



**Universidad Nacional Autónoma de
México**



Facultad de Estudios Superiores Iztacala

**Estudio Ecológico de los Bosques de Encino
con *Quercus urbanii* Trel. y *Quercus crassipes*
H & B. (Fagaceae) en dos Áreas Naturales
Protegidas del Estado de México.**

Que para obtener el título de
Bióloga

PRESENTA

Liliana Ximena López Cruz

Director de tesis: Dra. Silvia Romero Rangel



Los Reyes Iztacala, Estado de México,
Abril 2013





Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Agradecimientos

A mi asesora la Dra. Silvia Romero Rangel por su apoyo y confianza en aquellos años en donde había mucha incertidumbre acerca mí que hacer en la Biología, por su cariño y amistad y porque siempre ha creído en mí, por enseñarme tanto de encinos y por tantas alegrías compartidas.

A mis sinodales las profesores y profesoras Ángel Duran Díaz, Ezequiel Carlos Rojas Zenteno, Leonor Ana María Abundiz y Silvia Aguilar Rodríguez, por sus comentarios y sugerencias, pero sobre todo por su flexibilidad para la conclusión de este trabajo.

Un agradecimiento especial al M. en C. Ezequiel Carlos Rojas Zenteno, por su apoyo durante la identificación de las Gramíneas. ¡Que trabajo me costó entenderlas e identificarlas!

Otro agradecimiento especial al profesor Ángel Duran Díaz, por asesorarme en el análisis estadístico de mis datos.

Al profesor José Daniel Tejero Díez por su apoyo durante la identificación de los helechos en ambas zonas de estudio, por ser un excelente profesor y por fomentar en mí el aprecio por estudiar la Ecología de la Vegetación.

A mi profesor Raymundo Montoya Ayala, por su cariño y amistad, porque aquellos años que compartimos durante clases y servicio social fueron determinantes en mi vida. Gracias por enseñarme SIG y por inducir en mí el conocimiento de la Geografía, fue mediante ese conocimiento que pude descubrir y conocer otros estilos de vida, otros ecosistemas, increíbles paisajes y personas que ahora son muy importantes en mi vida.

Al profesor Alfredo Patiño Siciliano, por abrir las puertas de su laboratorio en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN siendo una desconocida, por brindarme la oportunidad de tener un espacio mientras realicé la comparación de los ejemplares en el herbario y por asesorarme en la identificación de algunos ejemplares que se dificultaron.

A mis compañeros de laboratorio de aquel entonces, Priscilla, Sheila, Berenice, Olivier, Liliana, Julio, Karina, Cristhian, Ernesto, Roxana y Marisol, por todo lo compartido.

A Liliana Rubio “tocaya” por tantos días de trabajo en el vivero y después entre tierra, semillas y plántulas, festejar el nacimiento de tantos hijos, por todos los proyectos emprendidos en conjunto y porque como ya lo decías, a pesar de ser tan distintas, logramos construir un cariño especial.

A Olivier Garay, porque tuviste mucho que ver en mi aprecio por los bosques y en especial los de encinos, por el tiempo que compartimos, por tantas risas y tan buenos momentos.

A Karina Gutiérrez García por todas las tardes que compartimos midiendo plantitas de encinos, platicando de la vida, nuestras locuras y los sueños.

A mis amigos y ayudantes en campo Manolo y Héctor, gracias por su apoyo durante las colectas botánicas en la Sierra de Nanchititla, por soportarme al estar de mandona.

A Julio, Liliana, Edith, Karina y Cristhian, por su ayuda en el trabajo de campo en Chapa de Mota, por aquella noche en la que estuvimos mirando estrellas, mientras Cristhian nos contaba aquellas historias de brujas y fenómenos extraños, que risas.

A mi hermana Carmen López por ayudar también en el trabajo de campo y a coleccionar muchas bellotas, espero que este logro te sirva como un ejemplo y para entender que cuando las cosas se quieren hacer, se hacen y ya.

A mi gran amigo Adrián Mejía Barrón, por creer en mí desde siempre, por tu ayuda y apoyo en el trabajo de campo en Chapa de Mota, por todos los viajes que hicimos juntos, por esforzarte por aprender Botánica, por contribuir a este sueño de ser Bióloga desde el inicio y por construir mi primera prensa.

A ti también Miriam Reza, por quererme tanto, por apoyarme en momentos de enfermedad, por tus sugerencias a los mapas y porque siempre me decías ¡Ya mi negra, termina que eres una mujer extraordinaria!

A Fabián Gómez Lucio por tantos años de amistad, hijole aquí si ni que decir, me has ayudado en tanto, gracias por tu apoyo incondicional, por la edición del documento final y cada uno de los detalles, por entender mis múltiples facetas, por estar en momentos difíciles a mi lado (como aquellos días en los que era difícil caminar) y porque a pesar de los pesares, siempre habrá un cariño especial entre nosotros.

A Stephanie Tenorio por todo lo compartido en Iztacala, por tu ayuda desinteresada, por lo vivido en el sureste del país, por estar cerca de mí en momentos de mucha soledad y por enseñarme otras formas de ser. Volví al estudio de los bosques templados amiga, para que las próximas experiencias en campo, ya no sean las más “asquerosas” de tu vida, como olvidar aquella en los manglares de Tulum, ya no te llenaras de lodo hasta las narices.

A Jorge Alberto Neyra Jáuregui, por la revisión a detalle del manuscrito, por todas las sugerencias y recomendaciones, por el nuevo estilo de perfiles semirrealistas, por considerarme tu “Encinóloga” de cabecera desde aquel 2006, por tu entusiasmo después de aquella conferencia en la que al final te acercaste para hacerme saber tu aprecio por los encinos. Por retornar en un momento clave en mi vida, por creer en mí, por ayudarme también a sobrellevar este periodo de enfermedad, por darme tanto.

En fin al universo por conspirar a mi favor, aún y a pesar de todo...por darme esta lección de vida.

“La fuerza no proviene de la capacidad física sino de la voluntad indomable”

Mahatma Gandhi

A mis padres:

Isabel y Manuel

Porque es por su unión que mi existencia se consumó y pude tener la experiencia de estudiar Biología y entender muy a mi manera esa existencia.

A mis hermanas:

Nayeli y Carmen

Porque a pesar de mis regaños saben que las quiero mucho y que las admiro por enfrentar con valor el día a día de ser madres.

A mis sobrinos:

Josué, Ariana y Guillermo

Bien dicen mis profesores de evolución, con ustedes mi material genético se encuentra doblemente protegido, por eso y más los amo.

Tabla de contenido

Agradecimientos.....
1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	3
3. Marco teórico	7
<i>Características ecológicas de los bosques de encinos.....</i>	<i>7</i>
<i>Características reproductivas del género Quercus.....</i>	<i>10</i>
<i>Características del género Quercus.....</i>	<i>12</i>
<i>Clasificación taxonómica de las especies estudiadas: Quercus crassipes y Quercus urbanii.....</i>	<i>13</i>
<i>Descripción morfológica.....</i>	<i>14</i>
<i>Quercus crassipes.....</i>	<i>14</i>
<i>Quercus urbanii.....</i>	<i>17</i>
<i>Usos.....</i>	<i>20</i>
<i>Distribución geográfica.....</i>	<i>21</i>
<i>Semilla y su germinación en encinos.....</i>	<i>23</i>
<i>La semilla.....</i>	<i>23</i>
<i>Latencia.....</i>	<i>24</i>
<i>Germinación.....</i>	<i>26</i>
<i>Viabilidad.....</i>	<i>27</i>
<i>La importancia del estudio de comunidades vegetales.....</i>	<i>28</i>
4. Antecedentes.....	31
<i>Estudios florísticos-ecológicos.....</i>	<i>31</i>
<i>Estudios sobre germinación y crecimiento.....</i>	<i>34</i>
5. Objetivos.....	37
<i>General.....</i>	<i>37</i>
<i>Particulares</i>	<i>37</i>
6. Área de estudio.....	39
<i>Localidad Sierra de Nanchititla, Área Natural Protegida “Parque Natural Sierra de Nanchititla”</i>	<i>40</i>
.....	<i>40</i>
<i>Descripción del Área Natural Protegida y ubicación geográfica.....</i>	<i>40</i>
<i>Fisiografía.....</i>	<i>40</i>
<i>Vegetación.....</i>	<i>41</i>
<i>Edafología.....</i>	<i>41</i>
<i>Geología.....</i>	<i>41</i>
<i>Hidrología.....</i>	<i>42</i>
<i>Clima.....</i>	<i>42</i>
<i>Deterioro ambiental.....</i>	<i>43</i>
<i>Localidad Las Ánimas, Área Natural Protegida “Parque Estatal Chapa de Mota”.....</i>	<i>44</i>
<i>Descripción del Área Natural Protegida y Ubicación Geográfica.....</i>	<i>44</i>
<i>Fisiografía.....</i>	<i>44</i>
<i>Vegetación.....</i>	<i>45</i>
<i>Edafología.....</i>	<i>45</i>
<i>Geología.....</i>	<i>45</i>
<i>Hidrología.....</i>	<i>46</i>
<i>Clima.....</i>	<i>46</i>
<i>Deterioro Ambiental.....</i>	<i>46</i>

7. Materiales y métodos.....	53
<i>Trabajo de campo.....</i>	53
Establecimiento de cuadros y toma de datos.....	53
Caracterización florística.....	54
Recolección de frutos.....	54
<i>Trabajo de laboratorio.....</i>	54
Determinación taxonómica de las especies	54
Peso de frutos.....	55
Evaluación de la germinación.....	55
Pruebas de viabilidad.....	56
Crecimiento y desarrollo en cámara de germinación.....	56
Descripción morfológica de plantas a diferentes edades.....	56
<i>Trabajo de vivero.....</i>	57
Evaluación de la supervivencia y crecimiento en vivero.....	57
<i>Análisis de datos.....</i>	57
Estructura de las comunidades.....	57
Peso de frutos y semillas	58
Evaluación del comportamiento germinativo.....	58
Descripción del desarrollo de plantas en cámara de germinación.....	58
Crecimiento en cámara de germinación.....	59
Descripciones morfológicas.....	59
Crecimiento en vivero.....	59
8. Resultados.....	61
<i>Estudio florístico-ecológico.....</i>	61
<i>Composición florística de las comunidades.....</i>	62
<i>Composición florística del bosque de encino (Parque Estatal Chapa de Mota).....</i>	64
<i>Composición florística del bosque de encino-pino (Parque Natural Sierra de Nanchititla).....</i>	72
<i>Diversidad de especies del estrato arbóreo.....</i>	78
<i>Estructura del estrato arbóreo.....</i>	82
<i>Estructura poblacional de las especies del estrato arbóreo más importantes.....</i>	84
<i>Estructura vertical del estrato arbóreo en los bosques estudiados.....</i>	86
<i>Estrato arbustivo-herbáceo.....</i>	94
<i>Propagación.....</i>	98
Peso de semillas y frutos.....	98
Comportamiento germinativo.....	99
Viabilidad.....	101
<i>Crecimiento en cámara de germinación.....</i>	105
<i>Crecimiento en condiciones de vivero.....</i>	109
<i>Supervivencia</i>	118
<i>Descripción del desarrollo en la etapa inicial de crecimiento.....</i>	120
<i>Quercus crassipes.....</i>	120
<i>Quercus urbanii.....</i>	121
<i>Desarrollo morfológico a diferentes edades de Quercus crassipes.....</i>	123
Tres meses.....	123
Seis meses.....	125

Nueve meses.....	127
Un año.....	129
<i>Desarrollo morfológico a diferentes edades de Quercus urbanii</i>	131
Tres meses.....	131
Seis meses.....	133
Nueve meses.....	135
Un año.....	137
9.Discusión.....	139
<i>Estudio Florístico-Ecológico</i>	139
Composición Florística de las Comunidades.....	139
Caracterización de estrato arbóreo.....	141
Estructura del estrato arbóreo.....	146
Estructura poblacional de las especies del estrato arbóreo más importantes.....	147
Estructura vertical del estrato arbóreo en los bosques estudiados.....	148
Estrato Arbustivo-Herbáceo.....	153
<i>Propagación</i>	154
Peso de frutos y semillas	155
<i>Germinación</i>	159
Viabilidad de semillas en condiciones de almacenamiento.....	165
Crecimiento en cámara de germinación.....	170
Crecimiento en condiciones de vivero (ex situ).....	173
<i>Supervivencia</i>	176
<i>Desarrollo morfológico a diferentes edades en Quercus spp</i>
10.Conclusiones.....	183
11.Sugerencias para nuevas investigaciones.....	187
Literatura citada.....	I
Apéndices.....	XII
<i>Formulario de los índices germinativos calculados en el estudio de propagación</i>	XII
<i>Formulario de las variables calculadas en el estudio de estructura de comunidades</i>	XIII
<i>Localización de cuadros de muestro en Áreas Naturales Protegidas</i>	XV

Índice de figuras

Figura 1.- Morfología de <i>Quercus crassipes</i> *	16
Figura 2.- Morfología de <i>Quercus urbanii</i> *	19
Figura 3.- Perfil semirealista del estrato arbóreo del bosque de encino-pino en el PNSN	96
Figura 4.- Perfil semirealista del estrato arbóreo del bosque de encino en el PECM	97
Figura 5.- Frutos de <i>Q. crassipes</i> y <i>Q. urbanii</i>	98
Figura 6.- Plántula del encino <i>Quercus crassipes</i> obtenida en cámara de germinación	120
Figura 7.- Plántula del encino <i>Quercus urbanii</i> obtenida en cámara de germinación	121
Figura 8.- Morfología de <i>Quercus crassipes</i> a tres meses de edad	124
Figura 9.- Morfología de <i>Quercus crassipes</i> a seis meses de edad	126
Figura 10.- Morfología de <i>Quercus crassipes</i> a nueve meses de edad	128
Figura 11.- Morfología de <i>Quercus crassipes</i> de un año de edad	130
Figura 12.- Morfología de <i>Quercus urbanii</i> a tres meses de edad	132
Figura 13.- Morfología de <i>Quercus urbanii</i> a seis meses de edad	134
Figura 14.- Morfología de <i>Quercus urbanii</i> a nueve meses de edad	136

Índice de tablas

Tabla 1.- Índices de germinación de las especies en estudio, señalan diferencias entre las especies	100
Tabla 2.- Valores R y p de la correlación entre las distintas variables de crecimiento en <i>Q. crassipes</i>	115
Tabla 3.- Valores R y p de la correlación entre las distintas variables de crecimiento en <i>Q. urbanii</i>	116

Índice de mapas

Mapa 1.- Localización del área de estudio	47
Mapa 2.- Áreas Naturales Protegidas Federales y Estatales del Estado de México	48
Mapa 3.- Áreas Naturales Protegidas Estatales y área de estudio del Estado de México	49
Mapa 4.- Localización de la Región Terrestre Prioritaria 119 de CONABIO en el área de estudio	50
Mapa 5.- Uso de suelo y vegetación de las Áreas Naturales Protegidas	51

Índice de gráficas

Gráfica 1.- Número de especies por familia de las comunidades estudiadas	63
Gráfica 2.- Valores de Importancia Relativa de las especies que componen el estrato arbóreo en la localidad “Las Animas”, Chapa de Mota	79
Gráfica 3.- Valores de Importancia Relativa de las especies que componen el estrato arbóreo en la localidad “Sierra de Nanchititla”, Luvianos	80
Gráfica 4.- Distribución de frecuencias de DAP para el estrato arbóreo de la localidad “Las Animas”, Chapa de Mota	82
Gráfica 5.- Distribución de frecuencias de DAP para el estrato arbóreo de la localidad “Sierra de	

Nanchititla”, Luvianos.....	83
Gráfica 6.- Patrones de estructura poblacional basada en las clases diamétricas de algunas de las especies más importantes en la localidad “Las Animas” en Chapa de Mota.....	84
Gráfica 7.- Patrones de estructura poblacional basada en las clases diamétricas de algunas de las especies más importantes en la localidad “Sierra de Nanchititla” en Luvianos.....	85
Gráfica 8.- Distribución vertical de la densidad relativa en el PECM.....	87
Gráfica 9.- Distribución vertical de la densidad relativa en el PNSN.....	88
Gráfica 10.- Distribución vertical de la cobertura relativa en el PECM.....	89
Gráfica 11.- Distribución vertical de la cobertura relativa en el PNSN.....	90
Gráfica 12.- Distribución vertical del área basal relativa en el PECM.....	92
Gráfica 13.- Distribución vertical del área basal relativa en el PNSN.....	93
Gráfica 14.- Porcentaje de germinación acumulada a diferentes tiempos en <i>Q. spp.</i>	99
Gráfica 15.- Porcentaje de germinación acumulada en semillas almacenadas de <i>Q. urbanii</i>	101
Gráfica 16.- Índices de germinación de <i>Q. urbanii</i> a diferentes tiempos de almacenamiento.....	102
Gráfica 17.- Porcentaje de germinación acumulada en semillas almacenadas de <i>Q. crassipes</i>	103
Gráfica 18.- Índices de germinación de <i>Q. crassipes</i> a diferentes tiempos de almacenamiento.....	104
Gráfica 19.- Crecimiento radicular de <i>Q. crassipes</i> en condiciones in vitro.....	105
Gráfica 20.- Crecimiento de tallo de <i>Q. crassipes</i> en condiciones in vitro.....	106
Gráfica 21.- Diagrama de dispersión entre radícula y tallo para <i>Q. crassipes</i>	107
Gráfica 22.- Crecimiento radicular de <i>Q. urbanii</i> en condiciones in vitro.....	108
Gráfica 23.- Crecimiento en tallo de <i>Q. urbanii</i> en condiciones in vitro.....	108
Gráfica 24.- Crecimiento en altura de plantas de <i>Quercus spp</i> obtenidas en vivero.....	109
Gráfica 25.- Crecimiento en diámetro de plantas de <i>Quercus spp</i> obtenidas en vivero.....	110
Gráfica 26.- Crecimiento en número de hojas de <i>Q. crassipes</i>	111
Gráfica 27.- Crecimiento en número de hojas de <i>Q. urbanii</i>	111
Gráfica 28.- Crecimiento en cobertura de <i>Q. crassipes</i>	112
Gráfica 29.- Crecimiento en cobertura de <i>Q. urbanii</i>	112
Gráfica 30.- Crecimiento en Dap de <i>Q. crassipes</i>	113
Gráfica 31.- Crecimiento en Dap de <i>Q. urbanii</i>	114
Gráfica 32.- Crecimiento en altura de <i>Q. crassipes</i>	114
Gráfica 33.- Crecimiento en altura de <i>Q. urbanii</i>	115
Gráfica 34.- Diagrama de dispersión para <i>Q. crassipes</i>	116
Gráfica 35.- Diagrama de dispersión para <i>Q. urbanii</i>	117
Gráfica 36.- Porcentaje de plantas vivas de <i>Quercus spp</i> durante el monitoreo en vivero.....	118
Gráfica 37.- Porcentaje de plantas vivas de <i>Quercus spp</i> provenientes de semillas almacenadas....	119

