para describir el crecimiento de la radícula durante el tiempo que las semillas se mantuvieron en la cámara de germinación, se calculó la velocidad crecimiento del T1 al T9 y se obtuvieron las medidas descriptivas: media, mediana, desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación. Así mismo se realizaron diagramas de caja (Box Plot), para comparar gráficamente el crecimiento radical de las semillas estudiadas. También se realizó un ANOVA de un factor para establecer las diferencias estadísticas entre las semillas colectadas en el suelo y las almacenadas en refrigeración.

Para mostrar la relación del crecimiento entre la longitud y el diámetro de la radícula se realizaron análisis de correlación para cada muestra; para su representación gráfica se hicieron diagramas de dispersión.

Análisis del crecimiento en vivero

Se calcularon las medidas descriptivas: media, mediana, desviación estándar, error estándar y coeficiente de variación; y así mismo se hicieron diagramas de caja (Box Plot) de las características medidas por un año, de cada muestra.

El crecimiento de las plantas fue evaluado a partir de la fórmula de la tasa de crecimiento relativa (TCR) para las variables: altura y diámetro (Harper, 1977).

$$\text{TCR} = (\text{Log}_e H_2 - \text{Log}_e H_1) / t_2 - t_1$$

Donde TCR es la tasa de crecimiento y H_2 y H_1 es la variable de crecimiento, evaluada a diferentes tiempos (t_2 y t_1)

Se realizaron análisis de varianza de 2 factores para cada variable (longitud, diámetro, cobertura y número de hojas/ tiempo); para comparar, y encontrar diferencias significativas entre las plantas obtenidas de semillas colectadas en el suelo (con y sin almacenaje) a lo largo de un año.

El crecimiento de las plantas en condiciones de vivero se analizó utilizando el programa Minitab versión 16, para encontrar el tipo de correlación existente entre el diámetro, altura del tallo, número de hojas y cobertura absoluta; también se realizaron matrices de correlación (diagramas de dispersión).

Se realizaron descripciones morfológicas de las plantas obtenidas en vivero a los seis, nueve y dieciséis meses de edad, considerando algunas categorías descritas por Hickey (1974).

RESULTADOS

Morfometría de frutos y semillas

Se obtuvieron valores de peso y talla de frutos recolectados del suelo (FS) y de sus semillas (SS) distintos a los frutos recolectados del árbol (FA) y sus semillas (SA), así como de los obtenidos del suelo y que fueron almacenados en refrigeración (FS-A y SS-A), estos valores son mostrados en el cuadro 1, donde se puede apreciar una clara diferencia entre las tres muestras analizadas (ver Fig. 6). Los FS y SS presentan los valores más altos, seguidos de los FS-A y al final los FA; sin embargo, en las muestras de SS-A y SA, se observa que el largo y el ancho de ambos difieren poco, ya que los valores de la primera son menores a los obtenidos de las SA. Además existió mayor variabilidad en las SS-A (ver anexo 2) en cuanto a estos valores señalados, debido a una mayor heterogeneidad de los datos. Y en cuanto a la variación de los valores obtenidos del peso y talla entre FS y SS fue muy semejante, así como para las muestras de FA y SA; sin embargo, de acuerdo a los coeficientes de variación obtenidos (ver anexo 2), en estos últimos existió un gran porcentaje de variabilidad de los datos indicándonos menor homogeneidad de los valores.

Cuadro 1. Medias (\pm ES) de los pesos y tallas de los frutos y semillas de las tres muestras estudiadas

VARIABLES	Peso fruto gr	Peso semilla gr	Ancho fruto cm	Ancho semilla cm	Largo fruto cm	Largo semilla cm
Tipo de recolección						
Suelo	62.84 \pm 9.19	30.99 \pm 5.23	5.65 \pm 0.42	3.71 \pm 0.28	3.96 \pm 0.27	3.34 \pm 0.25
Árbol	37.40 \pm 16.89	14.05 \pm 7.79	4.53 \pm 0.78	2.79 \pm 0.56	3.14 \pm 0.66	2.58 \pm 0.54
Suelo (almacenadas)	41.51 \pm 9.87	21.13 \pm 5.34	4.79 \pm 0.48	2.74 \pm 0.84	3.78 \pm 0.39	2.56 \pm 0.84



Figura 6. a) Frutos y semillas colectados en el suelo (FS y SS). b) Frutos y semillas colectados del árbol (FA y SA).

Se observó en las muestras estudiadas, que en promedio, la mitad del peso de un fruto corresponde al peso de una semilla. También se ve que el pericarpo es más grueso y duro en la parte ancha de la bellota que en lo alto (Fig.7); por lo que, mientras la diferencia entre el diámetro de fruto y semilla es de 1.94, 1.74 y 2.05 cm, la diferencia de la altura de fruto y semilla es de 0.62, 0.56 y 1.22 cm (para cada muestra).



Figura 7.a) Corte transversal del pericarpo. b) Germinación por la base del fruto. c) Corte longitudinal del pericarpo. d) Pericarpo y cúpula roídos.

De todo el género, esta especie presenta los frutos más grandes y pesados. La morfología de la bellota se caracteriza por ser más ancho que largo de forma ovoide ovoide-deprimida, con la base convexa-deprimida o convexa y el ápice apiculado; sin embargo, se reconocieron algunos frutos que no cumplen con esa descripción, ya que presentaron las características antes mencionadas de manera

inversa (más largo que ancho), de forma obpiriforme (pera invertida) similar a un trompo, con la base convexa y el ápice cuspidado y puede presenta un pericarpo más delgado. En este tipo de semilla la emergencia de la radícula ocurre en la parte más ancha del fruto caso contrario a lo que ocurre en la mayoría de los frutos de *Q. insignis* (Fig. 8).



Figura 8. Variedad morfológica en bellotas de *Q. insignis*.

El análisis de varianza (ANOVA) mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las medidas de los FS y SS con respecto a los FA, SA, FS-A y SS-A (ver Cuadro 2). Lo anterior se puede apreciar gráficamente en los diagramas de caja de las figuras 9 y 10, donde se ilustra claramente cómo quedaron dispuestos los valores totales de cada muestra de frutos y semillas, observándose que el cuartil 1 representa al (25 %), la mediana el (50%) y cuartil 3 el (75%) de cada muestra. (Ver anexo 2).

Cuadro 2. Análisis de Varianza de un factor (ANOVA) para las características morfométricas con un $\alpha = 0.05$.

Características de fruto y semilla	Suelo vs Almacenada		Suelo vs árbol	
	F	P	F	P
Peso fruto	228.23	<0.001	334.53	<0.001
Largo fruto	13.81	<0.001	193.40	<0.001
Ancho fruto	162.48	<0.001	275.65	<0.001
Peso semilla	146.12	<0.001	478.59	<0.001
Largo semilla	70.00	<0.001	246.93	<0.001
Ancho semilla	107.34	<0.001	332.50	<0.001

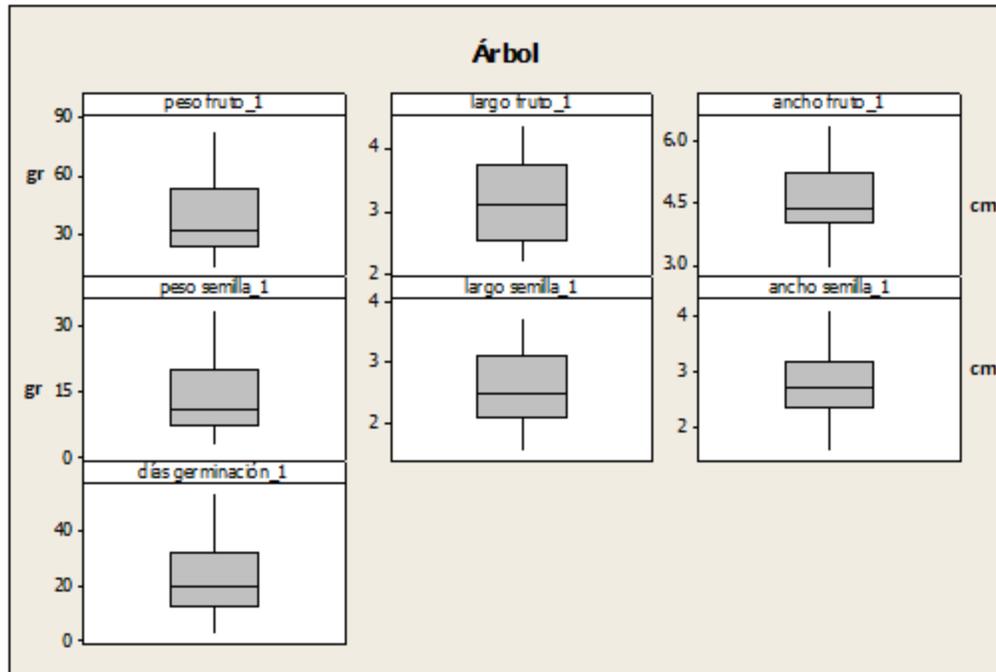


Figura 9. Diagrama de cajas mostrando las variables de frutos y semillas colectadas del árbol (FA y SA).

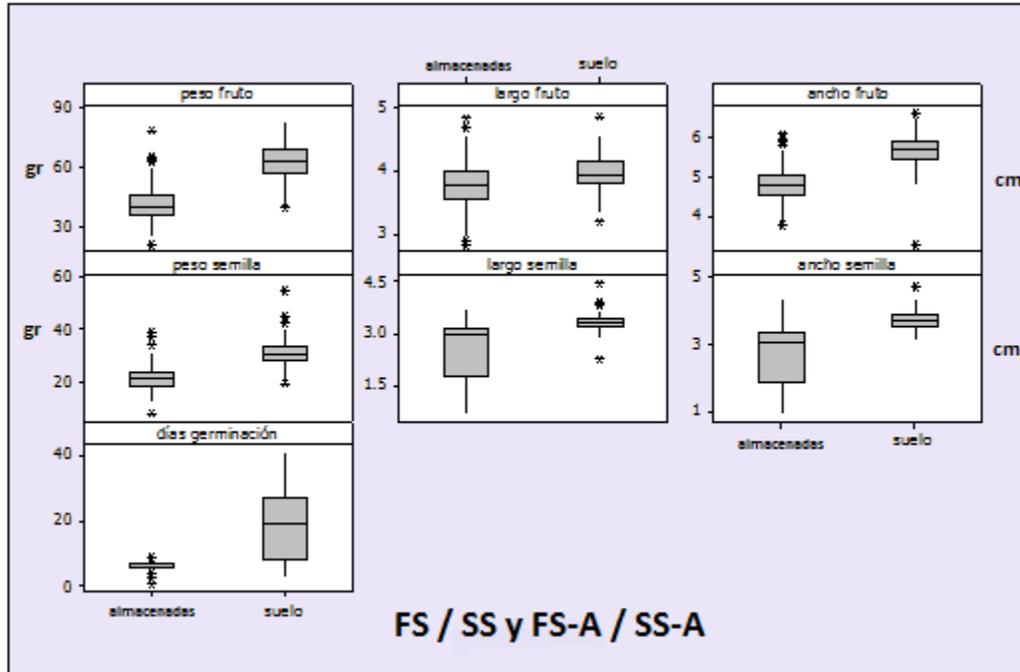


Figura 10. Diagrama de cajas mostrando las variables de FS, SS, FS-A y SS-A (*valores extremos).

Además se realizó una correlación con las características antes medidas, de cada grupo de frutos y semillas. Encontrándose que en todas existe cierta variación morfológica, ya que en los frutos y semillas colectadas del árbol muestran una correlación fuerte ($r > 0.7$) entre las características que se midieron.

En general el peso del fruto está muy relacionado con el ancho del fruto, lo anterior también aplica para la semilla; así mismo, existe una correlación fuerte entre el peso del fruto y de la semilla, por lo que ambas variables son directamente proporcionales entre sí, por lo que conocer sólo una variable nos permite la predicción de la otra.

Todos los valores medidos son proporcionales entre el fruto y la semilla lo que quiere decir que están positivamente relacionados; sin embargo, la variable largo tanto del fruto como de la semilla, tiene valores de r bajos versus las otras variables (ver Cuadros 3 y 4) lo que indica una correlación media o débil, pero en las SS-A el valor de r entre ancho y largo es alto (0.93) a comparación de las otras, lo que quiere decir que la relación es fuerte entre éstas (Cuadro 5 y Fig.13).

Lo anterior se puede observar en los diagramas de dispersión que se muestran a continuación, donde se puede percibir claramente que las correlaciones son directamente proporcionales entre cada valor obtenido de los dos tipos de colecta y las que fueron almacenadas (Fig. 11, 12 y 13).

Cuadro 3. Correlación de las variables analizadas de FA y SA.

Variables	Peso fruto	Largo fruto	Ancho fruto	Peso semilla	Largo semilla
Largo fruto	r= 0.756 P= 0.000				
Ancho fruto	r= 0.944 P=0.000	r=0.603 P=0.000			
Peso semilla	r= 0.967 P=0.000	r=0.755 P=0.000	r=0.899 P=0.000		
Largo semilla	r=0.792 P=0.000	r= 0.916 P=0.000	r=0.659 P=0.000	r=0.792 P=0.000	
Ancho semilla	r= 0.924 P=0.000	r=0.696 P=0.000	r=0.867 P=0.000	r= 0.961 P=0.000	r=0.752 P=0.000

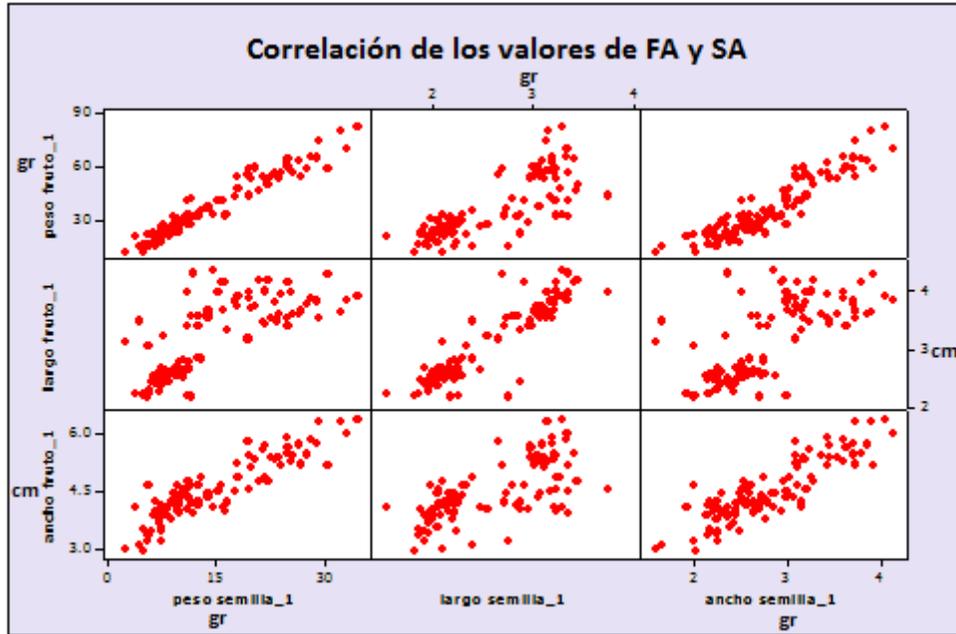


Figura 11. Diagramas de dispersión de FA y SA.

Cuadro 4. Correlación de las variables analizadas de FS y SS.

Variables	Peso fruto	Largo fruto	Ancho fruto	Peso semilla	Largo semilla
Largo fruto	r= 0.240 P= 0.016				
Ancho fruto	r= 0.760 P=0.000	r=0.307 P=0.002			
Peso semilla	r= 0.713 P=0.000	r=0.352 P=0.000	r=0.520 P=0.000		
Largo semilla	r=0.407 P=0.000	r=0.436 P=0.000	r=0.397 P=0.000	r=0.557 P=0.000	
Ancho semilla	r=0.615 P=0.000	r=0.214 P=0.032	r=0.446 P=0.000	r= 0.816 P=0.000	r=0.468 P=0.000

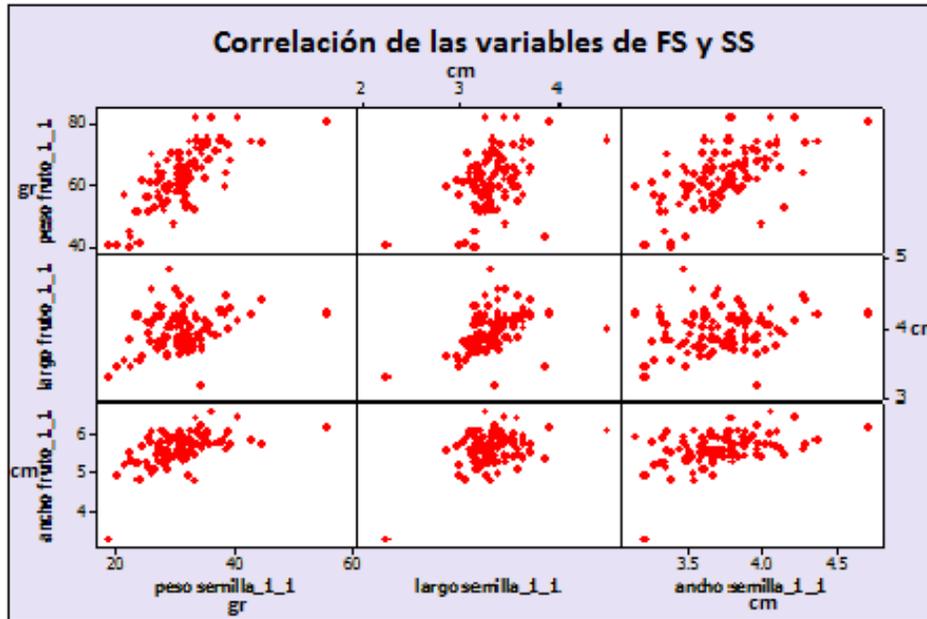


Figura 12. Diagrama de dispersión de FS y SS.

Cuadro 5. Correlación de las variables analizadas de FS-A y SS-A.

Variables	Peso fruto	Largo fruto	Ancho fruto	Peso semilla	Largo semilla
Largo fruto	r= 0.496 P= 0.000				
Ancho fruto	r= 0.906 P=0.000	r=0.375 P=0.000			
Peso semilla	r= 0.825 P=0.000	r=0.551 P=0.000	r= 0.705 P=0.000		
Largo semilla	r=0.655 P=0.000	r=0.491 P=0.000	r=0.671 P=0.000	r=0.616 P=0.000	
Ancho semilla	r= 0.704 P=0.000	r=0.364 P=0.001	r= 0.747 P=0.000	r= 0.712 P=0.000	r= 0.930 P=0.000

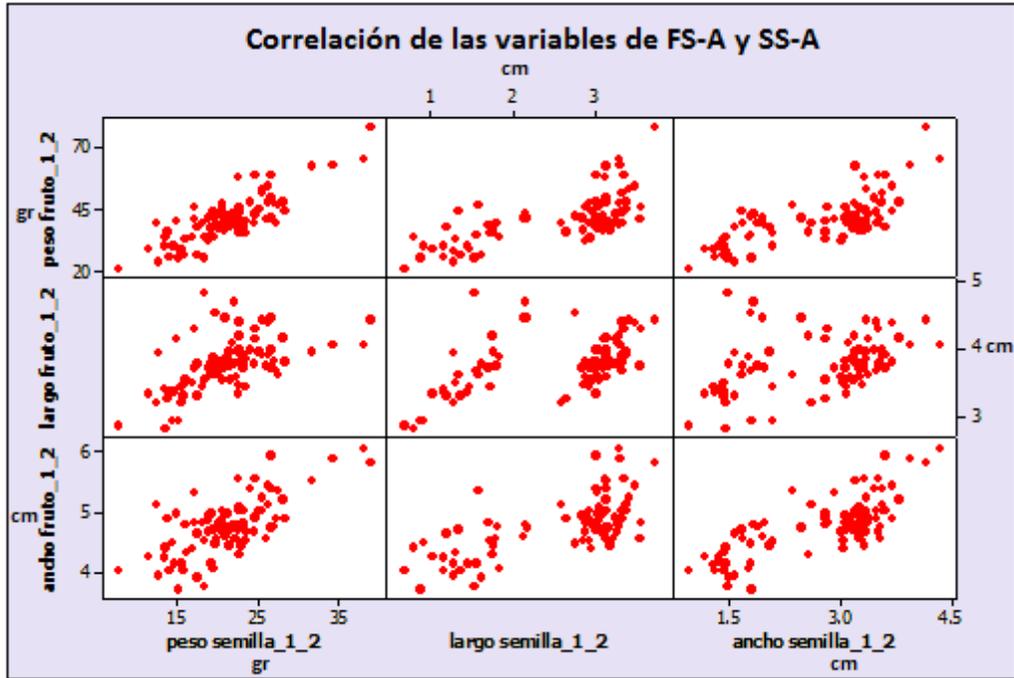


Figura 13. Diagrama de dispersión de FS-A y SS-A.

