

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA

GERMINACIÓN, CRECIMIENTO
POSTEMERGENTE Y ESTABLECIMIENTO
EN VIVERO Y EN CAMPO DE *Quercus
crassifolia* (Humb. & Bonpl.) BAJO EL
EFECTO DE DOS TRATAMIENTOS
PREGERMINATIVOS Y TRES
TAMAÑOS DE SEMILLAS.

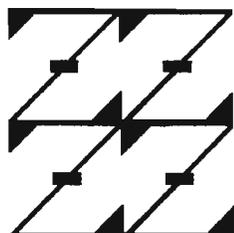
T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
B I O L O G O
P R E S E N T A N:

MAGNOLIA GUEVARA ORTIZ
ROCIO HERNÁNDEZ CRUZ

DIRECTORA DE TESIS:
DRA. MA. SOCORRO OROZCO ALMANZA

UNAM
FES
ZARAGOZA



LO HUMANO EJE
DE
NUESTRA
REFLEXIÓN

MÉXICO, D. F.

JUNIO DEL 2005

0350229



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

AGRADECIMIENTOS

A la directora de tesis, Dra. Ma. Socorro Orozco Almanza, con quién tenemos una deuda de gratitud. Por su dirección, sugerencias y entusiasmo a pesar de nuestras múltiples fallas, retrasos e incontados tropiezos; y cuyo profesionalismo, conocimiento y paciencia contribuyeron grandemente a la realización de éste trabajo; además, quién sobre todo porque más allá del ser maestra nos dejó sentir la confianza de una amiga.

A los sinodales y miembros del Jurado:

M. en C. Amadeo Barba Alvarez.

Biól. Balbina Vázquez Benítez.

Que con su consejo y asesorías hicieron posible la mejoría de éste trabajo.

Al M. en C. Estrain Angeles Cervantes.

Por ser un amigo, darnos consejos durante la carrera, acompañarnos en el trabajo de campo además de sus aportaciones para la terminación del trabajo.

En especial al Dr. Arcadio Monroy Ata, por su apoyo y por permitirnos compartir un área de trabajo (Laboratorio de Biofísica).

Así mismo nos es grato hacer extensivo nuestro agradecimiento al Biól. Roberto Ramos González, por su amistad y apoyo técnico en el análisis y edición del texto.

A la Maestra Biól. Maricela Arteaga Mejía por alentarnos a la culminación de este trabajo.

A todas aquellas personas que de una u otra manera se vieron involucrados en el desarrollo y culminación del presente proyecto.

Magnolia y Rocío

DEDICATORIA

Con respeto, admiración, afecto y amor a mi mamá Dolanda Ortiz B. y mi papá Valeriano Guebara C., por ser quienes me dieron la vida y su apoyo cuando más lo he necesitado.

A Diana, quién aunque se adelanto a nuestro destino final, aún permanece conmigo y me da fuerzas para seguir en el intrincado ir y venir de la vida.

A Jehosua e Ingrid Alexandra, por ser la luz de mi vida y ser ellos la razón de superación.

Especialmente a Felipe Vázquez Zacarías, por darme una nueva filosofía de la vida y alentarme a seguir adelante en este maravilloso mundo.

A mis amigas Leticia Badillo Cedillo, Miriam González y Jaqueline Tellez, por su amistad.

En especial a Rocío Hernández Cruz, por ser mi amiga durante la carrera y compañera de trabajo.

Magnolia

DEDICATORIA

A mis padres; Asunción Cruz Galindo y Antonio L. Hernández Chávez por dejarme el estudio como mejor herencia, por su apoyo incondicional en los momentos más difíciles de mi carrera y porque siempre nos alientan a seguir adelante.

A mi hijo ANTONIO por ser mi motivo de superación a quien Dios mando para darle felicidad a mi vida.

A mis hermanos (as) por su apoyo incondicional.

A mi abuelita María y tíos (Gregorio, Ismael y Julio) por su ejemplo y amor.

A mis sobrinos (itzel, Paulina, Mario, Diego y Lupita, Carlitos y para aquellos que falta por conocer) quienes con su risa llenan de felicidad a la familia.

A mis cuñadas (Marisela y Lourdes) y cuñados (Mario y Eduardo) por conformar una parte de la familia.

A mis profesores de carrera que supieron guiarme por el conocimiento científico.

A mis amigas Maricruz, Rocío, Maribel y Leticia por su amistad; y en especial a Magnolia mi amiga y compañera de trabajo.

A mis amigos Juan, Marco, Roberto y compañeros de carrera quienes siempre me alentaron a seguir adelante.

ROCÍO

INDICE GENERAL

| | Página |
|---|--------|
| RESUMEN | 1 |
| I. INTRODUCCIÓN | 2 |
| II. ANTECEDENTES | 4 |
| 2.1 Características de la zona de estudio | 4 |
| a) Vegetación | 5 |
| a.1) Bosques de <i>Quercus</i> | 5 |
| a.2) Bosque de <i>Pinus-Quercus</i> | 6 |
| a.3) Bosque de <i>Pinus</i> | 6 |
| a.4) Bosque de <i>Cupressus</i> | 7 |
| a.5) Matorral de <i>Juniperus</i> | 7 |
| a.6) Pastizal | 7 |
| b) Composición faunística | 8 |
| c) Causas de Deterioro Ambiental | 9 |
| 2.2 Clasificación Taxonómica | 9 |
| 2.3 Distribución del Género <i>Quercus</i> en México | 11 |
| 2.4 Características generales de <i>Quercus crassifolia</i> Humb. & Bonpl. .. | 12 |
| 2.5 Germinación | 14 |
| 2.6 Latencia | 17 |
| 2.7 Factores que determinan el establecimiento en campo de los encinares | 24 |
| 2.8 Investigaciones e importancia del género <i>Quercus</i> | 28 |
| III. OBJETIVOS | 31 |
| 3.1 Objetivo general | 31 |
| 3.2 Objetivos particulares | 31 |
| IV. METODOLOGIA | 32 |
| 4.1 Recolección de la semilla y selección del tamaño | 32 |
| 4.2 Pruebas de viabilidad | 32 |
| 4.3 Tratamiento pregerminativo en la germinación de <i>Quercus crassifolia</i> | 33 |

| | |
|--|-----------|
| 4.4 Crecimiento postemergente en vivero | 34 |
| 4.5 Crecimiento postemergente en campo | 35 |
| V. RESULTADOS | 36 |
| 5.1 Primer Experimento: "Efecto del tamaño de semilla y el tratamiento pregerminativo en la viabilidad, porcentaje de germinación y crecimiento postemergente de <i>Quercus crassifolia</i> " .. | 36 |
| 5.2 Tratamientos pregerminativos | 39 |
| 5.3 Efecto de la interacción doble: tratamiento pregerminativo por tamaño de semilla | 42 |
| 5.4 Crecimiento postemergente | 45 |
| 5.5 Segundo experimento: "Efecto del dosel, en el crecimiento postemergente de <i>Quercus crassifolia</i> bajo condiciones de campo". | 47 |
| VI. DISCUSIÓN | 52 |
| VII. CONCLUSIONES | 59 |
| VIII. LITERATURA CITADA | 60 |
| ANEXO I | 70 |

INDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1.- Localización geográfica de la zona de estudio | 4 |
| Figura 2.- <i>Quercus crassifolia</i> Humb. & Bonpl. | 14 |
| Figura 3.- Viabilidad y germinación de <i>Quercus crassifolia</i> en relación al tamaño de semilla | 36 |
| Figura 4.- Germinación de <i>Quercus crassifolia</i> con tres tamaños de semilla y dos tratamientos pregerminativos | 42 |
| Figura 5a.- Germinación en ácido giberélico con tres tamaños de semilla de <i>Quercus crassifolia</i> | 44 |
| Figura 5b.- Germinación en agua con tres tamaños de semilla de <i>Quercus crassifolia</i> | 44 |
| Figura 5c.- Germinación testigo con tres tamaños de semilla de <i>Quercus</i> <i>Crassifolia</i> | 44 |
| Figura 6.- Supervivencia de plántulas de <i>Quercus crassifolia</i> bajo dos condiciones de dosel, germinadas en dos tratamientos pregerminativos | 48 |
| Figura 7.- Curvas de supervivencia de las plántulas de <i>Quercus crassifolia</i> bajo el efecto de dosel abierto (DA) y cerrado (DC), el tratamiento pregerminativo (agua, ácido giberélico y testigo) y el tamaño de semilla durante un año de estudio | 49 |

INDICE DE CUADROS

| | |
|--|----|
| Cuadro 1.- Características morfológicas de tres subgéneros de <i>Quercus</i> | 10 |
| Cuadro 2.- Tamaño de semilla y tratamiento pregerminativo | 33 |
| Cuadro 3.- Análisis de las semillas no germinadas bajo el efecto de tres tamaños de semilla en la germinación de <i>Quercus crassifolia</i> | 37 |
| Cuadro 4.- Germinación de <i>Quercus crassifolia</i> bajo el efecto de tres tamaños de semilla | 37 |
| Cuadro 5.- Efecto del tamaño de semilla en la emergencia y supervivencia de plántulas de <i>Quercus crassifolia</i> | 38 |
| Cuadro 6.- Atributos medidos durante el desarrollo de plántulas de <i>Quercus crassifolia</i> bajo el efecto del tamaño de semilla | 38 |
| Cuadro 7.- Biomasa de plántulas de <i>Quercus crassifolia</i> a los 180 días después de la siembra bajo el efecto de tres tamaños de semilla | 39 |
| Cuadro 8.- Análisis de las semillas no germinadas bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos en la germinación de <i>Quercus crassifolia</i> | 39 |
| Cuadro 9.- Germinación de <i>Quercus crassifolia</i> bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos | 40 |
| Cuadro 10.- Porcentaje de emergencia y supervivencia de individuos de un año de edad de <i>Quercus crassifolia</i> bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos | 41 |
| Cuadro 11.- Atributos medidos durante el desarrollo de plántulas de <i>Quercus crassifolia</i> bajo el efecto del tratamiento pregerminativo | 41 |
| Cuadro 12.- Biomasa de plántulas de <i>Quercus crassifolia</i> a los 180 días después de la siembra bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos | 41 |
| Cuadro 13.- Tasas de crecimiento para raíz y vástago de <i>Quercus crassifolia</i> bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos | 42 |

| | |
|--|----|
| Cuadro 14.- Germinación de <i>Quercus crassifolia</i> bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos y tres tamaños de semilla | 43 |
| Cuadro 15.- Porcentaje de emergencia y supervivencia de individuos de un año de edad para <i>Quercus crassifolia</i> bajo el efecto de tamaño de semilla y tratamiento pregerminativo | 45 |
| Cuadro 16.- Atributos medidos durante el desarrollo de plántulas de <i>Quercus crassifolia</i> bajo el efecto del tamaño de semilla y el tratamiento pregerminativo | 45 |
| Cuadro 17.- Biomasa de plántulas de <i>Quercus crassifolia</i> a los 180 días después de la siembra en la interacción tamaño de semilla y el tratamiento pregerminativo | 47 |
| Cuadro 18.- Porcentaje de supervivencia de <i>Quercus crassifolia</i> bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos bajo dosel abierto y cerrado ... | 47 |
| Cuadro 19. Atributos medidos durante el desarrollo de plántulas de <i>Quercus crassifolia</i> bajo el efecto del tamaño de semilla y el tratamiento pregerminativo en dosel abierto | 50 |
| Cuadro 20.- Atributos medidos durante el desarrollo de plántulas de <i>Quercus crassifolia</i> bajo el efecto del tamaño de semilla y el tratamiento pregerminativo en dosel cerrado | 51 |

RESUMEN

La familia Fagaceae cuenta con seis géneros y ca. 600 especies que se localizan en todo el mundo, principalmente en regiones templadas y subtropicales del Hemisferio Norte. México es considerado uno de los países con mayor representación de esta taxa, principalmente del género *Quercus* (ca. 150-200 especies). La gran importancia que tienen los encinos por su aprovechamiento, desde el punto de vista de su utilidad maderable hace que se les consideren especies prioritarias para su estudio. La regeneración natural de los encinos es básicamente por rebrote vegetativo; la regeneración por semilla es muy escasa o completamente nula, debido principalmente a diversos factores, tales como la depredación por roedores, el ramoneo y el apacentamiento por ganado; aunado a esto está el lento crecimiento de las plántulas y la alta tasa de mortalidad que presenta, pues las características de sus hojas las hace presa de insectos y mamíferos. Es necesario buscar alternativas para propiciar la germinación de las semillas en campo y a la vez incrementar el vigor de las plántulas obtenidas, que les permitan finalmente una mayor supervivencia de la especie. El objetivo de este estudio, fue determinar el efecto del tamaño de semilla, el tratamiento pregerminativo y la condición de dosel cerrado, en la germinación y el crecimiento postemergente del encino prieto (*Quercus crassifolia*). Se seleccionaron tres tamaños de semilla (2.0, 2.5 y 3.0 cm) y dos tratamientos pregerminativos: inmersión en agua (24 horas) y en ácido giberélico (25 ppm; 24 horas). Diariamente se evaluó el porcentaje de germinación y al final del experimento se calculó el número promedio de días para que emerja la radícula. En campo, se evaluó mensualmente, durante un año: porcentaje de supervivencia, longitud del tallo de las plántulas y número, largo y ancho de hojas. Los resultados no presentaron diferencias significativas, en relación con el efecto del tamaño de semilla y el tratamiento pregerminativo, en el porcentaje de germinación y en el número promedio de días para que emerja la radícula; sin embargo, en campo el dosel cerrado favoreció el porcentaje de supervivencia, la longitud del vástago y el número de hojas en plantas de un año de edad.

I. INTRODUCCIÓN

En México, se calcula que el bosque mixto de coníferas y latifoliadas comprende una superficie de 18.7 millones de hectáreas; de éstas, 8.8 millones corresponden al Bosque puro de latifoliadas, donde el género *Quercus* predomina. Este tipo de vegetación representa así el 11.12 del 39% de la superficie forestal nacional. De esta cifra se estima que sólo el 6.81% está en condiciones conservadas y el 4.31% presenta grandes problemas de perturbación (Jiménez y Kramer, 1991; Reyes y Gama, 1992; SARH, 1992 y Flores y Gerez, 1994).

Entre las especies mexicanas de árboles forestales más explotadas en estos bosques mixtos, destacan los pinos; sin embargo, existen en el país grupos taxonómicos con un mayor número de especies como los encinos cuya madera también es apreciable (Zavala, 1989). A nivel nacional los volúmenes de madera totales son 119 m³/ha; de aquí, 28 m³/ha corresponden a los encinos (SARH, 1992). A nivel mundial, la madera de los encinos esta clasificada como una de las de más alta calidad, por lo que son muy importantes en la economía nacional y también son altamente valoradas en otros países como Francia, Italia, Alemania, Finlandia, Suecia y en la región que constituía la URSS (Bello y Labat, 1987; Madrigal y Pérez, 1993).

Los encinares mexicanos son en general bastante explotados a escala local, pero muy poco a nivel industrial. Los usos y aplicaciones de la madera dependen en gran parte de sus características y propiedades tecnológicas, tales como anatomía, textura, color, dureza, y resistencia, entre otras; en el caso de la madera del encino, ésta presenta problemas de corte al industrializarse debido a su dureza y por poseer sílice y sustancias "tanantes" que entre otras propiedades son colorantes (Bello y Labat, 1987 y González y González, 1992).

En los bosques de encino cada día se incrementa el disturbio, causado principalmente por la tala clandestina y el pastoreo; en donde, con el objeto de estimular la producción de brotes tiernos de plantas herbáceas y arbustivas, en muchas partes del país, éstos bosques se someten a la acción periódica del fuego, el

cual es producido en el período más seco y caluroso del año, lo cual también ocasiona grandes pérdidas de la vegetación.

La regeneración natural de los encinos es básicamente por rebrote vegetativo, pues la regeneración por semilla es muy escasa o completamente nula (Hernández y Ramírez, 1989 y 1992), debido principalmente a diversos factores bióticos tales como la depredación por roedores, el ramoneo y el apacentamiento por ganado, e incluso por la competencia con otras especies más tolerantes al disturbio (Crow e Isebrands, 1987; McCreary, 1989). Aunado a esto, está el lento crecimiento de las plántulas y la alta tasa de mortalidad que presentan, pues las características de sus hojas (crasas) generalmente son el centro de atención de insectos y animales ramoneadores que destruyen así el aparato foto sintetizador de los pocos individuos establecidos (Hernández y Ramírez, 1992). En el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo, se presenta una extensión significativa de Bosque de encino en donde las especies dominantes son: *Quercus crassifolia*, *Q. laurina*, *Q. rugosa*, *Q. affinis* y *Q. mexicana*. En estos bosques, la tala clandestina y el pastoreo son los principales factores de disturbio que afectan su regeneración natural. Una de las alternativas para la recuperación ecológica de éstos ecosistemas, es a través de la propagación masiva de especies en vivero que permita la obtención de individuos de cierta calidad y a la vez permita estudiar estrategias que mejoren su germinación, vigor y establecimiento en campo (Hernández y Ramírez, 1992). En este trabajo se estudiaron estos aspectos en *Quercus crassifolia* especie nativa y dominante en el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo.

II. ANTECEDENTES

2.1 Características de la zona de estudio.

El Parque Nacional "El Chico", Hidalgo (decretado el 6 de julio de 1982; López, 1982) tiene una superficie total de 2,739 ha; se ubica al centro sureste del Estado de Hidalgo, al norte de la capital del Estado de Pachuca y comprende parte de los municipios de Mineral del Chico, Mineral del Monte y Pachuca de Soto. Entre los paralelos $98^{\circ}41'50''$ y $98^{\circ}46'02''$ longitud oeste y $20^{\circ}10'10''$ y $20^{\circ}13'25''$ latitud norte (Figura 1).

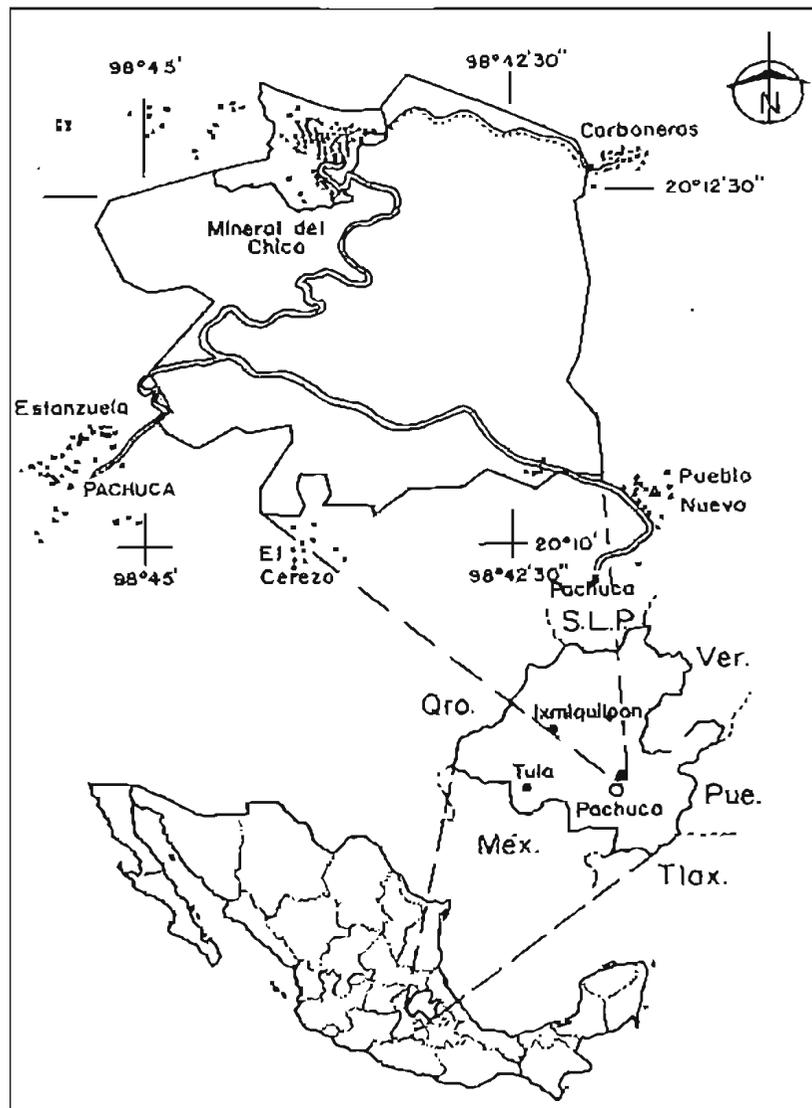


Figura 1.- Localización geográfica de la zona de estudio

Los suelos del área se caracterizan por contener cambisoles húmicos, feozem háplico, litosoles y regosoles, todos derivados de rocas ígneas extrusivas (SARH, 1992). La hidrología del parque, queda comprendida dentro de la Cuenca hidrográfica del Río Panuco, dentro del área se forman varios manantiales, como: Los Otates, El Pescado y el Salto y varios arroyos de agua fría, formados por la Sabanilla, las Animas, las Goteras, la Peña Sentada y Gordolobos, todos son afluentes del Río El Milagro, sirviendo de límite entre los puntos denominados Puente del Milagro y La Aurora y va a desembocar al Río Amajac. El clima es Templado subhúmedo y semifrío, con lluvias en verano. Con una temperatura media anual de 21°C y una mínima de -5 °C (SARH, 1994). Se presenta una precipitación anual de 1,479 milímetros, la mayor cantidad de lluvia cae en junio con 240.7 milímetros y la menor en febrero con 18.6 milímetros, con lluvias en verano.

a) Vegetación.