1. Resumen

Los bosques de encinos (roble) en México conforman uno de los tipos de vegetación más importantes, no sólo por su número de especies y porcentaje de endemismos, sino también por la diversidad biológica que presentan, por los servicios ecosistémicos que ofrecen y su vulnerabilidad ante el impacto de las actividades humanas. Este estudio aborda aspectos de la ecología y biología básica de *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes*, especies de encinos presentes en bosques de dos Áreas Naturales Protegidas en el Estado de México. El Parque Estatal Chapa de Mota presenta una comunidad templada de montaña conformando un bosque de encino puro con presencia de *Quercus crassipes*, por su parte el Parque Natural Sierra de Nanchititla presenta una comunidad semicálida conformando un bosque de encino-pino con presencia de *Quercus urbanii*. Los distintos bosques mostraron una considerable divergencia en la estructura de la vegetación, riqueza y diversidad de especies. Ambas comunidades comparten únicamente tres especies en el sotobosque. En el bosque de encino *Quercus crassipes* fue la especie más importante, por su parte *Quercus urbanii* lo fue para el bosque de encino-pino. La calidad del proceso germinativo fue mayor en *Quercus urbanii*, logrando su máxima capacidad germinativa con un 97.2% al día cuarto día, después de su establecimiento, no así para *Quercus crassipes* que logra un 84.4% al día 38. Sin embargo, es esta última especie la que responde mejor al almacenamiento, logrando una capacidad germinativa de 94% después de dos años de estratificación. Ambas especies presentan diferencias en cuanto a su desarrollo inicial y crecimiento en condiciones controladas de laboratorio. En condiciones de vivero, *Quercus crassipes* presenta mayor vigor en sus plantas, a pesar de que fue *Quercus urbanii* la que al final del monitoreo presentó la máxima altura. La supervivencia de *Quercus crassipes* fue mayor que la de *Quercus urbanii*, con 31.1% y 7.3% respectivamente. Se observó que en semillas de *Quercus crassipes* que pasaron por un periodo de estratificación, la supervivencia en vivero alcanzó porcentajes superiores al 80%, condición también observada en *Quercus urbanii*. Aunque con porcentajes de supervivencia mínimos, por lo que apremia establecer el monitoreo del crecimiento en su hábitat, no fuera de él. En ambas Áreas Naturales Protegidas, los bosques dominados por encinos han estado sujetos a considerables alteraciones, en donde las perturbaciones causadas por los humanos son las más importantes. La información contenida en esta investigación pretende

1. Resumen

sentar las bases para implementar estrategias de manejo de la vegetación con presencia de encinos, debido a su potencial para la restauración y restablecimiento de servicios ecosistémicos.

Palabras clave: ***Quercus*, Florística, Estructura, Diversidad, Germinación, Crecimiento.**

2. Introducción

En México los encinos (*Quercus*), junto con los pinos (*Pinus*), son los elementos más importantes de los bosques templados, país en que aproximadamente el 60% de las especies de *Quercus* son endémicas, algunas de ellas tienen distribución amplia, y otras se encuentran restringidas a pocas regiones en particular (Romero et al., 2000). Cálculos recientes, señalan que en México existen aproximadamente 161 especies del género *Quercus* (Valencia, 2004).

Los encinos son abundantes en las regiones montañosas del Estado de México, formando parte de los bosques de coníferas, bosques de *Quercus*, bosques mixtos de *Pinus-Quercus* y *Cupressus-Quercus*; aunque también habitan en otras comunidades tales como: bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio, no faltando en matorral xerófilo, bosque de galería y pastizal (Romero et al., 2002).

Contar con una gran riqueza de especies de encinos en condiciones ambientales diferentes sugiere la presencia de características particulares de cada una (Zavala, 2007). Las especies estudiadas en este trabajo refieren a dicha condición, pues las características ecológicas del bosque del norte difieren con respecto al bosque del sur del Estado de México de forma evidente.

De acuerdo a lo anterior, se requiere conocer las características particulares de las especies, su ecología, genética y posibilidad de uso; así como las susceptibilidades de daño poblacional como de hábitat en los lugares donde se aprovechen (Zavala, 2007). Con esto podrían considerarse necesidades y opciones de conservación de las especies que lo requieran. Basta recordar que aunque ninguna de las especies de encinos de México figuran en las listas oficiales de especies con algún estatus de riesgo de conservación dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT, 2010), no significa que se encuentren sin riesgo (Zavala, 2007; Romero y Rojas, 2009).

La importancia ecológica y económica de los encinos en nuestro país es indiscutible; sin embargo la alteración de los ecosistemas para la extracción de madera, para la ampliación de la frontera agrícola o ganadera o para ubicar nuevos asentamientos humanos, impacta fuertemente las poblaciones naturales de *Quercus*, los cuales ven disminuidas sus poblaciones o bien desaparecen así como los organismos asociados a ellas (Valencia y Nixon, 2004). La actividad forestal es la causa

2.Introducción

principal de disminución de especies forestales y, en particular, los bosques de pino-encino están gravemente amenazados por la misma (Challenger, 1998).

Los encinos en México son considerados “poco importantes” desde el punto de vista forestal. Suelen ser percibidos como indeseables, ya sea porque crecen en lugares en donde deberían existir los pinos; debido a que rebrotan después de ser talados para fines de apertura de nuevos terrenos agrícolas, por su falta de demanda comercial comparados con los pinos y principalmente, por el desconocimiento de los aspectos biológicos básicos y de su naturaleza taxonómica complicada (Zavala, 1990).

En el Estado de México existen 84 Áreas Naturales Protegidas (ANP), 29 de estas corresponden a Parques Estatales (List et al., 2009), dentro de los que se encuentran el Parque Natural Sierra de Nanchititla y Parque Estatal Chapa de Mota, ver Mapa 2 y Mapa 3. De acuerdo a Ceballos et al., (2004), los Parques Estatales proporcionan protección principalmente a los ecosistemas de bosques templados. Sin embargo, la mayoría de las ANP en el Estado de México, sufren de grandes presiones, que incluyen el avance de la frontera agropecuaria, la urbanización, cacería furtiva, tala ilegal y el desarrollo de infraestructura (List, et al., 2009).

Al menos una especie de encino (*Quercus hintonii*) ha sido reportada como endémica para el Estado de México (Romero et al., 2000; Romero et al., 2002; Romero y Rojas, 2009; Díaz y Reyes, 2009), y de las 23 especies reconocidas para la entidad (Romero et al., 2002), 15 son endémicas de México. Las dos especies de encinos incluidas en este estudio, forman parte de los endemismos nacionales.

Debido a la distribución restringida de algunas especies de encino dentro de la geografía estatal, como es el caso del encino endémico antes mencionado y de una de las especies de este estudio (*Quercus urbanii*) (Romero y Rojas, 2009), urge establecer estrategias locales para su conservación, sobre todo si su distribución se restringe a Áreas Naturales Protegidas.

Las áreas forestales deterioradas en el Estado de México son cada vez más y de mayor extensión, los encinos son una de las opciones más importantes para su recuperación y restauración.

Este trabajo tiene como propósito contribuir al conocimiento de dos especies de encinos, *Quercus crassipes* y *Quercus urbanii* en dos Áreas Naturales Protegidas del Estado de México. Se presenta

información de aspectos botánicos, ecológicos y de producción en vivero para fines técnicos y para acciones de manejo de los encinares de la región. Esto porque como ya lo menciona Zavala (2007); es necesario conocer a los encinos para familiarizarse con las peculiaridades específicas, y entonces usarlos y manejarlos adecuadamente.

3. Marco teórico

Características ecológicas de los bosques de encinos

El género *Quercus* presenta un rango ecológico amplio, se conoce como un grupo taxonómico y fisonómicamente muy diverso, con distribución extensa en los principales tipos de vegetación de climas templados y subtropicales del hemisferio boreal (Encina y Villareal, 2002). Los bosques dominados por encino, caracterizados por una amplia variación florística y estructural, son los más diversos y de gran distribución en los bosques neotropicales de montaña (Kappelle, 2006 citado en Olvera y Figueroa, 2012).

Se les puede encontrar en áreas méxicas, donde generalmente se asocian con especies del género *Pinus*, siendo ambos los componentes principales en estas comunidades vegetales, sin embargo, en ocasiones el género *Quercus* puede llegar a ser el elemento dominante y formar encinares puros (Encina y Villareal, 2002). México constituye una región muy particular debido a su localización entre el Neártico y el Neotrópico, donde confluyen elementos biogeográficos de origen templado y tropical (Olvera y Figueroa, 2012).

Los encinos se presentan desde zonas con climas xéricos siendo su hábito de crecimiento usualmente arbustivo, formando matorrales densos, hasta regiones con condiciones méxicas, donde se desarrollan en forma arbórea, originando así comunidades boscosas (Encina y Villareal, 2002). Son abundantes en las regiones montañosas, forman parte de los bosques de coníferas, bosques de *Quercus*, bosques mixtos de *Pinus-Quercus* y *Cupressus-Quercus*; aunque también habitan en otras comunidades tales como bosque mesófilo de montaña, bosque tropical caducifolio, no faltando en matorral xerófilo, bosques de galería y pastizal (Romero et al., 2002).

Fisonómica y estructuralmente los encinos presentan dos formas de vida; arbustos y árboles (Olvera et al., 2000). Los hay totalmente caducifolios a totalmente perennifolios y el tamaño de las hojas de las especies puede ser de nanófilas a megáfilas.

Constituyen comunidades vegetales cuya altura varía entre 2 a 30 m, alcanzando en ocasiones hasta 50, generalmente son de tipo cerradas pero también las hay abiertas y muy abiertas. Pueden

3. Marco teórico

formar masas puras, pero con frecuencia la dominancia está repartida entre varias especies del mismo género (Rzedowski, 1978).

Los encinares pueden presentarse como bosques puros, dominados por una o más especies, sin embargo admiten en su composición otros árboles, entre los principales géneros que podemos encontrar están: *Abies*, *Alnus*, *Arbutus*, *Buddleia*, *Cercocarpus*, *Crataegus*, *Cupressus*, *Fraxinus*, *Garrya*, *Juglans*, *Juniperus*, *Pinus*, *Platanus*, *Populus*, *Prunus*, *Pseudotsuga* y *Salix* (Rzedowski, 1978).

Forman parte de muchos hábitats para distintas especies de fauna, son importantes formadores de suelo y contribuyen a la infiltración y la conservación de los mantos acuíferos subterráneos (Jiménez, 1997). Permiten que el agua circule entre el suelo y el aire y aún más las masas forestales regulan la humedad y la temperatura, mantienen en funcionamiento el ciclo del agua, purifican el aire, mantienen el grado de humedad suficiente en el suelo, favorecen la formación de humus y protegen de la erosión y mantienen de manera excepcional la biodiversidad (Boada y Toledo, 2003).

Los individuos de *Quercus* son hábitat de plantas epifitas y de muchos animales vertebrados e invertebrados y representan una fuente de alimento para muchos de ellos. Por lo que cualquier alteración o remoción de individuos produce gran impacto en las especies asociadas (Valencia, 2004).

En lo que concierne a aspectos ecológicos se ha visto que las especies difieren en la regeneración (Larsen y Johnson, 1998), en su habilidad para producir semillas, germinación, en su reproducción y en la capacidad para tolerar la sombra, sequía y otros tipos de estrés.

Según López (1998), los ecólogos han estado interesados desde hace tiempo en el estudio de la regeneración natural de encinos debido a las bajas tasas de reclutamiento que se observan en una amplia gama de condiciones naturales. De acuerdo a la investigación de Larsen y Johnson (1998) la fisiología, las estrategias adaptativas y los nichos de regeneración de los encinos varían considerablemente entre las especies.

El reemplazo sucesional de encinos por encinos depende de las condiciones que favorecen su establecimiento a largo plazo, como la densidad del sotobosque, la luz, la humedad, la temperatura, y la depredación de brinzales y semillas (Rogers et al 1993, citado por Figueroa y Olvera, 2000).

Según Larsen y Johnson (1998), en un bosque dominado por encinos en el este de Norte América, las diferencias de las especies son a menudo más conspicuamente definidas por las relaciones de la humedad del suelo, las cuales influyen fuertemente en la dinámica del proceso de regeneración.

Los encinos requieren claros para crecer y desarrollarse en estadio de brinzal, mientras que en el estadio juvenil y de adulto sus requerimientos de luz disminuyen (Abrams, 1990; Loftis, 1990; Lorimer, 1992 citados en Figueroa y Olvera 2000), por lo cual son consideradas especies semitolerantes a la sombra.

La regeneración natural de muchos bosques de encinos depende del avance de la reproducción anticipada debajo de la base del padre, a través de cosechas sucesivas de bellotas y de la creación y mantenimiento de las condiciones que favorecen esta acumulación (Larsen y Johnson, 1998).

Las nuevas plántulas de encinos usualmente crecen más lentamente en altura de lo que lo hacen los brotes de plántulas de más edad de las mismas especies. Aunque los encinos son relativamente intolerantes a la sombra y crecen lentamente bajo fuerte sombra, las tasas de supervivencia son relativamente mayores bajo sombra moderada (Beck, 1970; Loftis, 1988; Johnson, 1993). Bajo aquellas condiciones, los encinos a menudo desarrollan un gran sistema de raíces mientras minimizan la inversión en órganos aéreos. Los largos sistemas de raíces permiten a los encinos crecer rápidamente en altura hasta que las condiciones favorables ocurran. Las grandes raíces facilitan la supervivencia después de que las partes aéreas mueren o se dañan. La perturbación de la base por lo tanto confiere una ventaja competitiva a los encinos, suministrando la indispensable reproducción anticipada que se ha acumulado antes de que una perturbación ocurra.

Según Pulido (2002), un factor importante a considerar en el proceso de regeneración de encinos, es la presencia de un estrato arbustivo de especies pioneras como una fuente de heterogeneidad añadida de gran importancia, pues la asociación con arbustos y herbáceas implica efectos competitivos por la luz, el agua y los nutrientes. Sin embargo, este mismo autor señala, que los efectos negativos de la presencia de sotobosque parecen manifestarse solamente en términos de reducción del crecimiento, mientras que los efectos negativos de la ausencia de sotobosque acarrear normalmente una mortalidad acentuada.

Características reproductivas del género *Quercus*

La biología reproductiva del género difiere de un subgénero a otro, sin embargo existe una considerable constancia geográfica en los parámetros morfológicos y fenológicos básicos, así como en la identidad de los gremios de animales que, a través de su interacción en distintas fases del ciclo, afectan al éxito reproductivo de los encinos (Kaul, 1985 citado por Pulido, 2002).

Los robles o encinos son árboles de tamaño pequeño o mediano (3-20 m), perennes o caducifolios, monoicos y con polinización anemófila. Las inflorescencias se producen en los brotes de crecimiento anual, emitidos entre febrero y abril en los bosques de la zona templada (Pulido, 2002). Las flores son axilares, las masculinas se producen en amentos desnudos que crecen en brotes del año anterior y las femeninas crecen en brotes del año, formando espigas de dos a muchas flores (Zavala y García, 1996).

Las flores femeninas que reciben polen son fertilizadas entre uno y tres meses después, siendo muy significativas las pérdidas por fallo en la fertilización, que suelen atribuirse a condiciones climáticas desfavorables (Wolgast & Scout 1997, Pulido 1999 citado en Pulido, 2002).

El fruto característico de los encinos es la bellota (nuez), asociado con un involucreo en forma de (cúpula) alrededor de la base (Zavala, 1995). Contiene una semilla carente de endospermo con un embrión recto, dos cotiledones y una testa muy delgada y suave (Bonner y Vozzo, 1987; Zavala y Garcia, 1996).

La fenología reproductiva de los encinos puede cambiar de un año a otro, ya sea en dependencia de los factores físicos ambientales o de los bióticos (Zavala y Garcia, 1996).

Según Pulido (2002) el predominio de años de baja producción es un fenómeno que, aunque no es generalizable, se observa muy a menudo en los bosques de encino sin que ello implique bajos niveles de reclutamiento.

En las especies que presentan una producción sincrónica de semillas en diferentes años, llamados años semilleros, el estadio de semilla se convierte también en uno de los más importantes (Godínez

et al., 2007). Según Janzen (1971), el año semillero es una respuesta evolutiva a la depredación, ya que una densidad alta de semillas saciará a los depredadores, permitirá que las semillas que no son consumidas puedan llegar a convertirse en individuos reproductivos y de esta manera se mantenga la población.

En el caso de los encinos blancos la maduración de los frutos se presenta en el año en el que ocurre la fertilización, por lo tanto las bellotas son de ciclos reproductivos anuales y no presentan reposo (Zavala y Garcia, 1996). Los encinos rojos requieren de dos años para madurar, sus bellotas son bianuales con ciclos reproductivos de tres años (Bonner y Vozzo, 1987; Zavala y Garcia, 1996).

La germinación y la emergencia de plántulas ocurren en la primavera siguiente a la dispersión, existiendo una amplia variabilidad fenológica en función del clima y el hábito perenne o caducifolio (Fox 1982, Germaine & McPherson 1998, Pulido 1999 citado en Pulido, 2002). Las plántulas que crecen y permanecen en el sotobosque esperando una oportunidad de recibir luz para crecer y llegar al dosel integran lo que se conoce como el banco de plántulas (Williams, 2007).