Comportamiento germinativo

Dentro de la muestra de FS, cuatro contenían dos semillas, lo que representó el 4% de la muestra; en la muestra de FA, no se observó esta condición.

La germinación se inició al tercer día después del establecimiento dentro de la cámara de germinación, tanto para las SS como para las SA. El valor máximo de germinación a los 41 días, fue de 95.19% para las SS y de 67.64% para las SA (Fig. 14).

Las semillas no germinadas durante el tiempo anterior, se dejaron en la cámara de germinación por 15 días más, alcanzándose el 96.15% para las SS y el 70.58% para las SA.

Existieron semillas que presentaron una coloración manchada o negruzca provocada por hongos, las cuales no germinaron. Otras presentaban buen aspecto y se mantuvieron firmes, pero no germinaron durante el tiempo observado.

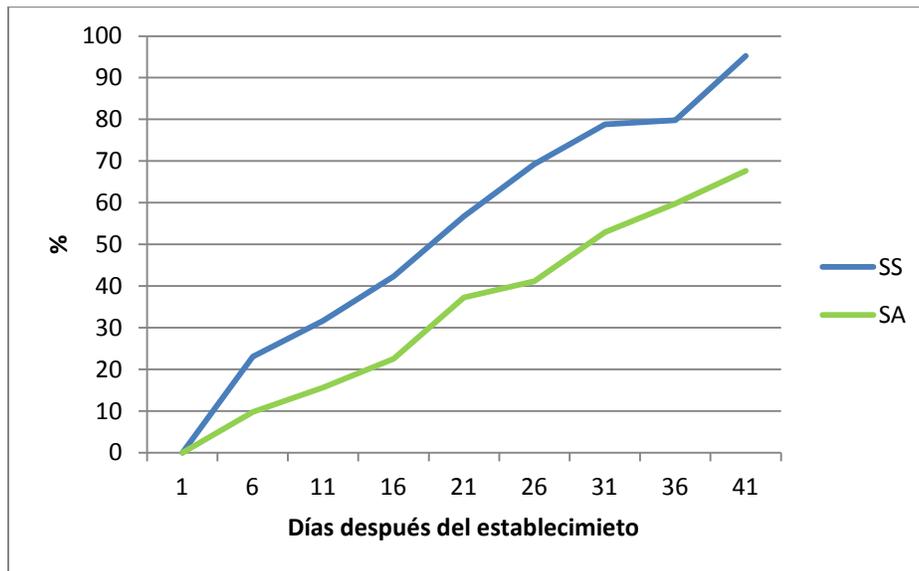


Figura 14. Germinación acumulada de *Q. insignis*, en SS y SA.

El germinación de *Quercus insignis* es mayor en la muestra de SS, como se puede observar en el cuadro 5, el tiempo medio de germinación (TMG) que se necesita para que germine la mayor parte de las semillas fue menor para las SS, y en cuanto a la uniformidad germinativa que se obtuvo a través de la desviación típica del tiempo medio de germinación (DTMG) muestra que no hay mucha diferencia entre las dos muestras, y conforme las curvas son más inclinadas (Fig. 14) se disminuye la

uniformidad germinativa, pues el tiempo se incrementa. También se vio que el valor germinativo (Índice de Maguire) indicador de calidad fue más alto en las SS.

Cuadro 5. Valores obtenidos con los Índices de germinación.

Índices de Germinación	<i>Q. insignis</i> SS	<i>Q. insignis</i> SA
Capacidad Germinativa (%)	95.19	67.64
Tiempo Medio de Germinación-TMG-(días)	18.44	21.03
Desviación Típica del TMG (días)	12.17	11.23
Índice de Maguire	7.17	4.16

Viabilidad de semillas en almacenamiento en frío

En cuanto a viabilidad, *Q. insignis* muestra diferencias en el comportamiento germinativo después de haber sometido sus frutos a un periodo de 54 días de estratificación (almacenamiento a refrigeración), en comparación con los frutos que no fueron estratificados. Para esta muestra, la germinación ocurrió al siguiente día del establecimiento y el porcentaje de germinación máximo fue a los 9 días, con un 91.11% (Fig. 15), menor al obtenido con las SS (95.19%); sin embargo, con el almacenamiento las semillas requirieron de menor tiempo para germinar (TMG) en comparación con las otras semillas que no fueron estratificadas, siendo de 5.4 días (Cuadro 6) y dicho proceso es más uniforme como se puede apreciar en la gráfica de la figura 6, una tendencia hacia la vertical, dado que la DTMG decrece, por lo que la calidad germinativa (Índice de Maguire) es mayor.

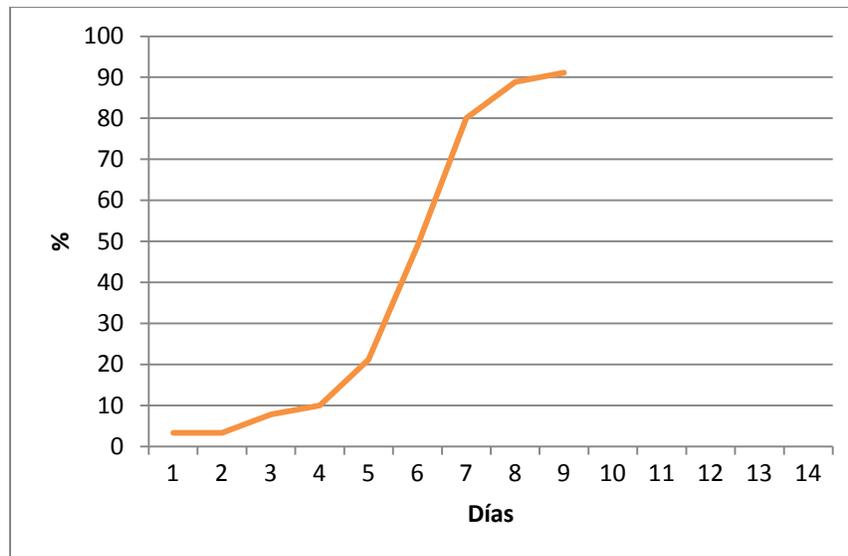


Figura 15. Germinación acumulada en SS-A sometidas a un periodo de estratificación.

Cuadro 6. Valores obtenidos con los índices de germinación, para las semillas almacenadas.

Índices de Germinación	<i>Q. insignis</i> SS-A (viabilidad)
Capacidad Germinativa (%)	91.11
Tiempo Medio de Germinación-TMG-(días)	5.40
Desviación Típica del TMG (días)	1.75
Índice de Maguire	17.77

Crecimiento radical en cámara de germinación

El crecimiento radical (registrado en tres mediciones) en las dos muestras (SS y SA) establecidas al mismo tiempo durante el monitoreo, fue superior en las SS en relación a la longitud, porque en lo que respecta al diámetro fue ligera la diferencia. Al noveno día (t9) de haber germinado se observó un promedio de longitud y diámetro de la raíz de 1.4 y 0.3 cm para las SS mientras que para las SA fue de 1.02 y de 0.25 cm (Fig. 16).

En las SS-A sólo se realizaron dos mediciones de raíz, esto fue debido a su crecimiento acelerado, pues en sólo dos mediciones se registraron valores superiores a los presentados en las semillas no estratificadas, al final se obtuvieron valores de 1.93 cm de longitud y 0.37 cm de diámetro.

Entre las tres muestras se observaron diferencias importantes en la longitud (ver Fig. 16), ya que la diferencia entre el diámetro es ligero.

La raíz de *Quercus insignis* se caracterizó por presentar gran cantidad de mucílago de color lechoso blanquecino (Fig. 19).

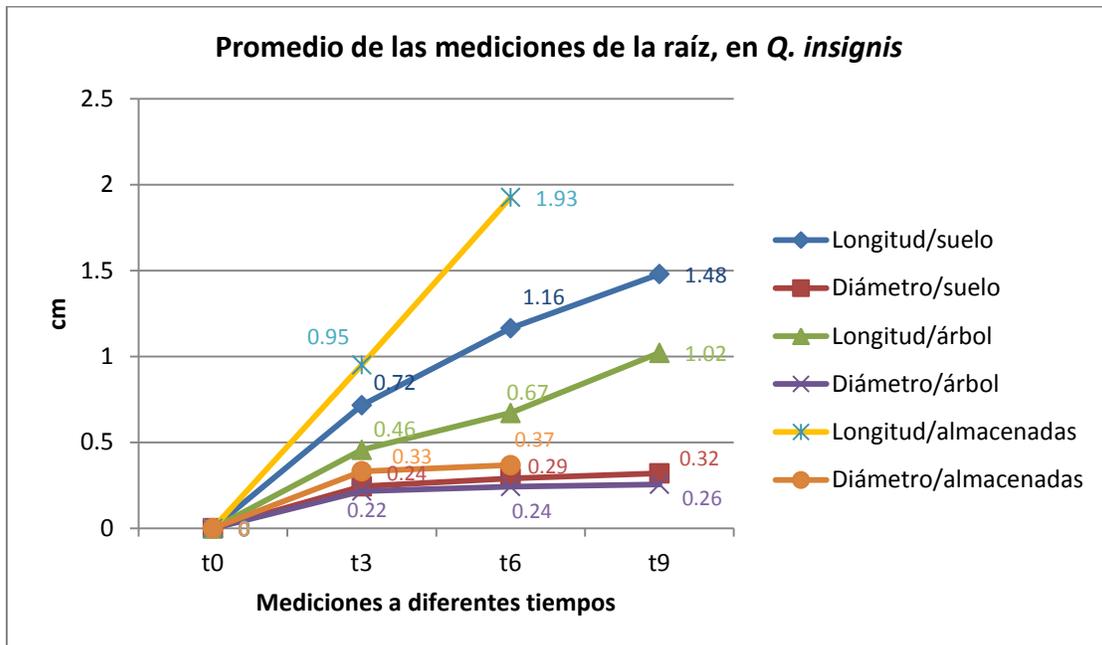


Figura 16. Comparación de la longitud y ancho de la raíz entre SS, SA y SS-A.

Se realizaron Análisis de Varianza (ANOVA) en relación a la velocidad de crecimiento de la longitud y diámetro de la radícula, tomando en cuenta la diferencia entre la última medición y la primera, para saber de cuánto fue el crecimiento en 9 días; sin embargo, en las SS-A solo se realizaron dos mediciones debido a que su velocidad de crecimiento fue diferente con las otras muestras. Pero no hay que perder de vista que aunque no fue el mismo tiempo, la longitud en la raíz de SA tuvieron un crecimiento promedio de 0.32 cm, mientras que las SS tuvieron un crecimiento de 0.65 cm (ambas sin estratificar); por otro lado, la raíz de SS-A fue de 1.00 cm a los 6 días. Y en cuanto al diámetro, las SA tuvieron un crecimiento de 0.033 cm, y para las SS y SS-A fue de 0.075 y 0.039 cm respectivamente (ver Fig. 17 y 18). Considerando lo anterior, existieron diferencias significativas entre las tres muestras analizadas, ya que todas presentaron un valor de $P < 0.05$. Es interesante observar el hecho de que las SS-A mostraron valores de velocidad de crecimiento en el diámetro similares a las SA. Además de dicha diferencia estadística entre las muestras, también existió un elevado porcentaje de variación en los datos ya que dicho crecimiento de raíz no fue uniforme (anexo 3).

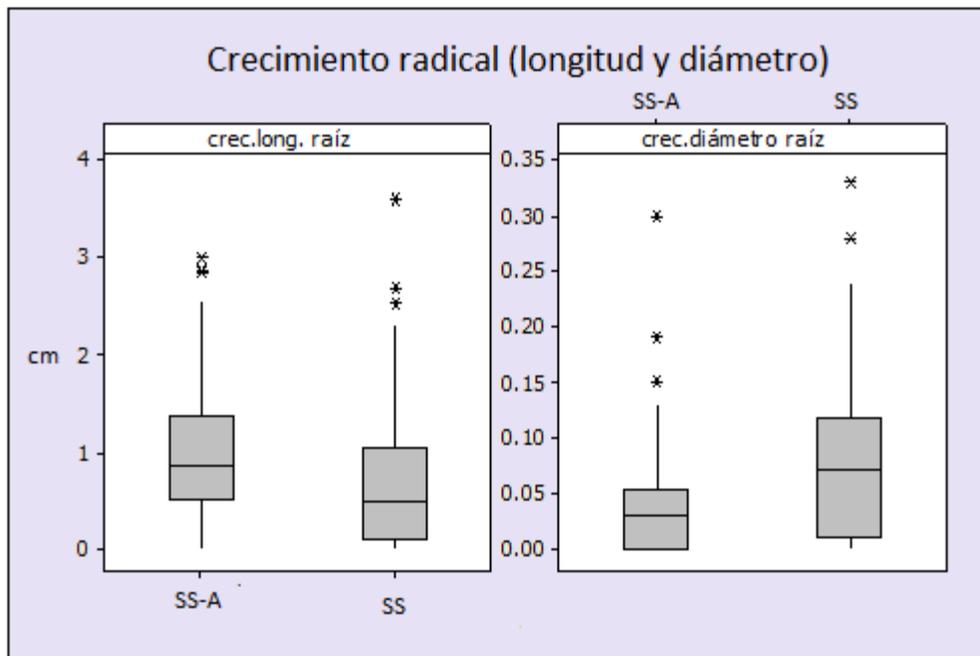


Figura 17. Diagramas de caja que muestran el crecimiento radical de semillas colectadas en suelo.

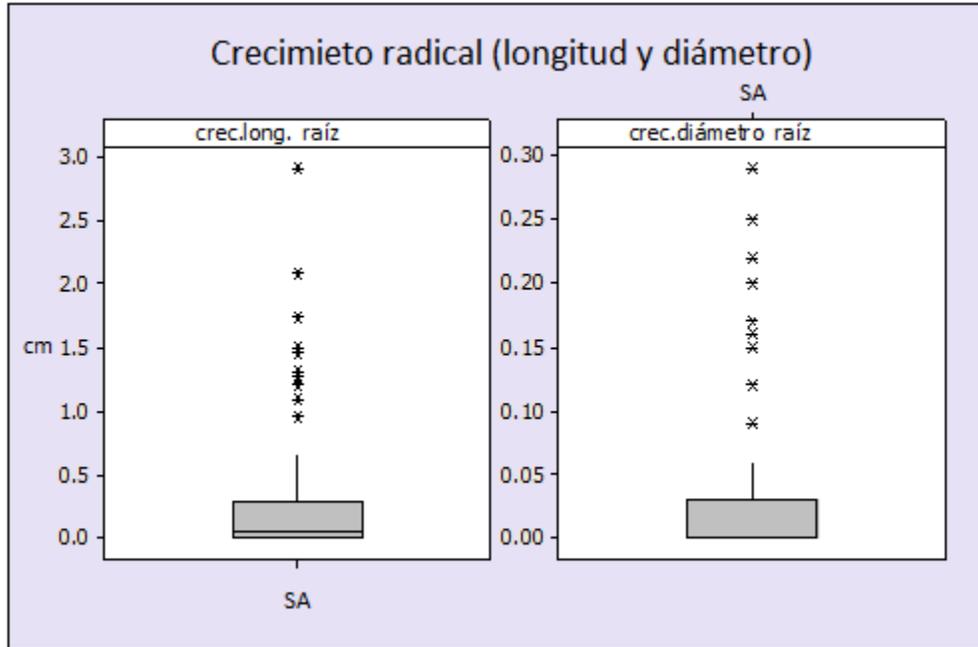


Figura 18. Diagramas de caja que muestran el crecimiento radical de semillas colectadas del árbol (SA).

Para establecer la relación entre las variables medidas en la raíz, la correlación de Pearson mostró una relación débil entre el crecimiento de longitud y el diámetro de la raíz para todas las muestras (ver Cuadro 7); gráficamente es muy clara la dispersión de los datos (Fig. 20). Las almacenadas mostraron una correlación inversamente proporcional ya que mientras aumenta una variable la otra no presenta cambios visibles.



Figura 19. Gran producción de mucilago por parte de *Q. insignis*.

Cuadro 7. Correlación de las variables analizadas en raíz de las tres muestras.

	Árbol	Suelo	Almacenadas
	Longitud de radícula	Longitud de radícula	Longitud de radícula
Diámetro de radícula	r= 0.435 P=0.000	r= 0.446 P=0.000	r= -0.021 P=0.850

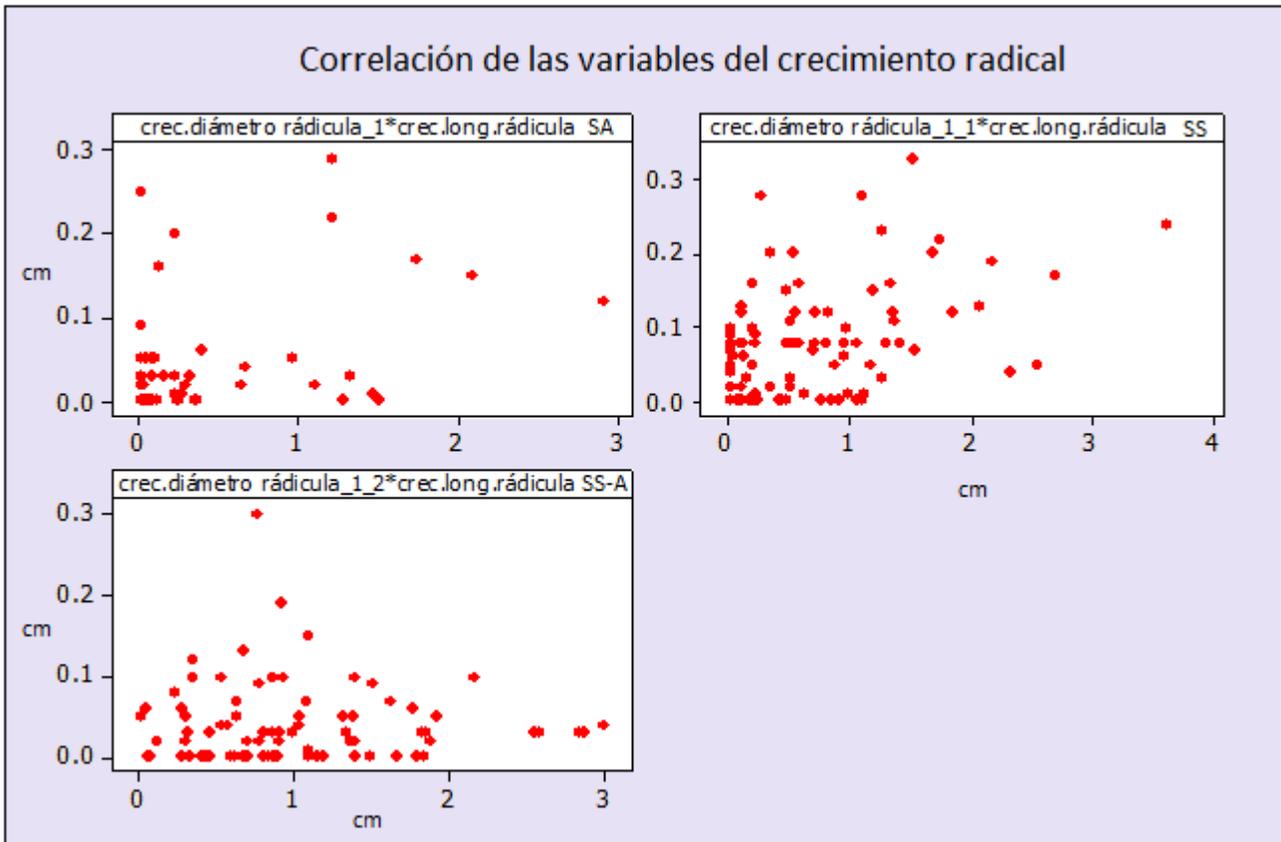


Figura 20. Diagrama de la longitud y el diámetro de la raíz.