Se han registrado 281 especies de fanerógamas, distribuidas en 57 familias y 170 géneros. En el Parque Nacional "El Chico", Hidalgo se presentan cuatro tipos de vegetación distribuidos en un gradiente altitudinal que va de los 2,300 a 3,020 m (Vargas, 1984). La vegetación está representada principalmente por bosques de: a) *Abies*, donde las especies dominantes son: *Abies religiosa*, *Salix spp.* y *Pinus spp.*; b) el Bosque de *Pinus* con: *Pinus rudis* y *Pinus teocote*; c) Bosque de *Cupressus* con: *Cupressus lindleyi*; d) Bosque de *Quercus* con: *Quercus laurina*, *Q. rugosa*, *Q. affinis*, *Q. mexicana* y *Q. crassifolia* como elementos dominantes; e) Bosque de *Abies-Quercus* con: *Abies religiosa*, *Quercus rugosa*, *Q. affinis* y *Q. glandulosa* y f) *Matorral de Juniperus monticola*.

a.1) Bosques de *Quercus*.

En orden de importancia, por su extensión este bosque ocuparía la tercera posición en el parque con una altitud entre 1,200 y 2,800 m. En algunos lugares como en las cercanías de la peña de Cruz Grande, el bosque no sobrepasa los 6 metros de altura, aunque en otros sitios llega a rebasar los 10 metros, alcanzando 35 metros en los alrededores de "El Chico"; son bosques densos con numerosas

epífitas. El estrato arbóreo está dominado por *Quercus rugosa* y por *Q. affinis*, también se presenta *Q. crassifolia*, *Arbutus glandulosa*, *A. xalapensis* y *Prunus serotina*. El estrato arbustivo es más o menos abierto, destaca *Eupatorium glabratum*; *Baccharis conferta*, *Castilleja tenuifolia*, *Ribes affine*, *Rubus sp.* y *Juniperus monticola*. El estrato herbáceo también es escaso, en su composición se presenta *Lupinus montanus*, *Sedum moranense*, *Conopholis alpina*, *Dahlia sp.*, *Stellaria cuspidata*, *Amacacia ageopodoides*, *Penstemon roseus*, *Peperomia umbilicata* y *Sigesbeckia jorullensis* (Univ. Aut. Hgo., 1992).

a.2) Bosque de Pinus - Quercus.

Esta comunidad vegetal se encuentra sobre laderas de poca pendiente, entre los 2,400 y los 2,500 metros; el bosque llega a rebasar los 12 metros, el estrato arbóreo es dominado por *Pinus sp.*, aunque existen manchones en que la dominancia cambia hacia *Quercus sp.* Otros árboles asociados son *Alnus sp.*, *Arbutus glandulosa* y *A. xalapensis*. En el estrato arbustivo se encuentra *Baccharis conferta*, *Eupatorium glabratum*, *Buddleia cordata* y *Castilleja tenuifolia*. El estrato herbáceo está compuesto entre otras especies por *Hedeoma piperitum*, *Fragaria mexicana*, *Conopholis alpina*, *Penstemon roseus*, *Oxalis alpina*, *Commelina sp.*, *Alchemilla procumbens* (Univ. Aut. Hgo., 1992).

a.3) Bosque de Pinus.

Este tipo de vegetación está representado por dos manchones localizados a una altitud de entre 1,500 y 3,000 m. El bosque es perennifolio, llegando a alcanzar 20 metros de altura, este bosque no es muy denso, presenta un estrato arbóreo dominado por *Pinus rudis* o *P. teocote*; los estratos arbustivo y el herbáceo se encuentran muy abiertos, en el primero se registra la presencia de *Fuchsia microphylla*, *Salvia elegans* y *Cirsium ehrenbergii*, en el estrato herbáceo se localizan *Senecio toluccanus*, *Stachys coccinea* y *Hedeoma piperitum*, *Festuca sp.* y *Lupinus sp.* (Univ. Aut. Hgo., 1992).

a.4) Bosque de *Cupressus*.

Este tipo de vegetación muestra una distribución muy restringida en el parque. El bosque es perennifolio, denso de unos 20 metros de altura, se localiza a una altitud de 1, 800 y 3, 000 m con epifitas como *Tillandsia violacea*; el estrato arbóreo esta dominado por *Cupressus lindleyi* con ejemplares de *C. benthamii*, se presenta *Abies religiosa*, *Salix sp.* y *Quercus sp.*, el estrato arbustivo presenta como dominante en algunos sitios a *Senecio angulifolius*, también se encuentra *Salvia elegans*; en el estrato herbáceo se observó *Stachys coccinea* y *Lupinus montanus* (Univ. Aut. Hgo., 1992).

a.5) Matorral de *Juniperus*.

Esta comunidad vegetal se presenta en manchones distribuidos dentro del bosque de *Abies* o en la orillas del pastizal a una altitud de 1, 500 m, es una comunidad baja que llega a alcanzar los tres metros; esta compuesto de dos estratos: el arbustivo se encuentra dominado por *Juniperus monticola*, con presencia de *Baccharis conferta*, *Ribes affine*, *Helianthemum glomeratum*, *Arctostaphylos pungens*, *Castilleja tenuifolia* y *Amelanchier denticulata*, en algunos casos se observa *Arbutus xalapensis* que sobresale del matorral; en el estrato herbáceo se localiza *Dhalia sp.*, *Penstemon roseus*, *Stachys coccinea*, *Sedum moranense* y *Arracacia sp* (Univ. Aut. Hgo., 1992).

a.6) Pastizal.

Las extensiones más importantes se encuentran dentro del bosque de *Abies*, otras se localizan en la zona de *Abies-Quercus*; no sobrepasa los 15 centímetros de altura y esta localizado a una altitud de 2, 300 y 2, 700 m, se observan *Castilleja moranensis*, *Potentilla candicans*, *Muhlenbergia ramulosa*, *Commalina alpestris*, *Eryngium carline*, *Hedeoma piperitum*, *Senecio sanguisorbae*, *Plantago carline*, *Gentiana spathaca* y *Tauschia humilis*; esta comunidad esta sujeta a una intensa actividad antropogénica (Univ. Aut. Hgo., 1992).

b) Composición faunística.

Por lo que respecta a la fauna silvestre, las especies endémicas, son: *Pseudoeurycea belli* (Salamandra), *Barisia imbricata* (Escorpión), *Drymobius margantiferus* (Culebra petanilla), *Pituophis deppei* (Cincuate), *Chiropterotriton multidentatus*, *Ch. dimidiata* (Salamandra), *Hyla robertsonum* (Ranita) y *Crotalus atrax*, *C. triseriatus*, *C. sistrurus rabus* (Víbora de cascabel); especie de protección especial, *Ambystoma lacustris* (Ajolote); amenazada de extinción, *Phrynozoma orbiculare* (Camaleón). (SARH, 1994). Se han registrado 38 especies de mamíferos, que se incluyen en 15 familias y en ocho ordenes, los cuales constituyen el 0.95% de la mastofauna mundial, el 8.7% y el 38% de los mamíferos de México y de Hidalgo respectivamente. Cabe resaltar la importancia de especies amenazadas por la actividad antropogénica como *Taxidea taxus* (tlalcoyote) y *Lynx rufus* (gato montés), de los cuales se sospecha que aún coexisten en el parque; también son especies importantes desde el punto de vista económico los conejos (*Sylvilagus*), las ardillas (*Sciurus*), las tuzas (*Thomomys*, *Pappogeomys*), armadillo *Dasypus novemcinctus*, el murciélago guanero (*Tadarida brasiliensis*) y la zorra (*Urocyon cinereoargenteus*). Dentro de los mamíferos, las especies amenazadas, son: *Taxidea taxus* (Tlalcoyote), *Lynx rufus* (Gato montés), *Sylvilagus sp.* (Conejo castellano), *Sciurus sp.* (Ardilla), *Thomomys pappogeomys* (Tuza), *Dasypus novemcinctus* (Armadillo) y *Tadarida brasiliensis* (Murcielago guanero) y se reportan aves canoras, aves de rapiña, como halcón, gavilán y zopilote, picamaderos (Univ. Aut. Hgo., 1992).

Se presentan 87 especies de aves que pertenecen a 22 familias y siete órdenes, las cuales constituyen el 0.96% y el 9% de la ornitofauna mundial y nacional respectivamente. Se encuentran 21 especies de anfibios, comprendidos en seis familias y 31 especies de reptiles, incluidos en siete familias; se observó la abundancia de especies como *Hyla eximia*, *Rana pipiens*, *Barisia embricata*, *Sceloporus graminacus*, *S. torquatus* y *Eumeces lynxae*.

c) Causas de deterioro ambiental.

Las principales causas del deterioro ambiental que presenta la zona de estudio son: tala clandestina, extracción de tierra de monte y musgo, sobrepastoreo, asentamientos humanos, incendios forestales provocados, banco de material y cacería furtiva, conflictos de tenencia de la tierra, presencia de plagas, turismo desordenado y contaminación por residuos sólidos (Vargas, 1984).

2.2 Clasificación taxonómica.

El género *Quercus* pertenece a la familia Fagaceae, la cual actualmente cuenta con seis géneros y aproximadamente 600 especies que se localizan en todo el mundo, principalmente en las regiones templada y subtropical de el Hemisferio Norte. El número de especies para México no se conoce con exactitud. Trelease, 1924; calcula que hay alrededor de 253 especies. McVaugh, 1974; Martínez, 1977 y Rzedowski, 1984; mencionan que hay aproximadamente 150-200 especies. Mas recientemente estimaciones de Nixon (1993), arrojan entre 135 y 150 especies. Otras cifras son la proporcionada por Gonzalez (1993), quien considera que hay entre 173 y 213 especies del género *Quercus* y las de Zavala-Chávez (1995), quien estimó que puede haber entre 125 y 150 especies de encinos. La revisión de Govarts y Frodin (1998), indican la cifra de 251 especies de encinos en México.

De acuerdo a sus características morfológicas y anatómicas, el género se subdivide en 5 subgéneros (Trelease, 1924; Madrigal y Pérez, 1993), de los cuales en México existen tres y son:

- **Lepidobalanus:** Se denominan así a los encinos blancos, los cuales son frecuentes en el Hemisferio Norte.
- **Erythrobalanus:** Son los encinos rojos o negros que se presentan sólo en el Nuevo Mundo, América del Norte y Central y en la parte Norte de América del Sur (Zavala y García, 1996).
- **Protobalanus:** Representados únicamente por 3 a 5 especies restringidas al Norte de la Península de Baja California e Islas adyacentes (Tucker, 1979).

Los Protobalanus se consideran como encinos intermedios entre los Lepidobalanus y los Erythrobalanus; sin embargo, usualmente se han colocado en

los encinos blancos; especialmente en las clasificaciones más antiguas. Estos no son realmente intermedios en muchas características morfológicas, ya que, en algunos casos se parecen a los encinos blancos, y en otros a los encinos rojos (Cuadro 1). Los encinos rojos (*Erythrobalanus*) y los encinos blancos (*Lepidobalanus*) se reconocen como grupos muy distintos debido a sus características morfológicas.

Cuadro 1.- Características morfológicas de tres subgéneros de *Quercus* (Tucker, 1979, Bello y González, 1988 y Zavala, 1989).

| CARACTERÍSTICA MORFOLÓGICA | ENCINOS BLANCOS (<i>Lepidobalanus</i>) | ENCINOS ROJOS O NEGROS (<i>Erythrobalanus</i>) | ENCINOS "INTERMEDIOS" (<i>Protobalanus</i>) |
|---|---|---|---|
| Corteza | Grisácea o café. Delgada | Café obscura o rojiza. Gruesa | Ligeramente grisácea |
| Madera - Médula | Ligeramente café o café amarilloso | Café rojiza | Ligeramente café |
| Hojas | Lóbulos o dientes frecuentemente redondeados y sin pelos en el ápice | Lóbulos o dientes puntiagudos y frecuentemente con pelos en el ápice | Dientes puntiagudos sin pelos en el ápice pero espinosos |
| Flores Femeninas | Estilos cortos con estigmas anchos | Estilos elongados con estigmas delgados | Estilos cortos con estigmas anchos |
| Flores Masculinas | Perianto completamente separado, 6-9 estambres, anteras cortadas al ápice | Perianto curvado, con partes unidas, 6 estambres, anteras frecuentemente mucronadas en la punta. | Perianto completamente separado, 8-10 estambres, anteras puntiagudas. |
| Pared interna del pericarpio de la bellota | Pared lisa | Pared lanosa o tomentosa | De densamente tomentosa a casi glabra (dependiendo de las especies) |
| Óvulos abortivos | En la base de la semilla madura (dentro de la bellota) | Apicales (raramente laterales o basales) | Laterales |
| Maduración | Anual | Frecuentemente bianual | Bianual |
| Cúpula | Escamas flojas (separadas), agudas, aquilladas y engrosadas en la base | Escamas delgadas, adpresas (juntas), romas o redondas, no aquilladas ni engrosadas de la base. | Escamas engrosadas en algún lado solamente. |

(citados en Aguilar, 1985) y más recientemente por Valencia-A (2004) y Vázquez *et al.* (2004).

Mc Vaugh (1974), considera que existen 250 especies de encinos para América del Norte, de las cuales la mayoría están representadas en el centro y sur de México. Aguilar (1985) y Juárez (1985), reportan que existen fuertes problemas taxonómicos en este género, causado por el gran polimorfismo foliar y las hibridaciones entre especies, lo que dificulta su conocimiento y la implementación de tecnologías apropiadas para su aprovechamiento.

2.3 Distribución del género *Quercus* en México.

Los encinares o bosques de encinos junto con los pinares constituyen la mayor parte de la cubierta vegetal de áreas de clima templado y semihúmedo de México, aunque también se distribuyen en regiones de clima caliente, húmedo y semiárido, en éstas últimas en forma de matorrales (De la Cerda, 1989).

Se conocen conglomerados de encinares en casi todos los estados y territorios de la República excepto en Yucatán, donde hay una sola especie que es *Quercus oleoides* (Zavala, 1989) y que se encuentra en forma aislada desde el nivel del mar hasta los 3, 100 m; aunque más del 95% de su extensión se halla en altitudes entre los 1, 200 y 2, 800 m (Rzedowski, 1984). Su distribución corresponde principalmente a las zonas montañosas; sin embargo, en el Norte de México las especies se desarrollan a baja altitud en las montañas áridas. En el Sur del país se encuentran confinados generalmente a las altas montañas, con pocas especies al nivel del mar (Rzedowski, 1984; Bello y González, 1988).

McVaugh (1974), Rzedowski (1984), Aguilar (1985) y Bello y Labat (1987), mencionan que los bosques de encino, pueden presentarse como bosques puros, los cuales generalmente están dominados por varias especies y en algunos casos como monoespecífico; de la misma manera frecuentemente se les encuentra con otros árboles diversos como codominantes o presentes dentro de la comunidad; entre los principales géneros asociados se encuentran *Pinus*, *Abies*, *Alnus*, *Arbutus*, *Budleia*, *Cercocarpus*, *Cupressus*, *Fraxinus*, *Juniperus*, *Prunus*, *Pseudotsuga* y *Salix*, entre otros.

Geológicamente los encinares se desarrollan sobre diversas clases de roca madre, tanto ígneas como sedimentarias y metamórficas. Edafológicamente los encinos crecen con mayor vigor en suelos profundos de terrenos aluviales planos, pero también no es rara su presencia en suelos someros de terrenos muy rocosos, inclinados o pedregosos. Típicamente el suelo es de reacción ácida moderada, con abundancia de hojarasca y materia orgánica en el horizonte superficial y a menudo también a mayor profundidad. La textura varía de arcilla a arena al igual que la coloración, la cual frecuentemente es roja aunque puede ser amarilla, negra, café o gris, (Bello y González, 1988).

Con respecto a el clima, las comunidades de encinos en general prosperan típicamente en condiciones de clima templado subhúmedo con lluvias en verano (Cw), pero también se extienden hacia templado húmedo con lluvias todo el año (Cf), templado húmedo con lluvias en invierno (Cs), subhúmedo con lluvias en verano (Aw) y seco o árido (Bs) (García, 1981).

La precipitación media anual varía de los 350 mm a más de 2000 mm, pero la distribución de la mayoría de los encinares se halla entre las isoyetas de 600 y 1200 mm. Las temperaturas medias anuales tienen una amplitud global de 10 a 26°C y más frecuentemente de 12 a 20°C. El número de meses secos oscila entre 0 y 9 e igualmente amplios son los límites de la humedad relativa (Rzedowski, 1984).

2.4 Características generales de *Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl.

Es un árbol subcaducifolio de 8 - 20 m de alto, con diámetro de 25 - 50 cm, presenta fructificación bianual (Gómez y Lozada, 1992); ramillas gruesas de 3 - 6 mm de grueso, cubiertas con un tomento amarillo que al caer dejan al descubierto una superficie café oscura o negra, con presencia de lenticelas; yemas ovoides cubiertas de tomento amarillo, de 3 - 5 mm de largo; estípulas ovoides tomentosas, pronto glabras, de 2 - 4 mm de largo; hojas jóvenes con abundante tomento amarillo en el haz pronto caedizo; hojas adultas ovaladas u obovadas, cortamente acuminadas de 4 - 16 cm de largo por 3 - 10 cm de ancho, base cordada a redondeada, bordes encordados, aristados y con dientes que rematan en una espina corta, generalmente 6 - 9 a cada lado, haz de la hoja liso y brillante de color verde claro, con abundante

4 - 16 cm de largo por 3 - 10 cm de ancho, base cordada a redondeada, bordes encordados, aristados y con dientes que rematan en una espina corta, generalmente 6 - 9 a cada lado, haz de la hoja liso y brillante de color verde claro, con abundante tomento en el nervio central, envés siempre tomentoso de color amarillo o amarillo oscuro, entre 6 - 9 nervios laterales a cada lado; peciolo con abundante tomento, de amarillo a café oscuro de 10 - 30 mm de longitud por 3 mm de grueso o más; involucre hemisférico de 13 mm de diámetro, por 7 mm de alto, escamas anchas y con fino tomento (Figura 2), bellota ovoide de 15 - 20 mm de largo, glabras.

Nombres comunes: encino blanco, encino pepitillo, encino colorado, encino prieto, encino chilillo y encino chicharrón.

Distribución en México: Michoacán, Chiapas, Chihuahua, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Estado de México, Oaxaca, Puebla, Querétaro, San Luis Potosí, Tlaxcala y Veracruz.