En el proceso de regeneración natural de los encinos, las bellotas son de fundamental importancia (Zavala, 2001). Aunque muchas especies basan este proceso en mecanismos vegetativos, todas requieren de frutos, al menos en alguna etapa de su historia de vida (Zavala, 2000, Zavala 2001).

Los encinos se regeneran por semilla y rebrote; sin embargo, la importancia relativa de estos dos modelos de regeneración difiere entre las especies (Larsen y Johnson, 1998). La periodicidad de la producción de semillas, supervivencia y las tasas de crecimiento en altura influyen en la regeneración exitosa de los encinos.

Según Ramírez et al. (1992) la regeneración natural de los bosques de encino es básicamente por rebrote vegetativo, pues la regeneración por semilla es muy escasa o completamente nula. Debido principalmente a diversos factores bióticos tales como la depredación de los roedores, el ramoneo y el apacentamiento por ganado, e incluso por la competencia con otras especies más tolerantes al disturbio (Crow e Isebrans, 1987 citado en Guevara y Hernández, 2005).

Las limitaciones básicas en la incorporación de nuevos individuos son la disponibilidad de semillas o propágulos y la disponibilidad de sitios adecuados, seguros para su establecimiento (Ward, 1961; Glitzenstein et al., 1986; Erickson y Ehrlen, 1992 citado en Godínez et al., 2007).

3.Marco teórico

La deficiencia o ausencia de regeneración en una población de plantas puede ser consecuencia de una leve reducción en las probabilidades de transición entre varias fases del ciclo reproductivo o, más comúnmente, del colapso de alguna de sus fases (Herrera et al., 1994).

Características del género *Quercus*

La familia Fagaceae con nueve géneros y entre 800 y 1000 especies, se distribuye principalmente en las regiones montañosas y templadas del hemisferio norte, en algunas regiones tropicales y subtropicales del mismo y a veces en regiones más secas (Valencia y Nixon, 2004). Los géneros *Trigonobalanus*, *Colombobalanus* y *Formanodendron* son uniespecíficos, mientras que el más diverso es *Quercus* pues se estima que puede tener entre 300 y 600 especies en el mundo (Lawrence, 1951; Jones, 1986; Nixon et al; 1997; Manos et al; 1999 citado en Valencia y Nixon, 2004).

Se reconocen dos centros de diversidad para el género, uno se localiza en el suroeste de Asia con alrededor de 125 especies y el otro en México particularmente en las regiones montañosas en donde forma parte importante de los bosques templados (Valencia, 2004). Esto hace que México sea considerado como el país poseedor del mayor número de especies en el mundo (Nixon, 1993).

La riqueza del género *Quercus* en México ha sido difícil de precisar, son diversas los cálculos que se han hecho sobre el número de especies, Rzedowski (1978) menciona que hay entre 150 y 200 especies, Nixon (1993) calcula entre 135 y 150, Zavala (1995) piensa que existen cerca de 150 y en un estudio reciente se opina que hay 161 especies de encinos en nuestro país (Valencia, 2004), donde además se calcula que dentro de estas 109 son endémicas.

Clasificación taxonómica de las especies estudiadas: *Quercus crassipes* y *Quercus urbanii*

Taxonómicamente el género *Quercus* pertenece a la familia Fagaceae y de acuerdo con sus características morfológicas se subdivide en dos subgéneros: *Ciclobalanopsis* y *Quercus*, este último dividido en tres secciones a su vez: la sección *Quercus* (encinos blancos), la sección *Protobalanus* (encinos intermedios) y la sección *Lobatae* (encinos rojos), (Nixon, 1993).

Las especies incluidas en este estudio, *Quercus crassipes* y *Quercus urbanii* pertenecen a la sección *Lobatae*, la cual según (Nixon, 1993) es endémica del continente americano y presenta su centro de diversidad en México.

El género *Quercus* es considerado taxonómicamente complicado, existe una gran variación morfológica presente en las hojas de la mayoría de las especies (Romero et al., 2002), es en la lámina donde se observan los caracteres taxonómicos más útiles para su determinación (forma, tamaño, consistencia, número y aspecto de venas secundarias, indumento en el haz y en el envés y otras características de la epidermis), los frutos (cúpulas y bellotas) también son de utilidad y en la mayoría de los casos determinantes para el reconocimiento de las especies porque presentan menos variación; sin embargo, estos frecuentemente están ausentes confiriendo a la hoja la mayor importancia (Valencia y Nixon, 2004). La variación mencionada puede ser el resultado de la frecuente hibridación que presentan la mayoría de las especies en el género (Romero et al., 2002; Valencia y Nixon, 2004).

3.Marco teórico

Descripción morfológica

Quercus crassipes

Humboldt & Bonpland. PL Aequinoct. 2:37. Pl. 83. 1809. TIPO: México. Guanajuato: Santa Rosa, Bonpland s.n. (isotipo, B!).

Árbol de 4-17 m de alto o más, con el tronco de 0.40-1 m diám; corteza de placas alargadas o de color obscuro; ramillas de (5-) 1-2 mm diám; con pubescencia densa amarilla, dormada por tricomas estrellados con estípite muy pequeño; lenticelas hasta de 1 mm de largo, desde pálidas hasta del mismo color de las ramas; yemas de 1.5-4.5 mm de largo, ovoides, de color café- rojizo, escamas coriáceas, bordes ciliados; estípulas de 7-8 mm de largo, linear- lanceoladas, membranosas pubescentes en el dorso, decíduas; hojas jóvenes con abundante pubescencia amarilla en haz y envés, principalmente en la nervadura central; hojas maduras coriáceas, angostamente elípticas, lanceoladas u oblanceoladas, lámina 2-9(-10.8) x (0.6-) 1-3(-4) cm, ápice mucronado o con arista de 3 mm de largo, base redondeada o subcordada, borde entero, revoluto, engrosado; nervaduras de 10 a 9 en cada lado, rectas o algo curvadas, formando ángulos casi rectos, bifurcados cerca del margen; haz algo lustroso, color verde o grisáceo, glabro o con pequeños tricomas estrellados dispersos, muy abundantes en la base de la hoja, nervadura central elevada, las primeras impresas, las más finas forman un retículo pálido sobre un fondo verde; envés con pubescencia densa, grisáceo, tricomas estrellados estipitados, con 5 a 6 rayos extendidos, epidermis ampulosa; nervaduras ligeramente elevadas; pecíolos amarillentos o rojizos, pubescentes o casi glabros, (1-)2-7(-10) mm de largo, de 0.5-1 mm diám.; amentos masculinos de 4-5.5 cm de largo; flores con el perianto escarioso de 4 x 3 mm, café-rojizos, pubescentes; estambres 5, de 3 mm de largo, anteras apiculadas; flores femeninas de 1 o 2 sobre pedúnculos de 5 mm de largo o menos, de 2-2.5 mm diám; fruto bianual, solitario o por pares en pedúnculos de 2-8 mm de largo; cúpula hemisférica de 11-17 mm diám., márgenes a veces involutos, las escamas engrosadas en la base, pubescentes, a veces glabrescentes; bellota ovoide, pared interna del pericarpo lanosa, de 12-17(-30) mm de largo, 8-15 mm diám; cerca de la tercera parte de su largo incluida en la cúpula.

Reconocimiento. *Quercus crassipes* se reconoce por sus hojas con el ápice aristado y las nervaduras que forman ángulos casi rectos; muestra similitud con *Q. mexicana*. Ésta se diferencia porque el envés de la hoja posee tricomas estrellados con sus ramas enredadas entre sí de manera que a simple vista se observan como puntuaciones.

Distribución y hábitat. En México en los estados de Jalisco, Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Colima, Michoacán, Estado de México, Distrito Federal, Morelos, Tlaxcala y Puebla. Se le encuentra en los bosques de *Quercus*, *Pinus-Quercus* y *Quercus-Cupressus*, bosque mesófilo de montaña, matorral xerófilo, en sitios de transición de pastizal a bosque mixto; se asocia con *Pinus pseudostrobus*, *P. leiophylla*, *P. montezumae* y *P. hartwegii*, *Quercus laurina*, *Q. crassifolia*, *Q. obtusata* y *Q. castanea*, en altitudes de 1900-3500 m.

Fenología. Florece en mayo y fructifica de septiembre a enero.

Nombres populares y usos. Encino, encino colorado, encino chilillo, encino oreja de ratón y encino laurel. Su madera se ha recomendado para pisos, chapa fina, muebles y gabinetes de alta calidad ebanística, lambrín, cocinas integrales, baúles, canastos, macetas, cofres y diversos artículos decorativos, mangos para herramientas, lomos y mangos de cepillos, brochas y de utensilios de cocina, pasamanos y descansos de escaleras, hormas para zapatos y cajas para pianos.

3.Marco teórico

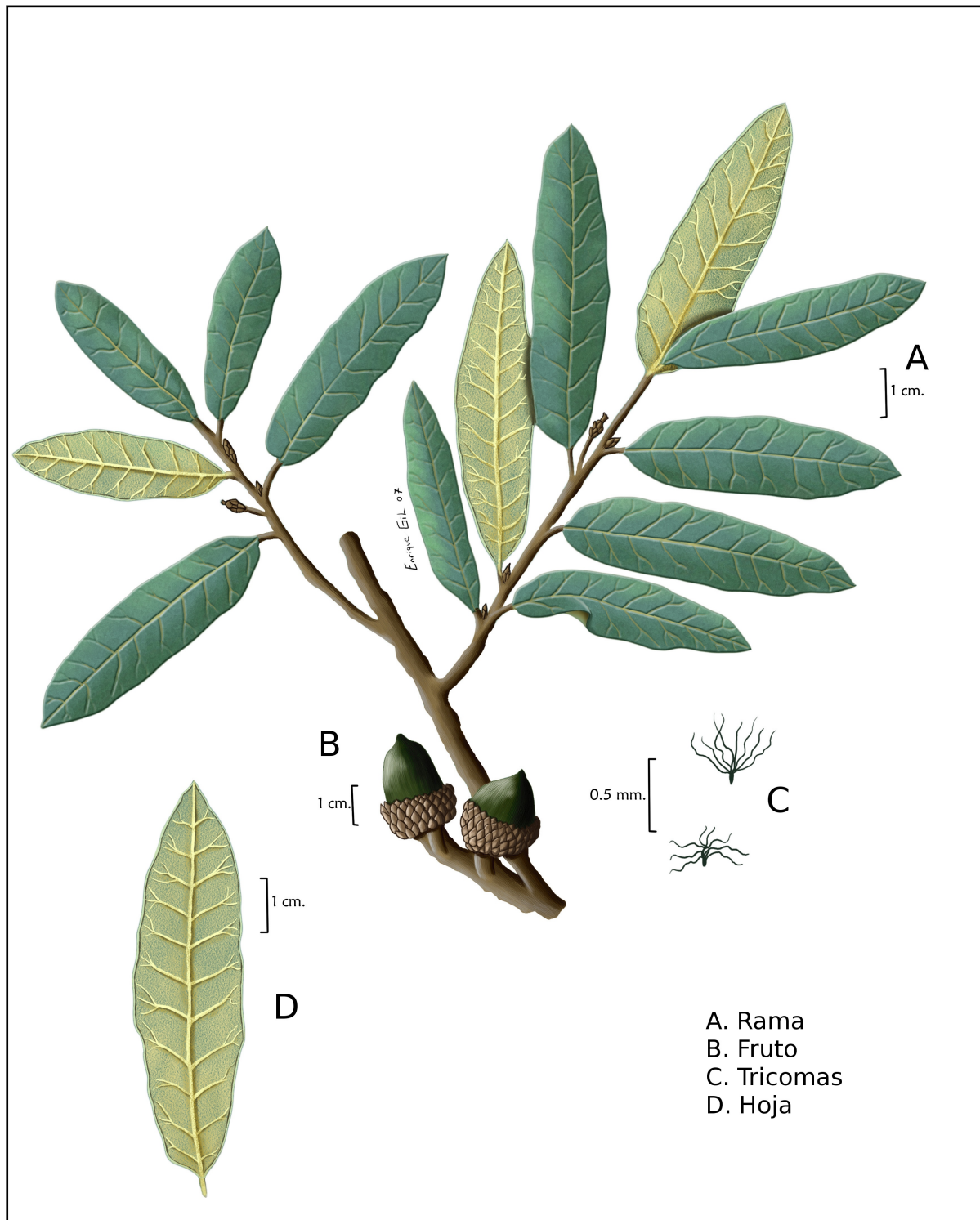


Figura 1.- Morfología de *Quercus crassipes**

* Ilustración tomada de “Los encinos de México” en prensa

Quercus urbanii

Trelease, Proc. Amer. Philos. Soc. 60: 32, pl. 2. 1921. TIPO: México. Michoacán a Guerrero, Sierra Madre, 20 June 1899, *E. Langlassé* 1066 (B).

Árbol de 4-10 m de alto, tronco de 20-30 cm diám; ramillas gruesas, con costillas, de 5-11 mm diám.; densamente pubescentes, pubescencia amarillenta, gris-amarillenta o negra, formada por tricomas estrellados estipitados con las ramas erectas y por abundantes tricomas glandulares sobre la epidermis, corteza castaño-rojiza a negra; lentecelas inconspicuas debido a la pubescencia, en las ramas más gruesas éstas miden hasta 4 mm de largo; yemas de 5-10 mm de largo. Ovoides, color castaño, las escamas engrosadas en la base, glabrescentes las exteriores, densamente pubescentes las interiores; estípulas de 7 mm de largo, de 1 mm diám., pubescentes principalmente en la base y bordes, persistentes en las yemas; hojas jóvenes pubescentes, haz cubierto por tricomas glandulares rojizos, tricomas simples dispersos y tricomas estrellados largos, estos últimos principalmente en los bordes, envés con pubescencia blanca formada por tricomas estrellados muy largos; hojas maduras, rígidas, gruesas, panduriformes, obovadas, suborbiculares, orbiculares u ovado-elípticas, lámina (12-)15-30 x (12-)17-34 cm, a veces más larga que ancha, ápice obtuso, a veces algo escotado, base profundamente cordada, borde revoluto, grueso, cartilaginoso, entero, dentado u ondulado, con (5-) 10-20 aristas por lado, en las 2/3 partes superiores, a veces desde la base, aristas de hasta 4 mm de largo; nervaduras de 9 a 11 en cada lado, ascendentes, algunas forman directamente la arista, la mayoría se ramifican cerca del borde; haz verde pálido, algo lustroso, rugoso, glabro, excepto en las nervaduras principales y primarias en donde se encuentran tricomas glandulares simples y estrellados, nervaduras impresas a ligeramente elevadas; envés con tomento de aspecto lanoso, amarillento, formado por tricomas estrellados, estipitados con rayos de hasta 3 mm de largo, enredados, cubriendo uniformemente la epidermis papilosa y glandulosa, nervaduras elevadas; pecíolos de 3-4 cm de largo, de 2-4(-6) mm diám; tomentosos, se ennegrecen con la edad; amentos masculinos de 13-23 cm de largo, caquis densamente tomentoso, perianto de 6 mm de diám; glabro, excepto los bordes de los lóbulos que son ciliados, anteras apendiculares, de 2-2.5 mm de largo, filamentos de 2 mm de largo; amentos femeninos de 10 a 20 flores en pedúnculos gruesos, con

3.Marco teórico

tomento abundante de color amarillo; frutos en grupos de 5 a 10 o más, en pedúnculos de 7.5-9 cm de largo, de 4-5 mm diám; con denso tomento amarillo que se oscurece y cae con el tiempo; cúpula de 8-12 mm diám; escamas pubescentes con los ápices redondeados a truncados; bellota ovoide, pared interna del pericarpo lanosa, de 10 mm de largo, de 8-10 mm diám., incluida de un tercio a un medio de su largo en la cúpula.

Reconocimiento. Se reconoce por sus hojas grandes, acucharadas, el tomento del envés amarillo y sus ramillas gruesas.

Distribución y hábitat. En México en los estados de Durango, Guerrero, Jalisco, Estado de México, Nayarit, Sonora y Zacatecas. En bosques de *Pinus-Quercus* y bosque mesófilo de montaña, asociado con *Quercus scytophylla*, *Q. crassifolia*, *Q. obtusata*, *Q. laurina*, *Pinus montezumae*, *P. pseudostrobus*, *P. oocarpa* y *Alnus*, en altitudes de 1400-2500 m.

Fenología. Florece en diciembre y fructifica en octubre.

Nombres populares y usos. Encino, Encino cuchara. Su madera se usa como leña, se sabe que también se utiliza para la elaboración de arados y los frutos sirven para alimentar ganado porcino.