Crecimiento en vivero (crecimiento *ex situ*)

Después del monitoreo de germinación y del crecimiento radical (octubre-diciembre 2010) se procedió a la siembra de aquellas semillas germinadas y de las que no germinaron pero que se encontraban firmes, siendo en total 103 de SS, 91 de SA y 84 de SS-A. La emergencia del tallo inició desde la semana 3 hasta la 13 después de la germinación en las muestras del suelo; la muestra de SA mostró emergencia de los tallos desde la semana 6 hasta la 20; hubo un semilla que emergió a los 10 meses, sin embargo, no sobrevivió, alcanzando solo 0.9 cm de alto y 0.15 cm de diámetro.

Se consideró como tallo emergido aquel que fuera visible y tuviera una altura mayor a 0.2 cm. Durante el mes de marzo 2011 se alcanzó el máximo porcentaje de emergencia de tallos para las tres muestras (ver Fig. 28). Las plántulas presentaron un color rojo oscuro, debido a la presencia de abundantes tricomas simples rojizos (Fig. 21).



Figura 21. Emergencia de plántulas de *Q. insignis*.

El crecimiento en longitud y diámetro del tallo de las plantas en vivero de las tres muestras fue ascendente durante el transcurso del monitoreo. En el mes 12, las plantas de SS registraron una altura promedio de 37.51 cm y un diámetro de 0.83 cm; para las plantas de SA fue 15.01 cm y 0.39 cm respectivamente (Fig. 24). Las plantas de SS-A presentaron un promedio de 28.64 cm de altura y 0.58 cm de diámetro (Fig. 23).

De acuerdo a la tasa de crecimiento relativa (TCR) obtenida después del año de monitoreo, muestra los siguientes valores indicados en el cuadro 8, donde se puede observar que la tasa de crecimiento de la altura para las tres muestras fue superior a 0.3 cm por mes y en cuanto al área basal para las plantas de SS y SS-A presentaron un crecimiento mayor a 0.2 cm mensual. En cuanto a los dos periodos analizados se puede observar que en las tres muestras (Cuadro 8) existe un mayor incremento de altura y área basal en los primeros seis meses (ver Fig. 23 a y b, 24), lo cual indica que durante este periodo debe existir mayor atención en el desarrollo de las plantas. Dentro del análisis de

TCR se descartaron aquellas plantas que aún permanecían en el recipiente de unícel (*), es decir que no se trasplantaron a contenedores de mayor tamaño, lo que se tradujo en un escaso crecimiento.

Cuadro 8. Tasa de crecimiento relativa de altura (TCRH) y área basas (TCRAB) ± ES, mostrada en un año y en dos periodos de 6 meses. (1) (2) indican el primero y segundo periodo. (*)

	TCRH (cm cm ⁻¹ mes ⁻¹) un año	TCRH (cm cm ⁻¹ mes ⁻¹) 6 meses (1)	TCRH (cm cm ⁻¹ mes ⁻¹) 6 meses (2)	TCRAB (cm cm ⁻¹ mes ⁻¹) un año	TCRAB (cm cm ⁻¹ mes ⁻¹) 6 meses (1)	TCRAB (cm cm ⁻¹ mes ⁻¹) 6 meses (2)
Suelo	0.370±0.007	0.590±0.012	0.039±0.003	0.273±0.006	0.281±0.009	0.166±0.006
Árbol	0.316±0.010	0.532±0.017	0.012±0.002	0.156±0.010	0.147±0.019	0.124±0.012
Almacenadas	0.331±0.007	0.554±0.012	0.024±0.003	0.204±0.007	0.206±0.009	0.125±0.007

Plantas obtenidas de frutos recolectados del suelo

Las plantas obtenidas de SS (Fig. 23 a), en la primera medición, tuvieron una longitud de tallo de 1.67 cm, y a partir de los tres meses en adelante (Febrero-Septiembre 2011) su desarrollo fue mayor con 7.26 cm hasta 35.47 cm de altura promedio, respectivamente al tiempo mencionado. Posteriormente en los últimos meses de monitoreo el crecimiento fue de 1 cm promedio por mes, llegando a alcanzar 37.58 cm de altura en noviembre 2011.

El crecimiento del diámetro del tallo se comportó como una curva sigmoide (Fig. 23 b), al inicio (diciembre de 2010) el crecimiento fue de 0.19 cm, en marzo de 2011 fue de 0.30 cm y en octubre del mismo año hubo un incremento importante, alcanzándose 0.80 cm, y para el último mes se observó un valor promedio de 0.83 cm.

En cuanto a la cobertura, en el primer mes de monitoreo, solo algunos individuos presentaban hojas (6 hojas en promedio) con una cobertura promedio de 51.53 cm²; durante el mes 4 (Marzo 2011) las 6 hojas mostraron un gran crecimiento, ya que su cobertura alcanzó los 144.12 cm², con el transcurso del tiempo se mantiene el incremento del número de hojas así como el de la cobertura (hasta 21 hojas en promedio), en septiembre el número de hojas disminuyó, observándose necrosis marginal previo a su caída (Fig. 22), en algunos individuos se perdió completamente el follaje; sin embargo, continuó incrementándose la cobertura con promedios de 1144.9 cm² y 19 hojas (ver Fig. 23 c y d).



Figura 22. Necrosis marginal por el cambio de hojas.

Las plantas obtenidas de frutos estratificados mostraron crecimiento más acelerado al comienzo del monitoreo, triplicando su longitud en un mes, siendo la mediana de 1.53 cm en enero 2011 y de 4.14 cm en febrero; en los siguientes seis meses su altura se incrementó notablemente de 3 a 6 cm mensualmente (enero-junio 2011); después de este incremento, la longitud del tallo continuó creciendo en promedio mensual 1 cm (julio-diciembre 2011) (Fig. 23 a).

El diámetro se mantuvo en aumento (Fig. 23 b) con un promedio inicial de 0.21 cm en enero de 2011, el incremento marcado se observó en mayo, y en diciembre se alcanzó un valor de 0.58 cm.

La cobertura y el número de hojas, los cuales están estrechamente relacionados, mostraron grandes variaciones. Durante el mes de enero no había presencia de hojas, fue al segundo mes que se desarrollaron las primeras 4 hojas, en junio las plantas presentaron en promedio 12 hojas con una cobertura de 346.9 cm². En los meses de julio y agosto hubo caída de hojas, varios individuos se quedaron sin follaje, por lo que disminuyó su cobertura. En los siguientes meses las plantas continuaron su crecimiento con la aparición de nuevas hojas; al final del monitoreo se registraron en promedio 10 hojas y 673,7 cm² de cobertura (Fig. 23 c y d).

Boxplot of Long. tallo, Diámetro tal, ... vs Tipo semilla, Mes

Monitoreo y crecimiento en vivero

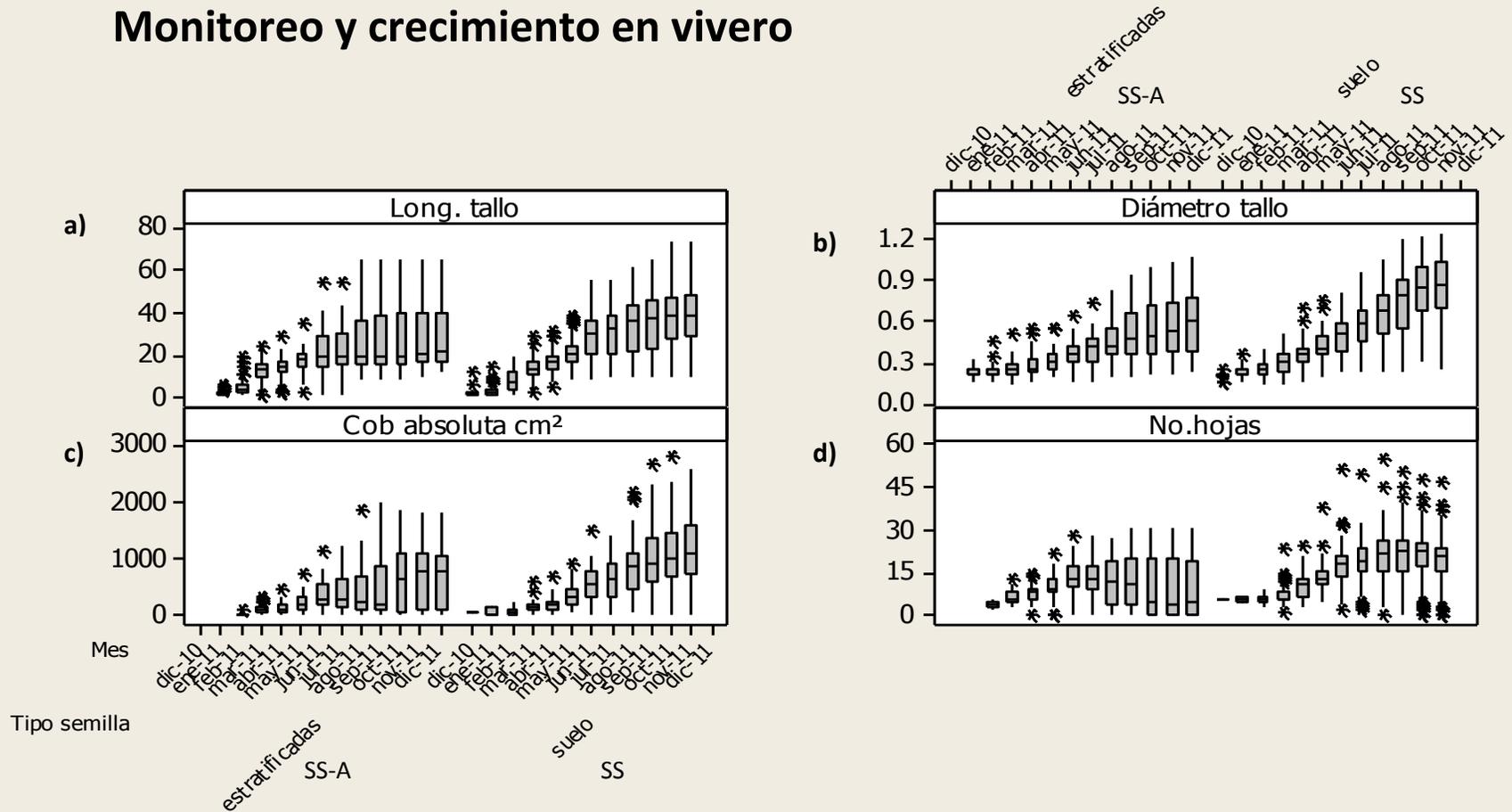


Figura 23. Diagramas de cajas con las variables medidas a lo largo de un año a plantas obtenidas de semillas colectadas en el suelo.

Plantas obtenidas de frutos recolectados del árbol

Durante los primeros 7 meses existió un claro crecimiento, mientras que en los siguientes tres meses (julio, agosto y septiembre de 2011) el crecimiento fue menor, posteriormente se observó nuevamente un ligero crecimiento en longitud.

El diámetro se mantuvo en crecimiento mes con mes, en el inicio fue de 0.15 cm y en el último mes de 0.39 cm. Fue hasta el tercer mes (febrero de 2011) que se observó la emergencia de las primeras 4 hojas; durante marzo y abril estas hojas alcanzaron su mayor talla (52.35 y 68.97 cm²). En los siguientes dos meses se duplicó el número de hojas, obteniéndose una cobertura promedio de 133.8 cm². En los meses de agosto y septiembre se presentó la caída de algunas hojas y la emergencia de otras, pero en menor número; sin embargo, la cobertura aumentó porque las nuevas hojas fueron mayores y el tallo también incrementó su talla de manera continua (ver Fig. 24).

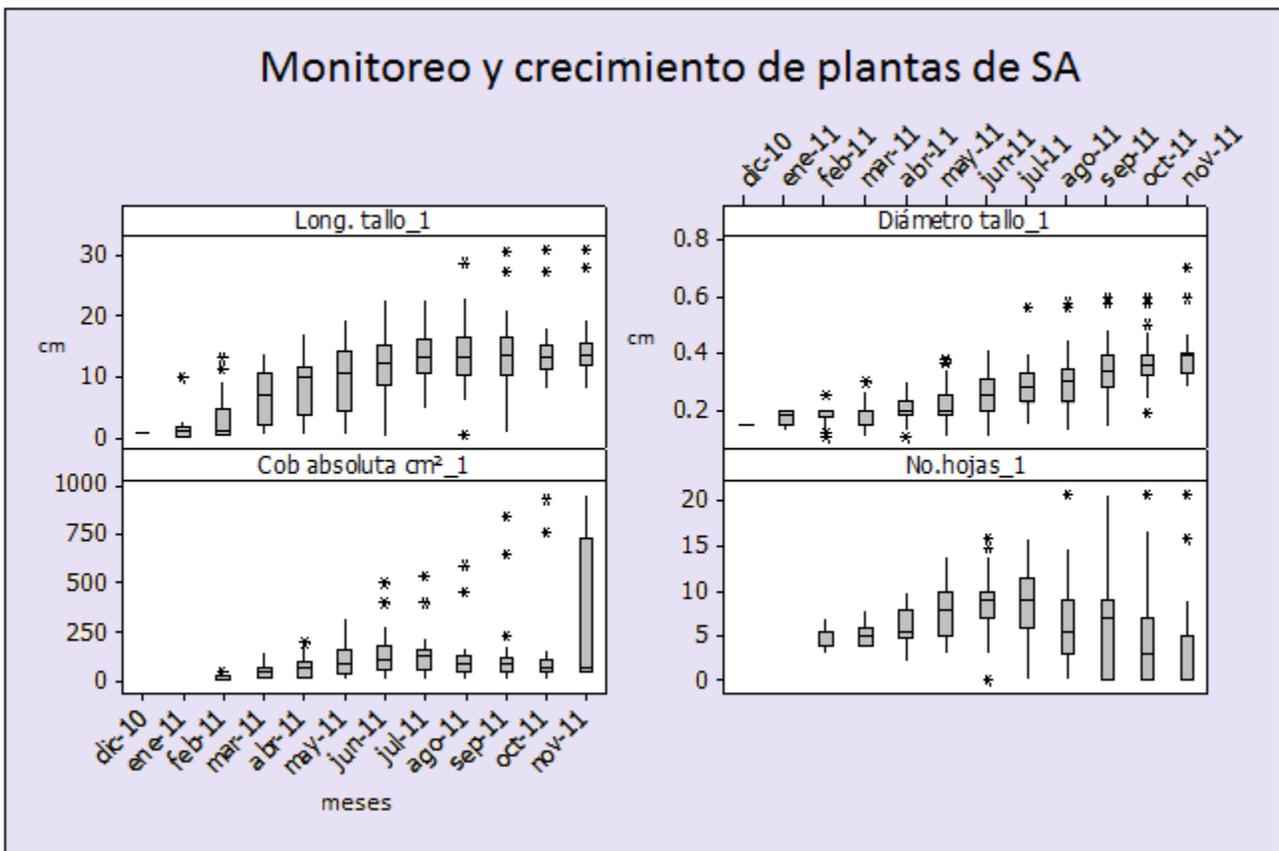


Figura 24. Diagramas de cajas con las variables medidas a lo largo de un año a plantas obtenidas de semillas colectadas en el árbol (SA).

El ANOVA 2 factores, mostró diferencias significativas ($P < 0.05$) entre las tres muestras con respecto al tiempo (12 meses) y a las variables medidas en las plantas.

En las matrices de las tres muestras de plantas (Fig. 25, 26 y 27) se observan correlaciones positivas entre las variables medidas durante el tiempo de monitoreo. Lo anterior se observa entre las longitudes del tallo y las coberturas absolutas de las plantas ($r=0.748$ -árbol, $r=0.923$ -suelo y $r=0.941$ -almacenadas) y en las longitudes y los diámetros de los tallos ($r=0.748$ -árbol, $r=0.877$ -suelo y $r=0.848$ -almacenadas). La cobertura absoluta con el número de hojas y el diámetro del tallo con la cobertura mostraron valores de r menores a 0.8; sin embargo, son correlaciones fuertes.

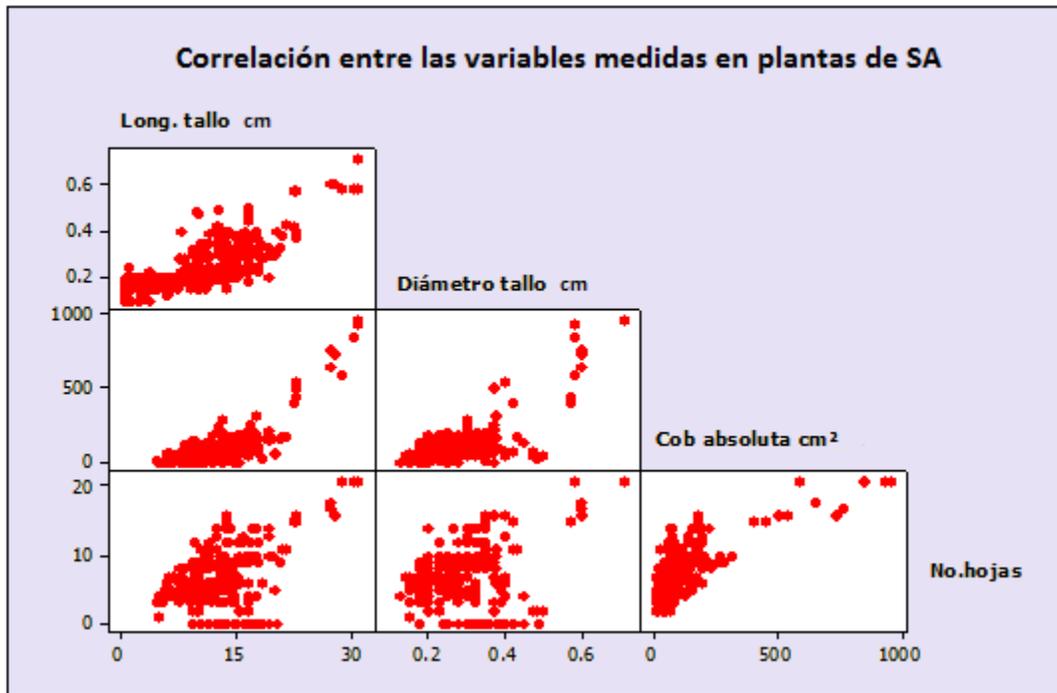


Figura 25. Diagrama de las variables tomadas por un año en plantas de SA.