Hábitat: Laderas de cerro, terrenos planos con declive, cañadas, suelos someros o profundos, rocosos o pedregosos; forma parte del bosque abierto de pino y encino o en pequeño manchones puros; se distribuye en altitudes de 1, 200 – 2, 800 m.

Quercus crassifolia presenta la siguiente clasificación taxonómica (Zavala, 1995):

| | |
|-------------|--|
| Subdivisión | Angiospermae |
| Clase | Dicotiledonea |
| Subclase | Hamamelididae |
| Orden | Fagales |
| Familia | Fagaceae |
| Subfamilia | Quercoideae |
| Género | <i>Quercus</i> |
| Subgénero | <i>Erythrobalanus</i> |
| Especie | <i>Quercus crassifolia</i> (Humb. & Bonpl.). |



Figura 2. *Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl.

2.5 Germinación.

El embrión dentro de la semilla es una planta en miniatura y en la semilla madura, ha parado su crecimiento, pero está vivo y respira muy lentamente, incluso, en condiciones favorables el crecimiento es inhibido por el factor latencia, más tarde, la semilla empieza a madurar para germinar, y cuando se encuentra en condiciones adecuadas para el crecimiento vegetal, el embrión empieza su desarrollo; este es el fenómeno conocido como germinación, Hartmann *et al.* (2002) y Thomson, (1979), la germinación es el proceso de reactivación de la semilla, y la emergencia de la radícula y de la plúmula, conducentes a la producción de una plántula.

La mayoría de las semillas parecen germinar mejor a una temperatura cercana a 20°C, pero el crecimiento de la plántula responde a temperaturas superiores (Baskin y Baskin, 1998).

Una buena germinación implica el desarrollo del embrión en una plántula con un sistema radicular capaz de absorber agua y los nutrientes minerales del suelo y con una superficie foliar capaz de realizar la fotosíntesis. Cuando se alcanza este

estado de desarrollo, la plántula está establecida como una planta independiente y, en un ambiente favorable, es capaz de crecer y formar una planta madura (Thomson, 1979).

Las semillas completas y viables son requisito para la germinación. Muchos casos que presentan un tamaño normal de semilla pueden contener sólo un endospermo y el embrión. Las llamadas semillas "vacías" a menudo son el resultado de la falta de polinización, de la falta de la fertilización ocurrida después de la polinización o, como en el caso de los pinos, de la unión de genes letales o subletales en la época de la fertilización. Por otro lado, las semillas completas o sanas pueden ser no viables, o estar en estado latente, lo cual les evitará germinar. En el primer caso, la semilla está muerta y no germinará y en el segundo caso, lo hará hasta que las condiciones ambientales sean favorables. Los porcentajes más altos de semillas completas aparentemente se presentan en los años de mayor producción. Por ejemplo, Stephen y Burton (1980), encontraron que un 37% de las semillas eran completas del arce azucarero en los años de máxima producción (promedios de 9.5 millones de semillas por ha) mientras que sólo el 11% estaban completas en los años de producción intermedios y pobres (promedio de 770, 000 semillas por ha).

La salida del estado de latencia requiere, en determinados casos, algunos estímulos ambientales después de la maduración, tales como luz o bajas temperaturas. En otros casos, las gruesas cubiertas de las semillas constituyen una barrera impermeable al agua y, los gases ejercen una resistencia física a la expansión del embrión, que impide la germinación. La presencia de sustancias inhibitorias de la germinación es otro de los condicionantes de la misma.

Al inicio de la imbibición la diferencia entre los potenciales hídricos de la semilla y el substrato suele ser muy elevada, lo que produce un fuerte flujo de agua hacia el interior de la semilla y hace que ésta se hinche, experimentando en muchos casos un considerable incremento de volumen. Sin embargo, a medida que la humedad de la semilla aumenta, su potencial se incrementa (se hace menos negativo) mientras que el substrato disminuye al ser extraída el agua. Ello hace que

ambos potenciales tiendan a igualarse y que, por tanto, el flujo de imbibición disminuya.

Muchas semillas, cuando germinan en agua destilada y en condiciones óptimas muestran un modelo de absorción de agua en tres fases. La primera fase, de absorción rápida, es principalmente consecuencia de las fuerzas mátricas de las paredes y contenidos celulares de la semilla. La segunda fase constituye un período de absorción de agua mucho más lento, que incluso puede detenerse debido a que el potencial del agua en las células de las semillas ha aumentado. La tercera fase, en la cual la absorción de agua vuelve a aumentar, se asocia a la emergencia de la radícula y al crecimiento de la plántula (Gurevitch y Scheiner, 2002).

La duración de cada una de estas fases depende de ciertas propiedades inherentes a las semillas, entre las que destacan su contenido en compuestos hidratables y la permeabilidad de las cubiertas al agua y al oxígeno. Estas fases también están afectadas por las condiciones del medio, como el nivel de humedad, las características y composición del sustrato, la temperatura, etc. Otro aspecto interesante es la relación de estas fases con el metabolismo de la semilla. La primera fase se produce de forma semejante en semillas vivas y muertas y, por tanto, es independiente de la actividad metabólica de la semilla. Sin embargo, en las semillas viables, su metabolismo se activa por la hidratación. La segunda fase constituye un período de metabolismo activo previo a la germinación en las semillas viables o de inercia en las semillas muertas. La tercera fase se produce sólo en semillas que germinan y obviamente se asocia a una fuerte actividad metabólica que comprende el inicio del crecimiento de la plántula y la movilización de las reservas. Por tanto, los factores externos que activan el metabolismo, como la temperatura, tienen un efecto estimulador de esta última fase (Azcon-Bieto y Talón, 1993).

El primer paso para la germinación es la absorción, por la semilla, de grandes cantidades de agua (imbibición). Esto va seguido de una activación enzimática, del comienzo de un rápido aumento de la velocidad de respiración, y del comienzo de la síntesis protoplásmica. La cantidad de alimento almacenado disminuye a medida que la digestión y la respiración se prosiguen. Con la absorción de agua, la liberación de energía y el comienzo de los procesos de crecimiento, el embrión se hace

demasiado grande para la cubierta seminal; aparecen hendiduras en ésta, y la punta de la radícula emerge (Fuller, 1974).

Quercus crassifolia tiene germinación hipógea; en ésta, los cotiledones, que son estructuras de almacenamiento, permanecen enterradas en el suelo y dentro de la cubierta de la semilla; el crecimiento inicial del epicótilo da lugar a la formación del tallo y las hojas primarias (Daniel, 1983).

2.6 Latencia.

La latencia se puede definir como el estado de crecimiento y metabolismo suspendidos. Las semillas no germinan porque presentan mecanismos de defensa contra las heladas invernales o la sequía y germinan hasta que las condiciones del ambiente son favorables; la latencia puede ser impuesta en diferentes épocas de la vida de una semilla (Bidwell, 1979).

En la mayoría de las especies, sin embargo, la latencia y la post-maduración son fenómenos químicos, no conocidos en su totalidad. Parece ser un bloque de procesos fisiológicos empleados en la germinación, por ejemplo en la presencia de un inhibidor o la ausencia de una hormona u otra sustancia promotora del crecimiento; ambos inhibidores y promotores, pueden estar presentes, predominando los primeros (Thomson, 1979).

La latencia puede ser de dos tipos (Bewley y Black, 1994):

- a) Latencia primaria, la cual se establece durante el desarrollo ontogenético de la semilla, por lo que la semilla madura al ser dispersada de la planta madre ya se encuentra en estado latente.
- b) Latencia secundaria o inducida, se establece en la semilla madura; generalmente es cuando las semillas se encuentran en condiciones desfavorables para la germinación; por ejemplo, anoxia, temperatura o iluminación desfavorables, etc.

La latencia primaria puede ser también de varios tipos, y a veces la misma semilla puede presentar más de un tipo. En la clasificación más sencilla (FAO, 1991) se distinguen:

- 1) Latencia exógena o del pericarpo/cubierta seminal. (FAO, 1991 y Hartmann, *et. al.*, 2002).

1) Latencia exógena o del pericarpo/cubierta seminal. (FAO, 1991 y Hartmann, *et. al.*, 2002).

a) Física; impermeabilidad de la cubierta o el pericarpio al agua.

Las semillas de algunas especies poseen una cubierta dura y cutinizada que impide totalmente la imbibición de agua y a veces también el intercambio de gases. Sin imbibición e intercambio de gases son imposibles la renovación del crecimiento embrionario y la germinación. Los tratamientos previos para romper latencia física de la cubierta tienen por finalidad ablandar, perforar, rasgar o abrir la cubierta para hacerla permeable, sin dañar el embrión ni el endospermo que están en su interior. Todo tratamiento que destruye o reduce la impermeabilidad de la cubierta se denomina escarificación.

b) Química; inhibidores en el pericarpio o la cubierta.

La latencia química de la cubierta, debida a la presencia de sustancias químicas que están ubicadas en ella pero inhiben la germinación del embrión, puede romperse mediante algún tipo de tratamiento líquido que extrae esas sustancias por lixiviación. La sustancia química que más se utiliza para romper latencia de la cubierta es el ácido sulfúrico concentrado. En la mayoría de las especies, la dureza de la cubierta varía según el lote e incluso el árbol de que se trate. La duración óptima de la inmersión en el ácido puede determinarse con pequeñas muestras del lote a tratar.

c) Mecánica; resistencia mecánica del pericarpio o la cubierta al crecimiento del embrión.

Uno de los más sencillos y directos consiste en cortar, perforar o abrir un pequeño orificio en la cubierta de cada semilla antes de sembrarla. Puede utilizarse también lija para reducir el grosor de la cubierta por abrasión. El efecto de la escarificación física puede reforzarse remojando las semillas en agua fría antes de sembrarlas.

2) Latencia endógena o del embrión. (FAO, 1991; Hartmann, *et al.*, 2002).

La latencia endógena comprende los casos de embriones que están morfológicamente subdesarrollados en el momento en que se separan del árbol padre y que para poder germinar necesitan completar después su crecimiento.

Comprende también los casos de embriones que están morfológicamente maduros en el momento de la dispersión o recolección de la semilla pero son fisiológicamente incapaces de germinar si no se producen determinados cambios bioquímicos. También aquellos embriones que presentan un mecanismo fisiológico inhibitor que impide la germinación, que puede ser: superficial, mecanismo inhibitor débil; Intermedia, mecanismo inhibitor intermedio o profunda; y, mecanismo inhibitor fuerte. Las sustancias químicas empleadas para tratar la latencia fisiológica son el ácido giberélico, el ácido cítrico, el peróxido de hidrógeno, entre otros. La estratificación es un método de tratamiento de semillas en latencia en el cual las semillas embebidas en agua son sometidas a un periodo de enfriamiento para que se efectúe la postmaduración del embrión (Hartmann *et al.*, 2002). Es un medio de romper la latencia fisiológica y con esta no sólo se supera dicha latencia sino que se puede reducir también la sensibilidad de las semillas durmientes a sus necesidades óptimas de luz y temperatura, de lo que se deriva un incremento de la tasa de germinación y de la uniformidad de ésta en condiciones diversas (FAO, 1991). Las semillas cuyos embriones están subdesarrollados en el momento de la dispersión no germinan hasta que esos embriones han tenido tiempo suficiente para madurar. Lo más frecuente para que los embriones se desarrollen suficientemente es aplicar un período de tratamiento previo con calor húmedo. En la mayoría de las especies que tienen embriones subdesarrollados también está presente la latencia fisiológica, por lo que después del tratamiento con calor húmedo debe aplicarse un tratamiento con frío húmedo).

3) Latencia combinada; en la que la latencia afecta al mismo tiempo a la cubierta seminal y al embrión.

a) Morfofisiológica. Combinación de subdesarrollo del embrión con mecanismo fisiológico inhibitor fuerte o combinación de subdesarrollo del embrión con mecanismo fisiológico inhibitor fuerte del crecimiento del epicótilo.

b) Exógena/Endógena. Diversas combinaciones de latencia de la cubierta o el pericarpio con latencia fisiológica endógena (FAO, 1991).

Los principales mecanismos que causan latencia o la prolongan impidiendo la germinación en la semilla son:

1.- Factores ambientales.

a) Luz: Para la germinación de muchas semillas, la exigencia de luz es un factor importante ya que semillas pequeñas enterradas muy profundamente agotan sus reservas antes de alcanzar la superficie y poder ser autótrofas. Por otro lado, algunas semillas no germinan bajo el dosel vegetal del bosque porque la luz que llega al suelo es insuficiente para estimular la germinación.

b) Altas temperaturas.- El tratamiento con baja temperatura ayuda a la germinación de muchas semillas y la alta temperatura puede ser inhibitoria en el momento de la germinación.

c) Ausencia de agua.- El agua es necesaria para estimular los procesos metabólicos por lo que el remojo se puede efectuar en agua o en otros líquidos. Estos tratamientos en húmedo combinan a veces dos efectos: el de ablandar la cubierta dura y el de extraer por lixiviación los inhibidores químicos. Algunas semillas que tienen poca resistencia a la germinación pueden responder bien al remojo durante 24 horas en agua a temperatura ambiente. Esto favorece la imbibición en relación con la que puede obtenerse en un almácigo humedecido.

2.- Factores internos.

a) Cubierta de la semilla.- Pueden estar presentes dos mecanismos: uno bioquímico o fisiológico y otro mecánico. La cubierta es casi impermeable a la difusión de los gases y el embrión puede mantenerse en latencia por falta de oxígeno, ya que éste es necesario para el metabolismo.

b) Inmadurez del embrión.- En muchas especies el retraso de la germinación puede resultar de la presencia de un embrión rudimentario o poco desarrollado, diferenciado en el momento que la semilla madura. Esta es una característica de las especies que no depende del período transcurrido, desde la fertilización de los óvulos hasta la maduración de las semillas.

c) Baja concentración del etileno.- Producido por las bacterias del suelo.

- d) Presencia de inhibidores.- La cubierta más expuesta al medio ambiente contiene sustancias solubles en agua que inhiben el crecimiento vegetal, las cuales se denominan inhibidores (varios fenoles, ácido abscísico, la cumarina y las auxinas).
- e) Ausencia de promotores del crecimiento.- Como son: citocininas y giberelinas.

3.- Mecanismos de cronometraje.

- a) Post-maduración.- Procesos fisiológicos empleados en la germinación, pueden estar presentes inhibidores y promotores.
- b) Desaparición de los inhibidores.- Como es el caso del ácido abscísico. Cuando hay una ausencia del elemento del medio que dispara la germinación.
- c) Síntesis de promotores del crecimiento.- Cuando aumenta o disminuye la concentración de promotores del crecimiento.

Harold y Jocker (1984) mencionan que la germinación de las semillas de encino es retrasada o detenida por la presencia de un inhibidor químico, presente en los cotiledones; sin embargo, no hay trabajos donde se presenten los tratamientos para eliminar este tipo de latencia.

En algunos casos, los animales y microorganismos son un factor importante a la hora de romper la impermeabilidad de la cubierta seminal. Las semillas se hacen pasar por el tracto digestivo de algunos rumiantes.

La radiación solar no se utiliza por sí sola para promover la germinación, pero es un componente importante del tratamiento que consiste en alternar remojado y secado. El fuego es un poderoso factor natural para eliminar latencia de la cubierta. Un fuego fuerte mata las semillas, pero un fuego entre leve y moderado reduce la impermeabilidad de la cubierta y estimula la germinación.

- d) Reguladores del crecimiento.- Los reguladores del crecimiento vegetal desempeñan un papel importante en el crecimiento y desarrollo de los vegetales. Son compuestos orgánicos (diferentes de los nutrimentos), que en pequeñas cantidades fomentan, inhiben o modifican de alguna otra forma cualquier proceso fisiológico vegetal (Weaver, 1982). Estas sustancias se agrupan en promotores del crecimiento: auxinas, citocininas, giberelinas; e inhibidores: ácido abscísico, los

cuales presentan una serie de efectos biológicos producidos en las plantas que varían según la especie y la variedad.

Auxinas.

Las auxinas son sustancias químicamente relacionadas con un anillo auxínico, aunque ciertas auxinas sintéticas carecen de estructura anillada, el ácido indolacético (AIA), es propiamente la auxina principal de muchas plantas (Hill, 1984).

Este compuesto se sintetiza principalmente en el ápice del tallo, en ramas, yemas y hojas jóvenes y en general en los meristemas. El AIA es transportado como AIA-inositol principalmente a través del floema (Rojas y Ramírez, 1991). La auxina tiende a formar un gradiente desde el ápice del tallo hasta la raíz. El principal efecto auxínico es la estimulación del alargamiento celular o su depresión según la concentración del producto (Bidwell, 1979; Rojas y Ramírez, 1991). En interacción con otras hormonas como citocininas y giberelinas, ejercen un efecto característico sobre la diferenciación celular, promoviendo la formación de órganos adventicios.

Citocininas.

Se sintetizan principalmente en la raíz, y son traslocadas a las yemas del tallo, donde tienen efecto hormonal. Son típicamente las hormonas de la división celular y activan el proceso directamente. También determinan la dominancia apical, por la que el crecimiento de las ramas se supedita al del tallo en velocidad y dirección (Bidwell, 1979).

Giberelinas.

La aplicación exógena de giberelinas produce una amplia variedad de respuesta en los vegetales. La mayoría de estos estudios se han realizado con ácido giberélico, que es un compuesto disponible comercialmente. Las giberelinas son moléculas extremadamente activas, y en general, unos pocos μg o incluso ng son suficientes para inducir distintos efectos fisiológicos. Inducen la elongación del tallo y floración en variedades genéticamente enanas y en las plantas de día largo. El efecto del GA_3 sobre la síntesis enzimática se ha estudiado principalmente en la capa de aleurona de las semillas de los cereales, que en respuesta a su aplicación libera

aplicación de GA₃ inhibe la floración en las angiospermas leñosas y en los frutales. Las giberelinas pueden causar reversión en la fase de adulto a la fase juvenil. En algunas especies de coníferas, sin embargo, este tratamiento induce floración precoz. También se observa una tendencia a producir flores masculinas en aquellas plantas que poseen flores con sexos separados (docógamas). El cuajado y desarrollo del fruto es un proceso que puede influenciarse mediante GA₃ exógenas. El GA₃ también sustituye los requerimientos de luz o frío que precisan muchas semillas para germinar (Azcon – Bieto y Talón, 1993).

Para germinar muchas semillas requieren condiciones ambientales como el frío o la luz. El inhibidor hormonal de crecimiento, ácido abscísico (ABA), está presente en muchas semillas que están fisiológicamente latentes. A medida que la semilla comienza a germinar, se reduce el nivel de ABA y aumenta el nivel de la giberelina, promotora del crecimiento por lo que la latencia de la semilla a menudo puede interrumpirse con la aplicación de giberelinas (Young, 1991).

Las giberelinas se sintetizan principalmente en las hojas jóvenes y en las semillas en cuyo endospermo se ha encontrado un receptor no identificado. El nivel de GA₃ dentro de la semilla aumenta conforme se desarrolla el embrión y luego decrece cuando la semilla madura (Corcoran y Phinney, 1962). La biosíntesis se presenta a partir del ácido mevalónico. El ácido giberélico (GA₃) parece ser esencial para la germinación de semillas y es casi un estimulador universal en la germinación, estando frecuentemente asociado con la movilización de reservas del endospermo y el crecimiento de tejido embrionario. El GA₃ induce la síntesis de amilasa en las semillas, posibilitando que el almidón pase a glucosa para ser respirada y liberar la energía necesaria para el desarrollo del embrión. Esta inducción se efectúa activando un precursor inactivo del RNA mensajero. Los tratamientos con GA₃ pueden superar la latencia fisiológica en varias especies de semillas y estimular así la germinación (Hartmann *et al.*, 2002).

Acido abscísico.