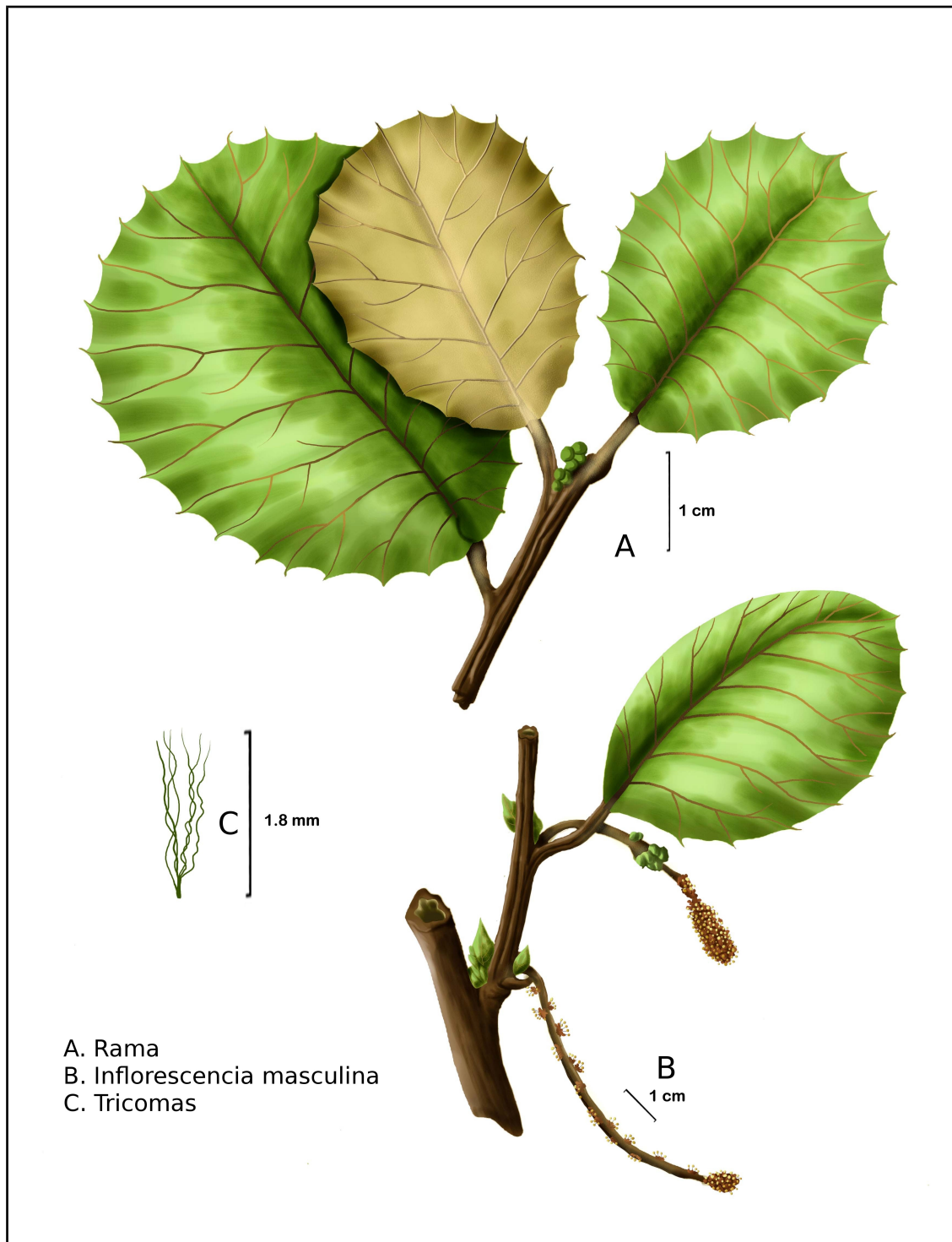


Figura 2.- Morfología de *Quercus urbanii**

* Ilustración tomada de “Los encinos de México” en prensa

3.Marco teórico

Usos

México es uno de los países más ricos y variados en tipos de vegetación (Rzedowski, 1978). Sin duda, entre los tipos de vegetación más característicos destacan los pinares y los encinares en sus distintas formas (bosques y matorrales). Desafortunadamente, en México dicha vegetación permanece desaprovechada, lo que deriva que el país se distinga desde el punto de vista forestal en el ámbito internacional, por la naturaleza y explotación desmedida de sus recursos, y no por su adecuado aprovechamiento (Zavala, 1990).

Según (Luna et al., 2003), el uso de los encinos no está determinado por su diversidad, sino por factores de tipo cultural o por la disponibilidad de otros recursos vegetales.

Tradicionalmente en México, los encinos son usados en los poblados y en las comunidades campesinas debido a que su madera se emplea en la elaboración de artesanías, para obtener colorantes y taninos, carbón vegetal, en la elaboración de postes para cercas y construcción de viviendas; sin embargo, su mayor importancia radica en el aprovechamiento de los bosques de *Quercus* para la obtención local de madera (Valencia y Nixon, 2004; Quintanar, 2002).

La madera de los encinos está considerada como una de las de mayor calidad; es altamente valorada y muy importante en la economía de los países que la procesan y comercializan, como Francia, Italia, Alemania y Finlandia. En México, aunque la diversidad de especies de encinos mexicanos es muy alta comparada con la europea, la producción de madera de encinos es baja y solo se llega a utilizar para hacer pisos, mangos de herramientas, postes, cajas para carrocerías de camiones o para leña (Novelo y Fuentes, 1995 citado por Valencia y Nixon, 2004).

De acuerdo a un estudio realizado por Olvera et al. (2006), donde analiza y compara las propiedades anatómicas de 8 especies de encinos que crecen en el estado de Oaxaca, el uso recomendado para las especies dentro del grupo de los encinos rojos destacan; ebanistería, chapa, pisos, lambrín, cancelos y decoración en general, juguetes, muebles infantiles, partes de instrumentos musicales, artículos torneados en general, cajas, adornos, diversos tipos de recipientes. Para el grupo de los encinos blancos, la autora recomienda su uso para pisos, escaleras, y otros usos donde se requiera madera dura y pesada.

En la medicina tradicional es común que pequeños trozos de corteza o madera sean empleados como medicamentos astringentes, contra las hemorroides, como antiséptico y contra dolores de dientes (Luna et al., 2003). Las bellotas de algunas especies son consumidas por el hombre y el ganado (González, 1993).

Según (Luna et al., 2003) los principales usos no leñosos encontrados para *Quercus crassipes* son medicinal, artesanal, forrajero, alimenticio, taninos y colorantes, no así para *Quercus urbanii* que solo presenta usos alimenticio y forrajero.

En el estado de México, la madera de *Quercus crassipes* se recomienda sea utilizada en pisos, chapa fina, muebles, lambrín, gabinetes de alta calidad ebanística, baúles, mangos para herramientas, brochas y utensilios de cocina, cajas para pianos, etc. Para *Quercus urbanii* solo se tienen reportes de usos como leña, para elaborar arados y que los frutos sirven para alimentar ganado porcino (Romero et al., 2002).

Distribución geográfica

El género *Quercus* se distribuye en todo el mundo, se encuentra en casi todos los bosques templados del Hemisferio Norte, así como en algunas regiones tropicales y subtropicales del mismo. Incluso existen algunas especies en hábitats más secos, en el sureste de Asia y nororiente de África. En América se localiza desde Canadá hasta Colombia incluyendo Cuba (Valencia, 2004).

La distribución de los encinos en México es variada; aparentemente hay diferencias entre regiones geográficas, habiendo mayor riqueza de especies en la región central; pocas especies parecen ser de distribución amplia, algunas de distribución francamente México- Norteamericana, en tanto que el número de especies de distribución restringida al país es relativamente alto (Zavala, 1998). La mayoría de las especies de *Quercus* presentan un endemismo regional, ya que se distribuyen de forma más o menos continua a lo largo de varios estados de una misma región (Valencia, 2004).

3.Marco teórico

Según (Rzedowski, 1978) se distribuyen en todos los estados y territorios de la República a excepción de Yucatán y Quintana Roo. 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 en las altas montañas, con pocas especies al nivel del mar (Rzedowski, 1978; Bello y Labat, 1987).

Se ha mencionado que se distribuyen en zonas con clima templado, donde la época de lluvias coincide con la estación cálida del año (Zavala, 1995); sin embargo, se les puede encontrar en lugares con varios tipos de climas entre los que se mencionan Cw, Cf, Cs, Af, Am, Aw y BS, según la clasificación climática de Köppen.

Los encinares crecen con mayor vigor en suelos profundos de terrenos aluviales, pero también se desarrollan en suelos someros o pedregosos, planos o muy inclinados e incluso en pedregales. El suelo es de reacción ácida moderada, con abundancia en hojarasca y materia orgánica en el horizonte superficial y frecuentemente también a mayor profundidad. La textura es variable de arcilla a arena, asimismo la coloración del suelo varía de rojos, cafés, amarillos, negros o gris (Rzedowski, 1978; Bello y Labat, 1987).

Zavala (1998) señala que los encinos blancos son más abundantes por entidad en el norte del país, en tanto que los rojos lo son en el sur. Se encuentran desde el nivel del mar hasta 3500 msm (Rzedowski, 1978). Las especies de encinos blancos se distribuyen entre 0 y 3500 msm y los intervalos por especie oscilan entre 120 y 2000 msm (Valencia, 2004), mientras que los encinos rojos se distribuyen desde 150 hasta 3100 msm, con intervalos altitudinales por especie de 150 a 1900 m.

Las especies incluidas en este trabajo presentan características de distribución muy disímiles, por un lado *Quercus crassipes* ha sido considerada como una especie de distribución media alta, pues se tiene un registro para 12 estados del país; mientras que *Quercus urbanii* es considerada como una especie de distribución media, representada en tan solo 5 estados (Valencia, 2004). Sin embargo es importante destacar que en comparación con otras especies de encinos, la distribución es restringida para las especies de este estudio y el reducido tamaño de sus poblaciones, las coloca en algún estado de riesgo e incluso las hace susceptibles a la extinción. Por tanto, son necesarios estudios que

aborden tópicos de biología básica, porque ello proporcionará información que podrá utilizarse para proponer mecanismos viables para su conservación.

Semilla y su germinación en encinos

La semilla

La semilla es el principal órgano reproductor de la gran mayoría de las plantas, desempeña una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones, la regeneración de los bosques y la sucesión ecológica (Vázquez et al., 1997). Es uno de los principales recursos para el manejo silvícola, para la reforestación, para la conservación del germoplasma y para la recuperación de especies valiosas sobreexplotadas. En el caso de los encinos, el fruto refiriéndolo como bellota o como nuez, comúnmente es sustituido en la literatura por el nombre de semilla (Zavala y García, 1996).

En términos botánicos la semilla se define como el óvulo maduro después de la fertilización (Bewley y Black, 1994), está compuesta básicamente por tres estructuras: el embrión, el endospermo y la cubierta. Según Zavala (1996), la semilla o nuez de los encinos es carente de endospermo, presenta un embrión recto y dos cotiledones.

El tamaño de las semillas entre diferentes especies varía en forma impresionante, a pesar de que se trata de un órgano cuyo origen ontogenético es constante y que tiene una función definida (Vázquez et al., 1997). Tal variación puede deberse a las necesidades regenerativas de cada especie en particular, al tamaño o a la forma de crecimiento de la planta, a las características del sitio, o bien, a la historia filogenética de la especie (Dalling, 2002).

Los recursos de una planta para producir semillas son limitados, así que cierta cantidad de energía disponible para producirlas puede traducirse en un gran número de semillas pequeñas o en un número menor de semillas grandes (Vázquez et al., 1997). El número producido y su tamaño afectarán la capacidad de supervivencia y perpetuación de las especies.

3.Marco teórico

En las especies tolerantes a la sombra, como es el caso de los encinos el tamaño de la semilla es grande, el cual se encuentra estrechamente relacionado con las demandas que exige la supervivencia en la penumbra del bosque (Molofsky y Augspurger, 1992), una semilla de mayor tamaño produce plántulas capaces de emerger a través de gruesas capas de hojarasca, permite un crecimiento mucho más rápido (Foster, 1986) y concede defensas estructurales, morfológicas y químicas contra patógenos y herbívoros.

Por lo general, dentro de una misma especie el tamaño de las semillas es bastante similar. Sin embargo, no es raro encontrar especies que, con todo y tener semillas grandes, duplican y hasta triplican el tamaño de las mismas (Jansen, 1977, citado en Dalling, 2002). En el caso de los bosques templados (Michaels et al., 1988), concluyó luego de estudiar 39 especies de árboles, que a nivel de especie la variación más significativa se observa dentro de un mismo individuo, aunque en 37 especies la variación de un individuo a otros también fue significativa.

Latencia

La germinación de una semilla puede retardarse por varias causas, entre ellas: baja capacidad de absorción de agua por parte de la semilla, inmadurez fisiológica del embrión y presencia de factores químicos que controlan de manera endógena la germinación (Dalling, 2002), sin embargo cuando una semilla presenta latencia condicional, la germinación depende más bien de ciertas señales ambientales, tales como la luminosidad y la temperatura, las cuales señalarían precisamente, el momento apropiado para que la plántula brotara.

La latencia tiene un papel importante en la adaptación de las plantas al ambiente, su presencia obedece a mecanismos fisiológicos que varían con la especie y tiene una función de repartir en el tiempo y en el espacio la germinación de las poblaciones de semillas (Camacho, 1994b). Según Guevara y Hernández (2005), la latencia puede ser de dos tipos: primaria y secundaria (inducida); los encinos presentan latencia de tipo 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.

La latencia primaria puede subdividirse en varios tipos, y a veces la misma semilla puede presentar más de un tipo; en el caso particular de los encinos, presentan una latencia exógena o del pericarpio, debido a la presencia de una barrera de tipo físico-mecánica, que por un lado impide la impermeabilidad de la cubierta al agua y por otro presenta una resistencia mecánica al crecimiento del embrión (Guevara y Hernández, 2005). Las semillas de los encinos blancos normalmente no muestran latencia, no así la de los encinos rojos que si pueden presentarla (Bonner y Vozzo, 1987).

Las semillas con cualquier tipo de latencia permanecen en el suelo formando bancos de semillas, su duración depende de factores internos y externos a la semilla que propicien las condiciones adecuadas para germinar. A través de esta característica la distribución de la germinación en el tiempo y el espacio se optimiza, es decir, una variabilidad en la profundidad de la latencia entre poblaciones conlleva a una germinación; espaciada a lo largo de un periodo, lo cual genera una buena distribución en el tiempo (Bewley, 1997) y de igual manera garantiza la ocupación de sitios seguros para la germinación y establecimiento.

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 cubierta impermeable al agua y los gases ejercen una resistencia física a la expansión del embrión, que impide la germinación. La presencia de sustancias inhibitoras de la germinación es otro de los condicionantes de la misma (Guevara y Hernández, 2005).

En actividades de regeneración artificial cualquier tipo de latencia en las semillas complica la propagación masiva de plantas. Por ello es necesario aplicar algún tipo de tratamiento pregerminativo que la remueva, con la finalidad de obtener una germinación rápida y uniforme (Bewley, 1997). Esto permite obtener uniformidad en las tallas de las plántulas, un predecible y concentrado periodo de trasplante; además de un ahorro de recursos económicos.

En muchas semillas la germinación no se puede dar sino hasta que su cubierta se haya roto, el proceso por medio del cual se rompe la cubierta recibe el nombre de escarificación; tratamiento pregerminativo usado en este trabajo.

3. Marco teórico

La dura cubierta de la semilla frecuentemente mantiene el agua o el oxígeno fuera de la semilla; y en algunos casos, puede llegar a ser tan dura que mantiene al embrión en su interior. En un ambiente natural, si una semilla necesita ser escarificada, no podrá germinar en el momento que caiga de la planta madre, sino que tendrá que esperar a que las fuerzas de la naturaleza rompan su cubierta (Jensen y Salisbury, 1988).

Germinación

La germinación es el proceso mediante el cual el embrión de la semilla adquiere el metabolismo necesario para reiniciar el crecimiento y transcribir las porciones del programa genético que lo convertirán en una planta adulta (Camacho, 1994).

La germinación de las semillas comprende tres etapas sucesivas que se superponen parcialmente: 1) la absorción de agua por imbibición, causando su hinchamiento y la ruptura final de la testa; 2) el inicio de la actividad enzimática y del metabolismo respiratorio, translocación y asimilación de las reservas alimentarias en las regiones en crecimiento del embrión y 3) el crecimiento y la división celular que provoca la emergencia de la radícula y posteriormente de la plúmula (Vázquez et al., 1997).

La germinación en el género *Quercus* es de tipo hipogea (Zavala y García, 1996), en la que el hipocótilo no se desarrolla y los cotiledones, estructuras almacenadoras, permanecen bajo el suelo o ligeramente sobre éste (Vázquez et al., 1997), el crecimiento inicial del epicótilo da lugar a la formación del tallo y las hojas primarias (Daniel, 1983 citado en Guevara y Hernández, 2005).

El proceso germinativo debe caracterizarse, ya sea gráfica o numéricamente, para establecer la calidad de las semillas, la planeación de muchas labores de cultivo y el estudio de la respuesta a la aplicación de tratamientos (Camacho, 1994).

La respuesta germinativa de las poblaciones de semillas puede variar en: a) capacidad germinativa (proporción de semillas capaces de germinar en condiciones óptimas o en una condición determinada); b) distribución de la germinación en el tiempo (tasa de germinación, velocidad o forma de la curva); c) tiempo en que germina la primera semilla; d) tiempo promedio de

germinación para la muestra o la población; e) uniformidad, simultaneidad, o sincronía de la germinación (variabilidad alrededor del tiempo medio de germinación) (González y Orozco, 1996). Las respuestas anteriormente mencionadas, llamadas también índices numéricos para estudiar la germinación, son propuestos por Camacho (1994), y se utilizan en este trabajo.

Viabilidad

Una de las causas que impide la regeneración natural de encinos es la desecación de sus frutos (Zavala, 2004), lo cual sucede cuando son diseminados y caen en el suelo desnudo en espacio abierto. En estas condiciones el contenido de humedad de las bellotas disminuye rápidamente y entonces no germinan pues pierden su viabilidad.

Camacho (1994), menciona a la viabilidad como la cualidad de una semilla de estar viva, lo cual a pesar de ser una condición para la germinación, no implica que pueda realizarse. En varias especies la viabilidad se puede conservar aunque las semillas tengan bajos contenidos de humedad (menos de 10% del peso fresco), en algunas otras como los encinos y muchas especies de sitios cálido-húmedos la viabilidad se pierde cuando las especies se secan a menos del 20%.

Las semillas de los encinos se caracterizan por ser recalcitrantes (Bonner y Vozzo, 1987), término que agrupa frutos o semillas relativamente grandes, húmedos, y difíciles de almacenar, en seco y frío, sin que se pierda viabilidad (Roberts, 1973 citado en Zavala, 2004). Aproximadamente el 15% de las especies de plantas del mundo tienen este tipo de semilla (Frankel et al., 1995).

Las semillas pueden almacenarse vivas por largos periodos, asegurándose así la preservación de especies y variedades de plantas valiosas (Vázquez et al., 1997). El avance en las investigaciones del almacenamiento de semillas a largo plazo, ha mostrado que el comportamiento de la viabilidad de las semillas es muy diverso.

Según Zavala (2001), las bellotas almacenadas en condiciones de baja temperatura y relativamente alta humedad germinan muy fácilmente en los primeros días, lo que parece ser más

3.Marco teórico

común en los encinos blancos que en rojos. Dificultando así la conservación de bellotas viables por mucho tiempo y representando un problema para el manejo de germoplasma de encino.

Se han encontrado diferencias entre subgéneros; en encinos blancos, las bellotas suelen mantener su viabilidad con contenidos de humedad de 40 a 45%, mientras que en encinos rojos se mantiene en alrededor de 25% (Gosling, 1989, citado por Zavala, 2004).