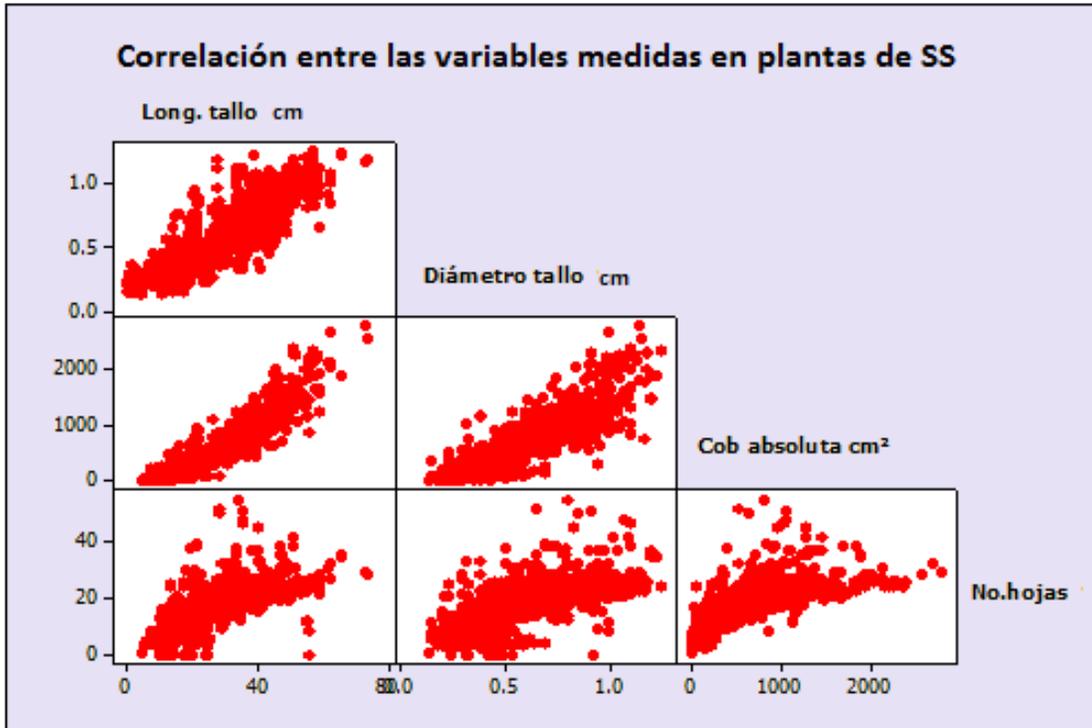


Figura 26. Diagrama de las variables tomadas por un año en plantas de SS.

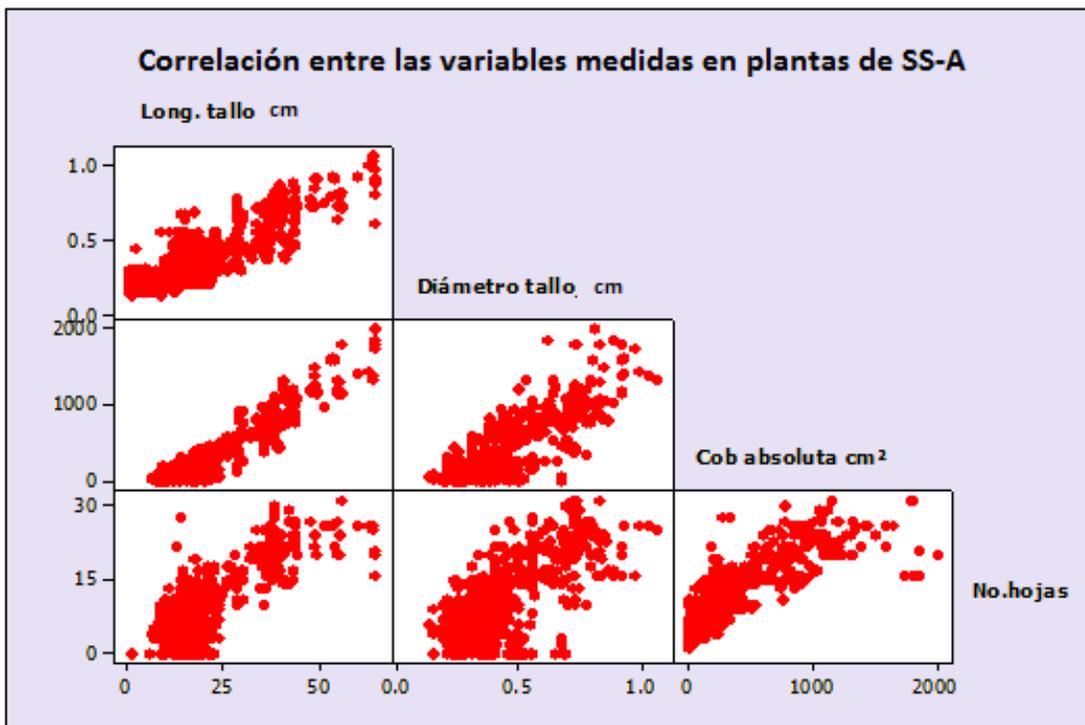


Figura 27. Diagrama de las variables tomadas por un año plantas de SS-A.

Supervivencia en vivero

La emergencia de plántulas fue distinta en cada muestra establecida. Las plantas de SA comenzaron a emerger a los dos meses de establecidas, mientras que las procedentes de semillas recolectadas del suelo emergieron al mes siguiente. El porcentaje máximo de emergencia coincidió en las tres muestras, siendo en el mes de marzo, con los valores presentados en la gráfica de la figura 28. Se observó que la estratificación mejora la germinación y el crecimiento de las plantas.

Se puede observar que mientras, después del mes de marzo, las plantas procedentes de SS-A disminuyen ligeramente la supervivencia, las de SA muestran un decremento importante en marzo-julio de 2011. Después de septiembre es muy claro el decremento en el número de individuos en las tres muestras (ver Fig. 29); probablemente el trasplante tardío a un recipiente más grande provocó daños, favoreciendo el establecimiento de hongos en las raíces que causaron pudrición interna, lo cual se evidenció al realizar cortes histológicos.

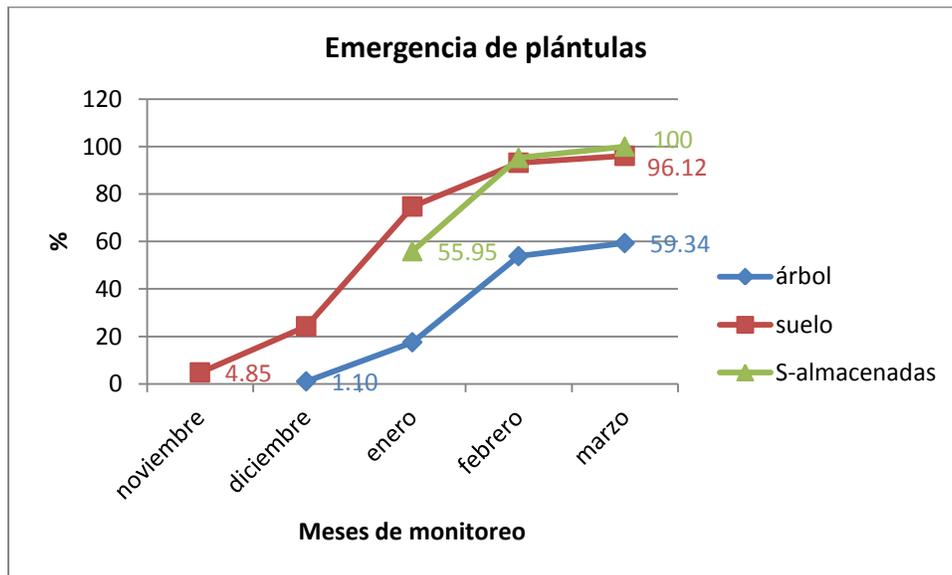


Figura 28. Porcentaje de plántulas emergidas

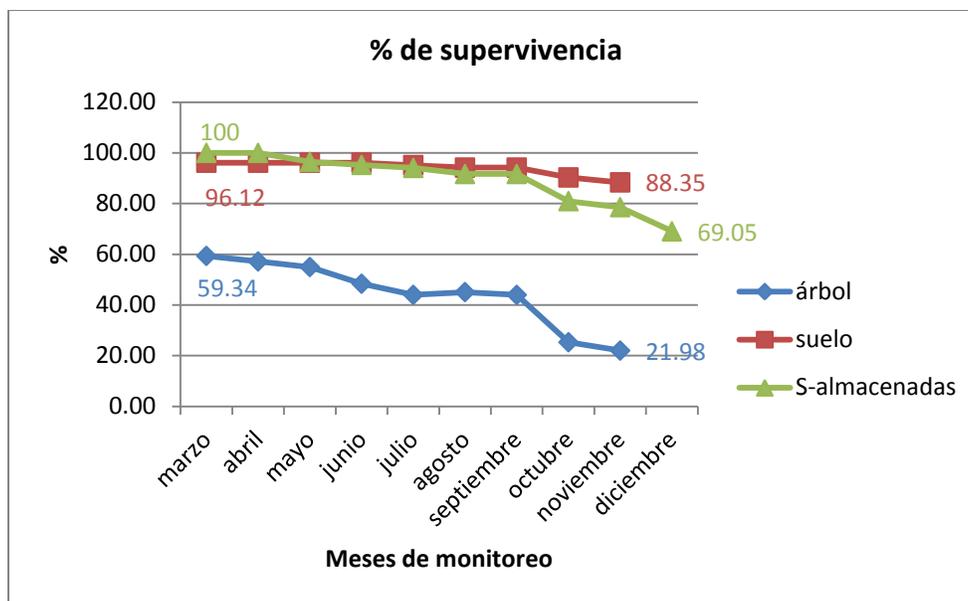


Figura 29. Porcentaje de supervivencia en el vivero.

Al final del monitoreo, las plantas obtenidas de SS y SS-A presentaron los porcentajes más altos de supervivencia con 88.35 y 69.05%, mientras que aquellas plantas emergidas de SA mostraron un 21.98% de supervivencia.

Se realizaron pruebas al sustrato de las plantas, utilizando el método descrito por Clark F. (en Black *et al.*, 1965) en el Laboratorio de Fitopatología del INIFAP (Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrarias y Pecuarias) con el objetivo de detectar algún patógeno causante de la muerte de la plantas. Sin embargo, los resultados indicaron que no hubo presencia de microorganismos patógenos en el suelo, pues no se observó presencia de colonias fúngicas en las placas-agar.

En cuanto a los resultados obtenidos en cultivo de cortes de raíz para la determinación de hongo patógenos causante de la pudrición (método tomado de Flores & Romero, 2001); las raíces en el medio de cultivo evidenciaron la presencia de micromicetes; un hongo de color negro-marrón, consistencia dura, superficie blanco algodónosa, crecimiento circular e irregular, elevación convexa o elevada y margen ondulado (Fig. 30 a); las hifas son septadas, de color verde olivo (Dematiáceas). No obstante no se logró identificar, ya que al observar al microscopio óptico, las preparaciones realizadas, sólo se observaron hifas y sinemas (Fig. 30 b y d), sin crecimiento de esporas, los cuales son importantes para la identificación de los hongos, a pesar de lo anterior se pudo observar clamidosporas (Fig. 30 c), que son estructuras de resistencias y que son un tipo de esporulación vegetativa.

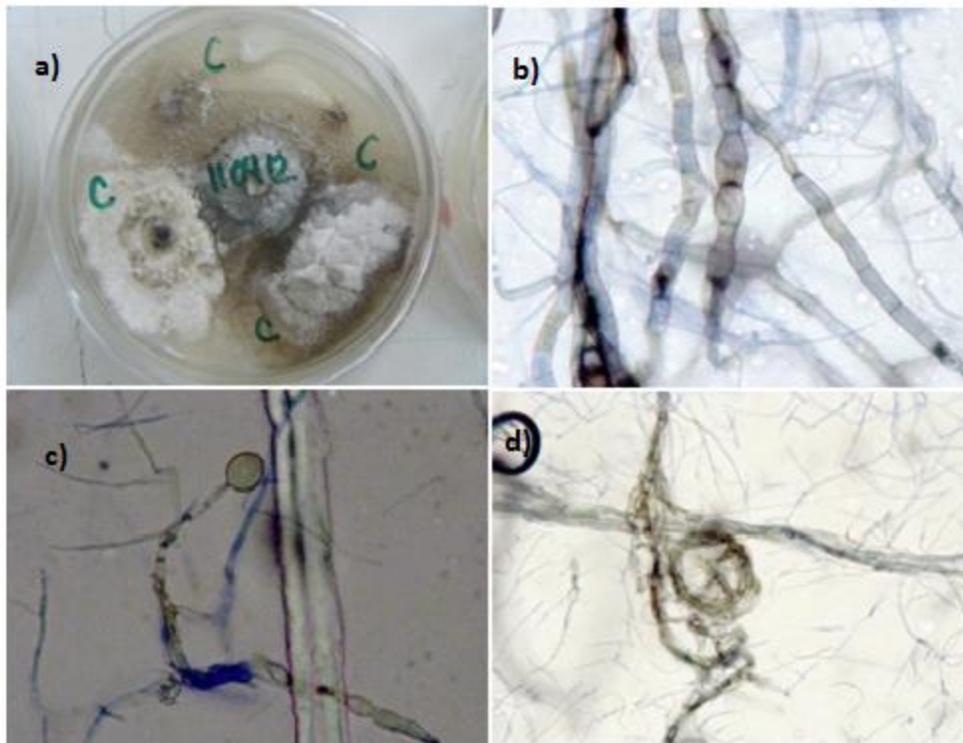


Figura 30. a) Forma macroscópica de la colonia. b) Hifas septadas. c) Clamidospora. d) Hifas en espiral y al fondo se observa el sinema.

Descripción morfológica a diferentes edades

6 meses

Plantas de raíz fibrosa y axonomorfa con un diámetro de 0.47-0.65 cm; tallos de 7-54 cm de alto, y de 0.15-0.65 cm de diámetro, de color verde olivo; ramillas rojizas o verdes, de 2-3 mm de diámetro, con indumento persistente por más de una temporada, abundante de tricomas simples; lenticelas de 0.1-0.4 mm de diámetro (Fig. 31 b); yemas ovoides, de 0.13 cm de largo, de color castaño, escamas pubescentes en los márgenes; estípulas subuladas, de 0.25 a 1 cm de largo, pubescentes y persistentes; peciolo de 0.2 a 0.35 cm de largo, con indumento formado de tricomas simples; hojas jóvenes con el haz rojizo, con abundantes tricomas simples, envés rojizo, con abundantes tricomas simples; láminas de las hojas maduras de textura subcoriácea, de forma oblanceolada, obovada ancha y oblongas linear, de 5-14 cm de largo por 2 a 5 cm de ancho; ápice atenuado, acuminado o agudo; base agudo, obtuso o cordada, con frecuencia asimétrica; margen serrado, ligeramente revoluto, en ocasiones entero y crenado, con 4 a 9 sierras, terminados en un mucrón; venación semicaspedódroma y en la parte inferior se presenta braquidódroma, nervaduras secundarias 8-14 en cada lado, rectas o ligeramente curvas; haz ligeramente lustroso, casi glabro, con tricomas simples y escasos fasciculados sésiles en la vena principal (Fig. 31 a), más abundantes sobre las nervaduras; envés más pálido que el haz, ligeramente lustroso con tricomas simples y fasciculados sésiles, dispersos sobre la lámina, más abundantes sobre las nervaduras; epidermis papilosa y lisa.

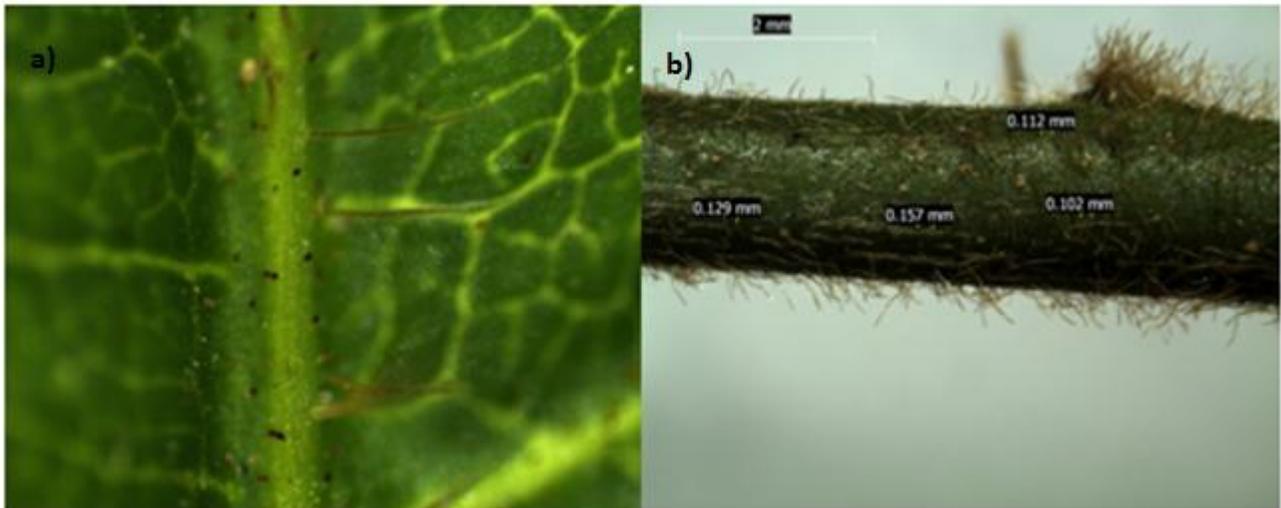


Figura 31. a) Tricomas simples. b) Lenticelas y sus dimensiones.



Figura 32. Morfología de plantas de *Quercus insignis* a seis meses de desarrollo.

9 meses

Planta de (8) 20.05-65.08 cm de alto, subcaducifolia, con tallo de 0.24-0.92 cm de diámetro, de la parte superior de color verde olivo o verde militar y de la parte inferior café o café verdoso; raíces con un diámetro de 0.59-0.89 cm; ramillas rojizas o verde, de 0.15 a 0.36 cm de diámetro, con indumento persistente por más de una temporada, abundante de tricomas simples; lenticelas de 0.3 a 0.7 mm (Fig. 33 a); yemas ovoides, de 0.13 a 0.28 cm de largo, de color rojizo, castaño y verde, con escamas pubescentes en los márgenes; estípulas subuladas, de 0.25 a 1.5 cm de largo, pubescentes y persistentes; peciolo de 0.2 a 0.78 cm de largo, con indumento formado de tricomas simples y muy pocos fasciculados sésil; hojas jóvenes con el haz rojizo, con abundantes tricomas simples, envés rojizo, con abundantes tricomas simples; láminas de las hojas maduras de textura subcoriácea, de forma oblanceolada angosta, obovada ancha y oblongas, de 7.2-21 cm de largo por 2 a 7 cm de ancho; ápice atenuado o acuminado, algunos agudo o mucronado; base cordada, obtuso o agudo, con frecuencia asimétrica; margen serrado con cuatro tipos de serraduras (cóncava-acuminada, cóncava-convexa, cóncava-derecha y derecha-derecha), ligeramente revoluto, en ocasiones entero y crenado, con 5 a 12 sierras, terminados en un mucrón; venación semicaspedódroma y en la parte inferior se presenta braquidódroma, nervaduras secundarias 10-19 en cada lado, rectas o ligeramente curvas; haz ligeramente lustrosos, casi glabro, con tricomas simples y fasciculados sésiles en la vena principal, más abundantes sobre las nervaduras (Fig.33 b); envés más pálido que el haz, ligeramente lustroso con tricomas fasciculados sésiles y poco simples, dispersos sobre la lámina, más abundantes sobre las nervaduras; epidermis papilosa y lisa.



Figura 33. a) Dimensiones de las lenticelas. b) Tricomas fasciculados sésiles con 2 ó 3 radios.



Figura 34. Morfología de plantas de *Quercus insignis* a nueve meses de desarrollo.