Se encuentra en todos los órganos de la planta: los frutos, semillas y yemas jóvenes. En ciertos aspectos el Acido Abscísico (ABA) es un antigiberélico pero no bloquea o inactiva el GA_3 , sino que actúa sobre los ácidos nucleicos probablemente a nivel de la transcripción. El ABA promueve la abscisión o caída de hojas, flores y frutos en interacción con otras hormonas. También induce la latencia y es una hormona de estrés, cuando la planta sufre sequía la concentración de dicho ácido aumenta (Rojas y Ramírez, 1991).

2.7 Factores que determinan el establecimiento en campo de los encinares.

a) Factores intrínsecos.

Gross (1984), estudio el tamaño de semilla y la morfología de las plántulas en el establecimiento de seis especies perenes monocarpicas (*Verbascum thapsus*, *Oenothera biennis*, *Daucus carota*, *Dipsacus sylvestris*, *Tragopogon dubinus* y *Arctium minus*) encontrando que el peso de la semilla varió por más de dos órdenes de magnitud entre las especies y de 3 a 20 veces dentro de las especies. Tal variación puede deberse a diferentes factores: uno de ellos es el ambiental (condiciones de luz o sombra, humedad y depredadores a que se encuentra sometida la planta madre) y el otro es el factor genético, en el cual intervienen tanto la planta madre como el padre, Robledo (1997). McWilliams, *et. al.*, (1968) al estudiar la variación en el peso de la semilla de *Amaranthus retroflexus*, encontró que las semillas más pesadas resultaban ventajosas en las zonas de latitudes altas debido a la corta temporada de crecimiento que presentan sus plántulas; Schimpf (1977), encontró que la disponibilidad de agua era más importante que la duración de la temporada de crecimiento, debido a la mayor capacidad de las plántulas de semillas pesadas de establecer raíces más vigorosas a mayor profundidad. Wulff (1986), encontró que las plántulas de *Desmodium paniculatum* provenientes de semillas pesadas tienen mayor área foliar, biomasa radical y biomasa total, por lo que pueden tener ventajas sobre las provenientes de semillas ligeras si ambos tipos crecen en condiciones de competencia. Winn (1985), encontró que los requerimientos de los sitios seguros para el establecimiento y crecimiento de *Prunella vulgaris* son más

restrictivos para las semillas ligeras que para las pesadas. Por su parte Gross (1984), al estudiar el establecimiento de seis especies de plantas perennes monocárpicas, encontró que las diferencias en el peso de las semillas dentro de las especies afectan significativamente el crecimiento de las plántulas en ambientes no competitivos (sin maleza), pero no lo afectan en ambientes competitivos (con maleza).

McComb (1934), encontró una alta correlación entre el peso de la semilla y el desarrollo de plántulas de *Quercus montana* de un año de edad, en donde el peso promedio total de las plántulas provenientes de semillas más pesadas fue 294% mayor que el de aquellas provenientes de las más ligeras. Finalmente, Tecklin y McCreary (1991) encontraron que el peso de la semilla afectó significativamente y en forma positiva la emergencia, supervivencia, altura y peso de las plántulas de *Quercus douglasii* en condiciones de campo.

El tamaño de las semillas procedentes de la misma planta depende de su posición en la planta dentro de la inflorescencia. Las semillas que se desarrollan en las partes más bajas, más sombreadas, tienden a ser más pequeñas que las que lo hacen cercanas a las hojas expuestas a toda la luz de día y, dentro de la inflorescencia, las semillas más grandes están cercanas a la base. Las flores de las ramas laterales abren más tarde que las del tallo principal y dan lugar a semillas que pueden ser cosechadas aunque todavía no estén maduras y sean de pequeño tamaño (Granados, 1994; Granados y López, 2001).

Un tamaño grande de semilla es una indicación de vigor. La semilla contiene sólo el embrión o el embrión y el endospermo, preparados para ser absorbidos en el desarrollo de la plántula. En cualquier caso, cuanto mayor es el tamaño de la semilla mayor es el tamaño de la plántula y de la superficie foliar verde capaz de realizar fotosíntesis. Si la semilla se entierra profunda en el suelo, es más fácil que alcance la superficie una plántula grande que una pequeña. Comparadas con las semillas pequeñas, por lo tanto, las semillas grandes producen plántulas que crecen más rápidamente en el campo, y emergen en mayor proporción sobre la superficie del suelo (Gurevitch y Scheiner, 2002).

Delgado (1994), recomienda recolectar bellotas de tamaño mediano a grande ya que a mayor tamaño de la bellota, mayor tamaño de la futura planta. La planta procedente de bellota temprana y gruesa tiene ventajas en zonas de inviernos no muy fríos y pueden abordar un verano muy duro ya bastante bien enraizadas, pues germinan antes que las demás y tienen mayores reservas alimenticias de nutrientes. Esta es la ventaja de las encinas de brotación primaveral temprana. A cambio, correrán el riesgo de que una helada tardía acabe con los brotes y las flores, y en consecuencia, con los frutos (Oliver, 1996).

Scagel (1987), reporta que las plantas que crecen en hábitats cerrados (bosques) poseen semillas mayores que las que crecen en hábitats más abiertos. Esto hizo que especulara sobre si las semillas mayores en los hábitats cerrados permitirían a las plántulas sobrevivir en condiciones de intensidad lumínica reducida hasta que se volvieran suficientemente grandes como para mantenerse con su propio aparato fotosintético. En los hábitats abiertos la luz constituye en menor medida un factor limitante. Las plántulas originadas por semillas pequeñas dispondrían de una fuente inmediata de luz para la fotosíntesis y dependerían menos de la energía almacenada para el crecimiento. Las semillas pequeñas se dispersan de modo mucho más efectivo que las mayores, lo cual confiere a sus plantas una ventaja selectiva en los hábitat abiertos: son más capaces de alcanzar centros potenciales para la germinación de las semillas. Esto es importante por cuanto las áreas abiertas tienden a tornarse cerradas con el paso del tiempo. Algunas plantas de los hábitat abiertos poseen semillas grandes; en las plantas, la semilla grande constituye una fuente de energía para el establecimiento de un sistema radical grande.

b) Factores extrínsecos.

Los factores ecológicos que influyen en el establecimiento en campo de los encinares son varios y en los que más se ha investigado son los siguientes:

Suelo. Kramer y Kozlowski (1974), mencionan que las plántulas de encino se establecen mejor en suelos con estructura suelta, además hacen notar que la capa de hojarasca juega un papel importante en el establecimiento de la plántula. Facelli y

Steward (1991), reportan que al surgir la radícula los vuelve más resistentes a las condiciones de sequía.

Luz. Orvington y Mac Rae (1960), en Inglaterra encuentran que la cobertura del dosel tiene mayor influencia e impacto en el crecimiento de *Quercus* que el tipo de suelo. Al investigar el contenido de nutrimentos de las bellotas observaron que aquellas con valores altos, se vuelven independientes de las condiciones nutrimentales del suelo, por lo menos durante los dos primeros años posteriores a la germinación; sin embargo, Kramer *et al.* (1952), mencionan que el encino puede desarrollarse más fácilmente en condiciones de sombra, por tener mayor eficiencia fotosintética y Bazzas (1979), menciona que en los encinos la tasa de fotosíntesis es baja en comparación con las plantas intolerantes a la sombra y hace notar que el punto de saturación de luz ocurre en las intensidades bajas (10-15% de luz solar directa) y por esto son fotosintéticamente más eficientes a bajas intensidades de luz.

Las condiciones microambientales bajo el dosel cerrado son tan heterogéneas como en los claros. Esto se debe a que el dosel es un continuo de diferencias en composición, estructura vertical, espesura y densidad del follaje. Como consecuencia, la interacción de los claros en el dosel cerrado genera un rango de luz en el sotobosque, que permitirá que las especies se establezcan en los sitios en las que la cantidad de luz sea la adecuada.

Bajo los claros, las características microambientales varían, esas diferencias son resultado de factores como: la naturaleza e intensidad de los disturbios que lo crearon, el área afectada, la composición de la vegetación del sitio, la naturaleza de la vegetación circundante (colonizadores potenciales) y los agentes ambientales. (García *et al.*, 1993)

Fuego. El fuego influye en los encinares en su desarrollo, dependiendo de la intensidad del incendio, de la edad del arbolado, de la especie, del tipo de crecimiento y de la capacidad de regeneración de esta. Sackett *et al.*, (1992) al realizar un estudio sobre el efecto de los incendios en Yosemite, sobre encinares de *Q. kelloggii* mencionan que el calor no penetra a través del suelo en sitios donde la hojarasca de encino domina el microhábitat, mientras que en otro sitio, donde el

encino no dominaba en la composición de la hojarasca el calor del incendio prescrito fué mayor en intensidad y a mayor profundidad del suelo.

Depredación. La depredación en encinos es muy alta debido a que su germinación por ser de tipo hipógea y tener cotiledones verdes, los cuales son fotosintéticos por lo que atraen a un gran número de depredadores (Bazzas, 1979).

Leopold (1977), menciona que los encinos son importantes en las dietas de aves, roedores e incluso grandes mamíferos. Griffin (1980) realizó un estudio sobre producción, desarrollo, depredación y supervivencia de bellotas y reportó que sólo un 19% escapó a la depredación y germinó, pero finalmente éste fue depredado en el estadio de plántula. Él también señala que la regeneración de encinos es nula en zonas donde existe pastoreo; ya que roedores, jabalís y venados consumen las bellotas y plántulas de encino, y los chapulines matan varias plántulas al atacar las hojas de renuevo y las raíces de los encinos.

Es por ello, que resulta de gran importancia el buscar métodos que disminuyan la velocidad de germinación para evitar el ataque de depredadores y para incrementar el vigor de las plántulas.

2.8 Investigaciones e importancia del género *Quercus*.

De la Paz (1985), trabajó aspectos de tecnología de la madera de encinos, y hace notar que las especies *Q. laurina*, *Q. crassifolia*, *Q. candicans* y *Q. acutifolia* tienen mayores posibilidades de ser utilizadas industrialmente, debido a la calidad de su madera. Zuñiga y Greelman (1985), trabajaron con *Q. crassifolia*, *Q. rugosa* y *Q. laurina* con el fin de producir forraje altamente digerible para rumiantes.

Otros autores como Mass (1977), Leopold (1977), Rzedowski (1984), Ffolliot (1992), Lopez y Ffolliot (1992), Clary y Tiedemann (1992) y Propper (1992), consideran que los encinares deben manejarse para la producción de madera, leña, como forraje para el ganado, como protección de especies animales, en el manejo de cuencas hidrológicas, para la recreación, e incluso para la actividad cinegética, lo cual ofrece un panorama amplio de la importancia y el múltiple uso que tienen las comunidades de encinos.

Bello y Labat (1987), mencionan que el encino cucharilla rojo (*Q. crassifolia*) se utiliza como medicinal para curar yagas, fortalecer dientes y evitar la caída del cabello, utilizando el agua que resulta del cocimiento de hojas y corteza.

Vozzo (1984), reporto observaciones fungicas en semillas de *Quercus alba* y *Quercus nigra*. Las especies de *Curculio* son la mayor plaga en las semillas de *Quercus*, ya que depositan sus huevos en cámaras y la larva se alimenta del cotiledón.

Los encinos constituyen los productos principales de la economía de algunas localidades del país, ya que son fuente de celulosa y papel, artesanías, productos primarios (madera aserrada, chapa, madera para la construcción) y productos no maderables como raíces, frutos y fibras usadas como alimento y medicina; además de su utilidad actual como recursos recreativos y escénicos, los encinos se emplean en la recuperación de suelos erosionados así como en los programas de reforestación (Bello y Labat, 1987).

En México, el principal uso es para combustible, en forma de leña o carbón y junto con el mesquite y huizache constituyen la base más importante de la energía rural. A este respecto cabe mencionar que la SEMIP (Secretaria de Energía, Minas e Industria Paraestatal, 1988), reporta que la leña de estos vegetales constituye el 70% de la base energética nacional en el medio rural, lo que da una idea de la importancia de la leña y por tanto de los encinares. El uso como combustible ya se daba desde la época precortesiana, aunque existen indicios de uso frecuente como vigas y pilotes (Bello y Labat, 1987).

En la medicina popular de algunos lugares de México, los amentos se utilizan como calmante contra el vértigo y la epilepsia. Se conoce que sus flores no producen néctar, pero si mucho polen, el cual acopian las abejas con frecuencia. En los Estados Unidos y en México se ha registrado al encino como fuente de ligamaza, la cual a veces las abejas recogen y almacenan como miel. Las especies en cuyas flores se produce, ha recibido en México la denominación de "encina miel"; los frutos también tienen importancia económica; sin embargo, es ahora menor que antes, pues en los primeros tiempos fueron un buen alimento entre los indios americanos, especialmente los de California y en ciertas partes del Norte de México. Las bellotas

contienen almidón, aceites, ácido cítrico, azúcar y tanino. Algunas veces son lo suficientemente dulces como para consumirse crudas sin preparación alguna. En España, para obtener jamón serrano se alimenta a los cerdos exclusivamente de bellotas de encinos. En Guatemala, las cenizas de la madera de los encinos se usan comúnmente como lejía en la fabricación de jabón (Bello y González, 1988). Por la cantidad de taninos que posee la corteza, esta tiene gran aplicación en la curtiduría (Rzedowski, 1984).

Bello y Labat (1987), mencionan que el encino cucharilla rojo (*Quercus crassifolia*) se utiliza como medicinal para curar llagas, fortalecer dientes y evitar la caída del cabello, utilizando el agua que resulta del cocimiento de hojas y corteza.

Existe gran interés en torno al género *Quercus* atribuido a su alta diversidad y a su importancia ecológica y económica. Sin embargo, el conocimiento sobre su riqueza aún es deficiente. Diversos problemas dificultan conocer el número exacto de especies del género *Quercus*: la gran variación morfológica específica (aun dentro del mismo individuo), la escasez, carencia e inaccesibilidad del material tipo y de la literatura original, descripciones originales deficientes, la sobredescripción de muchas de las especies y la frecuente hibridación de las mismas (Grant, 1989), todo ello aunado a los problemas que se tienen para visitar herbarios (nacionales e internacionales) y realizar trabajo de campo, así como a la diferencia de criterios de los especialistas del grupo. Actualmente, existe una gran carencia en investigaciones sobre la biología del género *Quercus*; sin embargo, se han hecho estudios completos por regiones entre los que destacan: Mc Vaugh (1974), González (1985), Bello y Labat (1987) y Vázquez (1993); estos estudios en general son de tipo florístico y descriptivo (Aguilar, 1985); existiendo muy pocos trabajos para México sobre su ecología, propagación y establecimiento en campo (Robledo, 1997).

PREGUNTAS DE ESTUDIO

- ¿El tamaño de semilla afecta la germinación y el crecimiento de *Quercus crassifolia*?
- ¿El tratamiento pregerminativo incrementa el porcentaje de germinación?
- ¿La densidad del dosel influye en el crecimiento y supervivencia de *Quercus crassifolia*?

III. OBJETIVOS

3.1 Objetivo general

Evaluar el efecto del tamaño de semilla y del tratamiento pregerminativo en la germinación, emergencia y el crecimiento postemergente de *Quercus crassifolia*, bajo condiciones de vivero y de campo.

3.2 Objetivos Particulares

- Evaluar el efecto de tres tamaños de semilla en la germinación y crecimiento postemergente de *Quercus crassifolia*.
- Evaluar el efecto de dos tratamientos pregerminativos en la germinación y crecimiento postemergente de *Quercus crassifolia*.
- Evaluar el efecto del dosel (abierto y cerrado) en el crecimiento postemergente de *Quercus crassifolia*.

IV. METODOLOGÍA

Este trabajo se llevó a cabo en condiciones de vivero y de campo. Se efectuaron dos experimentos independientes, donde se determinó el efecto interactivo entre el tamaño de semilla, el tratamiento pregerminativo y la condición de dosel en la germinación y crecimiento postemergente de *Quercus crassifolia*. Previo a los experimentos se realizaron las siguientes actividades:

4.1 Recolección de la semilla y selección del tamaño.

Las semillas se recolectaron en un Bosque de Pino-Encino en la localidad de la Estanzuela, Municipio del Mineral del Chico (98°45' y 46' y 20°10' y 11'), en el Parque Nacional "El Chico", edo. de Hidalgo. Se hizo un muestreo a nivel poblacional, seleccionando 100 individuos sanos y vigorosos (libres de plagas y enfermedades, fustes rectos no bifurcados) de *Quercus crassifolia*; se recolectó la misma cantidad de semilla de 10 individuos separados entre sí por lo menos 50 metros aproximadamente a fin de disminuir la frecuencia de homocigocidad. Se tomó un lote de 100 semillas y se seleccionaron los tres tamaños más abundantes, los cuales fueron; 2.0, 2.5 y 3.0 cm.

4.2 Pruebas de viabilidad.

Se catalogaron y formaron tres grupos de semillas de acuerdo a su tamaño (2.0, 2.5 y 3.0 cm), recolectadas del piso forestal entre los meses de enero y febrero. Estas se dividieron en 4 subgrupos de 25, mismos que se remojaron en agua durante 24 horas, se cortaron longitudinalmente y se colocaron en una solución acuosa de cloruro de tetrazolio al 1% durante 24 horas. Se determinó el porcentaje de viabilidad mediante el recuento de semillas teñidas de color rojo (Hartmann *et al.*, 2002). Se tuvieron cuatro repeticiones por tratamiento y un testigo. A los resultados se les calculó la media y la desviación estándar.

4.3 Tratamiento pregerminativo en la germinación de *Quercus crassifolia*.

Se utilizaron 150 semillas por tamaño (Cuadro 2) y por tratamiento las cuales se subdividieron en tres grupos de 50 semillas.

Cuadro 2.- Tamaño de semilla y tratamiento pregerminativo.

| Tamaño de semilla | Tratamiento pregerminativo | Número de semillas |
|-------------------|-------------------------------|--------------------|
| 2.0 | Acido giberelico ¹ | 50 |
| | Agua | 50 |
| | Testigo | 50 |
| 2.5 | Acido giberelico ¹ | 50 |
| | Agua | 50 |
| | Testigo | 50 |
| 3.0 | Acido giberelico ¹ | 50 |
| | Agua | 50 |
| | Testigo | 50 |

¹El tratamiento con ácido giberélico fue a inmersión durante 24 hrs. a temperatura ambiente.

A cada grupo se le aplicó el tratamiento pregerminativo respectivo (Cuadro X) y las semillas se colocaron por grupo en bolsas de plástico transparente con suelo de pino encino mezclado con hojarasca, recolectado en la zona de estudio, las semillas se distribuyeron homogéneamente entre el sustrato.

Las bolsas de plástico se mantuvieron en una cama del vivero a la sombra y se regaron semanalmente con el fin de mantener una humedad relativa alta pero que a la vez no permitiera la contaminación por hongos. Cada tercer día se evaluó el porcentaje de germinación mediante el recuento de semillas que presentaron primordios radiculares (Hartmann *et al.*, 2002). Se calculó el número promedio de días para que emerja la radícula:

$$\text{No. promedio de días Para que emerja la radícula} = \frac{N_1 t_1 + N_2 t_2 + N_3 t_3 \dots}{\text{No. total de semillas germinadas}}$$

N = Número de semillas germinadas;

t = tiempo transcurrido desde el inicio y el final de la prueba

Las semillas no germinadas se analizaron de acuerdo a Camacho (1994), en: semillas firmes (semillas que se embebieron pero no germinaron); semillas duras e impermeables (semillas que no se embeben y que al tocarlas están duras como en el momento de la siembra, no cambian de volumen y es difícil cortarlas); y muertas (semillas embebidas con signos evidentes de descomposición, como deshacerse al ser tocadas y exudación de líquidos viscosos).

Los resultados obtenidos se analizaron con un ANOVA en un diseño factorial de 3x2 (tres tamaños de semilla por dos tratamientos pregerminativos) con cuatro repeticiones y un testigo y se aplicó una prueba de Tukey para comparar diferencias entre medias (Snedecor y Cochran, 1971).