La calidad de una muestra de semillas frecuentemente varía ampliamente dependiendo de su origen, nivel de maduración, grado de parasitismo y depredación, además de las técnicas de recolección y manejo que se hayan empleado (Vázquez et al., 1997).

La mejor manera de averiguar la viabilidad de una muestra de semillas almacenadas es mediante una prueba de germinación, ya que otros procedimientos, como la prueba de tetrazolio o el uso de respirómetros, son complicados y frecuentemente no dan resultados satisfactorios (Vázquez et al., 1997). Prueba que fue utilizada en este estudio para evaluar la viabilidad de ambas especies a través del tiempo en condiciones de almacenamiento.

La importancia del estudio de comunidades vegetales

Los trabajos de tipo fisonómico estructural en la ecología vegetal, son básicos para el conocimiento de la composición y organización de poblaciones y comunidades de plantas, así como de la dinámica de las mismas. Su ejecución es con el fin de entender y explicar las condiciones bajo las cuales se desarrollan las especies y los bosques, así como las características asociadas con los cambios en la vegetación en tiempo y espacio (Zavala, 1999).

El estudio de una comunidad vegetal posee básicamente la finalidad de describir y analizar su estructura, para luego definir las relaciones funcionales que existan entre los componentes de la comunidad, en un lugar y tiempo determinados. Tal análisis no sólo sirve al ecólogo vegetal, sino también a quienes se muestran interesados en el estudio de otros aspectos del ecosistema, como pueden ser la fauna o los factores abióticos (suelo, clima, topografía, etc.), debido a que la

vegetación, por su desarrollo y estabilidad, es lo más conspicuo para la descripción y posterior identificación del ecosistema en estudio (Granados y Tapia, 1990).

Los encinos del país son diversos (Zavala, 1990) y varían en las formas en que se asocian con otras especies de encinos, coníferas y otras leñosas, de tal manera que existen en el país diferentes comunidades dominadas por encinos, así como especies de encinos presentes en un también variado número de comunidades vegetales, aun cuando no sean precisamente las dominantes (Zavala, 1999).

La vegetación se analiza en función de su composición de atributos o caracteres (Rocha et al., 2006). Los atributos de la vegetación son las distintas categorías de plantas que la constituyen, y las comunidades se caracterizan y diferencian por la presencia y ausencia de determinadas categorías, y por la cantidad o abundancia relativa de cada una de ellas. Las variables constituyen estimaciones del promedio o de la media de expresiones de abundancias de los atributos. La descripción o comparación de porciones de la vegetación pueden basarse en la presencia o ausencia de las categorías vegetales conocidas, lo que equivale a un análisis cualitativo, o en la abundancia de las categorías presentes, en cuyo caso el análisis es cuantitativo (Rocha et al., 2006).

La estructura de la vegetación del bosque se manifiesta claramente en la presencia estratificada de los árboles a diferentes alturas, y de los arbustos y de las hierbas en el piso del bosque o sotobosque. Un estrato o piso es una capa de vegetación cuya altura varía entre ciertos límites. Cada estrato puede tener una composición florística distintiva, pero debido a que el bosque está continuamente creciendo y regenerándose, una porción importante en los pisos bajos pertenece a especies que alcanzarán el estrato alto cuando maduren. Un estrato de árboles puede formar un continuo o un discontinuo. El dosel o el techo del bosque es una capa más o menos continua formada por las copas de árboles de aproximadamente la misma altura. Los grandes árboles que sobrepasan este techo se llaman emergentes y son los gigantes del bosque (Williams, 2007).

Dentro de los parámetros más conspicuos para la caracterización y el análisis de una comunidad se encuentran la abundancia, densidad, frecuencia y dominancia, entre otros (Granados y Tapia, 1983).

La caracterización de la estructura de la vegetación la da el área basal, la densidad de los árboles y la altura del dosel. El área basal de los árboles es una medida de la biomasa del bosque. Las

3.Marco teórico

especies que tienen mayor área basal – más del 10% del área basal total de la comunidad – se pueden considerar como las dominantes en el bosque. La densidad es el número de árboles que se pueden encontrar en un terreno o en una superficie, generalmente se menciona con referencia a una hectárea, para fines prácticos en este trabajo se hará mención del área total muestreada. La altura del dosel es la distancia desde el piso hasta el techo del bosque (Williams 2007).

El estudio de la vegetación es uno de los objetivos más importantes de la ecología, su caracterización y el conocimiento que de ésta se obtenga, debe normar y servir de base para centrar las políticas científicas de aprovechamiento de este recurso (Granados y Tapia, 1983).

El interés por conocer diversos aspectos de las comunidades de plantas y de su diversidad ha contribuido al desarrollo de disciplinas como la taxonomía, ecología, fitogeografía y florística (Zavala, 1999). Entre los principales propósitos destacan el de conocer la flora de un país, así como aprovechar y conservar los recursos vegetales en un marco de sustentabilidad. La importancia de las especies en el desarrollo socioeconómico de México, se centra en la necesidad de conocer sobre su existencia, distribución, hábitat, abundancia, fenología y además, el desarrollo tecnológico acerca de la germinación, genética, fitoquímica, y la silvicultura, a fin de lograr un aprovechamiento integral y ecológicamente equilibrado de los recursos naturales.

4. Antecedentes

Antes de comenzar la descripción detallada de las investigaciones que en los últimos años se han realizado para las especies estudiadas, es importante destacar la importancia del presente trabajo, por ser pionero para *Quercus urbanii* en tópicos como germinación, monitoreo de plántulas en condiciones de vivero, descripciones morfológicas a diferentes edades e incluso en características estructurales de las comunidades en donde habita, siendo escasos o casi nulos trabajos que aborden aspectos de biología básica para esta especie. No así para *Quercus crassipes*, especie para la que en recientes años, el número de trabajos se ha incrementado.

Estudios florísticos-ecológicos

Bello y Labat (1987), realizaron una contribución al conocimiento botánico de las especies de *Quercus* en el Estado de Michoacán. Su trabajo incluye la distribución de las especies en el estado e información de las características y condiciones ecológicas de los lugares en donde habitan. *Quercus crassipes* se encuentra en la lista de especies reportadas por los autores.

Zavala (1995), identificó y describió las especies de *Quercus* presentes en Parque Nacional El Chico y sus alrededores. Su trabajo incluye una clave para la identificación de las especies de encinos del área y la determinación de las especies fisonómicamente más importantes.

Zavala (1996), realizó un estudio para la Sierra de Pachuca en el Estado de Hidalgo, mismo que tuvo como propósito entender los mecanismos de repoblación de encinos y factores asociados. Identificó 11 especies arbóreas de encino, entre las que se encuentra *Quercus crassipes*, especie presente en al menos dos de los cinco tipos de vegetación encontrados.

Figuroa y Olvera (2000b), realizaron un estudio en el que analizan los patrones de regeneración en relación con la composición de las especies de dosel y las variables del sitio en bosques mixtos

4. Antecedentes

de encino en la Reserva de la Biosfera Sierra de Manantlán, México. Entre las principales especies de encinos encontradas destacó *Quercus crassipes* que en al menos un tipo de dosel fue dominante en términos de altura y densidad.

Figueroa y Olvera (2000), analizaron el cambio en la estructura y composición de especies a nivel de adulto, juvenil y brinzal, en bosques de *Quercus crassipes* en Cerro Grande, Sierra de Manantlán, México.

Romero et al. (2002), realizó un análisis del género *Quercus* en el Estado de México, basándose en trabajo de campo y herbario. Identificó 23 especies de encinos, de las cuales 15 son endémicas para México, *Quercus crassipes* y *Quercus urbanii* se encuentran dentro de este último grupo. Su trabajo incluye una clave dicotómica y descripciones morfológicas de cada uno de los taxa.

Rubio (2006), caracterizó en términos de estructura, diversidad y composición florística dos comunidades de bosque de encino en el Estado de México; *Quercus crassipes* figura como una especie con un alto valor de importancia relativa en una de las localidades de estudio. La investigación evaluó también la germinación y propagación por semilla de algunas especies de encinos presentes en la zona de estudio.

Ramírez (2009), realizó un estudio ecológico de las especies de encino *Quercus obtusata* y *Quercus castanea* en dos localidades del Estado de México. Describió la estructura y composición florística, valoró el comportamiento germinativo de semillas, evaluó su viabilidad a diferentes tiempos de almacenamiento y también describió el crecimiento y supervivencia de plántulas en condiciones de vivero. En al menos una de las dos localidades de estudio, *Quercus crassipes* destaca por presentar la dominancia total en términos de cobertura.

Rubio (2009), evaluó el éxito relativo de plántulas de *Quercus candicans* establecidas a partir de semillas germinadas y de plantas reintroducidas experimentalmente, en dos ambientes perturbados del municipio de Chapa de Mota, Estado de México. Caracterizó dos ambientes de perturbación, un área de borde y un sitio abierto a través de su geomorfología y características edáficas, composición florística y algunas variables ambientales abióticas. En el sitio de estudio *Quercus crassipes* forma parte de las especies de encinos encontradas, compartiendo características climáticas semejantes con *Q. candicans*.

Paredes (2010), analizó la influencia de factores edáficos sobre la distribución de las especies de *Quercus* y la estructura de un bosque ubicado en los municipios de Timilpan y Chapa de Mota, Estado de México. *Quercus crassipes* se encuentra dentro de las especies de encinos presentes en la zona de estudio, ubicada en al menos cuatro sitios de los seis que fueron muestreados.

Robles y Zárate (2011), realizaron un análisis de la vegetación y los factores que influyen en su estructura y distribución en el municipio de San Andrés Nuxiño, Oaxaca. La asociación *Quercus magnoliifolia-Quercus urbanii* destaca por ser, una de las dos asociaciones encontradas en la zona de estudio. *Quercus urbanii* presentó el valor de importancia más alto en esta asociación.

Olvera y Figueroa (2012), realizó la caracterización estructural de bosques montanos dominados por encino en el centro-occidente de México. Estudiaron tres asociaciones florísticas dominadas por encinos, con el fin de conocer si existe diferenciación estructural de sus poblaciones en función de las características del sitio donde se localizan. *Quercus crassipes* fue la especie más abundante y dominante en por lo menos una de las asociaciones y la más importante de todas las especies de encinos; dato estimado a partir del índice de rendimiento (IR), esto para dos de las tres asociaciones.

Pérez (2012), realizó la reintroducción de *Quercus candicans* y *Quercus crassipes* en tres zonas del municipio de Valle de Bravo, Estado de México. Evaluó el éxito de supervivencia y crecimiento

4. Antecedentes

de plantas de 3, 5 y 12 meses de edad. Este estudio también valoró el comportamiento germinativo en ambas especies.

Estudios sobre germinación y crecimiento

Bello (1994), reúne información sobre observaciones fenológicas con el propósito de elaborar un calendario anual del desarrollo de cinco especies de *Quercus*: *Q. resinosa*, *Q. rugosa*, *Q. glaucooides*, *Q. obtusata* y *Q. crassipes*. Describe los eventos fenológicos en estado vegetativo, floración y fructificación en relación con los factores climáticos y bióticos.

Velázquez (1995), evaluó el crecimiento de *Quercus crassipes* en condiciones de vivero, bajo diferentes tipos de sustrato e intensidades de luz. Para ello, realizó el análisis de su semilla, incluyendo su descripción, viabilidad, germinación final, contenido de humedad, energía germinativa y también investigó sobre la mejor forma de cultivar esta especie en vivero, por siembra directa en bolsas de polietileno, probando combinaciones de tres niveles de sombra, con diversas mezclas de tierra de monte y arena de río, con base en el análisis de 36 variables, relacionadas con el vigor de los árboles.

Robledo (1997), realizó un estudio que proporciona información básica sobre la germinación y el crecimiento de plántulas de cuatro especies de *Quercus* de la zona del Ajusco: *Q. rugosa*, *Q. castanea*, *Q. laurina* y *Q. crassipes* y establece la relación que existe entre las variables mencionadas.

López (2004), evaluó la diversidad de insectos y niveles de daños en semillas de *Quercus candicans* y *Quercus crassipes*. Analizó la asociación entre el tipo de daño (insectos, hongos y daño mecánico); determinó el papel del tamaño de la semilla sobre la probabilidad de ser atacadas por

insectos, hongos y de dañarse mecánicamente; y finalmente determinó el efecto del daño sobre la germinación y el crecimiento de plántulas.

Olvera (2004), realizó una investigación en la que analiza los factores que participan en la viabilidad de semillas de *Quercus rugosa* y *Quercus crassipes*. Para ello estableció cinco tratamientos de almacenamiento bajo impermeabilización de barniz y cera, analiza y describe la estructura del pericarpo con observaciones en microscopio electrónico de barrido, y además cuantifica el contenido total de proteínas, lípidos y carbohidratos presentes en las semillas de ambas especies.

Arcos (2009), evaluó el crecimiento de *Quercus crassipes* en diferentes mezclas de sustratos forestales; monitoreando su tallo, hojas y raíz. Adicional a esto, también analizó los parámetros físicos (densidad aparente y real, porosidad y humedad) y químicos de los sustratos (materia orgánica, pH, capacidad de intercambio catiónico, contenido de nitrógeno total y fósforo) y describió el crecimiento radicular utilizando rizotrones.

Rubio et al. (2011), realizó un análisis de la variación del tamaño de frutos y semillas en siete especies de encinos. El peso fresco, largo y ancho de frutos y semillas fueron medidos en: *Q. candicans*, *Q. crassipes*, *Q. germana*, *Q. greggii*, *Q. peduncularis*, *Q. polymorpha* y *Q. xalapensis*.

5. Objetivos

General

Contribuir al conocimiento ecológico de las comunidades de *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes* en dos Áreas Naturales Protegidas del Estado de México.

Particulares

- ◆ Caracterizar florística y ecológicamente el hábitat de dos comunidades de bosque de encino, con *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes* en dos Áreas Naturales Protegidas en el Estado de México.
- ◆ Caracterizar el comportamiento germinativo de semillas de *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes* determinando su capacidad germinativa, tiempo de germinación, uniformidad germinativa y calidad de germinación.
- ◆ Describir el desarrollo y crecimiento de las plantas de *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes*.
- ◆ Valorar la supervivencia de plantas de ambas especies en condiciones de vivero.
- ◆ Describir la morfología de las plantas de las dos especies a diferentes edades.

6. Área de estudio

El Estado de México se localiza en la parte sur de la altiplanicie meridional de la República Mexicana, es una de las regiones más elevadas del país, sus altitudes promedio fluctúan entre los 1330 y 2800 msm y tiene una superficie de 22274.97 km² que representa el 1.1% del total nacional (INEGI, 2010), aunque algunas zonas montañosas llegan a presentar hasta 5500 msm.

La entidad cuenta con importantes recursos forestales constituidos principalmente por bosque de coníferas, bosques de latifoliadas, bosque mixto y bosque mesófilo de montaña. La utilidad e importancia de estos recursos no radica sólo en la producción de materias primas y bienes económicos, sino en el papel esencial que desempeñan en el funcionamiento del sistema natural. Los bosques templados del Estado de México cobran mayor importancia si se observan de manera holística sus funciones protectoras, reguladoras y productivas (Pineda et al., 2009). Actualmente el Estado de México es la entidad más poblada del país con 15,175, 862 habitantes (INEGI, 2010). Lo anterior debido al proceso de expansión de la mancha urbana de la Ciudad de México, ver Mapa 1

Las localidades en las cuales se realizó este estudio, se encuentran ubicadas en los extremos suroeste y norte del Estado, específicamente en los municipios de Luvianos y Chapa de Mota. Ambas zonas de estudio, se encuentra inmersas dentro de dos Áreas Naturales Protegidas de competencia estatal, el “Parque Chapa de Mota” y el “Parque Natural Sierra de Nanchititla”, ver Mapa 3. Actualmente sólo el Parque Natural Sierra de Nanchititla cuenta con un Programa de Conservación y Manejo (Gaceta del Gobierno del Estado de México, 2009). Según Arriaga et al. (2000) la Sierra de Nanchititla es también considerada una Región Terrestre Prioritaria (119), estas zonas destacan por ser particularmente importantes para la conservación de la biodiversidad, ver Mapa 4.

6. Área de estudio

Localidad Sierra de Nanchititla, Área Natural Protegida “Parque Natural Sierra de Nanchititla”

Descripción del Área Natural Protegida y ubicación geográfica

El Parque Natural Sierra Nanchititla se localiza dentro de la región fisiográfica de la Cuenca del Balsas, provincia Sierra Madre del Sur, Subprovincia Depresión del Balsas, en la parte Suroeste del Estado de México, en los límites al Oeste con los estados de Michoacán y Guerrero. La Sierra de Nanchititla va de Este a Oeste y constituye el extremo Suroeste de la Faja Volcánica Transmexicana, alcanzando en sus cimas altitudes de hasta 2,080 m s.n.m., reconocido como un pequeño macizo montañoso de gran importancia por ser un área de transición de climas, flora y fauna. En lo que respecta a este estudio, los sitios de muestro se ubicaron en altitudes de entre los 1700 y los 1800 m s.n.m..

El parque se encuentra constituido por el municipio de Luvianos en un 96% de su territorio y un 4% dentro de Tejupilco, tiene una extensión de 66,388.7 hectáreas. Los sitios de muestro en este estudio, se localizaron muy próximos a la localidad Cañadas de Nanchititla.

Fisiografía

El Parque Sierra Nanchititla pertenece a la Provincia de la Sierra Madre del Sur, subprovincia del Balsas, esta abarca en el estado de México 4,992.323 km², lo que representa el 21.48% de la superficie total de la entidad. Uno de los sistemas de topofórmos más importantes que están presentes en esta subprovincia es la Sierra compleja con cañadas, caracterizada por contener gran variedad de rocas como: esquistos, basaltos y aluviones continentales.