16 meses

Planta de (12) 37.5-100 cm de alto, subcaducifolia, con tallo de 0.3-1.38 cm de diámetro, de la parte superior de color verde olivo o verde militar y de la parte inferior café crema o café muy claro, ramillas rojizas o verde, de 0.2 a 0.46 cm de diámetro, con indumento persistente por más de una temporada, abundante de tricomas simples; lenticelas de 0.4-1.21 mm (Fig. 36 e); yemas ovoides, de 0.2 a 0.43 cm de largo, de color rojizo, castaño y verde, escamas pubescentes en los márgenes (Fig. 36 f); estípulas subuladas, de 0.35 a 1.5 cm de largo, pubescentes y persistentes; peciolo de 0.2 a 1 cm de largo, con indumento formado de tricomas fasciculados sésil y muy pocos simples; hojas jóvenes con el haz rojizo, con abundantes tricomas simples (Fig. 36 d), envés rojizo, con abundantes tricomas fasciculados sésil y pocos simples; láminas de las hojas maduras de textura subcoriácea, de forma oblanceolada angosta, obovada ancha y oblongas, de 7.2-29.5 cm de largo por 2 a 10.8 cm de ancho; ápice atenuado o acuminado, en algunos agudo o marginado y mucronado; base cordada, obtuso o agudo; margen serrado con cuatro tipos de serradura (cóncava-acuminada, cóncava-convexa, cóncava-derecha y derecha-derecha), ligeramente revoluto, con 5 a 12 sierras, terminados en un mucrón; venación semicaspedódroma y en la parte inferior se presenta braquidódroma, nervaduras secundarias 10-20 en cada lado, rectas o ligeramente curvas; haz ligeramente lustroso, casi glabro, con tricomas fasciculados sésiles en la vena principal y pocos simples sobre la lámina, envés más pálido que el haz, ligeramente lustroso con abundantes tricomas fasciculados sésiles (estrellados) y poco simples, dispersos sobre la lámina pero más abundantes sobre las nervaduras (Fig. 35); epidermis liso-papiloso (Fig. 36 c).



Figura 35. Tricomas fasciculados sésiles de 2 a 5 radios (tricomas estrellados).

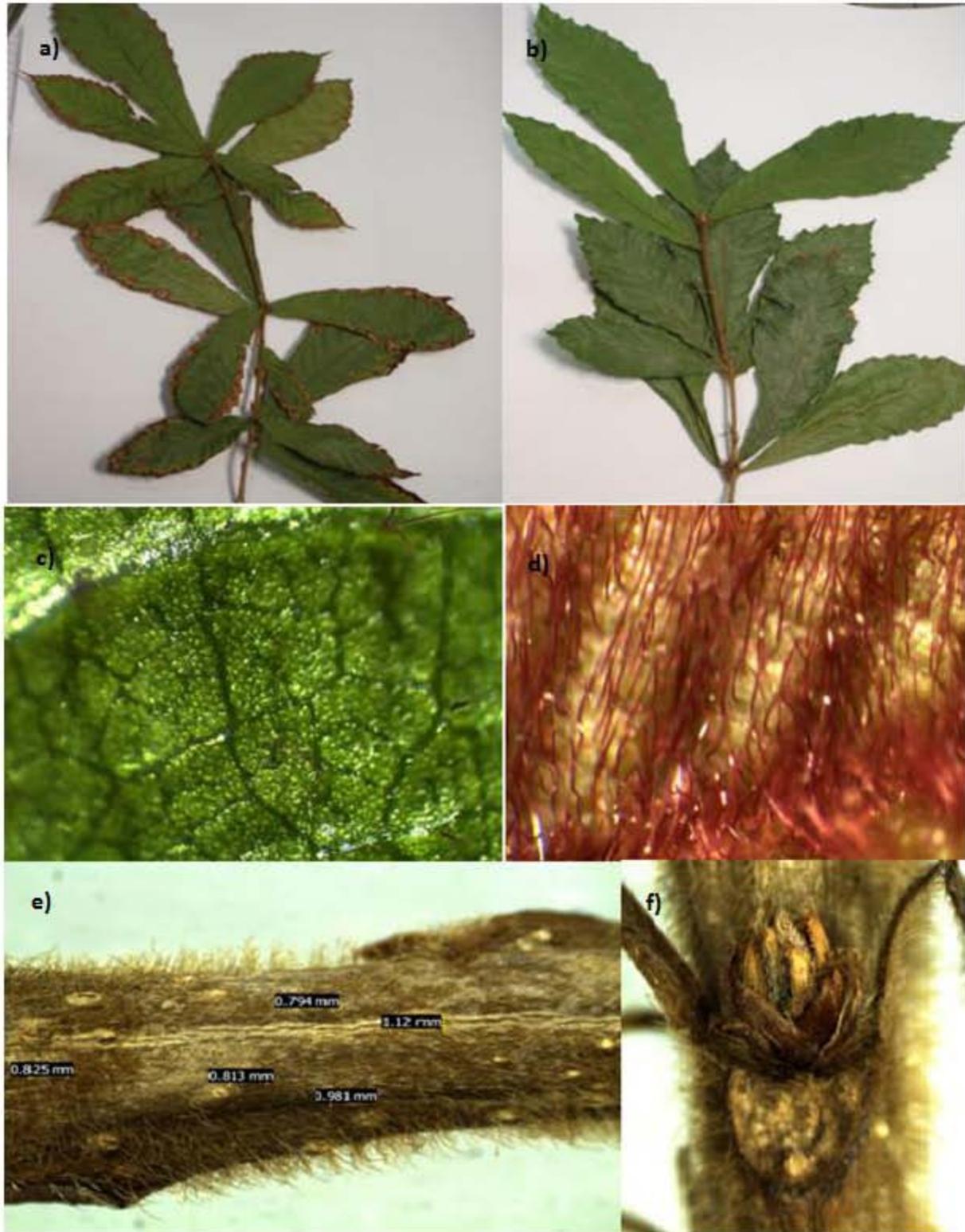


Figura 36. a) b). Morfología de plantas a 16 meses de desarrollo. c) epidermis liso-papilosa. d) Hojas jóvenes con el haz rojizo. e) Dimensiones de las lenticelas. f) Yema ovoide.

Los valores mínimos de altura en las descripciones de 9 y 16 meses corresponden a aquellos individuos que aún permanecían en los recipientes de unicel y los cuales presentaba valores mucho menores a los de aquellos individuos que se trasplantaron a contenedores de mayor tamaño.

DISCUSIÓN

Morfometría de frutos-semillas

La variación en tamaños, colores y formas de los frutos es controlada por el ambiente, la genética y su interacción; interviniendo en el primer caso factores como nutrientes, luz, sombra, época del año, defoliación, temperatura y humedad, así como la posición del fruto en el árbol. Tal variación se puede relacionar con diferencias en los requerimientos para germinar (Baskin & Baskin, 2001). Estas variaciones en las plantas se han relacionado como parte del nivel de adaptación de éstas a situaciones de estrés, por medio del acomodo del fenotipo, para optimizar la explotación de los recursos (plasticidad fenotípica) (Gratani, 1995; Castro *et al.*, 1997; Valladares y Pearcy, 2000, en Pasto y Bonet, 2005). En muchos tipos de especies leñosas, se puede observar esta plasticidad fenotípica, ya que la amplia distribución geográfica de estas hace que sus individuos tengan que sobrevivir bajo diferentes ambientes dando lugar a cambios en muchas de las características de las plantas (Valladares, 2001, en *ibíd.*), desde el nivel subcelular hasta en todo el organismo, llegando a originarse diferentes morfotipos a partir de un mismo genotipo sometido a diversas condiciones ambientales (Sultan, 2000, en *ibíd.*). Todos estos procesos señalados juegan un papel de suma importancia en la amplia variación genética encontrada dentro de una población como fue observado en los frutos de *Q. insignis* donde se pudieron apreciar algunas diferencias en tamaño, formas y ubicación del embrión, como lo reportado por Márquez-Ramírez *et al.*, 2005 en *Q. oleoides* y en *Q. ilex* por Vázquez *et al.*, 2001. Tal vez dichas variaciones sean una respuesta al estrés sometido en el hábitat perturbado donde se encuentra. Hasta el momento se desconoce el efecto del genotipo y del ambiente materno sobre el peso de la semilla (Rice *et al.*, 1993). Ya que actualmente se sabe del importante efecto del peso de los frutos en la emergencia, crecimiento y supervivencia de las plántulas de encino (Longe & Jones, 1996; Bonfil & Soberón, 1999; Seiwa, 2000; Rubio-Licona, 2009, en Rubio *et al.*, 2011)

Al existir diferencias en el tamaño de las bellotas dentro las poblaciones, se podría pensar que esto puede influir en la respuesta germinativa; ya que las bellotas de mayor tamaño, al tener más reservas acumuladas, pueden llegar a dar un mayor porcentaje de germinación (Tripathi & Khan, 1990). Con *Q. insignis* no se compararon diferentes poblaciones, ya que existe poca información sobre la ubicación de esta especie, y en este trabajo solo se observó el nivel de madurez, presentando un menor porcentaje de germinación aquellos frutos verdes y de menor tamaño.

En muchos casos la variable tamaño, medida en peso o talla, se evalúa en el fruto y no en la semilla, que es donde están presentes las reservas energéticas (cotiledones) y éstas pueden ser considerablemente más pequeñas que el fruto, como fue el caso de *Q. candicans* (Rubio, 2006).

Por lo que actualmente hay estudios que se han enfocado en estas cuestiones y se ha observado una tendencia de algunas especies de encinos de la sección Lobatae (encinos rojos) a que el peso promedio de sus frutos corresponda al doble del peso promedio de sus semillas; es decir, que alrededor del 50% del peso del fruto corresponde al pericarpio (Rubio, 2006 y Rubio *et al.*, 2011; Ramírez, 2009), y en el presente estudio esta característica fue observada en una especie de encino blanco (*Q. insignis*). Pues generalmente existen especies pertenecientes a la sección *Quercus* (encinos blancos) que presentan un pericarpio más delgado, donde al menos el 75% del peso del fruto pertenece a la semilla (Rubio *et al.*, 2011; Ramírez, 2009). Como lo reportado por Olvera en el 2004, donde encontró diferencias estructurales en el pericarpio de 2 especies de encinos, siendo *Q. rugosa* (*Quercus*) la especie donde las tres capas observadas fueron más delgadas. Por lo anterior y en base a lo encontrado en el presente trabajo, no todos los encinos blancos cumplen con dichas características en el pericarpio.

En diversos trabajos se utiliza el peso de fruto (bellota) como un indicador del peso de la semilla (Rubio *et al.*, 2011), que es empleada como indicador de la cantidad de reservas en la misma (Bonfil, 1998), donde dichas variables están correlacionadas positivamente entre sí, tal como se observó en *Q. insignis*, donde existe una fuerte relación entre el peso y el ancho tanto de fruto como de semilla, por lo que se puede asegurar que la mitad del peso del fruto corresponde a la semilla, prediciendo esto, no es necesario la escarificación para obtener el peso de las semilla.

La diferencia entre los frutos estratificados y no estratificados es evidente, mostrando menor peso y talla las que se sometieron a estratificación, debido a la pérdida de humedad por parte de la semilla; sin embargo Luna (2008) indica que en *Q. frutex* el peso se incrementa cuando los frutos se encuentran en refrigeración. Al respecto, Vázquez *et al.*, (2001) reporta que puede aumentar o disminuir el peso en *Q. ilex* hasta en un 30 % dependiendo de las condiciones ambientales y de manejo del entorno en las que se ha desarrollado el fruto. En cuanto al menor peso presentado en los frutos y semillas cortadas del árbol se deben, probablemente al desarrollo (distintos estadio) en que se encontraban al momento de su recolección, ya que aún continuaba su desarrollándose.

Las cubiertas de la semilla (testa) y el fruto (pericarpio) son importantes en la prevención de la deshidratación después de la dispersión de las semillas, funcionando como barreras mecánicas que evitan la deshidratación (Chacón y Bustamante, 2001; Moreno *et al.*, 2006 en Magnitskiy & Plaza,

2007). La tasa de pérdida de agua se relaciona con el grosor de las cubiertas de la semilla (Chacón y Bustamante, 2001 en Magnitskiy & Plaza, *óp. cit.*; Olvera, 2004; Rubio *et al.*, 2011) de modo que si estas semillas presentan cubiertas rotas se desecan más rápidamente (Mwang'Ingo *et al.*, 2004 en *ibíd.*). Por lo anterior se puede creer que las semillas de *Q. insignis* al presentar un pericarpo grueso puede estar relacionado a una alta sensibilidad a la deshidratación. Por otro lado el gran tamaño y la recalcitrancia puede ser ventajosa para reducir el período de exposición a los depredadores y una baja inversión en medios físicos de defensa permitiendo a las semillas recalcitrantes, mayor velocidad de germinación y ser un recurso más eficiente en la propagación de plantas (Daws *et al.*, 2005 en *ibíd.*) así como prevalecer en ambientes modificados. Existen otros medios de defensa como son los taninos, presentes fundamentalmente en la cáscara, los cuales irritan las mucosas gastrointestinales y reduce la absorción de nutrientes (Ramírez *et al.*, 1983) de los depredadores de bellotas. Aún se desconoce la concentración de taninos presentes en *Q. insignis*, se podría pensar que por el tamaño los niveles son altos, lo que la haría poco consumible; sin embargo, algunos animales han desarrollado la habilidad de retirar esta cubierta, evitando su consumo, además las bellotas de esta especie son usadas para alimentar cerdos, los cuales incrementan su masa corporal rápidamente. Dentro de la zona de recolecta se ha reportado la presencia de tuza (*Orthogeomys hispidus*) (Montes, 2011), un pequeño roedor que se alimenta de las raíces de plántulas de *Q. insignis*, provocando la merma de los individuos en zonas abiertas, se cree que estos roedores también consumen los frutos de esta especie. Todo esto haría pensar que la consecuencia de su actividad podría ser un incremento, a muy largo plazo, de las poblaciones preexistentes de encinos. Además, los roedores modifican el grado de agregación de la dispersión siguiendo fluctuaciones en la cosecha anual de bellotas, compensando así la efectividad de dispersión entre años (Puerta-Piñero, 2008) y esto podría conllevar a una reestructuración de la distribución espacial de los encinos de mediano a largo plazo. Dado que los roedores son los animales que dispersan más efectivamente las bellotas de mayor peso, resguardándolas para la estación invernal. Podrían por tanto promover la regeneración del encinar a escala local.

Todo lo anterior demuestra la importancia ecológica de la interacción planta-animal, así como de los factores intrínsecos del paisaje que quedan incluidos en el sistema tales como radiación solar, pendiente u orientación considerando el entorno abiótico, o la estructura del hábitat o las interacciones con otros organismos si consideramos el ambiente biótico.

Con lo revisado anteriormente, aún quedan cuestionamientos por responder, en lo que respecta al tamaño del fruto (ventajas-desventajas) y que pasa sobre el reclutamiento como fuente de regeneración, así como las cuestiones evolutivas y su distribución biogeográfica.

Comportamiento germinativo

Para la especie *Quercus insignis*, se demostró que puede presentar más de una semilla (2) en el fruto, aunque la tasa fue baja. Nepamuceno (1994) lo llama poliembrionía falsa, pues se forman embriones en distintos sacos embrionarios. Dichas semillas eran más pequeñas, presentando dos cotiledones, caso contrario en *Q. obtusata* donde se encontraron hasta cuatro semillas en una sola nuez pero con solo un cotiledón (Ramírez, 2009). Las plántulas de la especie en estudio no tuvieron éxito, pues mostraron un crecimiento deficiente y a los pocos meses murieron. Lo contrario ocurrió en *Q. candicans* y *Q. crassipes* donde las semillas provenientes de frutos polispermicos mostraron un crecimiento menor en comparación con las semillas de frutos monospermicos, pero el desarrollo de las plántulas se dio con éxito, ya que se obtuvieron porcentajes de supervivencia de 100 y 87.5% para cada especie (Pérez, 2012).

La germinación consiste en la emergencia y el desarrollo del embrión y de todas las estructuras esenciales para producir una plántula normal, bajo condiciones favorables (AOSA, 2000). Sin embargo, las semillas pueden presentar latencia al momento de ser dispersadas de la planta (latencia primaria) o desarrollarla debido a las condiciones ambientales (latencia secundaria). Para el primer caso, puede ser, por una parte, exógena: producida por factores externos al embrión; como son física, puesto que muestra testa impermeable; mecánica, donde la testa es dura e impide la protrusión de la radícula; química, cuando hay inhibidores en la testa o pericarpo; y endógena, causada por factores a nivel del embrión; puede ser dividida en morfológica, ocasionada porque el embrión está poco desarrollado y fisiológica, que está relacionada con el componente hormonal (Hartmann *et al.*, 1997).

Hormonalmente, la dormición del embrión (deseccación) está controlada por el ácido abscísico, ya que desensibiliza a los tejidos al agua, luz y temperatura. Este retraso en el proceso de germinación, confiere tiempo adicional para la dispersión de la semilla a distancias mayores, y también aumenta la supervivencia de la plántula a través de impedir la germinación bajo condiciones desfavorables (Sánchez *et al.*, 1999; Schmidt, 2000 en Balaguera *et al.*, 2010). La información acerca de la presencia de inhibidores en el embrión así como para los tejidos que rodean el embrión (endospermo y perispermo) es escasa para muchas especies arbóreas (Vázquez-Yanes & Orozco-Segovia, 1993). Lo anterior explica por qué la germinación en *Q. insignis* no se presentó al día siguiente del establecimiento, ya que generalmente las semillas de encinos blancos germinan casi inmediatamente después de la diseminación (Zavala y García, 1997, citado por Luna, 2008). Villalón (1995, citado por Rubio, 2006) menciona que en semillas de otras especies de *Quercus* aun con tratamientos de

escarificación, la germinación se inicia varios días después del establecimiento. Además, *Q. insignis* presentó un tiempo medio de germinación (TMG) de 18 y 21 días (suelo y árbol), comparado con otras especies de encinos, éstos llegan a presentar de 0.51-3.95 días (Rubio, 2006; Flores, 2007; Luna, 2008; Ramírez, 2009). De acuerdo a la norma ISTA (por sus siglas en inglés: International Seed Testing Association) recomiendan para el análisis de germinación en el género *Quercus* una referencia de 28 días como tiempo medio de germinación sin escarificar, como lo encontrado para *Q. ilex* (TMG en 28.1 días) reportado por Pulido *et al.*, (1999), cercano a lo encontrado en *Q. insignis* el cual fue escarificado.

Pero cuando la latencia se debe a condiciones de la testa, el letargo termina en el momento en que ésta se agrieta o debilita por acciones mecánicas o químicas (escarificación) o por efecto del ambiente (Madueño-Molina *et al.* 2006 en Balaguera *et al.*, 2010). Hartmann & Kester (2002) reportan que esta situación es frecuente en gran número de familias de plantas, en las que la testa y/o secciones endurecidas de otras cubiertas son impermeables, debido a que en la superficie exterior se forma una capa gruesa, revestida de sustancias cerosas y tejido esclerenquimático (Rolston, 1978 en Balaguera *et al.*, *óp. cit.*); favoreciendo la latencia por un un estado de baja actividad metabólica que las hace menos susceptible al deterioro (Kainer *et al.*, 1999 en Magnitskiy & Plaza, 2007; Baskin y Baskin, 2000). Se podría pensar que el pericarpo grueso y duro de las semillas de *Q. insignis* es el causante de dicha latencia, pero se observó que los frutos que no fueron escarificados mecánicamente (no se tomaron para el análisis) germinaron dentro de las bolsas plásticas sin ningún problema y en menor tiempo (una semana).

La germinación de semillas está fuertemente influenciado por factores abióticos tales como la temperatura, estrés hídrico, y en ciertos casos la luz (Rao y Singh, 1985; Rao, 1988). La cámara de germinación proporciona a las semillas un sitio seguro en el que encuentran el estímulo requerido para germinar y emerger, además con la escarificación mecánica de los frutos se elimina un tipo de dormancia exógena de la semilla (Rubio, 2006)

La evaluación de la capacidad germinativa, es una herramienta de gran utilidad, ya que valora la calidad de las semillas, así mismo, es indispensable en el cálculo de necesidades de semillas para siembra (Camacho, 1994). *Q. insignis* presentó valores altos en las semillas colectadas del suelo alcanzando 95.19 %; mientras las recolectadas del árbol alcanzaron un 67.64%. Se sabe que las semillas que aún no han alcanzado el desarrollo morfológico y fisiológico no obtienen una germinación óptima. Por lo que el porcentaje menor de germinación de las semillas de *Q. insignis* recolectadas en el árbol ha sido atribuida a bajos niveles de nutrientes, enzimas y hormonas

indispensables para que dicho proceso se lleve a cabo correctamente (Kermode, 1990, tomado de Pérez, 2008). Además la fase de maduración es importante por la intensa actividad morfogénica que desarrolla; es en esta etapa donde se moldean algunas de las características de la planta adulta. Este periodo también es importante por ser una de las fases más desconocidas dentro de la embriología de las plantas y de modo concreto dentro de la biología de los encinos (Verdaguer & Molinas, 1989).