4.4 Crecimiento postemergente en vivero.

Se trasplantaron 12 plántulas (previamente obtenidas del experimento de germinación) por tamaño de semilla y tratamiento pregerminativo, así como del testigo a recipientes de plástico transparentes de 1.5 Kg, para evaluar el crecimiento postemergente de *Quercus crassifolia*. Los recipientes se llenaron con suelo nativo del Bosque de Pino-Encino. Se colocaron tres semillas previamente germinadas en cada unidad experimental con el fin de tener tres plántulas, colocándolas cerca de la pared de ésta. Los recipientes se cubrieron con papel aluminio a fin de eliminar el efecto de la luz sobre el crecimiento de la raíz y se colocaron al azar en camas de crecimiento del vivero de la FES-Zaragoza, Campus II.

Los recipientes se mantuvieron a capacidad de campo y se evaluó inicialmente porcentaje de emergencia (número de plántulas con la primera hoja emergida) y semanalmente longitud de raíz, longitud de vástago y tamaño y número de hojas.

Se cosecharon 5 plántulas por tratamiento (tamaño de semilla por tratamiento) a los 180 días después de la siembra y se evaluó en cada una de las plántulas número de hojas, longitud, biomasa de raíz y vástago, esta última se determinó por el método de secado a la estufa. Se aplicó una ANOVA en un arreglo factorial de 2x3 con cuatro repeticiones y un testigo y se aplicó una prueba de Tukey para comparar diferencias entre medias (Snedecor y Cochran, 1971).

4.5 Crecimiento postemergente en campo.

Se seleccionaron dos parcelas de 110 m² en la localidad la Estanzuela, Municipio de el Mineral el Chico, del Parque Nacional "El Chico", Hidalgo. Con diferentes densidades de dosel: a) dosel abierto (poco denso, sin presencia de árboles o arbustos) y b) dosel cerrado (con densidades altas de árboles y arbustos).

En cada una de las parcelas se plantaron 36 plántulas de encinos de un año de edad de las propagadas previamente en vivero, resultantes del experimento del tamaño de semilla y el tratamiento pregerminativo. Se plantaron cuatro individuos de un año de edad para cada tamaño de semilla y tratamiento pregerminativo, incluyendo el testigo (con un total de 72 plántulas).

Los individuos correspondientes a los diferentes tratamientos se plantaron mezclados y al azar entre la vegetación original, para lo cual se marcaron con listones de colores. Se dejó que los individuos se desarrollaran bajo las condiciones de temporal y mensualmente durante un año se evaluaron; longitud de vástago, número y longitud de hojas y porcentaje de supervivencia (número de individuos vivos por muestreo y con estructuras verdes).

$$\% \text{ de supervivencia} = \frac{\text{No. de plantas vivas}}{\text{No. de plantas totales}} \times 100$$

Los resultados obtenidos se analizaron en un ANOVA en un diseño factorial 3x2x2 (tres tamaños de semilla por dos tratamientos pregerminativos por dos condiciones de dosel) con cuatro repeticiones y un testigo. Las medias se compararon por Tukey (Infante y Zárate, 1990).

V. RESULTADOS

5.1 Primer experimento: "Efecto del tamaño de semilla y el tratamiento pregerminativo en la viabilidad de las semillas, porcentaje de germinación y crecimiento postemergente de *Quercus crassifolia*".

Viabilidad y germinación.

El porcentaje de viabilidad para los tres tamaños de semilla fue del 100 %; sin embargo, el porcentaje de germinación osciló entre 84 y 88 %; sin presentarse diferencias estadísticas, entre los tamaños de semilla ($p \geq 0.05$) (Figura 3) (Cuadro 3).

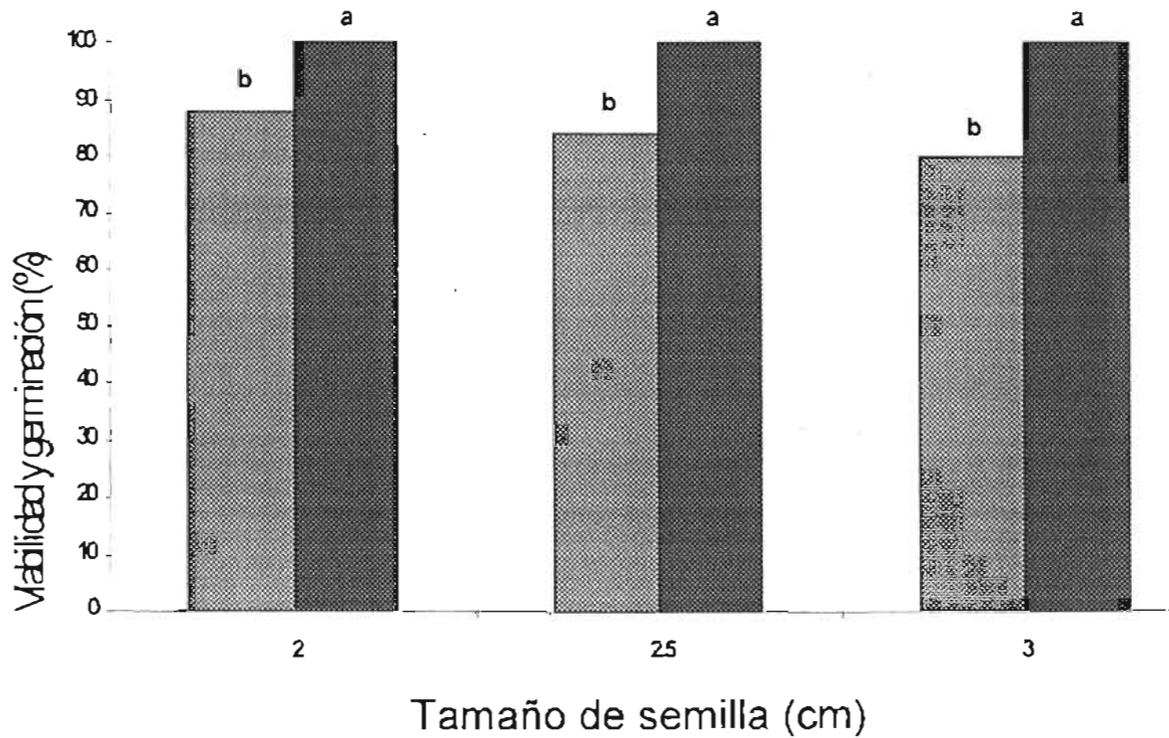


Figura 3.- Viabilidad  y germinación  de *Quercus crassifolia* en relación al tamaño de semilla.

En relación con las semillas no germinadas de los tres tamaños, todas ellas no fueron viables (Cuadro 3); el mayor porcentaje lo presentó el tamaño de 3.0 cm

(20%) y el menor porcentaje el tamaño de 2.0 cm (12%); no se presentaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre los tamaños de semilla (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Análisis de las semillas no germinadas bajo el efecto de tres tamaños de semilla en la germinación de *Quercus crassifolia*.

| Tamaño de semilla (cm) | Semillas germinadas (%) | Semillas impermeables o duras (%) | Semillas muertas (%) | Semillas Firmes (%) |
|------------------------|-------------------------|-----------------------------------|----------------------|---------------------|
| 2.0 | 88 ^a | - | 12 ^a | - |
| 2.5 | 84 ^a | - | 16 ^a | - |
| 3.0 | 80 ^a | - | 20 ^a | - |

Número promedio de días para que emerja la radícula.

El número promedio de días para que emerja la radícula osciló entre 4.52 y 7.75 días, sin presentarse diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 4).

Por otro lado, el tiempo necesario para concluir la germinación osciló entre 36 y 51 días, presentándose diferencias significativas ($p \leq 0.05$) entre tratamientos (Cuadro 4). Las semillas de 2.0 cm presentaron el período de germinación más largo (51 días) y las semillas de 3.0 cm presentaron el período más corto (36 días).

En general la germinación de las semillas de mayor tamaño (3.0 cm) concluyó antes que las semillas con tamaño pequeño e intermedio (Cuadro 4).

Cuadro 4.- Germinación de *Quercus crassifolia* bajo el efecto de tres tamaños de semilla.

| Tamaño de semilla (cm) | Germinación (%) | No. Promedio de días para que emerja la radícula | Periodo de germinación (días) |
|------------------------|-----------------|--|-------------------------------|
| 2.0 | 88 ^a | 7.75 ^a | 51 ^c |
| 2.5 | 84 ^a | 7.09 ^a | 43 ^b |
| 3.0 | 80 ^a | 4.52 ^a | 36 ^a |

Crecimiento Postemergente.

El tamaño de semilla no presentó diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en la emergencia, la cual resultó muy alta (100%) para los tres tamaños. La supervivencia de plántulas también fue alta (97-100%) e igual en relación con los tres tamaños de semilla (Cuadro 5).

Cuadro 5.- Efecto del tamaño de semilla en la emergencia y supervivencia de plántulas de *Quercus crassifolia*.

| Tamaño de semilla (cm) | Emergencia (%) | Supervivencia (%) |
|------------------------|------------------|---------------------|
| 2.0 | 100 ^a | 97.33 ^a |
| 2.5 | 100 ^a | 100.00 ^a |
| 3.0 | 100 ^a | 100.00 ^a |

El tamaño de semilla, no presentó diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en la longitud de raíz, vástago, razón raíz/vástago y número de hojas (Cuadro 6) y biomasa (Cuadro 7).

Cuadro 6.- Atributos medidos durante el desarrollo de plántulas de *Quercus crassifolia* bajo el efecto del tamaño de semilla.

| Tamaño de semilla (cm) | Longitud de raíz (cm) | Longitud de vástago (cm) | Raíz / Vástago | Hojas (No.) |
|------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|-----------------|
| 2.0 | 31.30 ^a | 15.0 ^a | 2.08 ^a | 11 ^a |
| 2.5 | 33.00 ^a | 18.3 ^a | 1.80 ^a | 18 ^a |
| 3.0 | 33.33 ^a | 16.6 ^a | 2.00 ^a | 16 ^a |

Cuadro 7.- Biomasa de plántulas de *Quercus crassifolia* a los 180 días después de la siembra bajo el efecto de tres tamaños de semilla.

| Tamaño de semilla (cm) | Planta completa (g) | Raíz (g) | Vástago (g) | Raíz / Vástago |
|------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 2.0 | 4.55 ^a | 3.02 ^a | 1.53 ^a | 2.16 ^a |
| 2.5 | 5.40 ^a | 2.80 ^a | 2.60 ^a | 1.14 ^a |
| 3.0 | 5.06 ^a | 2.99 ^a | 2.07 ^a | 1.54 ^a |

5.2 Tratamientos pregerminativos.

Porcentaje de Germinación.

No se presentaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en el porcentaje de germinación, en relación con los tratamientos pregerminativos utilizados. La germinación osciló de manera general entre 84% y 93.33% (Cuadro 9, Figura 4).

En el cuadro 8, se presenta el análisis de las semillas no germinadas bajo el efecto de los dos tratamientos pregerminativos. Se presentó un alto porcentaje de semillas germinadas en todos los tratamientos (84 a 93.33%), el resto de semillas no germinadas resultaron no viables (6.66 a 10.66%), de las cuales el valor más alto lo presentó el testigo (16%) (Cuadro 5).

Cuadro 8.- Análisis de las semillas no germinadas bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos en la germinación de *Quercus crassifolia*.

| Tratamiento Pregerminativo | Semillas germinadas (%) | Semillas duras (%) | Semillas muertas (%) | Semillas firmes (%) |
|----------------------------|-------------------------|--------------------|----------------------|---------------------|
| Agua | 89.33 ^a | - | 10.66 ^a | - |
| Ga ₃ | 93.33 ^a | - | 6.66 ^a | - |
| Testigo | 84.00 ^a | - | 16.00 ^a | - |

Número promedio de días para que emerja la radícula.

El número promedio de días para que emerja la radícula, osciló entre 4.5 y 6.45 días, presentándose diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$). El agua y el GA₃ germinaron de 1 a 1.5 días antes que el testigo (Cuadro 9).

Cuadro 9.- Germinación de *Quercus crassifolia* bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos.

| Tratamiento Pregerminativo | Germinación (%) | No. Promedio de días para que emerja la radícula | Periodo de germinación (días) |
|----------------------------|--------------------|--|-------------------------------|
| Agua | 89.33 ^a | 4.55 ^b | 35.33 ^b |
| Ga ₃ | 93.33 ^a | 4.90 ^b | 39.00 ^b |
| Testigo | 84.00 ^a | 6.45 ^a | 43.33 ^a |

El tiempo necesario para concluir la germinación osciló entre 35 y 43 días presentándose diferencias significativas entre los tratamientos ($p \leq 0.05$). Para el agua y el ácido giberélico la germinación concluyó más rápido que el testigo, presentándose una diferencia entre ellos de 4 a 8 días (Cuadro 9).

Crecimiento Postemergente.

Porcentaje de emergencia y supervivencia.

El tratamiento pregerminativo, no presentó un efecto significativo ($p \geq 0.05$) en el porcentaje de emergencia, resultando esta del 100% para los dos tratamientos y el testigo. En relación a la supervivencia, si se presentó un efecto significativo del tratamiento pregerminativo.

El ácido giberélico favoreció la supervivencia de las plántulas en un 8.4% (Cuadro 10).

Cuadro 10.- Porcentaje de emergencia y supervivencia de individuos de un año de edad de *Quercus crassifolia* bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos.

| Tratamiento pregerminativo | Emergencia (%) | Supervivencia (%) |
|----------------------------|------------------|--------------------|
| TESTIGO | 100 ^a | 100.0 ^a |
| AGUA | 100 ^a | 100.0 ^a |
| GA ₃ | 100 ^a | 91.6 ^b |

Atributos de crecimiento.

El tratamiento pregerminativo, no presentó diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en la longitud de raíz, vástago, razón raíz / vástago, número de hojas (Cuadro 10), biomasa (Cuadro 12) y tasas de crecimiento (Cuadro 13).

Cuadro 11.- Atributos medidos durante el desarrollo de plántulas de *Quercus crassifolia* bajo el efecto del tratamiento pregerminativo.

| Tratamiento Pregerminativo | Longitud de raíz (cm) | Longitud de vástago (cm) | Raíz / Vástago | Hojas (No.) |
|----------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|--------------------|
| AGUA | 31.15 ^a | 13.52 ^a | 2.30 ^a | 12.00 ^a |
| GA ₃ | 31.25 ^a | 16.12 ^a | 1.96 ^a | 12.66 ^a |
| TESTIGO | 32.54 ^a | 16.63 ^a | 1.96 ^a | 15.00 ^a |

Cuadro 12.- Biomasa de plántulas de *Quercus crassifolia* a los 180 días después de la siembra bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos.

| Tratamiento Pregerminativo | Planta completa (g) | Raíz (g) | Vástago (g) | Raíz / Vástago (g) |
|----------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|--------------------|
| AGUA | 4.80 ^a | 3.06 ^a | 1.74 ^a | 1.73 ^a |
| GA ₃ | 5.87 ^a | 3.61 ^a | 2.25 ^a | 1.63 ^a |
| TESTIGO | 5.00 ^a | 2.93 ^a | 2.06 ^a | 1.49 ^a |

Cuadro 13.- Tasas de crecimiento para raíz y vástago de *Quercus crassifolia* bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos.

| Tratamiento pregerminativo | Tasa de crecimiento vástago (cm / mes) | Tasa de crecimiento raíz (cm.cm.mes ⁻¹) |
|----------------------------|--|---|
| TESTIGO | 0.89 | 0.24 |
| AGUA | 0.54 | 0.24 |
| GA ₃ | 0.55 | 0.38 |

5.3 Efecto de la interacción doble: tratamiento pregerminativo por tamaño de semilla.

Porcentaje de germinación.

El porcentaje de germinación con esta interacción osciló entre 80 y 98% (Cuadro 14, Fig. 4); sin embargo, las diferencias no fueron significativas entre tratamientos ($p \geq 0.05$) (Cuadro 14).

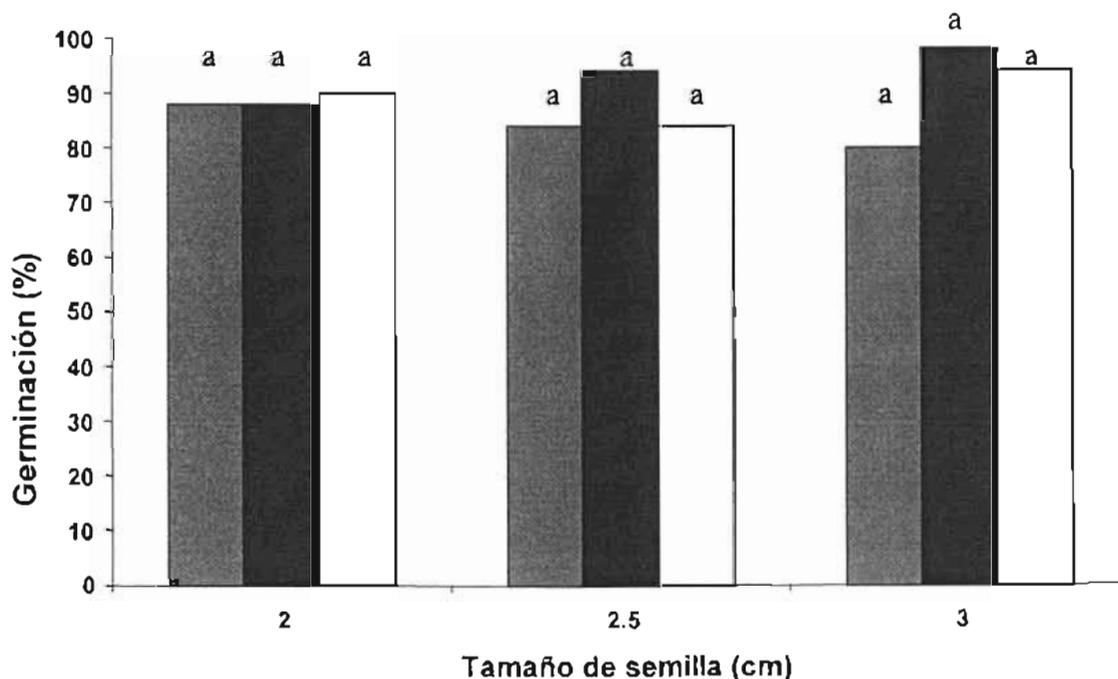


Figura 4.- Germinación de *Quercus crassifolia* con tres tamaños de semilla y dos tratamientos pre-germinativos (testigo , ácido giberélico y agua .

Número promedio de días para que emerja la radícula.

El número promedio de días para que emerja la radícula, osciló entre 3.31 y 7.75 días; presentándose diferencias significativas ($p \geq 0.05$) entre tratamientos. El tratamiento con agua germinó dos días más rápido que con el ácido giberélico y de 3-4 días más rápido que el testigo.

La prueba de germinación bajo esta interacción, duró entre 32 y 51 días, sin presentarse diferencias significativas (Cuadro 14).

Cuadro 14.- Germinación de *Quercus crassifolia* bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos y tres tamaños de semilla.

| Tamaño de semilla (cm) | Tratamiento Pregerminativo | Germinación (%) | Número Promedio de días para que emerja la radícula | Periodo de duración de la prueba de germinación (días) |
|------------------------|----------------------------|-----------------|---|--|
| 2.0 | Agua | 90 ^a | 3.31 ^c | 32 ^b |
| 2.5 | Agua | 84 ^a | 3.78 ^a | 36 ^b |
| 3.0 | Agua | 94 ^a | 4.25 ^a | 38 ^b |
| 2.0 | Ga ₃ | 88 ^a | 5.11 ^a | 36 ^b |
| 2.5 | Ga ₃ | 94 ^a | 5.70 ^a | 42 ^b |
| 3.0 | Ga ₃ | 98 ^a | 5.40 ^a | 39 ^b |
| 2.0 | Testigo | 88 ^a | 7.75 ^a | 51 ^b |
| 2.5 | Testigo | 84 ^a | 7.09 ^a | 43 ^b |
| 3.0 | Testigo | 80 ^a | 7.42 ^a | 36 ^b |

Curvas de germinación acumulada.