Vegetación

El tipo de uso de suelo que predomina en el Parque Sierra de Nanchititla corresponde al uso de suelo forestal, destaca el tipo de vegetación Bosque de Encino-Pino. Otros tipos de vegetación presentes también son Bosque de Encino, Selva Baja Caducifolia y Bosque Mesófilo de Montaña. El tipo de vegetación presente en los sitios de nuestro corresponde al Bosque de Encino-Pino, el cual se encuentra representado por especies como *Pinus pringlei*, *Clethra mexicana*, *Quercus elliptica*, *Quercus hintonii*, *Quercus magnoliifolia*, *Quercus scytophylla*, *Quercus urbanii*, *Arbutus xalapensis*, *Inga hintonii* y *Verbesina greenmanii*. A esta última se le reconoce como arbusto; sin embargo durante los trabajos de campo se le encontró también en forma arbórea Mapa 5.

Las zonas de uso agrícola se ubican principalmente en las partes bajas de la Sierra en localidades como Luvianos, San Juan Acatitlán y El Reparó de Nanchititla.

Edafología

El parque Sierra de Nanchititla está constituido por diferentes tipos de suelos, de acuerdo a datos de INEGI (1999) citado en Gaceta del Gobierno del Estado de México, 2009, los tipos de suelo presentes son el Regosol, Fluvisol, Vertisol, Feozem, Litosol, Cambisol, Luvisol y Acrisol. En lo que respecta a los sitios de muestreo de este estudio, los suelos identificados fueron Acrisol ortico y húmico de textura fina y pequeños manchones de Feozem luvico de textura media.

Geología

Con relación a la geología de la Sierra de Nanchititla como una unidad individual no hay trabajos, pero se han llevado a cabo algunos estudios regionales (Gaceta del Gobierno del Estado de México, 2009). De acuerdo a la descripción incluida en el Plan de Manejo del PNSN, el área del parque representa una zona de gran interés, pues existen desde rocas muy antiguas hasta rocas muy

6. Área de estudio

jóvenes. Las primeras consisten en una secuencia de calizas con intervalos de lutita de color gris oscuro y crema claro que al intemperizarse adquieren tonalidades pardas y pardas rojizas, indicando el contenido de fierro. También hay depósitos de conglomerados, areniscas, grauvaca y toba, y en la parte superior se encuentran calizas de color gris intercaladas con lutitas de color pardo amarillento. La topografía se distingue por una serie de lomeríos de color pardo rojizo oxidado.

Hidrología

El Parque Nacional Sierra de Nanchititla se localiza en la región hidrológica No. 18 (Arriaga et al., 2002), la cual corresponde a la cuenca del río Balsas y se constituye por 15 subcuencas tributarias completas. El parque tiene una red fluvial de tipo dendrítico, en donde la mayoría de las corrientes son intermitentes y de primer orden. La zona cercada de la Sierra de Nanchititla y en donde se ubican 2 de los 4 puntos de muestreo, se localiza dentro de la subcuenca del río el Salto, presenta una red fluvial dendrítica, donde sus corrientes son intermitentes y de primer orden; el río es considerado de cuarto orden con una dirección noreste-sureste, tiene una longitud de 13 km. El río da origen a la cascada que se encuentra al sur del mismo y desemboca en el río Bejucos. Las escorrentías más próximas a los puntos de muestreo son Palos Prietos, Cruz de Oate, El cuervo, La mina de San Nicolás y El Salto. Según datos del gobierno del Estado, en el parque se encuentran detectados alrededor de 121 pozos de los cuales la gran mayoría son para consumo humano y regadío.

Clima

En la Sierra de Nanchititla se encuentran presentes los climas cálidos o tropicales lluviosos, propios de zonas con altitudes ubicadas entre el trópico de Cáncer y el Ecuador. En la Sierra se encuentra influenciada por diversos climas bien definidos, de acuerdo al sistema de clasificación climática de Koppen, modificado por García (1988), el tipo de clima presente en los sitios de muestreo corresponde al clima tipo (A)C(w2) que se caracteriza por ser semicálido subhúmedo, con

una temperatura media anual mayor de 18°C, la temperatura del mes más frío menor de 18°C, con una precipitación anual de entre 500 y 2500 mm; con precipitación del mes más seco es de 0 a 60 mm y lluvias de verano del 5% al 10.2% anual.

Deterioro ambiental

Las principales causas de deterioro ambiental presentes en la localidad están asociadas con la tala clandestina, sobrepastoreo, incendios forestales provocados, turismo desordenado y contaminación por residuos sólidos que se generan dentro del parque.

6. Área de estudio

Localidad Las Ánimas, Área Natural Protegida “Parque Estatal Chapa de Mota”

Descripción del Área Natural Protegida y Ubicación Geográfica

El Parque Estatal Chapa de Mota se localiza dentro de la región fisiográfica de la Cuenca del Pánuco, dentro de la provincia fisiográfica Eje Neovolcánico y entre el límite de las subprovincias Lagos y Volcanes de Anáhuac y Llanos y Sierras de Querétaro e Hidalgo. De acuerdo a INEGI (1987) parte del municipio de Chapa de Mota se localiza dentro de la subprovincia Llanos y Sierras de Querétaro e Hidalgo. El decreto (INE, 2001) del Parque Estatal Chapa de Mota, señala que este se encuentra localizado entre los municipios de Chapa de Mota y Villa del Carbón, ocupa una extensión de 6215 hectáreas y la altitud promedio en la que se encuentra es de 2650 msm. Los sitios de muestreo se localizaron en el municipio de Chapa de Mota, a una altitud que va de los 2700 a los 2800 msm y próximos al poblado “Las Animas” y al Centro de población Chapa de Mota, ver Mapa 1.

Fisiografía

El Parque Estatal Chapa de Mota pertenece a la Provincia fisiográfica de la Faja Volcánica Transmexicana y a la subprovincia Lagos y Volcanes del Anáhuac. En el estado de México, esta subprovincia ocupa 14,315.69 km² (61.6% de la superficie estatal total), abarcando 84 municipios en su totalidad y 18 parcialmente (INEGI, 1987). La provincia presenta 27 tipos de suelos, entre ellos: cambisol húmico, cambisol calcáreo, cambisol vértico, regosol dístico, fluvisol dístico, vertisol, etc.

Vegetación

El tipo de vegetación presente en los sitios de muestreo corresponde al Bosque de Encino, el cual se encontró representado por especies como *Quercus castanea*, *Quercus obtusata*, *Quercus crassifolia*, *Quercus candicans*, *Quercus crassipes*, *Quercus laurina* y pequeños manchones en las partes altas y abiertas de *Quercus frutex*; entre las especies arbóreas acompañantes, podemos encontrar a *Prunus serotina*, *Crataegus mexicana*, *Alnus jorullensis*, *Arbutus tessellata*, *Arbutus xalapensis* y *Garrya laurifolia*.

Edafología

El principal tipo de suelo en el Parque Estatal Chapa de Mota es una asociación de suelos en donde el Andosol se presenta como suelo dominante, otros tipos de suelos también presentes son el Luvisol, Phaeozem y Durisol. Los puntos de muestro se localizaron en la unión de dos tipos de suelos, Andosol y el Luvisol.

Geología

Son nulos los estudios sobre aspectos geológicos en el Parque Estatal Chapa de Mota, sin embargo de acuerdo a INEGI (1987), los tipos de rocas que se encuentran en el municipio de Chapa de Mota, corresponden al Neógeno y Cuaternario. El tipo de roca que domina la zona es de tipo ígneo (andesita), muy cerca de los sitios de muestreo se encuentran también rocas sedimentarias (conglomerados- areniscas).

6. Área de estudio

Hidrología

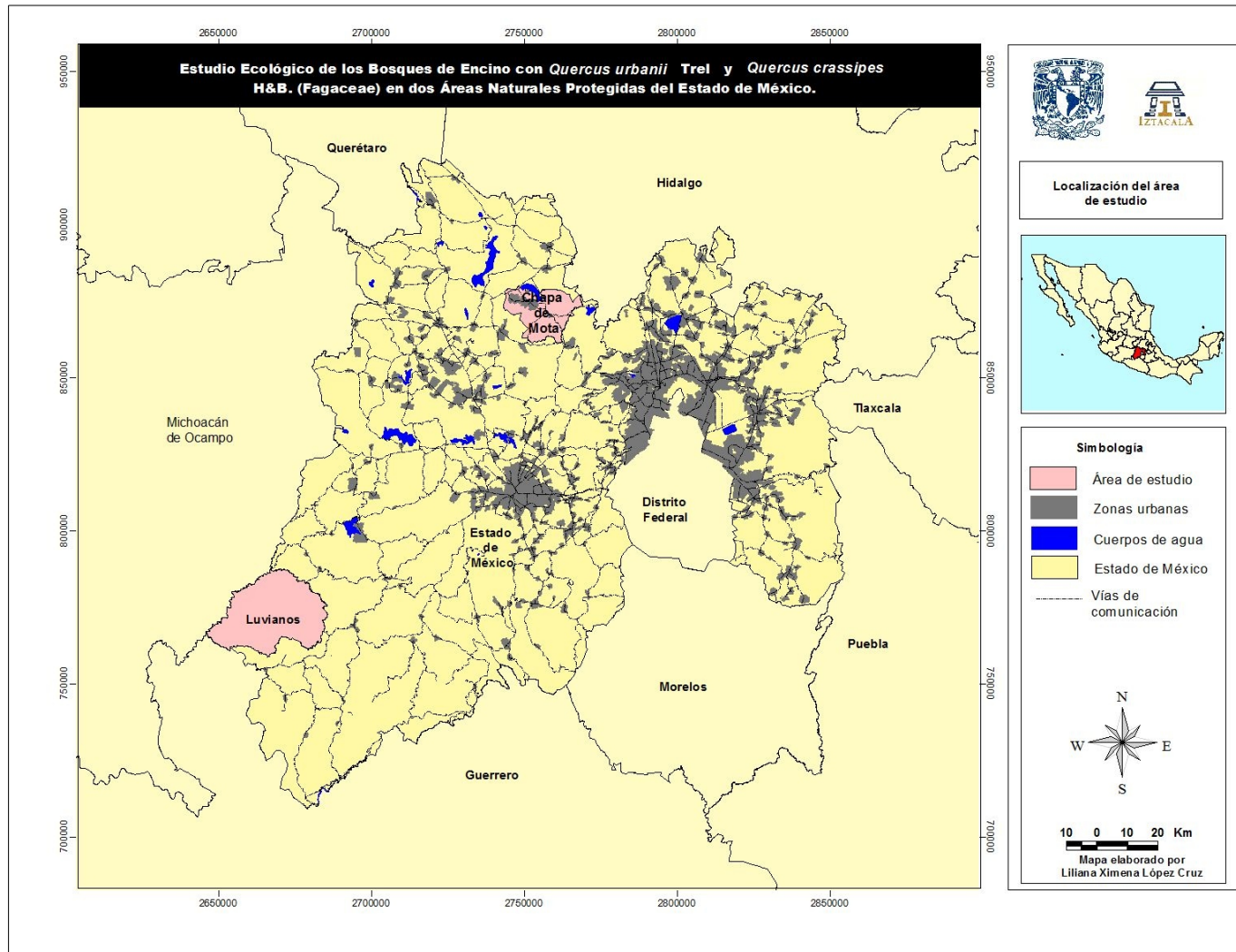
El Parque Estatal Chapa de Mota se localiza en la región hidrológica No. 26 (Arriaga et al., 2002), la cual corresponde a la cuenca del río Panuco y se constituye por 11 subcuencas tributarias completas. El polígono que delimita el parque, se localiza dentro de las microcuencas del río Tlautla y el río Tepeji. Los cuerpos de agua cercanos son las presas Taxhimay, Danxho, Santa Elena, Xhimojay la Concepción. Se encontraron también presentes, escorrentías cercanas a los puntos de muestreo.

Clima

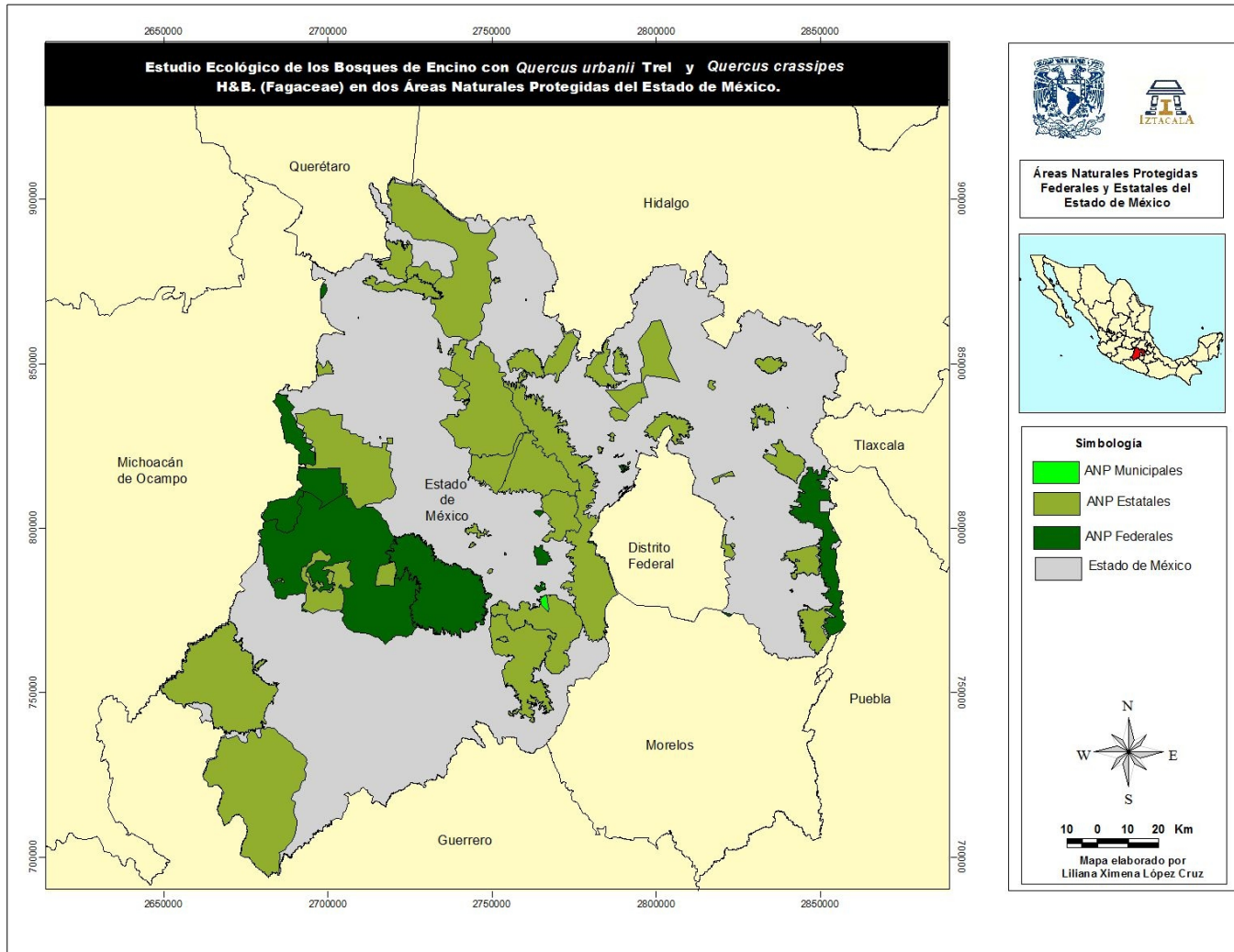
El clima que domina la zona es el tipo Cw2, que corresponde al templado subhúmedo con lluvias en verano, cociente P/T mayor de 55.0, lluvia invernal entre 5% y 10.2% de la precipitación total anual. Este tipo de clima es mesotérmico, es decir estable en cuanto a temperatura. El régimen térmico medio anual oscila entre 12 y 18 grados centígrados. Es el tipo de clima de mayor influencia y extensión en el estado de México, pues cubre aproximadamente un 68% de la superficie de la entidad (INEGI, 1987).

Deterioro Ambiental

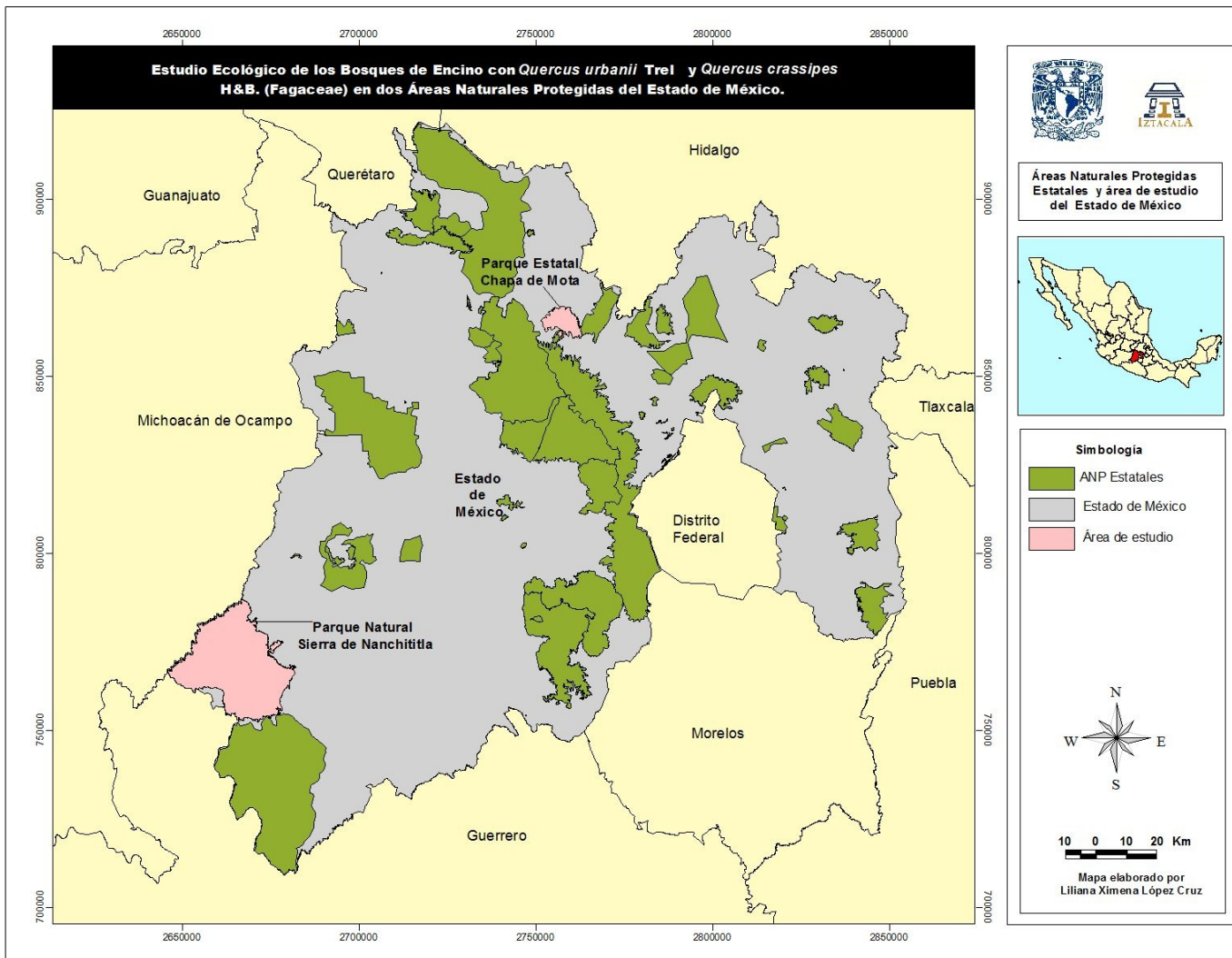
Las principales causas de deterioro ambiental presentes en la localidad se encuentran asociadas a la tala clandestina que ha traído como consecuencia la erosión de algunas fracciones de bosque, cambios en el uso de suelo y contaminación por residuos sólidos.