Una semilla se dice que se vuelve madura cuando ha llegado a un estado en el que se puede separar de la planta sin perjudicar su germinación (Doria, 2010); las semillas están fisiológicamente maduras cuando presentan la máxima calidad en todos sus atributos como tamaño, peso, germinación y vigor, (Sánchez *et al.*, 1999). Por lo que los resultados obtenidos en cuanto a la germinación entre semillas recolectadas del suelo y del árbol concuerdan con Otegui (2007) y Visweshara & Raju (1972) quienes señalan que la germinación y la velocidad de la misma se incrementan significativamente conforme aumenta la madurez del fruto.

Existen casos de estado latente, los cuales son atribuidos a la inmadurez del embrión (Magnitskiy & Plaza, 2007). Se sabe que el periodo de maduración del embrión coincide con el período de maduración del fruto en el que la semilla empieza a ser visible por encima de la cápsula (Verdaguer & Molinas, 1989). Se puede decir que la causa por las que no germinaron las semillas de *Q. insignis* de frutos recolectados del árbol, durante el tiempo observado, se debió a su estado de inmadurez. Por todo lo anterior, para esta especie se recomienda realizar la recolecta de frutos recién caídos o que presenten una coloración marrón-dorado, ya que un color café claro indica pérdida de humedad. En cambio Pulido y colaboradores (1999), encontraron una ligera diferencia entre bellotas de *Q. ilex* recogidas de las ramas y recogidas del suelo, mencionando que el color externo no determina la capacidad germinativa siempre y cuando no presente tonos marrones y pardos ya que esto indica un fruto inviable, pero sí es importante el color interno, ya que la bellota debe tener un tono lo más blanco-amarillento posible. Además mencionan que el color de las bellotas de tonalidad más verdosa, muestran altos tiempos de germinación (39 días) y un porcentaje de germinación de 52.63 %, señalando que se debe al color, al necesitar más tiempo para su total maduración. Esta misma condición se presentó en semillas de frutos verdes de *Q. insignis*.

La uniformidad germinativa está ligada al tiempo de germinación entre las primeras germinaciones y las últimas. Las curvas de *Q. insignis* que muestran este parámetro son muy inclinadas en las dos muestras (suelo y árbol), indicando una uniformidad germinativa baja y un tiempo alto de germinación. La DTG fue de 12.17 y 11.23 días para cada uno de éstos, con una calidad germinativa (índice de Maguire) de 7.17 y 4.16. En los trabajos reportados para especies de encinos blancos se

obtuvieron valores muy distintos; *Q. frutex* mostró una DTG entre 0.09-0.48 días (Luna, 2008) y *Q. obtusata* de 3.64 días (Ramírez, 2009) con una calidad germinativa superior a 50 y 20 respectivamente. En otras especies de encinos como *Q. rugosa* (Flores, 2007), *Q. castanea* (Ramírez, *óp. cit.*) *Q. candicans* y *Q. crassifolia* (Rubio, 2006) se han reportado valores similares a los anteriores. Por lo que estos valores presentados pueden estar influenciados por muchos factores que actúan durante el proceso germinativo, como son el ambiente, la fisiología y/o morfología de la semilla, ya que si se volviera a realizar un trabajo similar se podría obtener valores distintos.

Cuanto mayor es el tiempo para que ocurra la germinación, mayor es la probabilidad que la semilla pierda viabilidad (Arjona *et al.* 1998 en Balaguera *et al.*, 2010), por lo que la germinación de las semillas debe ser rápida, para permitir que los procesos metabólicos posteriores se lleven a cabo, de forma normal (*Ibíd.*) y se asegure la supervivencia de la semilla y de una futura plántula.

Viabilidad

El objetivo principal del almacenamiento es mantener las semillas viables desde que son recolectadas hasta el momento en que serán requeridas para la siembra. La longevidad de las semillas está determinada por su constitución genética, sus características fisiológicas y por daños previos o durante el almacenamiento (Willan, 1991).

Luna (2008) menciona que en encinos blancos, la viabilidad se pierde rápidamente, por lo que el almacenamiento debe ser por periodos cortos; por lo anterior, se decidió aplicar sólo un periodo de 54 días de estratificación en un rango de temperatura de 2-8 °C. El propósito de someter las semillas a bajas temperaturas es lograr una germinación pronta y uniforme (Harttman & Kester, 1980), lo cual se logró en la especie estudiada. Sin embargo, son necesarios más estudios que permitan conocer el tiempo máximo de almacenamiento y sus condiciones físicas sin que se afecte la viabilidad.

Se menciona que temperaturas que oscilan de 7 a 17°C son los apropiados para almacenar semillas recalcitrantes del bosque tropical (Floriano, 2004 en Magnitskiy & Plaza, 2007). Se ha reportado un almacenamiento exitoso, durante largo plazo y con temperaturas bajas (2 a 6°C), para muchas especies recalcitrantes del bosque tropical, entre ellas los encinos (*Quercus* sp.) (Zavala, 2004). La ventaja de utilizar temperaturas bajas durante el almacenamiento de las semillas, es la reducción del metabolismo y la tasa de respiración, que reducen la susceptibilidad al deterioro, por lo que las semillas conservadas en esas condiciones viven más tiempo que a temperatura ambiente (Doria, 2010).

La temperatura es considerada uno de los factores más importantes en la germinación de la mayoría de las especies vegetales (Probert, 2000). Los resultados sugieren que la estratificación en frío actúa como un promotor de la germinación y se puede deber a adaptaciones al ambiente natural, en los cuales, se originó la especie (Manjkhola *et al.* 2003 en Balaguera *et al.*, 2010). Las condiciones de almacenamiento que mantiene la viabilidad de las semillas son aquellas que reducen la respiración y otros procesos metabólicos sin dañar el embrión. El contenido de humedad de la semilla determinará la duración del almacenamiento, en general, las semillas de vida corta son sensibles a la desecación (recalcitrantes) (Camacho 1994). Muchas preguntas quedan aún con respecto a la longevidad de semillas recalcitrantes de especies forestales y los procesos que ocurren durante la pérdida de su viabilidad, por eso se recomienda este tipo de estudios en especies como *Q. insignis*, pues en este trabajo sólo se realizó un periodo de almacenamiento. Las condiciones óptimas para el almacenamiento de las semillas a largo plazo son poco conocidas considerando la existencia de una alta variedad de respuestas fisiológicas en semillas recalcitrantes (Magnitskiy & Plaza, 2007). Este conocimiento se requiere para la propagación sexual de especies forestales como son los encinos, ya sea con fines para el abastecimiento de viveros, conservación de germoplasma de especies en peligro de extinción o la reforestación de comunidades perturbadas, ya que el impacto de las actividades humanas en el medio ambiente ha reducido la abundancia y distribución de muchas especies (Febles *et al.*, 2003 en Doria, 2010).

Las semillas almacenadas en condiciones de baja temperatura y relativamente alta humedad germinan muy fácilmente en los primeros días, lo que parece ser más común en encinos blancos que en rojos, lo que dificulta la conservación de semillas viables por mucho tiempo (Luna, 2008). La germinación de semillas almacenadas de *Q. insignis* ocurrió al siguiente día del establecimiento, obteniéndose un porcentaje máximo de 91.11% a los 9 días. Se ha reportado que la estratificación fría aumenta la síntesis de giberelinas (GAs) y disminuye la concentración de inhibidores como el ácido abscísico (ABA) (Kulkarni *et al.*, 2006 en Balaguera *et al.*, 2010). La exposición al frío degrada el ABA presente en las semillas a ácido faséico y dihidroxifaséico, que son compuestos inactivos, lo que, a su vez, aumenta la relación GAs/ABA, para que ocurra la germinación (Davies, 2004).

La uniformidad germinativa de *Q. insignis* fue buena en esta muestra de semillas (SS-A) en comparación con las que no fueron estratificadas, siendo la desviación del TMG de 1.75; conforme se reduce la desviación típica mejora la calidad del establecimiento. Este índice permite una mejor planeación en cuanto al tiempo disponible para esta labor (Camacho, 1994).

Cada especie de encino se comporta de forma distinta al almacenarse, puede retardarse como en *Q. ilex* (Pulido *et al.*, 1999) o acelerarse en *Q. candicans*, esta última incrementa gradualmente el

porcentaje de germinación a partir de los tres meses de almacenamiento, presentándose el mayor de ellos a los nueve meses. Por otro lado, *Q. crassifolia*, *Q. castanea* y *Q. rugosa* presentan su mayor capacidad germinativa a los tres meses, pero a los 12 meses el proceso germinativo se reduce notablemente (baja capacidad germinativa, índice de Maguire pequeño, TMG y DTMG elevados (Rubio, 2006; Flores, 2007; Ramírez, 2009). Por lo anterior, se puede decir que las especies de encino rojo presentan semillas de tipo intermedio ya que toleran más la deshidratación que los encinos blancos, pues en *Q. frutex*, el porcentaje de germinación de semillas estratificadas por un mes fue de 87.5%, el cual disminuyó a 21% a los tres meses de almacenamiento (Luna, 2008). En general, la variación en la tolerancia a la deshidratación de semillas puede ser atribuida a características intrínsecas de la planta y condiciones ambientales (bajo condiciones de estrés la planta madre puede producir semillas con un menor grado de recalcitrancia); por consiguiente, las necesidades en investigación se deben ubicar en estas dos líneas (Magnitskiy & Plaza, 2007).

Evitar la deshidratación de las semillas durante el almacenamiento puede lograrse implementando ambientes húmedos. El polietileno glicol, carbón (Bewley y Black, 1994), la arena húmeda (Kainer *et al.*, 1999), el suelo húmedo, agua (Mata y Moreno-Casasola, 2005; Gomes *et al.*, 2006, en Magnitskiy & Plaza, 2007), o atmósferas modificadas (uso de empaques plásticos sellados o perforados) (Chaves *et al.*, 1999; Zavala, 2004) pueden ser útiles para el almacenamiento de estas semillas.

Es importante considerar además, que el almacenamiento en condiciones de bajas temperaturas y altos niveles de humedad, las semillas son más susceptibles al ataque de patógenos, principalmente de los hongos típicos de las condiciones de almacenamiento, pero también de hongos endémicos de las semillas (Fonseca y Freire, 2003; Calistru *et al.*, 2000 en Magnitskiy & Plaza, 2007); por ello se recomienda un tratamiento con fungicidas.

Retomando el tamaño y tipo de recolecta realizado en este estudio, se encontraron diferencias estadísticas entre las tres muestras, pues los frutos recolectados del suelo presentaron mayor peso seguido de los estratificados y al final los recolectados del árbol, por lo que la germinación fue mayor en los frutos del suelo; sin embargo, Pasto & Bonet (2005), mencionan que los resultados de los porcentajes de germinación de *Quercus coccifera* no dependen del tamaño de las bellotas sino de las características de la planta madre, además Cañellas & San Miguel (2003) tampoco observaron relación alguna entre el tamaño o la forma de la bellota y su poder germinativo. Esto hace suponer que los factores de procedencia y morfotipo prevalecen sobre el tamaño de las bellotas.

Crecimiento radical en cámara de germinación

El crecimiento es la última fase de la germinación y se asocia con la emergencia de la radícula. Esta fase se caracteriza porque la absorción de agua vuelve a aumentar (diferencia de potencial hídrico entre la semilla y el medio que le rodea), así como la actividad respiratoria (Koornneef *et al.*, 2002). Aunque es necesaria el agua para la rehidratación de las semillas, un exceso de ella actuaría desfavorablemente para la germinación, pues dificultaría la llegada de oxígeno al embrión (Ramón, 2002). Por lo que un remojo por 12 ó 24 horas es lo más recomendado para homogenizar y acelerar la germinación.

El sistema radicular tiene importantes funciones físicas y fisiológicas desde el inicio de la germinación y emergencia, hasta el crecimiento y desarrollo del trasplante. El tamaño, la morfología y la arquitectura pueden ejercer un control sobre el tamaño relativo y ritmo de crecimiento del tallo (Leskovar, 2001).

Las diferencias en el crecimiento de raíz entre las semillas recolectadas del suelo y del árbol de *Q. insignis*, apoyan la propuesta de que las semillas más pesadas son indicadoras de vigor, debido a la capacidad de establecer raíces más eficaces (Guevara & Hernández, 2005), tal eficacia puede ser expresada por la capacidad de elongación (Rubio, 2006). El tamaño de la semilla esta positivamente relacionado con el vigor y la sobrevivencia de las plantas, una semilla grande permite a las plantas producir un sistema radical más extenso y quizá más profundo, para obtener agua de manera más eficiente y rápida (Zavala y García, 1996). Y en cuanto a las semillas que fueron estratificadas, el crecimiento radical fue mayor y en menor tiempo, comparado con las otras muestras, por lo que este proceso favoreció el desarrollo de raíz.

En el presente estudio no se encontró relación entre el crecimiento de longitud y diámetro de la raíz en ninguna de las muestras, debido a que primero se presenta una elongación de la raíz para el anclaje, y posteriormente comienza el engrosamiento. Esto se debe a que la raíz presenta un crecimiento primario, originado del meristemo subapical, después de este proceso se presenta el crecimiento secundario, el cual resulta de la actividad del cambium vascular (crecimiento en grosor), éste se caracteriza por la formación de raíces laterales de segundo, tercer y cuarto orden, y por el crecimiento en diámetro promovido por el cambium (Cronquist 1977, Esau 1977; Fosket 1994 en Chacalo, 2000)

El sistema radical axonomorfo que se caracteriza por una raíz típica o pivotante se da por lo general en árboles que tienen semilla grande, como los encinos. Este crecimiento puede alcanzar varios

metros de profundidad hasta llegar al manto freático, a una capa impermeable de suelo o a un nivel bajo de oxígeno (Chacalo, 2000). Grandes semillas como la de los encinos, especialmente *Q. insignis*, generan en el desarrollo temprano una raíz primaria vigorosa (Bonfil, 1998), debido a las grandes dimensiones de sus frutos, el cual debe de ser proporcional a la longitud y diámetro de su raíz, situación que se confirma, pues la especie en estudio presentó valores mayores de un centímetro de longitud.

Crecimiento en vivero (crecimiento *ex situ*)

Durante el transcurso del monitoreo se encontraron diferencias significativas en cuanto al desarrollo de las plantas de las tres muestras. El tamaño de la semilla está positivamente relacionado con el tamaño inicial de la planta (Moegenburg, 1996 en Tenorio *et al.*, 2008). Así, una semilla grande como la de *Q. insignis*, resultará en una plántula más grande y con mayores probabilidades de sobrevivir que una pequeña. Según Leishmann *et al.* (2000), la supervivencia de plántulas está directamente relacionada con el tamaño de la semilla. Esta ventaja de tamaño inicial de la plántula puede persistir hasta la madurez o perderse con el tiempo (Zimmerman y Weis, 1983 en Tenorio *et al.*, 2008).

Un tamaño grande en semillas tiene otras ventajas, como la mayor capacidad para emerger desde mayores profundidades del suelo, en comparación con las pequeñas. Y también cuando existe deficiencia de nutrientes, una plántula de una semilla grande tiene más probabilidad de sobrevivir que una plántula de una semilla pequeña porque tiene más reservas (Tenorio *óp. cit.*). Otro factor importante es la herbivoría, pues las plántulas pueden sufrir daños por remoción de hojas en sus primeras etapas de vida. La capacidad de una plántula para sobrevivir cuando se ha removido parte de su follaje, está positivamente asociada con el tamaño de la semilla (Bonfil, 1998).

Flores (2007) menciona que durante el desarrollo de plantas de *Q. rugosa* observó que la altura, el número de hojas y el diámetro de tallo de semillas de distinto peso y color fueron muy similares, concluyendo que esta variación no es indicador del grado de crecimiento de la plántula. También, Ramírez (2009) encontró que el crecimiento de plantas de *Q. castanea* procedentes de semillas estratificadas y no estratificadas mostraron dimensiones similares durante el monitoreo. Caso contrario, a lo obtenido en este estudio, pues pese a lo anterior se presentaron diferencias estadísticas entre las tres muestras en cuanto a las variables medidas y al tiempo. Muchos factores pueden ser los responsables de estas diferencias como son la variación de peso, grado de madurez, manejo en el vivero, etc.

Los encinos presentan tasas bajas de crecimiento, el cual se concentra en pulsos coincidentes con una marcada estacionalidad (Hanson *et al.*, 1986 en Jiménez, 1997 citado por Rubio 2006). Lo anterior se ha observado en *Q. candicans*, en la que se presentan periodos sin cambios notorios en diámetro, altura y número de hojas (Rubio *óp. cit.*). Luna (2008) observó que el diámetro de las plantas de *Q. frutex* se mantienen en un cierto intervalo a lo largo del año. En *Q. insignis* los promedios de altura, número de hojas y cobertura se incrementaron con el tiempo, sobre todo en los meses de abril a octubre ya que los primeros meses son cruciales para el establecimiento de las plantas, y no existiendo un incremento notorio en los meses de noviembre a diciembre, debido a la época fría y a la caída de hojas.

En las plantas monitoreadas de *Q. insignis*, el diámetro y la altura del tallo muestran un relación importante pues los nutrientes son utilizados en la elongación del tallo y en la producción de hojas y ramas. Así, la altura del tallo, el número de hojas y la cobertura se incrementan conforme avanza el tiempo. También se ha observado que existe una relación fuerte entre el número de hojas con el aumento de la cobertura en *Q. frutex*, *Q. obtusata* y *Q. castanea* (Luna, 2008; Ramírez, 2009). Así como el número de hojas y la cobertura con respecto a la altura del tallo de *Q. candicans* (Rubio, 2006) y *Q. frutex* (Luna, 2008); lo anterior indica que en la mayoría de los encinos, el crecimiento se da de manera proporcional, pues a medida que crece el tallo las hojas nuevas son de mayor longitud y por tanto se incrementa la cobertura.

Dentro de las características que también influyen en el tamaño de la planta en vivero, está el tamaño del contenedor. Al existir mayor cantidad de nutrientes disponibles y agua en los envases de mayor tamaño, éstos proporcionan significativamente mejores resultados de crecimiento y supervivencia. Además de un mejor desarrollo radical (Cemagref, 1987 citado por Domínguez, 1997).

Se ha visto en *Pinus contorta*, (Endean y Carlson, 1975 en Landis *et al.*, 2000) que el volumen del contenedor tiene un efecto significativo en el tamaño y tasa de crecimiento. Pues tanto el peso anhidro de la raíz como el de la parte aérea, aumentan significativamente al aumentar el tamaño del contenedor. Debido a que los contenedores grandes proveen más espacio de crecimiento; las plantas que crecen en contenedores grandes requieren de mayores periodos de tiempo para que su sistema radical ocupe completamente el espacio del envase (Juárez, 2011)

La variable altura se relaciona con su capacidad fotosintética y su superficie de transpiración. Las plantas más altas pueden lidiar mejor con la vegetación competidora, aunque esto implica una buena salud fisiológica y un sistema radicular adecuado. (Quiroz, 2009 en Juárez, 2011).

Q. insignis es una especie de crecimiento rápido y por su altura podrá lidiar mejor con la vegetación competidora, aunque también implica una buena salud fisiológica y un sistema radicular adecuado. (Quiroz, 2009 en Juárez, 2011). Por lo que si se le proporciona el espacio adecuado, en un año podrá alcanzar una altura mayor a un metro. Debido a estas características se puede recomendar su uso como una especie clave en conjunto con otras especies, para la restauración del Bosque Mesófilo de Montaña.