En estas curvas se puede observar que al aplicar ácido giberélico a las semillas de *Q. crassifolia* independientemente del tamaño de semilla, se obtiene una uniformidad en el proceso germinativo, en donde las curvas de los tratamientos como la del testigo siguen el mismo comportamiento (Figura 5). En cambio, las curvas del tratamiento remojo en agua, presentaron una heterogeneidad mayor entre los tres tamaños de semilla, tanto en el porcentaje de germinación como en el tiempo (Figura 5).

El testigo, presenta un comportamiento similar al ácido giberélico, en donde la germinación también fue más homogénea (Figura 5).

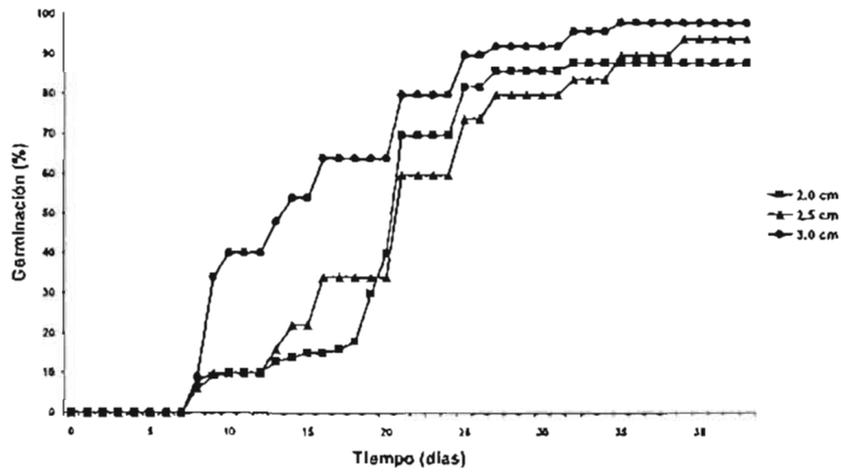


Figura 5a.- Germinación en ácido giberélico con tres tamaños de semilla de *Q. crassifolia*.

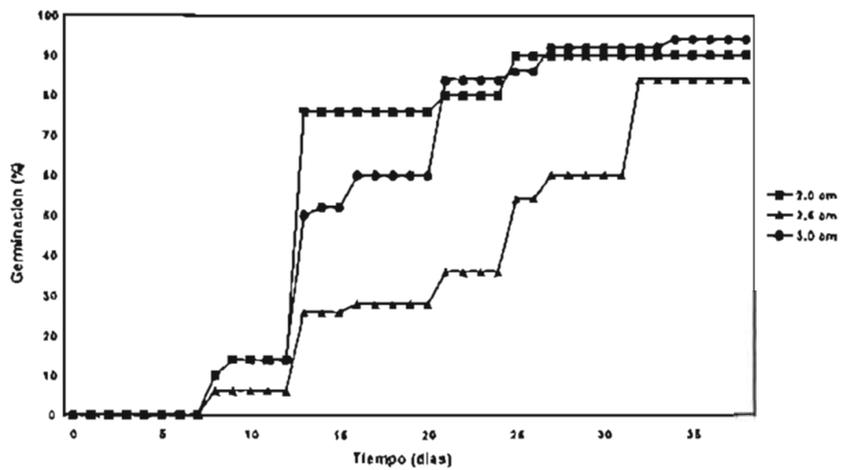


Figura 5b.- Germinación en agua con tres tamaños de semilla de *Q. crassifolia*.

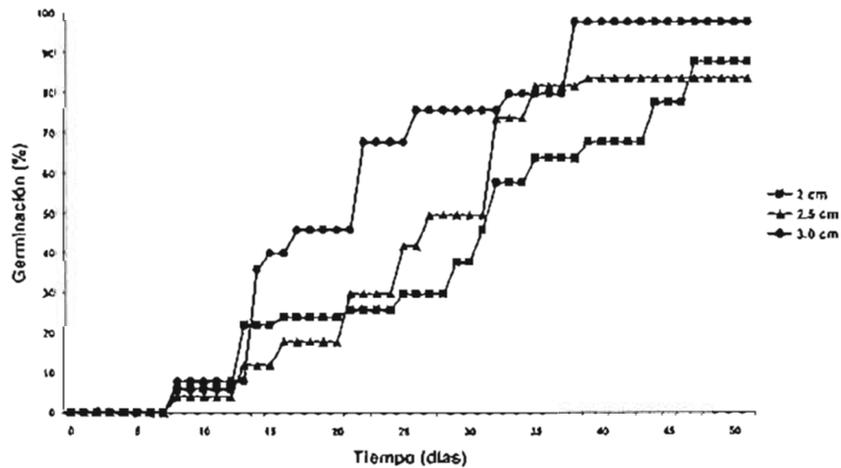


Figura 5c.- Germinación testigo con tres tamaños de semilla de *Q. crassifolia*.

5.4 Crecimiento Postemergente.

Porcentaje de emergencia y supervivencia.

La interacción tamaño de semilla por tratamiento pregerminativo no presentó diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en relación con la emergencia y a la supervivencia (Cuadro 15).

Cuadro 15.- Porcentaje de emergencia y supervivencia de individuos de un año de edad para *Quercus crassifolia* bajo el efecto de tamaño de semilla y tratamiento pregerminativo.

| Tamaño de semilla (cm) | Tratamiento Pregerminativo | Emergencia (%) | Supervivencia (%) |
|------------------------|----------------------------|------------------|-------------------|
| 2.0 | AGUA | 100 ^a | 92 ^a |
| 2.5 | AGUA | 100 ^a | 88 ^a |
| 3.0 | AGUA | 100 ^a | 95 ^a |
| 2.0 | GA ₃ | 100 ^a | 100 ^a |
| 2.5 | GA ₃ | 100 ^a | 100 ^a |
| 3.0 | GA ₃ | 100 ^a | 100 ^a |
| 2.0 | TESTIGO | 100 ^a | 100 ^a |
| 2.5 | TESTIGO | 100 ^a | 100 ^a |
| 3.0 | TESTIGO | 100 ^a | 100 ^a |

Atributos de crecimiento.

La interacción entre tamaño de semilla y el tratamiento pregerminativo, no presentó diferencias significativas ($p \geq 0.05$) para la longitud de la raíz, vástago, razón raíz / vástago, número de hojas (Cuadro 16) y biomasa (Cuadro 17).

Cuadro 16.- Atributos medidos durante el desarrollo de plántulas de *Quercus crassifolia* bajo el efecto del tamaño de semilla y el tratamiento pregerminativo.

| Tamaño de semilla (cm) | Tratamiento Pregerminativo | Longitud de raíz (cm) | Longitud de vástago (cm) | Raíz/Vástago | Hojas (no.) |
|------------------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------|-----------------|
| 2.0 | AGUA | 30.25 ^a | 14.26 ^a | 2.12 ^a | 13 ^a |
| 2.5 | AGUA | 34.50 ^a | 13.16 ^a | 2.62 ^a | 11 ^a |
| 3.0 | AGUA | 28.71 ^a | 13.14 ^a | 2.18 ^a | 12 ^a |
| 2.0 | GA ₃ | 28.00 ^a | 15.40 ^a | 1.81 ^a | 14 ^b |
| 2.5 | GA ₃ | 32.25 ^a | 18.80 ^a | 1.71 ^a | 12 ^a |
| 3.0 | GA ₃ | 33.50 ^a | 14.18 ^a | 2.36 ^a | 12 ^a |
| 2.0 | TESTIGO | 31.30 ^a | 15.00 ^a | 2.08 ^a | 11 ^a |
| 2.5 | TESTIGO | 33.00 ^a | 18.30 ^a | 1.80 ^a | 18 ^a |
| 3.0 | TESTIGO | 33.33 ^b | 16.60 ^a | 2.00 ^a | 16 ^a |

Cuadro 17.- Biomasa de plántulas de *Quercus crassifolia* a los 180 días después de la siembra en la interacción tamaño de semilla y tratamiento pregerminativo.

| Tamaño de semilla (cm) | Tratamiento Pregerminativo | Planta completa (g) | Raíz (g) | Vástago (g) | Raíz / Vástago |
|------------------------|----------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 2.0 | AGUA | 3.83 ^a | 2.33 ^a | 1.50 ^a | 1.73 ^a |
| 2.5 | AGUA | 5.05 ^a | 3.30 ^a | 1.75 ^b | 1.88 ^a |
| 3.0 | AGUA | 5.54 ^b | 3.55 ^a | 1.99 ^b | 1.09 ^a |
| 2.0 | GA ₃ | 4.99 ^a | 2.83 ^a | 2.16 ^a | 1.45 ^a |
| 2.5 | GA ₃ | 7.30 ^a | 4.44 ^b | 2.86 ^b | 4.53 ^a |
| 3.0 | GA ₃ | 5.32 ^a | 3.58 ^a | 1.74 ^a | 2.31 ^a |
| 2.0 | TESTIGO | 4.55 ^a | 3.02 ^a | 1.53 ^a | 2.16 ^a |
| 2.5 | TESTIGO | 5.40 ^a | 2.80 ^a | 2.60 ^a | 1.14 ^a |
| 3.0 | TESTIGO | 5.06 ^a | 2.99 ^a | 2.07 ^a | 1.54 ^a |

5.5 Segundo experimento. “Efecto del dosel, en el crecimiento postemergente de *Quercus crassifolia* bajo condiciones de campo”.

Porcentaje de supervivencia.

Se presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en la supervivencia de las plantas establecidas bajo dosel cerrado y dosel abierto.

El dosel cerrado favoreció la supervivencia en relación con el tratamiento pregerminativo, con agua, al igual que el testigo. La supervivencia, bajo el dosel cerrado, se incrementó un 16 % en relación con el dosel abierto en el caso del GA₃; un 25 % en el caso del agua y cerca de un 34 % en el caso del testigo (Cuadro 18, Figura 6).

Cuadro 18.- Porcentaje de supervivencia de *Quercus crassifolia* bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos bajo dosel abierto y cerrado.

| Tratamiento pregerminativo | Dosel abierto (%) | Dosel cerrado (%) |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Testigo | 58.33 ^{Ab} | 91.66 ^{Aa} |
| Agua | 66.66 ^{Ab} | 91.66 ^{Aa} |
| GA ₃ | 50.00 ^{Ab} | 66.66 ^{Ab} |

Literales con letras mayúsculas, representan diferencias entre renglones. Literales minúsculas, representan diferencias entre columnas.

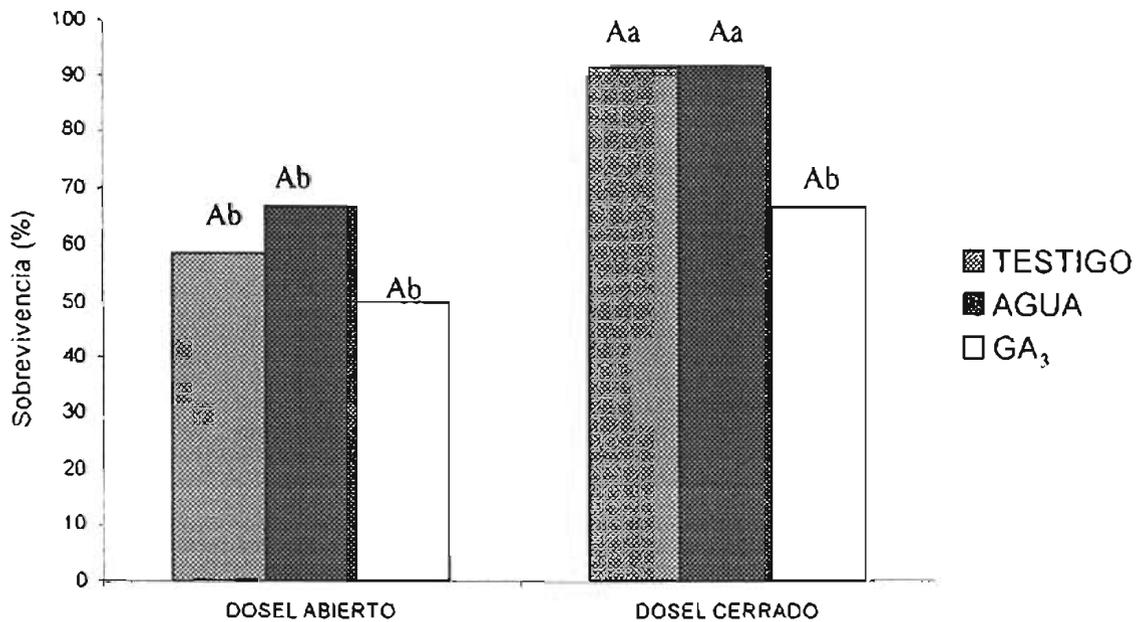


Figura 6.- Supervivencia de plántulas de *Q. crassifolia* bajo dos condiciones de dosel, germinadas en dos tratamientos pregerminativos.

Bajo las condiciones de dosel cerrado, la supervivencia de individuos de *Q. Crassifolia* osciló entre 50 y 100%; sin embargo, no se observó una tendencia clara en relación al tratamiento pregerminativo, pero si en relación al tamaño de semilla, presentando las plántulas de semillas más grandes una mayor supervivencia (100%) (Figuras 8d, e y f).

Bajo las condiciones de dosel abierto, la supervivencia también respondió únicamente al tamaño de semilla, resultando con una tasa mayor los individuos de semilla más grande (Figura 8 a, b, c). Es importante resaltar, que bajo dosel cerrado, la supervivencia de individuos es mayor (60-100%), en relación al dosel abierto (20-100%).

Esta diferencia se hace más marcada en los tamaños de semilla más chicos (Figuras 7 a-f).

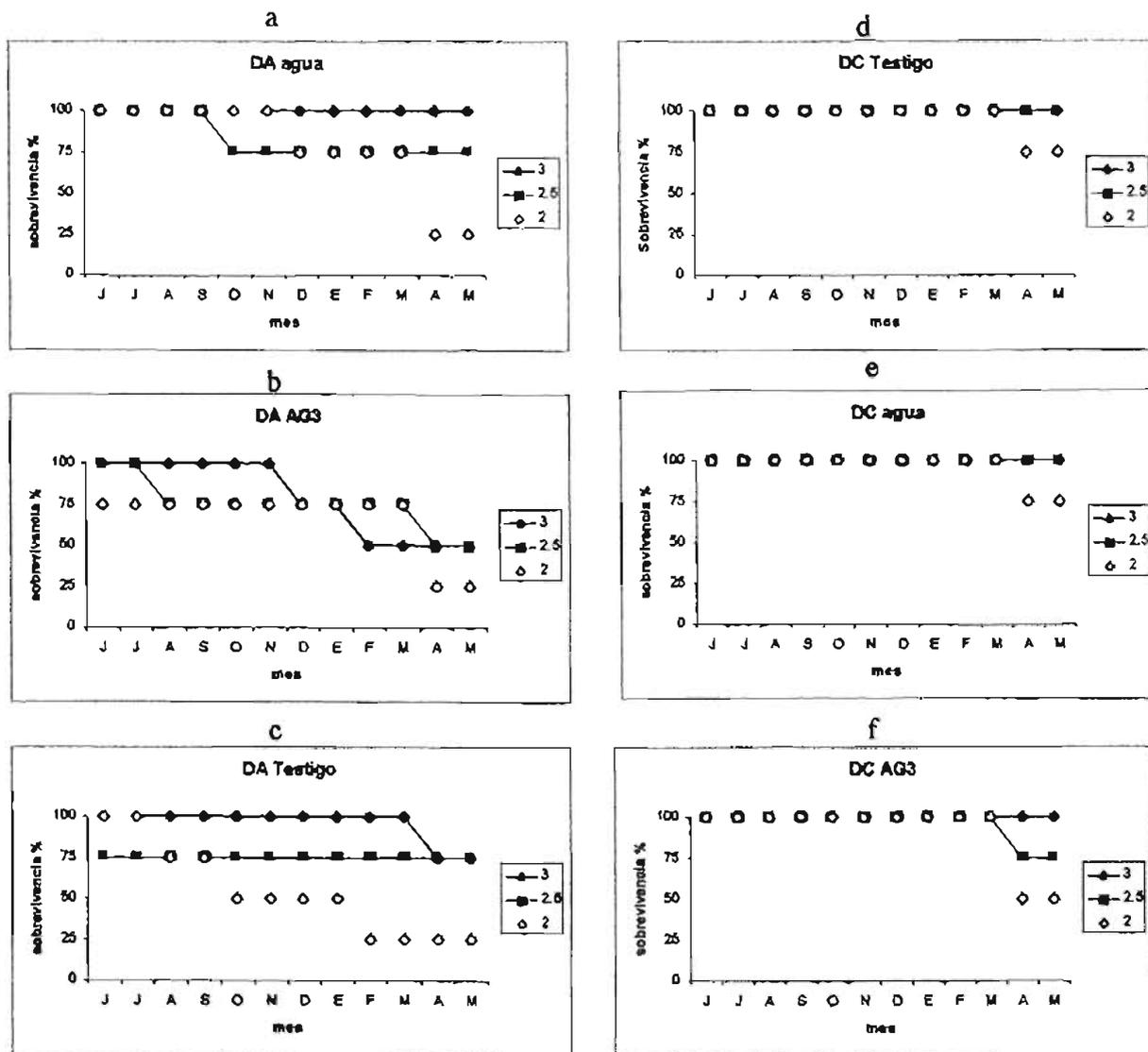


Figura 7.- Curvas de supervivencia de las plántulas de *Quercus crassifolia* bajo el efecto de dosel abierto (DA) y cerrado (DC), el tratamiento pregerminativo (agua, ácido giberélico y testigo) y el tamaño de semilla durante un año de estudio.

Hojas.

El dosel cerrado incrementó el número de hojas, oscilando entre 7.60 y 12.09, en relación al dosel abierto cuyo número de hojas osciló entre 3.91 y 9.73,

independientemente del tratamiento pregerminativo y el tamaño de semilla (Cuadros 19 y 20).

Bajo dosel abierto los tratamientos no superaron al testigo (Cuadro 19); sin embargo bajo dosel cerrado, el ácido giberélico presentó el mayor número de hojas independientemente del tamaño de semilla (Cuadro 20).

No se presentaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) con relación al largo y ancho de las hojas para ninguno de los tratamientos evaluados, así como tampoco con relación al tipo de dosel (Cuadros 19 y 20).

Vástago.

El dosel cerrado favoreció significativamente ($p \leq 0.05$) la longitud del vástago de las plantas de *Q. crassifolia*, la longitud osciló entre 14.98 y 21.20 cm, mientras para el dosel abierto, las plántulas presentaron entre 13.25 y 19.33 cm (Cuadros 19 y 20).

En dosel abierto y cerrado, ninguno de los tratamientos pregerminativos, agua y ácido gibérellico, superó al testigo, donde el vástago se incrementó en 2 cm (Cuadros 19 y 20).