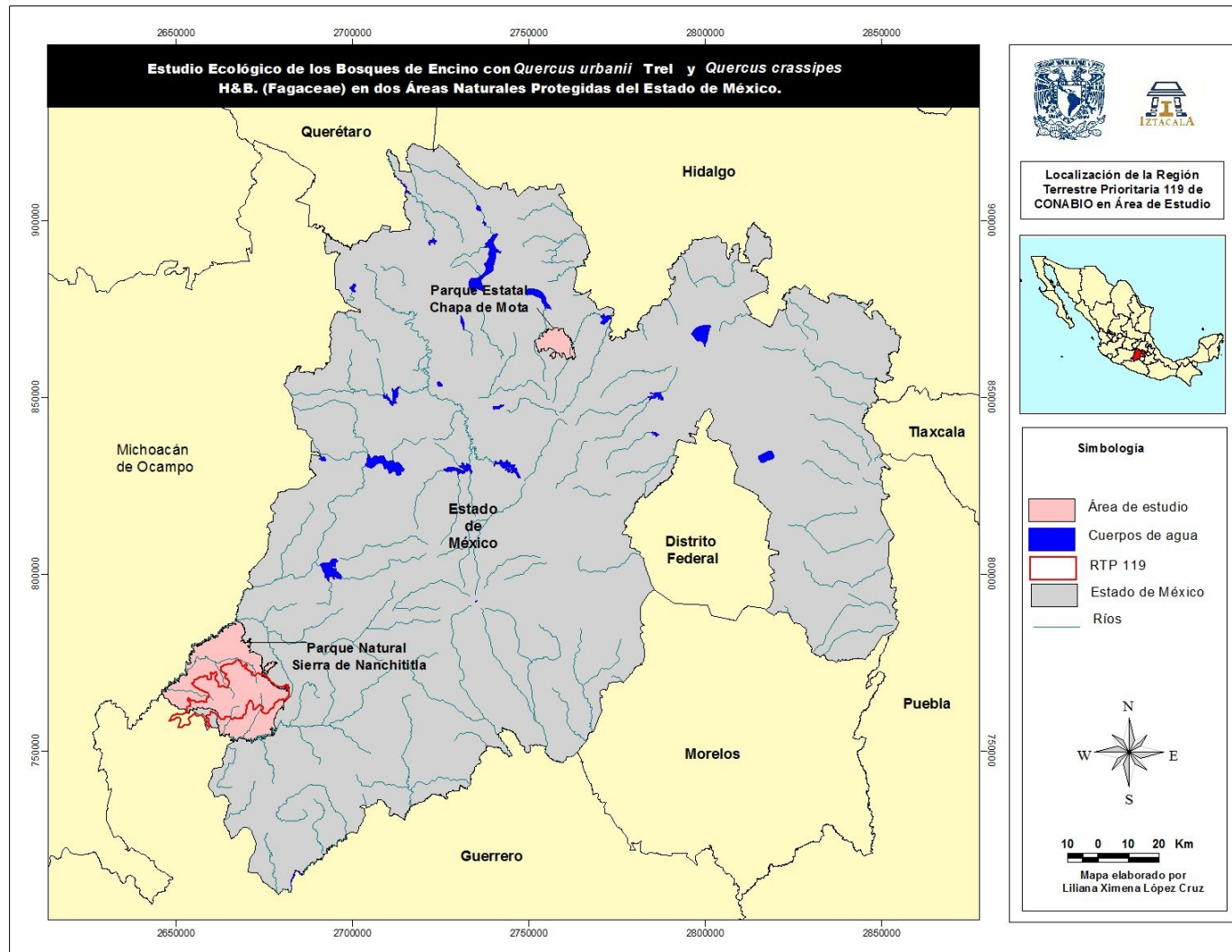
Mapa 1.- Localización del área de estudio



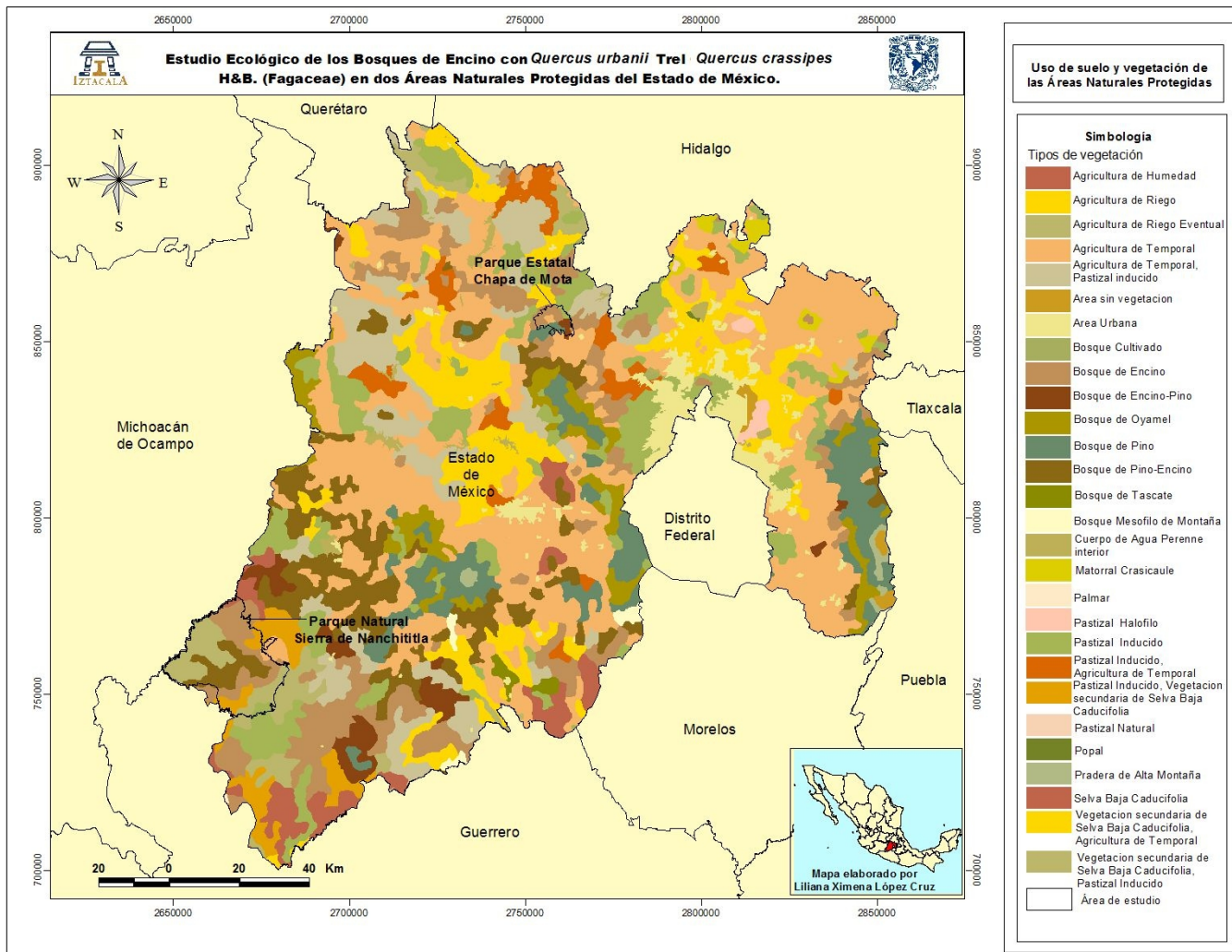
Mapa 2.- Áreas Naturales Protegidas Federales y Estatales del Estado de México



Mapa 3.- Áreas Naturales Protegidas Estatales y área de estudio del Estado de México



Mapa 4.- Localización de la Región Terrestre Prioritaria 119 de CONABIO en el área de estudio



Mapa 5.- Uso de suelo y vegetación de las Áreas Naturales Protegidas

7. Materiales y métodos

Trabajo de campo

Se hicieron recorridos de campo en zonas de bosques de encino y pino-encino en las Áreas Naturales Protegidas, Parque Estatal Chapa de Mota y Parque Natural Sierra de Nanchititla en los municipios de Chapa de Mota y Luvianos en el Estado de México. El propósito de estos recorridos, fue ubicar las áreas de muestreo en donde se localizaran las especies en estudio. Una vez hechos los recorridos en campo, se establecieron los sitios de muestreo, uno muy cerca de la localidad “Las Animas” en el municipio de Chapa de Mota y otro en la localidad “Cañadas de Nanchititla” en el municipio de Luvianos, ambos dentro de las dos distintas Áreas Naturales Protegidas.

Establecimiento de cuadros y toma de datos

Los muestreos se realizaron en cada una de las localidades y para ello, se estableciendo cuatro cuadros de 200m² en cada una; mismos que fueron ubicados al azar y contra la pendiente, su localización fue referenciada geográficamente con un geoposicionador satelital. Se registró también la altitud, orientación y pendiente para cada uno de los cuadros.

En cada uno de los cuadros establecidos* se realizaron mediciones de todos los individuos del estrato arbóreo, para ello se utilizó un flexómetro de 30m con el cual fueron registradas la cobertura de copa, el diámetro a la altura del pecho (DAP) y la altura total de los individuos, para hacer el cálculo de esta última, se utilizó además una brújula.

* Ver Apendice

7. Materiales y métodos

Caracterización florística

Para caracterizar florísticamente las comunidades de *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes* se realizó un levantamiento florístico que incluyó el estrato herbáceo, arbustivo y arbóreo, utilizando el método de barrido. El levantamiento se llevó a cabo durante el transcurso de los años 2004 y 2005 (colectas durante la época de lluvias y durante la época de secas), se realizaron preferentemente dentro de los cuadros, pero además en los espacios intermedios entre cada uno de ellos.

Recolección de frutos

Durante el mes de julio del 2004 se realizó la recolección de frutos de *Quercus urbanii* y en el mes de octubre del mismo año la de *Quercus crassipes*; los frutos recolectados se obtuvieron bajo el dosel de los árboles o directamente de las ramas, con el fin de evitar que pudieran confundirse con los de otras especies acompañantes en el bosque.

Trabajo de laboratorio

Determinación taxonómica de las especies

Ya herborizados los ejemplares recolectados en campo se realizó la determinación taxonómica con ayuda de claves especializadas. Una vez determinadas las especies, fueron comparadas en los herbarios IZTA y ENCB* con el fin de corroborar las especies encontradas. De esta manera se integraron los listados florísticos de las localidades en estudio. Los ejemplares fueron montados para posteriormente ser entregados al herbario IZTA de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala.

* Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional

Peso de frutos

Los frutos (bellotas) de *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes* recolectados en campo fueron trasladados al laboratorio de Ecología y Taxonomía de Árboles y Arbustos de México de la FES Iztacala, en el cual se lavaron y desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 15% durante veinte minutos, después de este tiempo se expusieron sobre una superficie plana a temperatura ambiente para su posterior secado; ya secos se tomaron 100 frutos al azar y se registró el peso de cada uno.

Evaluación de la germinación

Para evaluar el proceso germinativo, los frutos se remojaron en agua destilada durante 24 horas, posteriormente fueron escarificados mecánicamente utilizando una navaja tipo cutter para la extracción de las semillas. Ya sin el pericarpio se tomaron 100 semillas al azar de cada especie y se registro nuevamente el peso de cada una de ellas, con el fin de establecer diferencias entre el peso de frutos y semillas.

Los lotes o repeticiones de semillas se establecieron en cajas de plástico tipo domo, el número de semillas por lote fue de 50 y el número de lotes 5, lo que dio un total de 250 semillas por especie. Se utilizó como sustrato papel secante blanco embebido con agua destilada para evitar la posible deshidratación de los embriones.

Los domos se colocaron y mantuvieron en una cámara de crecimiento a temperatura de 25°C, humedad a imbibición y fotoperiodo de 24 horas luz; durante el tiempo necesario en el cual la muestra de semillas alcanzara el mayor porcentaje de germinación. Cada tercer día se efectuó el registro del número de semillas germinadas preferentemente a la misma hora. Se consideró como semilla germinada aquella que presentara un pequeño brote (radícula) en el ápice de la misma.

7. Materiales y métodos

Pruebas de viabilidad

Los frutos se almacenaron en refrigeración a una temperatura aproximada de 5°C, en recipientes de plástico, con el fin de hacer monitoreos periódicos de su viabilidad (cada dos meses) durante un año, se establecieron 100 semillas (dos lotes) de cada especie para cada monitoreo. Se procesaron del mismo modo ya indicado en el apartado anterior.

Crecimiento y desarrollo en cámara de germinación

Una vez iniciada la germinación y durante el tiempo hasta el cual los lotes establecidos alcanzaron el máximo porcentaje de germinación se describieron las estructuras que aparecieron a través del tiempo, como la radícula, epicotilo y hojas; registrando el día de emergencia. Se hicieron mediciones cada tercer día de la longitud de la radícula y tallo.

Descripción morfológica de plantas a diferentes edades

Con el propósito de generar descripciones morfológicas de plantas, de ambas especies, a diferentes edades, que permitieran evaluar cambios a través del tiempo y que además sirvieran como una herramienta útil para su fácil reconocimiento en campo, se herborizaron tres plantas de cada especie de tres, seis, nueve y doce meses de edad.

Trabajo de vivero

Evaluación de la supervivencia y crecimiento en vivero

Se realizó el monitoreo de la supervivencia de plantas de *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes* en condiciones de vivero.

Una vez que germinó el mayor porcentaje de semillas, las plantas fueron transplantadas en recipientes sin fondo (con el propósito de podar la raíz principal) en suelo de bosque de encino. Los recipientes fueron colocados en camas de malla de alambre dentro de una casa de sombra, que se estableció en el Jardín Botánico de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Transcurrido el tiempo necesario se realizó un trasplante a bolsa negra de plástico.

El crecimiento de las plantas en condiciones de vivero fue monitoreado realizando mediciones mensuales durante un año, las variables medidas fueron: número de hojas, cobertura, grosor del tallo y altura total de la planta.

Análisis de datos

Estructura de las comunidades

Para analizar la estructura de la comunidad en las localidades estudiadas, se obtuvieron las siguientes variables del estrato arbóreo: frecuencia, frecuencia relativa, cobertura, cobertura relativa, densidad, densidad relativa, área basal, área basal relativa y abundancia. Con estos datos se calculó un Valor de Importancia Relativa para cada especie y también se calculó el índice de diversidad de Simpson para cada una de las comunidades de este estudio.

7. Materiales y métodos

Peso de frutos y semillas

Los datos obtenidos del peso de frutos y semillas de una muestra de 100 para cada uno respectivamente, fueron analizados mediante una prueba de distribución t de Student ($p < 0.05$) en Statgraphics /w versión 5.1; con el propósito de establecer la diferencia entre el peso de frutos y semillas de cada especie.

Evaluación del comportamiento germinativo

Para caracterizar el comportamiento germinativo se calcularon los siguientes índices: capacidad germinativa, tiempo medio de germinación, uniformidad germinativa y calidad germinativa (Índice de Maguire), propuestos por Camacho y Morales (1992) .*

Estos índices fueron utilizados también para evaluar la viabilidad de las semillas, con el propósito de identificar los cambios que pudieran presentarse en el comportamiento germinativo, después de haber sido almacenadas durante algún tiempo.

Descripción del desarrollo de plantas en cámara de germinación

Con el fin de describir el desarrollo de las plántulas de ambas especies, desde el inicio de su germinación hasta su establecimiento en vivero, se realizaron observaciones (cualitativas) que permitieron describir las estructuras y su aparición a través del tiempo, como la raíz, epicotilo y primeras hojas (nomófilas).

* Ver Apéndice

Crecimiento en cámara de germinación

Se hizo el ajuste de diferentes funciones, para determinar el tipo de relación existente entre las variables: tiempo-longitud de la radícula y tiempo-longitud del tallo. Se utilizó el valor de R^2 para determinar si el ajuste fue o no adecuado. El análisis estadístico fue realizado con el paquete estadístico Minitab V16.

Descripciones morfológicas

Se realizó la descripción morfológica de las plantas de ambas especies a los 3, 6, 9 y 12 meses de edad. Los ejemplares de las diferentes edades; fueron montados en cartulina bristol para posteriormente ser entregados al herbario de la FES-I.

Crecimiento en vivero

Con los datos tomados durante los meses del monitoreo de crecimiento en vivero, se ajustaron diferentes funciones para determinar la relación existente entre las variables número de hojas, cobertura, dap y altura. Se utilizó el valor R^2 para determinar si el ajuste fue o no adecuado. También se realizó un análisis de correlación de Pearson para las variables analizadas, con un nivel de significancia de 95% ($p < 0.05$). Los análisis estadísticos fueron realizados con el paquete estadístico Minitab V16.