Supervivencia en vivero

Ramírez (2009) en su estudio menciona que las plantas de encino en vivero, fue en aumento hasta el mes de abril; sin embargo durante los meses de mayo, junio y julio se observó una disminución significativa en el porcentaje de plantas obteniendo un porcentaje final de 13.79% para *Quercus obtusata* y de 64.4% para *Quercus castanea*. Y debido a la baja sobrevivencia en plantas de *Quercus obtusata* en años consecutivos se realizaron pruebas de sobrevivencia, colocando las plantas en recipientes con mayor superficie horizontal, teniendo mayores cuidados en el riego y cantidad de luz para todos, de esta forma se obtuvo un porcentaje de supervivencia de 100%, alcanzando tallas de hasta de 8 cm de altura a los 2 meses de edad lo que representa el doble de crecimiento en relación al primer establecimiento. Se puede decir que luego que ocurre la germinación y una vez agotados los elementos de reserva, la plántula se torna más sensible y vulnerable a las influencia externas, ya que a partir de ese momento debe de fabricar su propio alimento y desarrollar mecanismos de protección y crecimiento influenciados por el medio ambiente, por lo que en condiciones adecuadas se obtienen porcentajes altos de sobrevivencia en vivero. Así el tener los debidos cuidados incluyendo podas artificiales con el objeto de eliminar las ramas muertas y reducir el riesgo de plagas y enfermedades se fortalecerá su crecimiento (*ibíd.*).

Por lo anterior el manejo en el vivero es primordial para el buen establecimiento y desarrollo de las plantas, sin importar otras variables propias de la planta como lo es el tamaño de la semilla, ya que el estrés ambiental y biológico que se pueda originar en la rizósfera puede ser expresado en el tallo, afectando el desarrollo vegetativo (Leskovar, 2001). Muchas veces el costo de los grandes contenedores es un impedimento para su utilización, sin embargo a largo plazo puede ser redituable dado que el éxito que se tenga en la producción de planta en vivero dependerá en mucho del tipo de envase seleccionado (INIFAP, 1995).

Por lo que el empleo de contenedores inadecuados, el tiempo de permanencia y la manipulación incorrecta de la planta, ocasionan defectos que repercuten en la sobrevivencia de la misma en campo. Debe utilizarse el envase adecuado para cada especie además de mantener un riguroso

programa de producción y asegurar que la plantación se realice en el tiempo programado (Cibrían *et al.* 2007).

Debido a lo anterior, para *Q. insignis* se recomienda el uso de envases de gran tamaño o un trasplante antes de los 6 meses de edad a bolsas de tamaño adecuado (5kg), debido al crecimiento acelerado. En los individuos que se trasplantaron pasados los 6 meses, se observó que la mayoría murió, así que se decidió revisar la raíz. Pues las enfermedades de mayor importancia en los viveros forestales se originan en la raíz, y son causadas principalmente por hongos fitopatógenos del suelo, aunque no se descartan otras enfermedades producidas tanto por bacterias como por nematodos (*Ibíd.*)

Independientemente de la especie fúngica responsable de la infección, se ha diagnosticado de la podredumbre radical o colapso tardío en el género *Quercus*; las plántulas muestran clorosis, desecación y marchitez foliar, que comienza por los márgenes y va avanzando hacia el nervio principal hasta la completa marchitez de las hojas. En algunos casos se produce defoliación, pero en general las hojas marchitas permanecen prendidas al tallo. Los sistemas radicales aparecen reducidos y con necrosis extensas en las raicillas absorbentes aún unidas a la raíz principal leñosa, que sin embargo no presenta lesiones (Andicoberry *et al.*, 2007).

La patogenicidad de ciertos hongos viene determinada por el contenido hídrico del suelo, ya que la aparición de la enfermedad en los viveros está asociada a un estado de saturación hídrica periódica de los sustratos. Estas condiciones de encharcamiento favorecen la producción de cuerpos fructíferos infectivos, de forma que lo que se ha venido considerando como alta sensibilidad de los *Quercus* a la asfixia radical por encharcamiento de los sustratos de cultivo, se debe contemplar más apropiadamente como una muy elevada susceptibilidad a estos patógenos en condiciones de saturación hídrica (*ibíd.*). Por todo lo anterior, el deceso de las plantas de *Q. insignis*, está asociado a un conjunto de factores bióticos como abióticos, los cuales pueden prevenirse en base a este estudio.

A manera de síntesis *Q. insignis* es un buen candidato para establecerse como una especie valiosa en la restauración y la reforestación ya que cumple con las características citadas por Pérez 2012, que son: fácil propagación, la cual se logró con éxito en el presente estudio; tiene un crecimiento rápido principalmente por el tamaño de sus semillas ya que en un año puede alcanzar un metro de altura; buena producción de materia orgánica como hojarasca, por su gran cobertura y de características subcaducifolia; muestra utilidad adicional, como leña, carbón, base para muebles etc.; presenta micorrizas, para su buen establecimiento por la adquisición de nutrientes del suelo; y como función principal, restablece las poblaciones de flora y fauna nativa ya que forma parte del hábitat y

es fuente de alimento. Y de acuerdo a Montes (2011) *Q. insignis* es una especie que puede crecer y sobrevivir en condiciones de sombra intermedia (debajo de árboles y arbustos maduros y juveniles) y en condiciones totalmente expuestas a la luz solar a pesar de ser afectada por la herbivoría, sin embargo, en condiciones de sombra intermedia es donde el incremento en área basal es mayor.

Descripción morfológica

El estudio de la morfología de las plantas de diferentes edades permite caracterizar a las especies, ya que al describirlas se pueden apreciar variaciones; sin embargo, dichas características pueden llevar a conclusiones erróneas (forma y tamaño del fruto, tipos de tricomas, etc.) (Romero, 2006). Como en otros encinos, *Q. insignis* es una especie con problemas taxonómicos, debido al número de nombres involucrados (sinonimias); esto se debe a la gran variabilidad morfológica relacionada con factores ambientales o en su caso a la hibridación, no obstante, Romero (2001) menciona que ésta no siempre es fácil identificar y que es necesario realizar investigaciones en el campo de la biología molecular para documentarlo.

El presente trabajo, como el realizado con *Q. hintonii* (Romero, *et al.*, 2000), mostró que el estudio de las plántulas permitió observar que la morfología de esta especie varía entre los individuos jóvenes y los adultos, los primeros presentan hojas con abundantes tricomas simples y los adultos hojas con abundantes tricomas fasciculados sésiles (estrellados), y como indica Aguilar & Romero (en Romero *et al.*, 2000) este tipo de caracteres son importantes, pues debido a ellos se describieron varias especies que ahora son sinónimos.

El estudio de la morfología de los tricomas es una herramienta útil para la identificación de los encinos, en especial de aquellas especies donde existen similitudes. Aunque a veces es difícil su análisis, sobre todo cuando no existe una clara distinción entre los tipos y cuando existe una transición de un tipo de tricoma a otro (Vázquez, 2006). Vázquez (*óp. cit.*) observó una transición entre fasciculado sésil y fasciculado estipitado, así como de fasciculado sésil a estrellado (stellate); esto concuerda con lo observado en *Q. insignis*, donde de acuerdo a la edad de las plantas cambia el tipo de tricoma.

Hay que considerar, que aunque los encinos muestran una gran variación en su morfología foliar, los tipos de tricomas presentes en cada especie son constantes (Romero, *óp. cit.*); conociendo la morfología de éstos junto a los caracteres vegetativos y reproductivos se obtiene información valiosa para la identificación y caracterización de las especies mexicanas (Vázquez, 2006). El presente estudio permitió caracterizar en estos aspectos a *Q. insignis*; no obstante, aún es necesario el estudio

de las poblaciones en los diferentes áreas de su distribución, así como la afinación de caracteres diagnósticos por medio del microscopio electrónico de barrido para observar los detalles de los tricomas, ya que puede revelar diferencias entre tricomas aparentemente similares (Vázquez, *óp. cit.*). Además es necesario realizar la descripción completa de la arquitectura foliar de la especie estudiada.

CONCLUSIONES

- * Existieron diferencias significativas en las tres muestras estudiadas (FS, FA y FS-A), en cuanto al peso y talla de frutos y semillas, al crecimiento de raíz y al crecimiento en vivero.
- * Se observó variación morfológica en los frutos de *Q. insignis* en cuanto a forma y peso.
- * Existió una correlación fuerte entre el peso del fruto y la semilla y entre el peso de fruto/semilla y el ancho de fruto/semilla, por lo que la talla y peso de la semilla equivalen a la mitad de los valores del fruto.
- * La germinación ocurre en la base de la nuez; generalmente en otras especies de *Quercus* ocurre en el ápice.
- * El porcentaje de presencia de frutos polispérmicos fue bajo.
- * Se observó latencia endógena que intervino en el inicio de la germinación.
- * El estado de maduración del fruto influyó en la capacidad germinativa, tiempo de germinación, uniformidad germinativa y calidad de germinación, siendo mejores en los recolectados del suelo.
- * La estratificación mejoró los valores germinativos; sin embargo, la viabilidad se vio afectada después de 2 meses del almacenamiento.
- * La tasa de crecimiento relativa del área basal y altura fue mayor en los primeros seis meses, por lo que en este periodo debe existir mayor atención en el manejo.
- * La supervivencia en vivero fue mayor en plantas provenientes de frutos recolectados en suelo, por lo que este tipo de recolecta es el más recomendado; o bien, el pericarpo debe mostrar un color café-dorado.
- * Se observaron diferencias morfológicas foliares a diferentes edades en cuanto al tipo de tricoma, número de nervaduras y sierras.
- * La capacidad de propagación en vivero para esta especie es alta, debido a que mostró éxito en su germinación y crecimiento; considerando además, que es una especie en riesgo, son importantes

este tipo estudios, pues permiten conocer más la biología de la especie para desarrollar programas de manejo para su conservación.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Rodríguez S. H., J. C. Gallardo, R. Romero, R. Manríquez, M. Gutiérrez, H. Macías, J. Brenner, E. Aguirre & A. Arango. 2002. Línea base de la servidumbre ecológica de Las Cañadas Huatusco, Veracruz. Global Environment Facility, Xalapa, Veracruz. 1-33 p.
- Andicoberry S., F. Lora, M. E. Sánchez & A. Trapero. 2007. Podredumbre radical (colapso tardío) de *Quercus* sp. en vivero. Manual técnico de la Consejería de Medio Ambiente. Andalucía, España. 6 p.
- AOSA. Association of Official Seed Analysts. 2000. Rules for testing seeds. Bozeman, Mont. 126 p.
- Balaguera H. B., J. G. Álvarez & J. Cárdenas. 2010. Efecto de la estratificación fría y la cobertura plástica en semillas de gulupa (*Passiflora edulis* Sims.) para obtención de plántulas. *Rev. U. D. C. A. Actualidad & Divulgación Científica*. **13** (2): 89-97 p.
- Baskin, C.C. & J. M. Baskin. 2000. Ecology and evolution of specialized seed dispersal, dormancy and germination strategies. *Plant Spec. Biol.* **2**: 95-96 p.
- Baskin, C. C., & J. M. Baskin. 2001. Seeds. Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. Academic Press. San Diego. 666 p.
- Bello, G.M. & J. N. Labat. 1987. Los encinos (*Quercus*) del estado de Michoacán, México. Cuadernos de Estudio Michoacanos I. SARH-CEMCA. México. 98 p.
- Benítez G., M. T. P. Pulido-Salas & M. E. Zamora. 2004. Árboles multiusos nativos de Veracruz para reforestación, restauración y plantaciones. Instituto de Ecología A.C., SIGOLFO y CONAFOR. Xalapa, Veracruz. México.
- Bewley, J.D. & M. Black. 1994. Seeds: physiology of development and germination. Plenum Press, New York. 445 p.
- Bonfil, C. 1998. The effects of the seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Quercus laurina* (Fagaceae). *American Journal of Botany*, **85**: 79-87 p.
- Camacho M. F. & V. G. Morales, 1992. Métodos para el análisis del efecto de tratamientos sobre la germinación. INIFAP, Campo experimental Coyoacán. 282-290 p.

Camacho, M. F. 1994. Dormición de semillas; causas y tratamientos. Ed. Trillas. México. 125 p.

a) Camacho, M. F. 1994. Fisiología de la germinación. En Martínez Bautista A. & A. Villas. 1994. Semillas forestales. CENID-COMEF, INIFAP, campo experimental Coyoacán, México. Publicación especial No. 2. 12-31 p.

Cañellas, I. & A. San Miguel. 2003. La coscoja (*Quercus coccifera* L.): Ecología, características y usos. Monografías INIA. *Forestal* (5) Madrid.

Chacalo Hilu A. 2000. Crecimiento de raíces de *Quercus crassifolia*, *Q. crassipes* y *Fraxinus uhdei* en dos tipos diferentes de suelo urbano. Tesis doctoral, Facultad de Ciencias, UNAM, México. 103 p.

Challenger A. 1998. Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México: Pasado, Presente y Futuro. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Nacional Autónoma de México y Agrupación Sierra Madre, S.C., México, D.F.

Chaves, A., A. Mugredgei, H. Fassola, D. Alegranza & R. Fernández. 1999. Conservación refrigerada de semillas de *Araucaria angustifolia*. *Bosque*. **20**: 117-124 p.

Cibrián, T.D., D.A. Rosales, S.E. García, 2007. Enfermedades Forestales de México. Universidad Autónoma Chapingo. México. 453 p.

Clark F. E. Agar-Plate method for total microbial count. In: Black C.A., D. D. Evans, J. L. White, F. E. Clark & L. E. Ensminger. 1965. Methods of soil analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties. Managing Editor. American Society of Agronomy. 1460-1466 p.

Coombes Allen J. & M. Rodriguez-Acosta. (undated). Mexican oak conservation – the role of botanic gardens. In Botanic Garden Conservation International.

Cronquist, A. 1981. An integrated system of classification of flowering plants. Columbia University Press. New York. 1262 p.

Davies, P. 2004. Plants hormones. First Ed. Kluner Academic Publishers. (United States). 750 p.

Domínguez, L. S. 1997. La importancia del envase en la producción de plantas forestales. Centro Nacional de Mejora Forestal, "El Serranillo", Ministerio de Medio Ambiente. Guadalajara, España. *Quercus* **134**: 34-37 p.

- Doria, J. 2010. Generalidades sobre las semillas: su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos tropicales*. **31**(1): 74-85 p.
- Elias, S. T. 1971. The genera of *Fagaceae* in the Southeastern United States., *Jour. Arnold Arb.* **52**: 152-195 p.
- Espejel, M. L.; N. Santacruz & M. Sánchez, 1999, El uso de los encinos en la región de la Malinche, Estado de Tlaxcala, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*, **64**: 35-39 p.
- Flores-Villela O. & Gerez P. 1994. Biodiversidad y conservación en México: Vertebrados, Vegetación y Uso del Suelo. 2ª ed., Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad y Universidad Nacional Autónoma de México, D.F.
- Flores, A. I. & C. A. J. Romero. 2001. Diagnóstico fitosanitario del arbolado en pie de ocho especies de angiospermas, en el vivero de Coyoacán. Tesis profesional, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. México. 167 p.
- Flores O. M. H. & R. Lindig-Cisneros. 2005. Lista de nombres vulgares y botánicos de árboles y arbustos propicios para repoblar bosques de la República de Fernando Altamirano y José Ramírez a mas de 110 años de su publicación. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. **76**:11-35 p.
- Flores, Soto P. A. 2007. Variación morfológica del encino *Q. rugosa* Neé (Fagaceae). Tesis de licenciatura, FES Iztacala, UNAM. México. 87 p.
- Fraatz López, R. & C. A. Montúfar. 2007. Estudio florístico-estructural de una comunidad vegetal madura en el Macizo Montañoso Apagüiz-Apahuerta, El Paraíso, Honduras. Proyecto especial de Licenciatura, Zamorano Honduras. 49 p
- Garrido M. V; J. M. del Arco & A. Escudero. 1989. Ciclo de nutrientes: Fenología de la abscisión y dinámica de la descomposición en distintas especies caducifolias y perenifolias. *Options Méditerranéennes*. (3): 163-166 p.
- Guevara, M. & R. Hernández. 2005. Germinación, crecimiento post-emergente y establecimiento en vivero y en campo de *Quercus crassifolia* (Humb. & Bonpl.) bajo el efecto de dos tratamientos pre-germinativos y tres tamaños de semillas. Tesis de licenciatura FES-Zaragoza, UNAM. México. 70 p.
- González V. L. M. 1986. Contribución al conocimiento del Género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de Jalisco. Instituto de Biología, Universidad de Guadalajara, Guadalajara.

Hartmann, T. & D. Kester. 1980. Propagación de plantas. Principios y prácticas. Compañía Editorial Continental. Mexico, D.F. 844 p.

Hartmann, H. T., D. Kester & F. T. Davies. 1997. Plant Propagation: Principles and Practices, Prentice Hall International (New Jersey). 647 p.

Hartmann, H. T. & D. Kester. 2002. Propagación de plantas: principios y prácticas. 7ª ed. Compañía Editorial Continental. México, D.F. 896 p.

Hernández García Marcos Antonio. 2006. Plan municipal de desarrollo rural sustentable. Huatusco, Veracruz. México. 1-30 p.

Hickey L., 1974. Clasificación de la arquitectura de las hojas de dicotiledóneas. *Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica*. **16** (1-2): 1-25 p.

House P., J. Linares, L. Díaz, S. Zavala & C. Lesko. 2006. Inventario florístico cuantitativo del parque Nacional Pico Bonito: La montaña de Corozal y la montaña Los hornitos. Manejo integrado de Recursos Ambientales. Honduras. 55 p

INIFAP. 1995. Viveros forestales. Publicación especial No. 3. México, D. F. 179 p.

Juárez Ruíz C. L. 2011. Producción de planta forestal en dos viveros tecnificados del estado de Tamaulipas 2006-2009. Memoria de experiencia. Para obtener el título de Ingeniero forestal. Universidad Autónoma de Chapingo división de ciencias forestales. 88 p.

Kainer, K., M. Duryeaa, M. Malavasi, E. Rodrigues da Silva & J. Harrison. 1999. Moist storage of Brazil nut seeds for improved germination and nursery management. *Forest Ecol. Manag.* **116**: 207-217.

Koornneef, M., L. Bentsink & H. Hilhorst. 2002. Seed dormancy and germination. *Current Opinion. Plant Biol.* (5): 33-36 p.

Köppen, W. 1948. Climatología. Fondo de Cultura Económica, México.

Landis, T. D., R. W. Tinus, S.E. MacDonald, J. P. Barnett, R. G. Nisley, D. T. Rodríguez, R. V. Sánchez & R. B. Aldana. 2000. Contenedores y Medios de Crecimiento. Volumen Dos. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. Manual Agrícola 674. Dpto. de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio Forestal. 92 p.

b) Landis, T. D., R. W. Tinus, S.E. MacDonald, J. P. Barnett, R. G. Nisley, D. T. Rodríguez, R. V. Sánchez & R. B. Aldana. 2000. Fertilización y riego. Volumen Cuatro. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. Manual Agrícola 674. Dpto. de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio Forestal. 126 p.

Landis, T. D., R. W. Tinus, S.E. MacDonald, J. P. Barnett, R. G. Nisley, D. T. Rodríguez, R. V. Sánchez & R. B. Aldana. 2004. Planeación, establecimiento y manejo del vivero. Volumen Uno. Manual de viveros para la producción de especies forestales en contenedor. Manual Agrícola 674. Dpto. de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio Forestal. 192 p.

Lawrence, G. H. 1951. Taxonomy of vascular plants. The Mac Millan Company. New York.

Leishman, M. R., I. J. Wright, A. T. Moles, & M. Westoby. 2000. The evolutionary ecology of seed size. *In*: Fenner, M. (ed). The Ecology of Regeneration in Plant Communities. CABI Pub. London. 31–57 p.