Cuadro 19.- Atributos medidos durante el desarrollo de plántulas de *Quercus crassifolia* bajo el efecto del tamaño de semilla y el tratamiento pregerminativo en dosel abierto.

| Tratamiento y tamaño de semilla | N | Vástago (cm) | Hojas (no.) | Largo de hojas (cm) | Ancho de hojas (cm) |
|---------------------------------|---|---------------------|-------------------|---------------------|---------------------|
| T2.0 | 6 | 15.67 ^b | 6.35 ^b | 5.41 ^a | 3.07 ^a |
| T2.5 | 6 | 15.27 ^b | 6.49 ^b | 5.10 ^a | 3.27 ^a |
| T3.0 | 6 | 14.88 ^{ab} | 6.64 ^b | 4.81 ^a | 2.58 ^a |
| A2.0 | 6 | 17.37 ^a | 8.25 ^a | 5.12 ^a | 2.71 ^a |
| A2.5 | 6 | 18.35 ^a | 9.73 ^a | 5.44 ^a | 3.20 ^a |
| A3.0 | 6 | 19.33 ^a | 9.00 ^a | 5.76 ^a | 3.25 ^a |
| GA2.0 | 6 | 14.73 ^b | 4.30 ^c | 4.66 ^a | 2.73 ^a |
| GA2.5 | 6 | 13.25 ^b | 3.91 ^c | 4.55 ^a | 2.80 ^a |
| GA3.0 | 6 | 16.21 ^b | 4.10 ^c | 4.60 ^a | 2.76 ^a |

Cuadro 20.- Atributos medidos durante el desarrollo de plántulas de *Quercus crassifolia* bajo el efecto del tamaño de semilla y el tratamiento pregerminativo en dosel cerrado.

| Tratamiento y tamaño de semilla | N | Vástago (cm) | hojas (no.) | Largo de hojas (cm) | Ancho de hojas (cm) |
|--|----------|---------------------|--------------------|----------------------------|----------------------------|
| T20 | 6 | 20.26 ^a | 10.44 ^a | 6.36 ^a | 3.56 ^a |
| T25 | 6 | 19.33 ^a | 10.25 ^a | 6.42 ^a | 3.64 ^a |
| T30 | 6 | 21.20 ^a | 10.34 ^a | 6.26 ^a | 3.46 ^a |
| A20 | 6 | 12.79 ^b | 7.60 ^b | 6.84 ^a | 3.87 ^a |
| A25 | 6 | 14.98 ^b | 8.37 ^b | 5.83 ^a | 3.95 ^a |
| A30 | 6 | 13.88 ^b | 7.98 ^b | 7.02 ^a | 4.03 ^a |
| Ga20 | 6 | 18.46 ^a | 10.91 ^a | 5.37 ^a | 3.66 ^a |
| Ga25 | 6 | 16.76 ^a | 9.73 ^a | 6.62 ^a | 3.77 ^a |
| Ga30 | 6 | 20.17 ^a | 12.09 ^a | 6.30 ^a | 3.45 ^a |

VI. DISCUSIÓN

Los tres tamaños de semilla presentes en el lote de *Quercus crassifolia* no presentaron diferencia significativa ($p \geq 0.05$) en relación con la viabilidad (100%), germinación (80-88%) y el número promedio de días para que emerja la radícula (4.82 a 7.78 días); sin embargo, el período para alcanzar la germinación final fue más largo significativamente ($p \leq 0.05$) para las semillas más pequeñas (2.0 cm).

En general los porcentajes de germinación obtenidos para *Quercus crassifolia* en este estudio fueron altos (80-88%), posiblemente como una respuesta a la metodología utilizada para la germinación, en donde al utilizar hojarasca como sustrato se favoreció el proceso. Angeles (1998), menciona que las plántulas de encino se establecen mejor en suelos sueltos, pues la radícula no puede penetrar en superficies excesivamente compactadas, por lo que la germinación de encinos es más difícil en suelos arcillosos. Además hace notar que la capa de hojarasca juega un papel importante en el establecimiento de la plántula.

Robledo (1997), reporta diferencias en la velocidad de germinación en *Quercus rugosa* y *Quercus laurina*, atribuidas al mayor peso promedio de las semillas de *Quercus rugosa*. Bonner y Vozzo (1987), también reportan que las semillas grandes de diversas especies de árboles germinan más rápido que las pequeñas. Por otro lado, Granados y López (2001), mencionan que en los bosques lluviosos tropicales la selección natural ha favorecido a las semillas y plántulas más grandes y a la germinación rápida y epigea. Esta situación se presenta preferentemente en aquellas especies que carecen de mecanismos de dispersión eficientes y cuyas plántulas se establecen cerca del progenitor en condiciones de baja iluminación.

Las semillas de encino presentan una germinación hipógea. Existen varios factores que influyen en este proceso, entre los que destacan: foto período, edad de la semilla y depredación.

La germinación rápida de semillas sanas o no parasitadas, es un mecanismo de escape a la depredación, ya que las semillas con reservas abundantes tienen más oportunidad de sobrevivir como plántulas que como probable alimento de un

depredador, de aquí que las semillas de mayor tamaño de *Quercus crassifolia* presenten probablemente esta estrategia.

Shiple y Parent (1991), reportan que el tamaño de semilla para 64 especies herbáceas de zonas húmedas, no presentaron ningún efecto sobre los atributos de germinación evaluados (germinación inicial, germinación final, tasa de germinación máxima y velocidad de germinación), lo cual se relaciona con los resultados obtenidos en este estudio para *Quercus crassifolia*. Shiple y Parent (1991), también mencionan que en especies anuales y perennes cuyo peso de semilla es similar tampoco se presentan diferencias significativas en los atributos de germinación.

El análisis de las semillas no germinadas para los tres tamaños, mostró un porcentaje de semillas no viables entre 12 y 20%, no encontrándose diferencia significativa ($p \geq 0.05$) entre los tres tamaños de semilla. Este porcentaje de mortandad fue causa de la infestación de hongos observada durante el proceso de germinación.

Angeles (1998), menciona que la infestación por hongos es un fenómeno difícil de controlar y que además de presentarse durante la etapa de germinación se presenta durante el establecimiento de la plántula, los cuales la dañan y debilitan.

El no haber encontrado diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en los porcentajes de germinación (80-88%) con los tamaños de semilla estudiados, podría estar relacionado con la poca diferencia entre ellos, posiblemente los tamaños de 2.0-3.0 cm, representan el tamaño intermedio del lote y otros tamaños menores a 2.0 y mayores a 3.0 cm aunque en menor proporción podrían representar los tamaños críticos donde las diferencias en porcentajes de germinación podrían ser significativas; sin embargo, es importante hacer notar que los porcentajes de germinación para los tres tamaños de semilla fueron altos (80-88%) y similares a los obtenidos para otras especies como *Quercus agrifolia*, *Q. engelmannii* y *Q. rugosa* (Snow, 1990) y *Q. suber* (100%)(Branco, 2002).

En relación con el tiempo que duró la prueba de germinación de *Q. crassifolia*, si se observaron diferencias en los tres tamaños de semilla; el tiempo que duró la germinación osciló entre 36 y 51 días, lo cual se encuentra dentro de los rangos reportados para otras especies como *Q. engelmannii* (6 días) y *Q. agrifolia* (20 días),

(Snow, 1990). Schopmeyer (1989), también reporta para 38 especies del género *Quercus* un período de germinación que oscila entre 10 y 40 días para *Quercus alba* y entre 80 a 120 días para *Q. bicolor*.

El tamaño de la semilla más grande (3.0 cm) de *Q. crassifolia*, podría favorecer su germinación en sus hábitats naturales, sobre todo en aquellos años en donde los períodos de humedad son breves y donde las semillas de esta especie podrían utilizar esta estrategia para germinar más rápidamente y aprovechar dicho período de humedad y así canalizar su energía principalmente al crecimiento; en comparación las semillas de tamaño chico e intermedio, requieren más tiempo para germinar (cerca de 8-15 días más que las semillas grandes), lo cual sería limitativo para el crecimiento postemergente, ya que el período de humedad disponible debe ser aprovechado en el menor período posible.

El género *Quercus* presenta semillas recalcitrantes, es decir semillas que no toleran períodos largos de sequía (Bonner, 1976), por lo que la germinación rápida podría ser una ventaja para la supervivencia de plántulas sobre todo en aquellos lugares con períodos de sequía impredecibles.

El tamaño de semilla, tampoco presentó un efecto significativo en los atributos de crecimiento evaluados, como: supervivencia, longitud de vástago, raíz, número de hojas, biomasa y tasa de crecimiento, lo que apoya que la selección del tamaño de semilla debe de ser en función de su peso, ya que Fenner (1985), reporta que estas variables se incrementan con un embrión más grande.

Por otro lado la aplicación de tratamientos pregerminativos a las semillas de *Quercus crassifolia* para mejorar su germinación, independientemente del tamaño de semilla, presentó un incremento ligero en relación con el testigo; en agua el incremento fue de 5% y en ácido giberélico de 10%; sin embargo, estas diferencias no fueron significativas, por lo tanto considerando el alto costo de la aplicación de hormonas, no se recomienda su uso en la germinación de esta especie.

El número promedio de días para que emerja la radícula tampoco presentó diferencias significativas entre tratamientos pregerminativos. Por otro lado, el período de germinación si presentó diferencia con relación a los tratamientos pregerminativos, acortándose de 4–8 días en relación al testigo.

Azcon-Bieto y Talón (1993), mencionan que el ácido gibérelco promueve la germinación y el crecimiento. Villalón (1995), menciona que la aplicación del ácido gibérelco a razón de 300 ppm aumenta la germinación de encinos y Bonfil (1998), reporta que al utilizar 1 g/l de ácido giberélico, las semillas de *Quercus rugosa* y de *Quercus laurina* alcanzan altos porcentajes de germinación; sin embargo dicho autor no presenta los porcentajes obtenidos, pero si menciona que el tamaño de la semilla tiene un efecto directo en la supervivencia de plántulas de *Quercus rugosa* provenientes de semillas más grandes. Por otro lado, nuestros resultados sólo presentaron diferencias en el número promedio de días para que emerja la radícula, pero no con relación al porcentaje de germinación, con la adición del ácido giberélico, esto posiblemente esta relacionado con lo reportado por Zavala y García (1996), a la diferencia en cuanto a la presencia de latencia en los dos subgéneros de encinos (*Lepidobalanus* y *Erythrobalanus*), éstos autores mencionan que en general las semillas de encinos blancos (*Lepidobalanus*) germinan casi inmediatamente después de la diseminación, impuesta por una cubierta no tan gruesa en cambio los encinos negros (*Erythrobalanus*) requieren de un período de enfriamiento previo en invierno después de ser diseminadas en otoño, para germinar hasta la primavera, esto demuestra la presencia de una latencia más pronunciada; sin embargo, nuestros resultados demuestran que *Quercus crassifolia* puede germinar sin tratamiento pregerminativo al tener las condiciones adecuadas de humedad, temperatura y sustrato y no depende tanto de la clasificación del subgénero.

En este trabajo, el ácido giberélico no presentó efecto alguno sobre el porcentaje de germinación de *Quercus crassifolia*, dado que esta especie posiblemente no presenta latencia, como lo propone Zavala y García (1996), por pertenecer al subgénero de *Erythrobalanus*. Por otro lado, el tratamiento pregerminativo, tampoco presentó un efecto significativo en los atributos del crecimiento evaluados (supervivencia, longitud de raíz, vástago, etc.).

En relación con la interacción tamaño de semilla-tratamiento pregerminativo, no se observaron diferencias significativas ($p \geq 0.05$) en el porcentaje de germinación, pero sí en el número promedio de días para que emerja la radícula. El tratamiento con agua germinó de tres a cuatro días antes que el testigo y con el ácido gibérelco

las semillas germinaron dos días antes. En cuanto al período de duración de la prueba no hubo diferencia significativa.

Es importante resaltar que al aplicar un tratamiento pregerminativo como el agua y ácido giberélico a semillas de diferente tamaño, se redujo el número promedio de días para que emerja la radícula, en particular para las semillas pequeñas e intermedias del lote de *Quercus crassifolia*.

Farmer (1974), reporta que el ácido giberélico estimula la germinación en encinos rojos, así mismo Bonner (1976), menciona la misma tendencia para *Q. falcata* y *Q. pagodaefolia*; sin embargo, en este trabajo el ácido giberélico no incrementó el porcentaje de germinación, pero si acortó el número promedio de días para que emerja la radícula así como el período final de la germinación.

Por otro lado, los resultados en campo mostraron diferencia significativa ($p \leq 0.05$) en relación a la supervivencia de plántulas de *Quercus crassifolia* de dos años de edad, bajo condiciones de dosel.

El dosel cerrado incrementó la supervivencia de las plántulas de un 25-75% en relación con el dosel abierto, lo cual indica una alta tolerancia de esta especie por condiciones de sombra. Fenner (1985), menciona que las plántulas derivadas de semillas grandes tienden a presentar razones altas vástago-raíz, sugiriendo que en estas especies la prioridad principal es la captación de luz más que la de minerales.

Quercus crassifolia es una especie tolerante a la sombra, cuya germinación hipógea le permite que los cotiledones permanezcan bajo el nivel del suelo como una fuente de alimentos, lo cual conjuntamente con las condiciones más adecuadas de microclima (temperatura, humedad y radiación solar), que se generan en los lugares sombreados les permite a las plántulas una mayor supervivencia con relación a las que se establecen en dosel abierto, donde las condiciones de luz son más intensas, la desecación es mayor por las temperaturas más altas y en donde las plantas están más expuestas a los depredadores, disminuyendo así su supervivencia. Mu-Sup y Bartsch (2003), mencionan que plantas de *Quercus variabilis*, *Q. mongolica* y *Q. serrata* presentan mejores alturas y biomásas bajo condiciones de sombra, por lo que son especies más tolerantes a crecer en lugares cerrados que los pinos.

Angeles (1998), menciona que la cobertura del dosel tiene mayor influencia en el crecimiento debido a que el encino puede desarrollarse mejor en condiciones de sombra por tener mayor eficiencia fotosintética. Así mismo Ponce de León (1985), encuentra que *Quercus germana* tiene un mayor crecimiento y supervivencia en bosques que en acahuales. Señala que las condiciones de escasa humedad atmosférica a nivel suelo, en zonas taladas, ocasionan una baja probabilidad de supervivencia.

Saldaña *et al.* (1990), reportan que los encinos, presentan buena regeneración bajo el dosel de las diferentes comunidades de *Pinus*; sin embargo, no parece ser una respuesta, ya que Quintana y González (1990) hacen notar que la supervivencia de plántulas es menor en sitios arbolados, asimismo reportan que el número de hojas se incrementó en zonas abiertas, por lo que las especies pueden presentar respuestas diferentes.

Así mismo los resultados muestran que dentro del dosel cerrado el tamaño de semilla más grande presentó los porcentajes de supervivencia más altos. Por otro lado, la supervivencia para las plántulas procedentes de semilla chico e intermedio disminuyó en los meses de abril y mayo, posiblemente como una consecuencia por la falta de agua o atraso en el período de las lluvias; sin embargo las plántulas procedentes de las semillas grandes no presentaron fluctuaciones en el porcentaje de supervivencia manteniéndose el 100% hasta completar el año de edad. En el caso del dosel abierto la supervivencia disminuyó en los meses de invierno y principios de primavera, en donde la sequía se acentúa debido a las condiciones climáticas (mayor temperatura y menor humedad relativa). Angeles (1998), reporta un comportamiento similar para *Quercus crassifolia* y *Q. laurina*.

La alta supervivencia bajo condiciones de dosel indica mecanismos de supervivencia importantes desde la etapa de germinación. Fenner (1985), menciona que las plántulas con germinación hipogea tienden a estar asociadas con semillas grandes; en cambio las plántulas de germinación epigea corresponden a semillas pequeñas.

La relación entre el tamaño de semilla y el papel de los cotiledones refleja la dependencia relativa de la luz durante la etapa de crecimiento temprano en estos dos

grupos de plántulas (epigeas e hipogeas). Las semillas pequeñas con pocos recursos alimenticios necesitan fotosintetizar inmediatamente después de la germinación, así utilizan sus cotiledones para este propósito. Las semillas grandes como es el caso de *Quercus crassifolia* producen plántulas que alcanzan un incremento inicial en altura sin tener que fotosintetizar, ya que sus cotiledones bajo el suelo les proveen de los recursos necesarios. Las plántulas epigeas tienden a ser demandantes de luz; las no epigeas son tolerantes a la sombra.

El dosel cerrado también favoreció las características morfológicas de las plantas como el número de hojas y la longitud del vástago. El número de hojas se incremento en el dosel cerrado entre 2 y 4 cm, la longitud del vástago se incremento entre 1.5 y 2 cm. En relación con el tamaño de semilla, no se observo ningún efecto significativo sobre las variables de crecimiento, sin embargo para los tratamientos pregerminativos se observaron los mejores resultados en el tratamiento con agua, tanto para el número de hojas como para longitud de estas. Mu-Sup y Bartsch (2003), mencionan que *Q. Serrata*, *Q. Variata* y *Q. Mongolica* alcanzan su longitud máxima del vástago en las intensidades de luz medias; sin embargo mencionan que la humedad del suelo no fue significativa sobre el crecimiento del vástago. Estos mismos autores registran alturas entre 10 y 28 cm para plantas que crecen bajo condiciones de luz baja a intermedia. Estos trabajos apoyan los obtenidos en nuestro trabajo, donde la altura de los vástagos osciló para condiciones de dosel cerrado (intensidad de luz baja) entre 13 y 20 cm y para dosel abierto (intensidad de luz alta) entre 12 y 19 cm. Nuestros resultados no reflejaron diferencia entre las dimensiones de las hojas (largo y ancho), lo cual podría ser considerado como un indicador del área foliar. Por su parte Mu-Sup y Bartsch (2003), mencionan que el área foliar para las plantas de encino se incrementa para una intensidad de luz baja a intermedia. Así mismo estos autores indican que los tamaños de semilla grande para algunas especies de encinos del Norte de América presentan una mayor longitud de vástago en relación con las semillas pequeñas e intermedias, sin embargo nuestros resultados no presentaron diferencias significativas ($p \leq 0.05$) en relación al tamaño de semilla.

VII. CONCLUSIONES

1. *Quercus crassifolia* presenta una cariósipide como fruto (semilla fusionada al pericarpo del fruto), cuyas cubiertas son duras, pero permeables al agua, con un alto porcentaje de viabilidad (100%), que germinaron de inmediato sin la aplicación de tratamientos pregerminativos, alcanzando porcentajes entre el 84 y 90%.
2. El tamaño de semilla no presentó un efecto directo sobre el porcentaje de germinación y el número promedio de días para que emerja la radícula; sin embargo, el tiempo de duración de la prueba de germinación fué más corto con las semillas de mayor tamaño.
3. La aplicación de tratamientos pregerminativos como el ácido giberélico y el agua, independientemente del tamaño de semilla no favoreció la germinación, pero incrementó el número promedio de días para que emerja la radícula.
4. Las condiciones de dosel cerrado favorecieron la supervivencia (de 16 a un 34%), la longitud del vástago (de 1.73 a 1.83 cm) y el número de hojas (de 0.82 a 1.26 hojas) en plántulas de un año de edad en *Q. crassifolia* con relación a las áreas abiertas lo que indica una alta tolerancia a la sombra.

VIII. LITERATURA CITADA

1. **AGUILAR, M. L.** 1985. Problemas taxonómicos de los Encinos. In: II Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Púb. Esp. No.49. SARH. México. 3-5 pp.
2. **ANGELES, C. E. R.** 1998. Bases para la Restauración del Estrato Arbóreo de los Bosques Mixtos Templados. Tesis; Maestría en Ciencias (Biología). UNAM. Facultad de Ciencias. México. 148 pp.
3. **AZCÓN-BIETO Y TALÓN.** 1993. Fisiología y Bioquímica Vegetal. Editorial Interamericana, McGraw-Hill. 419-432 pp.
4. **BASKIN, C. C. Y, J. M. BASKIN.** 1998. Seeds: Ecology, Biogeography and Evolution of Dormancy and Germination. San Diego: Academic Press. 666 pp.
5. **BAZZAS, F.** 1979. The physiological ecology of plant succession. Ann. Rev. Ecol. Syst. 10:351-371 pp.
6. **BELLO, G. M. Y LABAT, J. N.** 1987. Los Encinos (*Quercus*) del Estado de Michoacán, México. Cuadernos de Estudios Michoacanos I. SARH-CEMCA. México. 98 pp.
7. **BELLO, G. M. Y GONZÁLEZ, L.** 1988. Árboles de Zonas Templadas: Encinos. Memoria del XXX Aniversario del Herbario Nacional Forestal y de la VII Reunión Nacional de encargados de Herbario. INIFAP. México.
8. **BEWLEY, J. D. Y BLACK, M.** 1994. Seeds: Physiology of Development and Germination. Plenum Press. New York, U.S.A. 445 pp.
9. **BIDWELL, R.G.S.** 1979. Fisiología Vegetal. AGT Editor, S.A. México, D. F. 784 pp.
10. **BONFIL, C.** 1998. The effects of seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (fagaceae). American Journal Botany. 85(1): 79-87 pp.

11. **BONNER, F. T.** 1976. Effects of Gibberellin on Germination of Forest Tree Seeds With Shallow Dormancy. In: Proceedings, Second International Symposium on Physiology of Germination: October, 18-30; Fuji, Japan. Tokyo, Japan: Government Forest Experiment Station; 21-32 pp.
12. **BONNER, F. T. AND VOZZO, J. A.** 1987. Seed Biology and Techonology of *Quercus*, Gen Tech. Rep. 50-66, New Orleans LA: U. S. Dep. Of Agriculture, Forest Experiment Estation. 7-10 pp.
13. **BRANCO, M.** 2002. Germination success, survival and seedling vigour of *Quercus suber* acorns in relation to insect damage. Forest Ecology and Management 166, 159-164 pp.
14. **CAMACHO, M. F.** 1994. Fisiología de la Germinación. En: Semillas Forestales. INIF-CENID-COMEF. México. 12-31 pp.
15. **CLARY, P. W. y A.. R. TIEDEMANN.** 1992. Ecología y Valores de los Bosques de Encino de Gambell. In: The Symposium on Ecology and Management of Oak other Woodlands in the Southwestern United States and Northern México. 212-219 pp.
16. **CORCORAN, M. R. y PHINNEY, B. O.** 1962. Physiology. Plantarum. 15:252-262 pp.
17. **CROW, M. E. E ISEBRANDS, S.** 1987. Oak regeneration. Plant Physiologist North Central Forestal Experimental Station. Forest Service United States Department of Agriculture. U.S.A. 239 pp.
18. **DANIEL, T. W.** 1983. Principios de Silvicultura. Ed. Calypso. S. A. México. 490 pp.
19. **DE LA CERDA, L. M.** 1989. Encinos de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes. México. 13-36 pp.
20. **DELGADO, G. A. M.** 1994. Técnicas para Plantar *Quercus* a Partir de Bellotas. Revista Quercus. Tomo I. Madrid. 292-295 pp.
21. **DE LA PAZ, C.** 1985. Variación de la estructura anatómica de los encinos y su efecto en el aprovechamiento de los mismos. In: II Seminario Nacional sobre utilización de Encinos. Púb. Esp. No.49. SARH. México. 19-25 pp.

22. **FACELLI J.M. Y STEWARD, T.** 1991. Plant litter: Its dynamics and effects on Plant Community Structure. *The Botanical Review*. Vol. 57. No. 1, 2-32 pp.
23. **FAO.** 1991. Guía para la Manipulación de Semillas Forestales. Roma. 502 pp.
24. **FARMER, R. E. JR.** 1974. Germination of Northern Red Oak: Effects of Provenance Chilling, Gibberellic Acid. In: Proceedings, 8 th Central States Forest Tree Improvement Conference, 1974.
25. **FENNER, M.** 1985. Seed Ecology. Chapman and Hall. London New York. Great Britain. 151 pp.
26. **FFOLLIOT, P.** 1992. Valores múltiples de los Bosques en el Suroeste de los Estados Unidos y el Norte de México. In: The Symposium on Ecology and Management of Oak and other Woodlands in the Southwestern United States and Northern Mexico. 239-245 pp.
27. **FLORES, O. V. y P. GEREZ.** 1994. Biodiversidad y Conservación en México: vertebrados, vegetación y uso del suelo. Comisión Nacional para el conocimiento y uso de la Biodiversidad. Universidad Nacional Autónoma de México. Ediciones Técnico Científicas, S. A. de C. V. México. 439 pp.
28. **FULLER, H. H.** 1974. Botánica General. Ed. Interamericana, S.A. de C. V. México, D. F. 512 pp.
29. **GARCÍA, E.** 1981. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 3a.edición. México, D. F. 252 pp.
30. **GARCÍA, C. X., NEGREROS, C. P. y RODRÍGUEZ, S. B.** 1993. Regeneración Natural de Caoba (*Swietenia macrophylla king*) Bajo Diferentes Densidades de Dosel. *Revista Ciencia Forestal*. México. Vol. 18. No. 74. Julio-dic. 166 pp.
31. **GRANADOS, S. D.** 1994. Ecología y Dispersión de las Plantas. Universidad Autónoma de Chapingo. 115 pp.
32. **GRANADOS, S. D. y LÓPEZ, R. G. F.** 2001. Ecología de Poblaciones Vegetales. Ed. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 143 pp.
33. **GRANT, V.** 1989. Especiación Vegetal. Noriega editores, México, D. F. 456 pp.
34. **GÓMEZ, C. M. y LOZADA, A.** 1992. Estudio fenológico de los Encinos (*Quercus* spp.) del Municipio de Chilpancingo, Guerrero. In: III Seminario

- Nacional sobre utilización de Encinos. Linares, Nuevo León. México. 138-147 pp.
35. **GONZALEZ, E. M. S. y M. GONZALEZ.** 1992. Los Encinos de Durango, México. Memorias del III Seminario Nacional sobre utilización de Encinos. Linares, Nuevo León. México. 27-35 pp.
 36. **GONZÁLEZ, L. M.** 1985. Claves de Identificación de los Encinos de Jalisco. In: II Seminario Nacional sobre utilización de Encinos. Púb. Esp. No.49. SARH. México. 11-18 pp.
 37. **GONZALEZ, R.** 1993. La Diversidad Biológica de los Encinos Mexicanos. Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural. 44:125-142 pp.
 38. **GOVARTS, R. y D. G. FRODIN.** 1998. World checklist and bibliography of Fagales (*Betulaceae*, *Corylaceae*, *Fagaceae* and *Ticodendraceae*). Royal Botanical Gardens, Kew.
 39. **GRIFFIN, J.** 1980. Animal damage to Valley Oak acorns and seedlings. Carmel Valley, California. In: Symposium on Ecology, Management and Utilization of California Oaks. Claremont, California. U.S.A. 242-245 pp.
 40. **GROSS, L. K.** 1984. Effects of seed and growth form on seedling establishment of six monocarpic perennial plants. Journal of Ecology. 72: 369-387pp.
 41. **GUREVITCH, J. y SCHEINER, S.** 2002. The Ecology of Plants. Ed. Sinauer Associates, Inc. Publishers Sunderland, Masschusetts. U. S. A. 523 pp.
 42. **HAROLD W. Y JOCKER.** 1984. Introducción a la Biología Forestal. AGT Editor, S.A. México, D. F. 446 pp.
 43. **HARTMANN, H.T., KESTER, D. E., DAVIES, F. T. y GENEVE R. L.** 2002. Plant Propagation Principles and Practices. Seventh edition. Prentice may. United States of America. 880 pp.
 44. **HERNÁNDEZ, R. A. y RAMÍREZ, G A.** 1989. Aspectos ecológicos de los encinares del Área de Experimentación Forestal Piedra Alta. Estado de San Luis Potosí. Memorias IV Semana Botánica Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala. México. 51 pp.

45. **HERNÁNDEZ, R. A. y RAMÍREZ, G A.** 1992. Efecto de tratamientos al manejo del sotobosque en la regeneración natural de encino, del Area de Experimentación Forestal Piedra Alta, San Luis Potosí. Memorias III Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Linares, N. L. 239 - 252 pp.
46. **HILL, T. A.** 1984. Hormonas Reguladoras del Crecimiento Vegetal. Ed. Omega, S.A. Barcelona, España. 74 pp.
47. **INFANTE, G. S. y ZARATE DE LARA, G. P.** 1990. Métodos Estadísticos un Enfoque Interdisciplinario. Segunda edición. Editorial Trillas, México, D. F. 643 pp.
48. **JIMÉNEZ, P. J. y KRAMER, H.** 1991. Breve análisis sobre la situación de los recursos forestales en México. Reporte Científico Especial No. 7. Facultad de Ciencias Forestales. Linares, Nuevo León. México. 20 pp.
49. **JUÁREZ, S.** 1985. Necesidades de una Reunión Taxonómica del Género *Quercus*. In: II Seminario Nacional sobre utilización de Encinos. Pub. Esp. No.49. SARH. México. 6-10 pp.
50. **KRAMER, P. J. Y KOZLOWSKI, TH. T.** 1979. Physiology of Woody Plants. Academic Press, Inc. New York. U.S.A. 811 pp.
51. **KRAMER, P. J., OOSTING Y KORSTIAN, C. F.** 1952. Survival pine and hardwood seedlings in forest and open. Ecology (33) 3:427-430 pp.
52. **LEOPOLD, A.** 1977. Fauna Silvestre de México. IMERNAR. ED. PAX. México. 249 pp.
53. **LOPEZ, L.V. Y FFOLLLOT, P.F.** 1992. Hidrología y Manejo de Cuencas de los Bosques de Pino en el Sureste de Arizona. In: The Symposium on Ecology and Management of Oak and other Woodlands in the Southwestern United States and Northern Mexico. 282 pp.
54. **LÓPEZ, P. J.** 1982. Presidente Constitucional de los Estados Unidos Mexicanos. Decreto por el que se Declara Parque Nacional con el Nombre del Chico, el Area con Superficie de 2739-02-63 Hectáreas, Localizadas en la Sierra de Pachuca, Hidalgo y se Expropia a favor del Gobierno Federal una

- Superficie de 329-60-20 Hectáreas, de Propiedad Particular. Diario Oficial de la Federación. 6 de Julio. 49-52 pp.
55. **MADRIGAL, X. L. y J. A. PEREZ.** 1993. Árboles de zonas templadas: Coníferas. Memoria del XXX Aniversario del Herbario Nacional Forestal y de la VIII Reunión Nacional de Encargados de Herbario. SARH-INIFAP. Púb. Esp. No. 62. México. 57 pp.
56. **MARTINEZ, M.** 1977. Los Encinos de México. Serie Técnica No.8. Comisión Forestal del Estado de Michoacán. Michoacán, México. 230 pp.
57. **MASS, J.** 1977. Los Encinos como fuente potencial de madera para celulosa y papel en México. Ciencia Forestal. Vol. 2(9). SARH. México. 57 pp.
58. **MCCOMB, A. L.** 1934. The relation between acorn weight and the development of one year chestnut oak seedlings. Journal of Forestry. 32, 479-484 pp.
59. **MCCREARY, D. D.** 1989. Regeneration native oaks in California. California Agriculture. University of California. Reports of progress in Research. Vol. 43 5 pp.
60. **MCVAUGH, R.** 1974. Flora Novogaliciana. Contributions from the University of Michigan Herbarium. University of Michigan Press. Ann. Arbor. Vol. 12(3):3-55 pp.
61. **McWILLIAMS, T. L., R. Q. LANDERS y J. P. MAHLSTEDE.** 1968. Variation in the seed weight and germination in populations of *Amarantus retroflexus*. L. Ecology. Vol. 49, No. 2, 290-296 pp.
62. **MU-SUP, B. Y BARTSCH, N.** 2003. Early Seedling Growth of Pine (*Pinus densiflora*) and Oaks (*Quercus serrata*, *Q. mongolica*, *Q. variabilis*) in Response to Light Intensity and Soil Moisture. Plant Ecology. 167:97-105 pp.
63. **NIXON, K. C.** 1993. The genus *Quercus* in México. En: Ramammoorthy T. P., Bye R., Lot A. Fa. J. (Eds.). Biological Diversity of México: Origins and distribution. Oxford, University Press, Nueva York. 447-458 pp.
64. **OLIVER, J. M.** 1996. La Importancia de la Biodiversidad en las Poblaciones con *Quercus* Mediterráneos. Revista Quercus. Cuaderno 120. Madrid. 22-23 pp.

65. **ORVINGTON, J. D. Y MAC RAE C.** 1960. The growth of seedlings of *Quercus petraea*. *Journal of Ecology*. 48:549-555 pp.
66. **PONCE DE LEON, L.** 1985. Ecofisiología de las primeras etapas del crecimiento de *Quercus sartorii*. En: II Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Púb. Esp. No. 49 SARH. México. 85-94 pp.
67. **PROPPER, J. G.** 1992. Valores culturales recreacionales y estéticos de los bosques de Encino. In: The Symposium on Ecology and Management of Oak and other Woodlands in the Southwestern United States and Northern Mexico. 279 pp.
68. **QUINTANA, P. Y M. GONZÁLEZ.** 1990. Remoción de Bellotas y Sobrevivencia de Plántulas de *Quercus crispipilis*, en Bosques Fragmentados de los Altos de Chiapas, México. En: Resúmenes del XI Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. De México.
69. **REYES, J. I. y GAMA, C. J. E.** 1992. Revaloración de la importancia de los encinos. Memoria III Seminario Nacional sobre Utilización de Encinos. Linares, N. L., México. 44 pp.
70. **ROBLEDO, J. A.** 1997. Germinación y crecimiento de plántulas de cuatro especies de encinos del Ajusco, D. F., efecto del tamaño de la semilla. Tesis Licenciatura. FES - Zaragoza. UNAM. México. 74 pp.
71. **ROJAS, M. G. Y RAMÍREZ H.** 1991. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Ed. Limusa, S.A. de C. V. México. 235 pp.
72. **RZEDOWSKI, J.** 1984. La Vegetación de México. Ed. Limusa. México. 431 pp.
73. **SACKETT, S., S. HOSSE y G. BARKE.** 1992. Soil Temperatures Relationships to Fire Present in Lots Ponderosa Pine in the Valley Yosemite that Include Black Oak of California. In: Ecology and Management of Oak and Associated Woodlands: Perspectives in the Southwestern United States and Northern México. Forest Service United States Department of Agriculture. General Technical Report. Claremont, California. U. S. A. 218 pp.
74. **SALDAÑA, A. L. R., SÁNCHEZ, M. ANAYA, M. R. PINEDA y M. P. ROSALES.** 1990. Regeneración Natural de Especies Arbóreas en la Reserva

- de la Biosfera de la Sierra de Manantlán, Jalisco, México. En: Resúmenes del XI Congreso Mexicano de Botánica. Soc. Bot. De México.
75. **SARH**. 1992. Inventario Nacional Forestal de Gran Visión 1991-1992. SARH, México. 53 pp.
76. **SARH**. 1994. Diagnóstico del Parque Nacional el Chico Hidalgo Hidalgo, Subsecretaría Forestal y de Fauna Silvestre. Consultores en Ecología y Medio Ambiente 42 pp.
77. **SCAGEL, A.** 1987. El Reino Vegetal. ED. Omega. Barcelona, España. 659 pp.
78. **SCHIMPF, J. D.** 1977. Seed weight of *Amarantus retroflexus* in relation to moisture and length of growing season. Ecology. 58: 450-453 pp.
79. **SCHOPMEYER, C. S.** 1989. Seeds of woody plants in the United States. Forest Service U. S. Department of Agriculture. Agriculture Handbook. No. 450. 692-703 pp.
80. **SEMIP**. 1988. Energía Rural en México. Resumen Ejecutivo Nacional. Vol. 1. Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal. México.
81. **SHIPLEY, B. Y PARENT, M.** 1991. Germination responses of 64 Wetland Species in Relation to Seed Size, Minimum Time to Reproduction and Seedling Relative Growth, Rate. Functional Ecology, Vol. 5, 111-118 pp.
82. **SNEDECOR, G. W. Y COCHRAN, W. G.** 1971. Métodos estadísticos. ED. C. E. C. S. A. México. 703 pp.
83. **SNOW, G. E.** 1990. Germination Characteristics of Englemann Oak and Coast Live Oak from the Santa Rosa Plateau, Riverside County, California. In: Standiford, R. B. (ed) USDA General Technical Report PSW-126, 360-365 pp.
84. **STEPHEN H. SPURR Y BURTON V. B.** 1980. Ecología Forestal. ED. AGT, Editor S. A., México.
85. **TECKLIN, J. Y D. D. MCCREARY.** 1991. Acorn Size as a Factor in Early Seedling Growth of Blue Oaks. Proceedings of Symposium on Oak Woodlands and Hardwood Rangeland Management. October 31-November 2. Davis, California. U.S.A. 48-53 pp.
86. **THOMSON, J. R.** 1979. Introducción a la Tecnología de las Semillas. ED. Acribia. España. 103 pp.

87. **TRELEASE, W.** 1924. The American Oaks. Memories of the National Academy of Science. Washington. 20:1-255 pp.
88. **TUCKER, M. J.** 1979. Taxonomy of California Oaks. In: Symposium on the Ecology Management and Utilization of California Oaks. (Technical Coordinator T.R. Plumb) Forest Service United States Department of Agriculture. General Technical Report. Claremont, California. U. S. A. 19-29 pp.
89. **UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE HIDALGO.** 1992. Programa de Manejo del Parque Nacional "El Chico, Estado de Hidalgo". Pachuca, Hidalgo. Tomo I. 30 de Julio 97 pp.
90. **VALENCIA-A, S.** 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. Bol. Soc. Bot. México. 75:33-53 pp.
91. **VARGAS, M. F.** 1984. Parques Nacionales de México y Reservas Equivalentes. Pasado, Presente y Futuro. Colección: Grandes Problemas Nacionales. Serie: Los Bosques de México. Instituto de Investigaciones Económicas. UNAM, México, D. F. 266 pp.
92. **VAZQUEZ M. L., VALENCIA-A. S. y NIXON, K. C.** 2004. Notes on red oaks (*Quercus* sect. *Lobatae*) in eastern México, with description of a new species. *Quercus hirtiifolia* Brittonia. 56:136-142 pp.
93. **VÁZQUEZ, V. L.** 1993. El género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de Puebla, México. Tesis de Licenciatura. E. N. E. P. Zaragoza. UNAM. México. 246 pp.
94. **VILLALÓN, M. H.** 1995. Germinación de Semillas Almacenadas de Encinos *Quercus polymorpha* Sch et Cham Bajo Diferentes Tratamientos. En: Memorias de III Seminario Nacional Sobre Utilización de Encinos. Facultad de ciencias Forestales, UANL. Reporte Científico. No. Esp. 15
95. **VOZZO, J. A.** 1984. Insects and fungi associated with acorns of *Quercus* sp. In: proceedings, cone and seed insects working party conference, 1983 July 31-agust 6; Athens, G. A. Asheville, NC: U. S. Department of agriculture, forest service, southeastern forest experiment station. 40-43 pp.

96. **WEAVER, R. J.** 1982. Reguladores del Crecimiento de las Plantas en la Agricultura. ED. Trillas. México. 622 pp.
97. **WINN, A. A.** 1985. Effects of Seed Size and Microsite on Seedling Emergence of *Prunella vulgaris* in Four Habitats. *Journal of Ecology*. 73: 831-840.
98. **WULFF, D. R.** 1986. Seed Size Variation in *Desmodium paniculatum*. II Effects on Seedling Growth and Physiological Performance. *Journal of Ecology*. 74: 94-114 pp.
99. **YOUNG, R. A.** 1991. Introducción a las Ciencias Forestales. Ed. Limusa, México. pp.
100. **ZAVALA, CH. F.** 1989. Identificación de Encinos de México. Universidad Autónoma de Chapingo. División de Ciencias Forestales. México. 1-9 pp.
101. **ZAVALA-CHAVEZ F.** 1995. Encinos Hidalguenses. Ediciones Universidad Autónoma de Chapingo, México. 133 pp.
102. **ZAVALA, CH. F. Y GARCÍA-MOYA, E.** 1996. Frutos y Semillas de Encinos. Universidad Autónoma de Chapingo. México. 47pp.
103. **ZUÑIGA, J. Y GREELMAN, K. A.** 1985. Obtención de Alimento para Ganado a Partir de Madera de Encino. In: II Seminario nacional sobre utilización de Encinos. Púb. Esp. No.49. SARH. México. 368-374 pp.

**ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA**

ANEXO I



Tamaño de semilla de *Quercus crassifolia* (3.0, 2.5 y 2.0 cm respectivamente).



Viabilidad de las semillas en cloruro de tetrazolio.



Siembra de semillas en tierra negra y hojarasca.



Geminación de semillas.



Trasplante de plántulas en macetas



Unidades experimentales en vivero



Crecimiento postemergente de *Quercus crassifolia*.