Leskovar, D.I. 2001. Producción y Ecofisiología del trasplante hortícola. Curso dado en Buenavista, Saltillo, Coahuila. Disponible desde internet en: www.uaaan.mx/academic/Horticultura/Memhort01/Curso.pdf. (con acceso 27/11/12).

Luna J. A de L., E. L. Montalvo & A. B. Rendón. 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **72**: 107-117 p.

Luna, M. 2008. Aspectos ecológicos del encino *Q. frutex* Trel. (Fagaceae) en tres localidades del Estado de México. Tesis de licenciatura, FES Iztacala, UNAM. México. 128 p.

Machuca-Velasco R., P. Borja de la R., F. Zamudio & G. Bárcenas. 1999. Propiedades tecnológicas de la madera de *Quercus insignis* de Huatusco edo. de Veracruz, México. *Revista Chapingo*, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Universidad Autónoma Chapingo, México. **5**(2): 125-131 p.

Machuca V. R., S. M. Fuentes & P. Borja de la Rosa. 2006. Absorción de soluciones preservantes de nueve especies de maderas, mediante procesos de impregnación a vacío-presión e inmersión. *Revista Chapingo*. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. Universidad Autónoma Chapingo, México. **12** (01): 71-78 p.

Magaña, P. & J. L. Villaseñor. 2002. La Flora de México ¿Se podrá conocer completamente? *Ciencias*, **66**: 24-26 p

Magnitskiy Stanislav V. & A. Plaza Guido. 2007. Fisiología de semillas recalcitrantes de árboles tropicales. *Agronomía Colombiana*, Universidad Nacional de Colombia, **25** (1): 96-103 p.

Márquez-Ramírez, J., L. del C. Mendizabal- Hernández & C.I. Isaias-Flores. 2005. Variación en semillas de *Quercus oleoides* Schl. & Cham. de tres poblaciones del centro de Veracruz, México. *Foresta Veracruzana*, **7**: 31-36 p.

Mc Vaugh, R. 1974. Fagaceae in: Flora Novo Galiciana. Contrib. Univ. Mich. Herb. 12(3): 1-93 p.

Montes H. B. 2011. Evaluación de una plantación de *Quercus insignis* con fines de restauración del bosque mesófilo de montaña en el centro de Veracruz, México. Tesis de licenciatura. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla. 52 p.

Mur, P. 2003. Patrones de distribución geográfica de especies del género *Quercus* y de algunos de sus insectos formadores de agallas en el estado de Michoacán, México. Tesis Maestría. Facultad de Ciencias; UNAM. México. 58 p.

Nepamuceno M. F. 1994. Ontogenia y morfología. En Martínez Bautista A. & A. Villas. 1994. Semillas forestales. CENID-COMEF, INIFAP, campo experimental Coyoacán. México. Publicación especial No. 2. 5-11 p.

Nixon, K.C. 1993. The genus *Quercus* in México. In Ramamoorthy T.P., Bye R., Lot A. & Fa J. Eds. Biological Diversity of México: Origins and Distribution, Oxford University Press, Nueva York. 447-458 p.

Oldfield S. & A. Eastwood. 2007. The red list of oaks, Fauna & Flora International, Cambridge, UK. 32 p.

Olvera, M.G., 2004. Factores que participan en la viabilidad de semillas de *Quercus rugosa* y *Quercus crassipes*. Tesis de Licenciatura. FES-Iztacala, UNAM. México. 100 pp.

Otegui M., C. Sorol, A. Fleck & G. Klekailo. 2007. Madurez fisiológica, germinación y conservación de semillas de guayabito (*Psidium cuneatum* CAMB.- Myrtaceae). *Revista Brasileira de Sementes*, **29** (3): 142-150 p.

Pasto Llorca E. & A. Bonet Jornet. 2005. Efecto de la procedencia de las bellotas y el morfotipo sobre el éxito de germinación de *Quercus coccifera* L. Mediterránea. Serie de estudios biológicos. Época II no 18. Universidad de Alicante, España.

Pérez-Cruz I. D. 2012. Reintroducción de los encinos *Quercus candicans* Neé y *Quercus crassipes* Humb. & Bonpl. en un Bosque del Valle de Bravo, Estado de México. Tesis de Licenciatura. FES Iztacala, UNAM. 96 p.

Plan de desarrollo municipal: Huatusco (2011-2013). 198 p.

Prieto Ruiz, J. A. & A. Sánchez Vélez. 1991. Guía básica de la reforestación. SARH-UACH. Chapingo, Estado de México. 75 p.

Probert, R.J. 2000. The role of temperature in the regulation of seed dormancy and germination. In: Fenner, M. (Ed.), *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*, 2nd ed. CABI Publishing, Wallingford, UK, 261-292 p.

Puerta-Piñero, C. 2008. Ecología de la regeneración de *Quercus ilex* a escala de paisaje: importancia de los dispersores y/o depredadores de semillas para el reclutamiento. Tesis doctoral. Universidad de Granada, España. 120 p.

Pujade Villar, J. 2008. Descripción de *Odontocynips hansonii* n. sp. de Costa Rica (Himenóptera: Cinipidae). *Dugesiana*. **15** (2): 79-85 p.

Pulido García L., A. Tendero Lora, G. Naharro & F. Romero Caballero. 1999. Germinación de la bellota del "Parque del mediterráneo" según algunos tratamientos previos. Universidad de Castilla-La Mancha. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos. Albacete, España. 1-27 p.

Ramírez Lozano, F., A.G. Gómez Castro, J. Rodríguez Berrocal, E. Peinado Lucena & M. Medina Blanco. 1983. Valoración de frutos de *Quercus liex* L. en función de la concentración de taninos. *Arch. Zootec.*, **122**: 3-16 p.

Ramírez, C. 2009. Contribución al estudio ecológico de dos especies de encino *Q. obtusata* Humb. & Bonpl. y *Q. castanea* Neé, en dos localidades del Estado de México. Tesis de licenciatura; FES Iztacala, UNAM. México. 91 p

Ramón, M & Mendoza, C. 2002. Efecto del deterioro post-corte sobre la germinación de la semilla asexual de cinco variedades de caña de azúcar. *Rev. Fac. Agron.*, **19** (4): 264-272 p.

Rao, P. B. & S. P. Sing. 1985. Response breadths on environmental gradients of germination and seedling growth in two dominant forest tree species of central Himalaya. *Annals of Botany*. **56**: 783-794 p.

- Rao, P. B. 1988. Effects of environmental factors on germination and seedling growth in *Quercus floribunda* and *Cupressus tortulosa*, trees species of Central Himalaya. *Annals of Botany*. **61**: 531-540 p.
- Rice, K. J., D. R. Gordon, J. L. Hardison & J. M. Welker. 1993. Phenotypic variation seedlings of a "keystone" tree species (*Quercus douglasii*): the interactive effects of acorn source and competitive environment. *Oecología*, **96**: 537-547 p.
- Romero R. S., E. C. Rojas & C. Almonte D. 2000. *Quercus hintonii* Warb. (Fagaceae) encino endémico de la Depresión del Balsas, México y su propagación. *Polibotánica*. **11**: 121-127 p.
- Romero R. S. 2001. Estudio taxonómico de la serie *Acutifoliae* (*Quercus*, Fagaceae). Tesis doctoral. Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México. México D.F. 174 p.
- Romero S., E. C. Rojas & S. Aguilar. 2002. El género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México. *Annals of the Botanical Garden*. **89**: 551-593 p.
- Romero R. S. 2006. Revisión taxonómica del complejo *Acutifoliae* de *Quercus* (Fagaceae) con énfasis en su representación en México. *Acta Botánica Mexicana* **76**: 1-45 p.
- Rubio-Licon, L. E. 2006. Estudio ecológico de *Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl. y *Quercus candicans* Née en bosques de encino del Estado de México. Tesis de licenciatura, FES Iztacala, UNAM. México. 155 p.
- Rubio L. L. E., S. Romero, E. C. Rojas, A. Durán & J. C. Gutiérrez. 2011. Variación del tamaño de frutos y semillas en siete especies de encino (*Quercus*, Fagaceae). *Polibotánica*. **32**: 135-151 p.
- Rzedowski, J. 1978. Vegetación de México. Limusa, México, D.F.
- Rzedowski, J. 1988. Vegetación de México. Ed. Limusa, México. 432 p.
- Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana* 14: 3-21 p.
- Rzedowski, J., 2006. Vegetación de México. 1ra. Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México.
- Salisbury, F. B. & C. W. Ross. 1992. Fisiología vegetal. Grupo Editorial Interamericano, México.

- Sánchez, J. A., E. Calvo, B. Muñoz & R. Orta. 1999. Comparación de dos técnicas de acondicionamiento de semillas y sus efectos en la conducta germinativa de tomate, pimiento y pepino. *Cultivos Tropicales*. **24** (4): 51-56 p.
- Rodríguez- Estévez, V., A. García, C. Mata, J. M. Perea & A. G. Gómez. 2008. Dimensiones y características nutritivas de las bellotas de los *Quercus* de la Dehesa. *Arch. Zootec.*, **57** (R): 1-12 p.
- Tamarit U. J. C., A. Borja de la Rosa, R. Flores & A. Corona. 2002. Vida útil de dos barnices para exteriores mediante intemperismo artificial en maderas de aile, pino y encino. *Revista Chapingo*. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente, Universidad Autónoma Chapingo, México. **8** (1): 83-90 p.
- Tenorio, G. G., D. Rodríguez & G. López. 2008. Efecto del tamaño y color de la semilla en la germinación de *Cecropia obtusifolia* Bertol (Cecropiaceae). *Agrociencia* **42** (5): 1-14 p.
- Toledo, V. 1988. La diversidad biológica de México. *Ciencia y Desarrollo*. **81**: 17-30 p.
- Toledo, V. M. & M. J. Ordoñez. 1993. The biodiversity scenario of México: a review of terrestrial habitats. In Ramamoorthy T.P., Bye R., Lot A. & Fa J. Eds. Biological Diversity of México: Origins and Distribution, Oxford University Press, Nueva York. 757-777 p.
- Tripathi, R.S. & M. L. Khan. 1990. Effects of seed weigh and microsite characteristics on germination and seedling fitness in two species of *Quercus* in subtropical wet hill. *Oikos* **57**: 289-296 p.
- Valencia, A. S. 1989. Contribución al conocimiento del género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de Guerrero, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México 183 p.
- Valencia, A. S. 1995. Contribución al conocimiento del género *Quercus* (Fagaceae) en el estado de Guerrero, México. Contribuciones del Herbario de la Facultad de Ciencias. No. 1. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Valencia, A. S .2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* **75**: 33-53 p.
- Vázquez-Yanes, C. & A. Orozco-Segovia. 1993. Patterns of seed longevity and germination in the tropical rainforest. *Annu. Rev. Ecol. System*. **24**: 69-87 p.
- Vázquez M. L. 2006. Trichome morphology in selected mexican red oak species (*Quercus* section Lobatae). *Brit.Org/SIDA*. **22** (2): 1091-1110 p.

Vázquez, F., E. Doncel & S. Ramos. 2001. Variaciones de calidad en la bellota. *Sólo Cerdo Ibérico*, **6**: 75-80 p.

Vera Castillo, G. 2003. Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques en el Sur y Sureste de México. Documentos de Trabajo: Recursos Genéticos Forestales. Servicio de Desarrollo de Recursos Forestales, Dirección de Recursos Forestales, FAO, Roma. 48 p.

Verdaguer D. & M. Molinas. 1989. El desarrollo del embrión durante la maduración y germinación de la bellota. *SCIENTIA gerundensis*, **15**: 31-37 p.

Visweshwara, S. & K. S. K. Raju. 1972. Seed germination coffee. *Indian Coffee*. Bangalore, India. **36**: 278-290 p.

Willan, R. L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales, estudio con especial referencia a los trópicos. FAO Montes, 20 (2): 502 p.

Williams-Linera, Guadalupe. 1996. Crecimiento diamétrico de árboles caducifolios y perennifolios del bosque mesófilo de montaña en los alrededores de Xalapa. *Madera y Bosques*, Instituto de Ecología A.C. Xalapa, México. **2** (2): 53-65 p.

Zavala, C. F. & M. E. García. 1996. Frutos y semillas de encinos. Universidad Autónoma de Chapingo. México 47 p.

Zavala, C. F. 2001. Introducción a la Ecología de la Regeneración Natural de Encinos. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 81 p.

Zavala, C. F. 2004. Deshidratación de bellotas y su relación con la viabilidad y germinación en nueve especies de encinos mexicanos. *Ciencia Ergo Sum* **11**(2): 177-185 p.

Páginas Web consultadas

INAFED (Instituto Nacional para el Federalismo y el Desarrollo Municipal) Enciclopedia de los municipios y delegaciones de México: http://www.e-local.gob.mx/wb2/ELOCAL/EMM_veracruz (Consultada el 07/08/2010)

Global Biodiversity Information Facility (GBIF): <http://data.gbif.org/species/2880526> (Consultada el 17/10/2012)

ANEXOS

Anexo 1. Formulario de índices de germinación

VARIABLE	FÓRMULA	COMPONENTES DE LA FÓRMULA
CAPACIDAD GERMINATIVA	$CG = (Ae * 100) / M$	CG= Capacidad Germinativa Ae= Germinación Acumulada hasta la última evaluación. M= Muestra evaluada (Total de semillas establecidas)
UNIFORMIDAD GERMINATIVA (Desviación Típica de los tiempos de germinación)	$DTG = \sqrt{\left\{ \frac{SCG - \left(SPG * \frac{SPG}{SG} \right)}{SG - 1} \right\}}$ $SCG = \left(\sum_{i=1}^e [Pi^2] Gi \right)$ $Pi = \frac{[Ti - (Ti - 1)]}{2}$ $SPG = \sum_{i=1}^e Pi$ $SG = \sum_{i=0}^e Gi$	DTG= Desviación Típica del Tiempo de Germinación. SCG= Suma de los puntos Medios Cuadrados por germinaciones sencillas ([P ₁ xP ₁ xG ₁]+[P ₂ xP ₂ xG ₂]...+[P _e xP _e xG _e]). SPG= Suma de los puntos Medios por Germinaciones Sencillas ([P ₁ xG ₁]+[P ₂ xG ₂]...+[P _e xG _e]). SG= Suma de las Germinaciones Sencillas (G ₁ +G ₂ ...+G _e =Ae). Pi= Marca clase o Punto Medio entre dos evaluaciones (i toma valores desde 1 hasta "e"). e= Número total de evaluaciones realizadas durante la incubación (última evaluación realizada). Ti= Tiempo transcurrido desde el establecimiento hasta la evaluación número "i". Gi= Germinación sencilla de la i-ésima evaluación.
TIEMPO DE GERMINACIÓN	$TMG = \frac{SPG}{SG}$	TMG= Tiempo Medio de Germinación. SPG= Suma de los Puntos Medios por Germinaciones Sencillas. SG= Suma de Germinaciones Sencillas.
CALIDAD GERMINATIVA (Índice de Maguire, 1962)	$MG = \left(\frac{G1}{T1} + \frac{G2}{T2} \dots + \frac{Ge}{Te} \right) * \frac{100}{M}$	MG= Valor Germinativo o Índice de Maguire. Gi= Germinación Sencilla de la i-ésima evaluación. Ti= Tiempo transcurrido desde la siembra hasta la i-ésima evaluación. M= Cantidad de semillas establecidas.

Anexo 2. Medidas descriptivas de las variables morfométricas de frutos y semillas de *Q. insignis*.

Variables medidas	Tipo:	Media	Desviación estándar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Error estándar de la media	Coficiente de variación %
Peso Fruto	Suelo	62.849	9.192	40.070	57.323	62.955	68.738	82.490	0.919	14.63
	Almacenadas	41.55	9.87	21.38	36.11	40.41	45.85	78.83		23.75
	Árbol	37.40	16.89	12.80	24.11	31.94	53.69	83.16	1.67	45.15
Largo Fruto	Suelo	3.965	0.271	3.170	3.800	3.930	4.150	4.860	0.272	6.86
	Almacenadas	3.788	0.392	2.820	3.550	3.775	3.985	4.830		10.34
	Árbol	3.146	0.666	2.190	2.550	3.105	3.745	4.400	0.066	21.18
Ancho Fruto	Suelo	5.654	0.428	3.270	5.452	5.680	5.917	6.650	0.042	7.58
	Almacenadas	4.797	0.481	3.730	4.527	4.800	5.050	6.090		10.02
	Árbol	4.533	0.780	2.930	4.050	4.370	5.202	6.410	0.077	17.21
Peso Semilla	Suelo	30.990	5.232	18.800	27.853	30.975	33.488	55.410	0.523	16.88
	Almacenadas	21.130	5.342	7.730	17.510	21.160	23.970	38.850		25.28
	Árbol	14.056	7.791	2.420	7.575	10.935	20.270	34.220	0.771	55.42
Largo Semilla	Suelo	3.346	0.253	2.250	3.202	3.320	3.460	4.500	0.025	7.57
	Almacenadas	2.560	0.844	0.650	1.740	2.970	3.160	3.740		32.96
	Árbol	2.585	0.546	1.520	2.090	2.495	3.105	3.750	0.054	21.12
Ancho Semilla	Suelo	3.717	0.283	3.130	3.530	3.700	3.870	4.730	0.028	7.62
	Almacenadas	2.745	0.843	0.930	1.870	3.100	3.330	4.340		30.71
	Árbol	2.796	0.561	1.570	2.370	2.700	3.170	4.140	0.055	20.08
Días germinación	Suelo	19.16	12.21	3.00	8.00	19.00	27.00	41.00	1.25	63.72
	Almacenadas	6.122	1.613	1.00	6.00	6.00	7.00	9.00		26.34
	Árbol	21.00	11.15	3.00	13.00	19.00	29.50	40.00	1.34	53.11

Anexo 3. Medidas descriptivas de las variables medidas en raíz de *Q. insignis*.

Variables medidas	Tipo de semilla:	Media	Desviación estándar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Error estándar de la media	Coficiente de variación
Crecimiento longitud	Suelo	0.657	0.707	0.000	0.100	0.475	1.047	3.600		107.61
	Almacenadas	1.009	0.682	0.000	0.520	0.865	1.382	3.000		67.59
	Árbol	0.322	0.584	0.000	0.000	0.050	0.295	2.910		181.36
Crecimiento diámetro	Suelo	0.075	0.074	0.000	0.010	0.070	0.117	0.330		98.66
	Almacenadas	0.039	0.049	0.000	0.000	0.030	0.052	0.300		125.64
	Árbol	0.033	0.064	0.000	0.000	0.000	0.030	0.290		193.93

Anexo 4. Medidas descriptivas de las variables medidas en plantas de *Q. insignis*.

Variables medidas	Tipo de semilla	Media	Desviación estándar	Mínimo	Q1	Mediana	Q3	Máximo	Error estándar de la media	Coficiente de variación
Longitud del tallo	Suelo	23.689	15.547	0.200	12.000	20.200	36.000	74.070		65.62
	Almacenadas	18.741	12.885	0.250	11.775	16.200	21.950	64.950		68.75
	Árbol	10.147	6.100	0.250	4.925	10.765	13.833	31.050		60.11
Diámetro del tallo	Suelo	0.505	0.262	0.130	0.300	0.450	0.700	1.240		51.88
	Almacenadas	0.383	0.181	0.130	0.250	0.340	0.465	1.070		47.25
	Árbol	0.251	0.097	0.100	0.190	0.230	0.310	0.710		38.64
Cobertura absoluta (cm ²)	Suelo	607.7	537.7	0.472	160.9	471.4	921.3	2794.5		88.48
	Almacenadas	358.3	394.0	0.968	92.3	196.1	530.9	2006.9		109.96
	Árbol	111.42	137.58	3.25	39.85	77.68	137.89	962.11		123.47
Número de hojas	Suelo	16.076	9.089	0.000	8.000	16.000	23.000	55.000		56.53
	Almacenadas	10.218	7.474	0.000	5.000	9.000	15.000	31.000		73.14
	Árbol	6.604	4.281	0.000	4.000	6.000	9.000	21.000		64.82