8. Resultados

Estudio florístico-ecológico

Las comunidades boscosas dominadas por diversas especies de encinos, se presentan en las regiones montañosas tanto en el sur como en el norte del Estado de México, en cada una de estas áreas distantes entre sí, los bosques dominados por encinos ocupan una variedad de sitios caracterizados por tener una considerable diversidad ambiental debido a la topografía, el clima, los suelos y la geología. Sin embargo, aunque los factores propios de los sitios son importantes y determinan la composición de los bosques en ambas áreas, los esquemas ambientales son un tanto diferentes.

La diferencia entre las comunidades estudiadas es evidente, por un lado los bosques del norte (Área Natural Protegida “Chapa de Mota”) se manifiestan mejor a alturas entre los 2700 y los 3100 m s.n.m., caracterizando una comunidad templada de montaña y formando un bosque de encino puro, mientras que en los bosques de la zona sur (Área Natural Protegida “Parque Natural Sierra de Nanchititla”) el límite “superior” de elevación por lo general es de menos de los 1900 m s.n.m., presentando a una comunidad de encino-pino con un clima semicálido subhúmedo, donde los elementos que la integran, suelen ser una mezcla de entre los que tienen afinidad boreal y los que tienen afinidad tropical. A diferencia con la comunidad del norte, los elementos que componen a esta, parecen tener exclusivamente una afinidad de tipo boreal.

Las comunidades mostraron una considerable divergencia en la estructura de la vegetación y la diversidad de las especies, así como diferencias en las relaciones especie-hábitat y en los niveles de dominio para las especies cuantitativamente importantes.

Es importante notar que la composición florística de las comunidades estudiadas, se encuentra compuesta por elementos que no suelen presentarse compartiendo un mismo hábitat, debido a que sus requerimientos ecológicos suelen ser distintos.

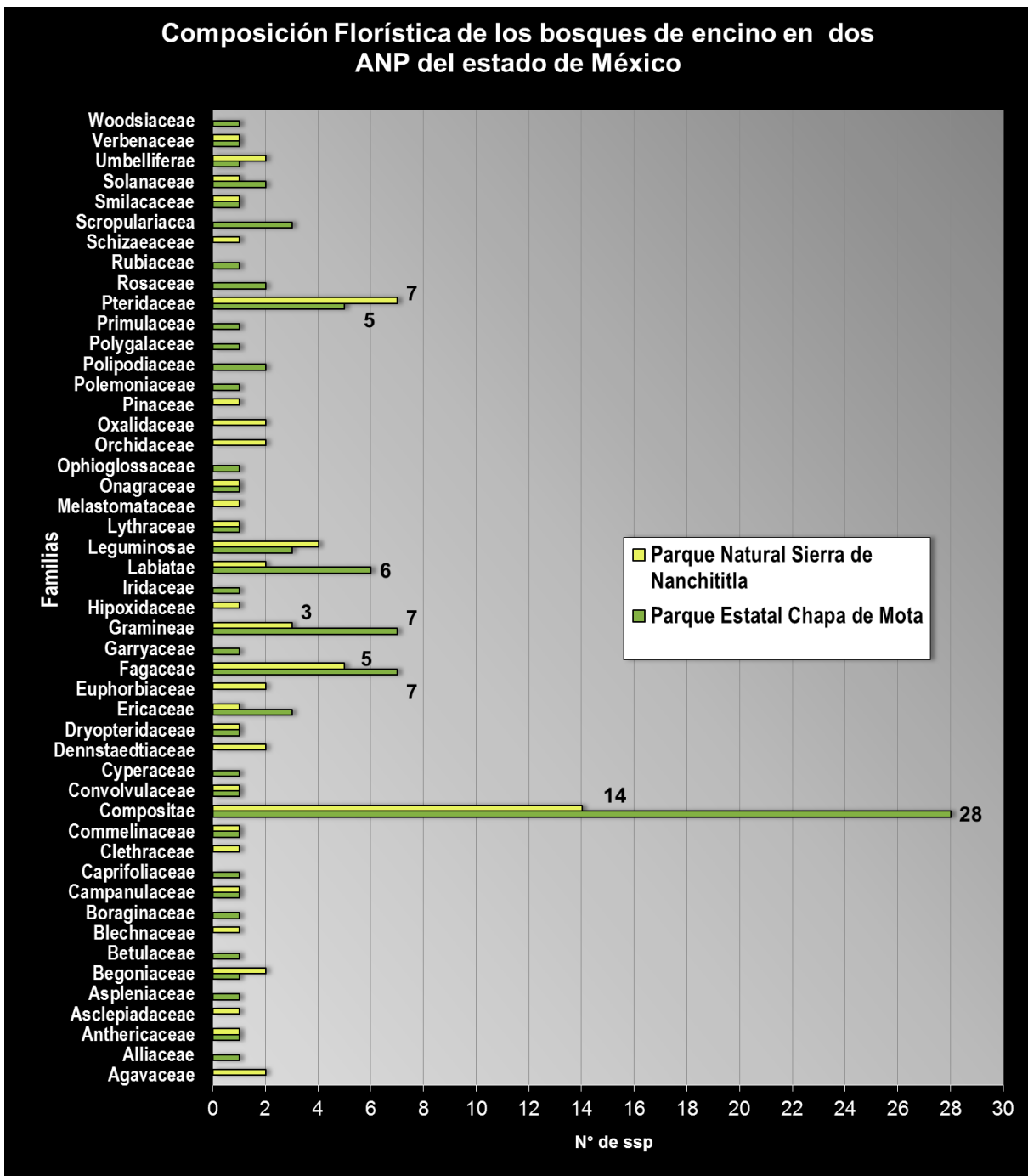
8.Resultados

Composición florística de las comunidades

La composición florística de los bosques de encino del Área Natural Protegida “Chapa de Mota” en el municipio del mismo nombre, estuvo integrada por un total de 93 especies, incluidas dentro de 65 géneros pertenecientes a 36 familias. Las familias mejor representadas fueron Compositae seguida en orden decreciente por familias como Fagaceae, Gramineae, Labiatae y Pteridaceae.

En los bosques de encino-pino del Área Natural Protegida “Parque Natural Sierra de Nanchititla” en el municipio de Luvianos, la composición florística estuvo integrada por 67 especies, incluidas dentro de 51 géneros pertenecientes a 31 familias. Las familias mejor representadas en esta localidad fueron Compositae seguida en orden decreciente por Pteridaceae, Fagaceae, Leguminosae y Gramineae. Las comunidades estudiadas comparten 19 familias, 20 géneros y únicamente 4 especies.

Las 4 especies compartidas por ambas comunidades boscosas, fueron las herbáceas *Begonia gracilis*, *Tagetes lucida*, *Ipomea capillacea* y el árbol *Arbutus xalapensis*.



Gráfica 1.- Número de especies por familia de las comunidades estudiadas

8.Resultados

Composición florística del bosque de encino (Parque Estatal Chapa de Mota)

Nombre científico		Estrato
Alliaceae		
<i>Allium glandulosum</i>	Link & Otto	Herbáceo
Anthericaceae		
<i>Echeandia flavescens</i>	(Schult.f) Cruden	Herbáceo
Aspleniaceae		
<i>Asplenium monanthes</i>	L.	Herbáceo
Begoniaceae		
<i>Begonia gracilis</i>	H.B.K.	Herbáceo
Betulaceae		
<i>Alnus jorullensis ssp. Lutea</i>	H.B.K	Arbóreo
Boraginaceae		
<i>Macromeria pringlei</i>	Greenm.	Herbáceo
Campanulaceae		
<i>Lobelia gruina</i>	Cav.	Herbáceo
Caprifoliaceae		
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	H.B.K	Arbustivo

Commelinaceae

Tradescantia crassifolia Cav. Herbáceo

Compositae

Ageratum corymbosum Zucc. ex Pers Herbáceo

Archibaccharis hirtella (DC.) Heering Arbustivo

Baccharis heterophylla H.B.K. Arbustivo

Baccharis serraefolia DC. Arbustivo

Bidens ostruthiodes (DC.) Sch. Bip. Herbáceo

Brickellia pendula (Schrad.) A. Gray Herbáceo

Cirsium ehrenbergii Sch. Bip Herbáceo

Cirsium subuliforme G.B. Ownbey Herbáceo

Dahlia coccinea Cav. Herbáceo

Dahlia pinnata Cav. Herbáceo

Erigeron delphinifolius Willd Herbáceo

Eupatorium arsenei Rob. Herbáceo

Eupatorium glabratum H.B.K. Arbustivo

Eupatorium mairetianum DC. Arbustivo

8.Resultados

<i>Eupatorium sp.</i>		Arbustivo
<i>Gnaphalium liebmannii</i> var. <i>monticola</i>	(McV.) Nash	Herbáceo
<i>Iostephane heterophylla</i>	(Cav.) Benth	Herbáceo
<i>Senecio angulifolius</i>	DC.	Arbustivo
<i>Senecio barba-johannis</i>	DC.	Arbustivo
<i>Senecio sinuatus</i>	H.B.K.	Herbáceo
<i>Sigesbeckia jorullensis</i>	H.B.K.	Herbáceo
<i>Stevia elatior</i>	H.B.K.	Herbáceo
<i>Stevia incognita</i>	Grashoff.	Herbáceo
<i>Stevia monardifolia</i>	H.B.K.	Herbáceo
<i>Stevia pilosa</i>	Lag.	Herbáceo
<i>Stevia salicifolia</i>	Cav.	Arbustivo
<i>Tagetes lunulata</i>	Ort.	Herbáceo
<i>Tagetes lucida</i>	Cav.	Herbáceo
Convolvulaceae		
<i>Ipomea capillacea</i>	(H.B.K) G. Don	Herbáceo

Dryopteridaceae

Dryopteris cinnamomea (Cav.) C. Chr. Herbáceo

Cyperaceae

Cyperus aggregatus (Willd.) Endl. Herbáceo

Ericaceae

Arbutus tessellata Sorensen. Arbóreo

Arbutus xalapensis H.B.K. Arbóreo

Gaultheria lancifolia Small. Arbóreo

Fagaceae

Quercus candicans Née Arbóreo

Quercus crassifolia Humb. & Bonpl. Arbóreo

Quercus crassipes Humb. & Bonpl. Arbóreo

Quercus castanea Née Arbóreo

Quercus frutex Trelease Arbustivo

Quercus laurina Humb. & Bonpl. Arbóreo

Quercus obtusata Humb. & Bonpl. Arbóreo

8.Resultados

Garryaceae

Garrya laurifolia Benth. Arbóreo

Gramineae

Bromus carinatus Hook. & Arn. Herbáceo

Muhlenbergia vaginata Swallen. Herbáceo

Piptochaetium virescens (H.B.K.) Parodi Herbáceo

Stipa eminens Cav. Herbáceo

Trisetum deyeuxioides (H.B.K.) Kunth Herbáceo

Trisetum kochianum Hernández T. Herbáceo

Trisetum virletii Fourn. Herbáceo

Iridaceae

Sisyrinchium angustifolium Mill. Herbáceo

Labiatae

Salvia elegans Vahl. Arbustivo

Salvia laevis Benth. Herbáceo

Salvia lavanduloides Benth. Herbáceo

Salvia mexicana L. Herbáceo

Salvia patens Cav. Herbáceo

<i>Scutellaria caerulea</i>	Sessé & Moc.	Herbáceo
Leguminosae		
<i>Dalea reclinata</i>	(Cav.) Willd.	Herbáceo
<i>Phaseolus leptostachyus</i>	Benth.	Herbáceo
<i>Trifolium mexicanum</i>	Hemsl.	Herbáceo
Lytraceae		
<i>Cuphea aequipetala</i>	Cav.	Herbáceo
Onagraceae		
<i>Lopezia racemosa</i>	Cav.	Herbáceo
Ophioglossaceae		
<i>Botrychium virginianum</i>	(L.) Sw.	Herbáceo
Polemoniaceae		
<i>Loeselia mexicana</i>	(Lam.) Brand	Herbáceo
Polipodiaceae		
<i>Pleopeltis polylepis</i> var <i>interfecta</i>	(Weath.) E.A. Hooper	Herbáceo
<i>Polypodium madrense</i>	J. Sm.	Herbáceo
Polygalaceae		
<i>Monnina ciliolata</i>	DC.	Arbustivo

8.Resultados

Primulaceae

Anagallis arvensis L. Herbáceo

Pteridaceae

Adiantum poiretii Wikstr. Herbáceo

Cheilanthes bonariensis (Willd.) Proctor Herbáceo

Cheilanthes farinosa (Forssk.) Kaulf. Herbáceo

Cheilanthes marginata Kunth Herbáceo

Pellaea cordifolia (Sessé et Moc.) A. R. Sm. Herbáceo

Ranunculaceae

Clematis dioica L. Herbáceo

Rosaceae

Crataegus mexicana Moc. & Sessé ex DC. Arbóreo

Prunus serotina Ehrh. Arbóreo

Rubiaceae

Bouvardia ternifolia (Cav.) Schlecht. Herbáceo

Scropulariaceae

Lamouroxia multifida H.B.K. Herbáceo

Lamouroxia rhinanthifolia H.B.K. Herbáceo

Ecología y Taxonomía de Árboles y Arbustos

Liliana Ximena López Cruz

<i>Penstemon roseus</i>	(Sweet) G. Don	Herbáceo
Smilacaceae		
<i>Smilax moranensis</i>	Mart. & Gal.	Herbáceo
Solanaceae		
<i>Cestrum anagyris</i>	Dunal	Arbustivo
<i>Solanum cervantesii</i>	Lag.	Arbustivo
Umbelliferae		
<i>Arracacia atropurpurea</i>	(Lehm.) Benth. & Hook	Herbáceo
Verbenaceae		
<i>Verbena menthaefolia</i>	Benth	Herbáceo
Woodsiaceae		
<i>Cystopteris fragilis</i>	L.	Herbáceo

8.Resultados

Composición florística del bosque de encino-pino (Parque Natural Sierra de Nanchititla)

Nombre científico		Estrato
Agavaceae		
<i>Manfreda pringlei</i>	Rose.	Herbáceo
<i>Polianthes geminiflora</i>	(Lex.) Rose.	Herbáceo
Anthericaceae		
<i>Echandia</i> sp.	Ort.	Herbáceo
<i>Asclepias auriculata</i>	H.B.K.	Herbáceo
Begoniaceae		
<i>Begonia gracilis</i>	H.B.K.	Herbáceo
<i>Begonia hintoniana</i>	Sm. et Schub.	Herbáceo
Blechnaceae		
<i>Blechnum occidentale</i>	L.	Herbáceo
Campanulaceae		
<i>Lobelia laxiflora</i>	H.B.K.	Herbáceo
Clethraceae		
<i>Clethra mexicana</i>	DC.	Arbóreo
Commelinaceae		
<i>Comelina coelestis</i> var <i>tuberosai</i>	L.	Herbáceo

Compositae

<i>Ageratum salicifolium</i>	Hemsl.	Herbáceo
<i>Baccharis trinervis</i>	(Lam.) Pers.	Arbustivo
<i>Bidens pilosa</i>	L.	Herbáceo
<i>Cosmos purpureus</i> var. <i>flavidiscus</i>	T.E.M.	Herbáceo
<i>Eupatorium pichinchense</i>	H.B.K.	Arbustivo
<i>Microspernum nummulariaefolium</i>	Lag.	Arbustivo
<i>Perityle turneri</i>	Powell	Herbáceo
<i>Perymenium subsquarrosum</i>	Rob. et Gremn.	Arbustivo
<i>Sclerocarpus</i> sp.	N. J. Jacquin	Arbustivo
<i>Stevia serrata</i>	Cav.	Herbáceo
<i>Stevia trifida</i>	Lag.	Herbáceo
<i>Stevia</i> sp	Cav.	Herbáceo
<i>Tagetes lucida</i>	Cav.	Herbáceo
<i>Verbesina greenmanii</i>	Urb.	Arbustivo

8.Resultados

Convolvulaceae

Ipomea capillacea (H.B.K.) G. Don Herbáceo

Dennstaedtiaceae

Pteridium aquilinum (L.) Kuhn Herbáceo

Pteridium arachnoideum (Kaulf.) Maxon Herbáceo

Dryopteridaceae

Dryopteris rossii C. Chr. Herbáceo

Ericaceae

Arbutus xalapensis H.B.K. Arbóreo

Euphorbiaceae

Acalypha aff. *vagans* Cav. Herbáceo

Euphorbia sp. L. Herbáceo

Fagaceae

Quercus elliptica Née Arbóreo

Quercus hintonii Warburg Arbóreo

Quercus magnolifolia Née Arbóreo

Quercus scytophylla Liebmann Arbóreo

Quercus urbanii Trelease Arbóreo

Gramineae

Lasiacis procerrima (Hack.) Hitchc Herbáceo

<i>Muhlenbergia ciliata</i>	(H.B.K.) Kunth	Herbáceo
<i>Rhynchelytrum roseum</i>	(Nees) Stapt. et Hubb.	Herbáceo
Hipoxidaceae		
<i>Hipoxis decumbens</i>	L.	Herbáceo
Labiatae		
<i>Salvia remota</i>	Benth.	Herbáceo
<i>Salvia teresae</i>	Fern.	Herbáceo
Leguminosae		
<i>Crotalaria bupleurifolia</i>	Schlecht. & Cham.	Arbustivo
<i>Crotalaria filifolia</i>	Rose vel Aff.	Herbáceo
<i>Dalea erythrorhiza</i>	Greenm.	Herbáceo
<i>Inga hintonii</i>	Sandw.	Arbóreo
Lythraceae		
<i>Cuphea ternata</i>	Peyr.	Herbáceo
Melastomataceae		
<i>Tibouchina scabriscula</i>	(Schlecht.) Cogn.	Arbustivo
Onagraceae		
<i>Fuchsia decidua</i>	Standley	Arbustivo epífita

8.Resultados

Orchidaceae

Bletia aff adenocarpa Reichb. f. Herbáceo

Bletia gracilis Lodd. Herbáceo

Oxalidaceae

Oxalis hernandesii DC. Herbáceo

Oxalis tetraphylla Cav. Herbáceo

Pinaceae

Pinus pringlei Shaw Arbóreo

Pteridaceae

Adiantum andicola Liebm. Herbáceo

Adiantum braunii Mett. ex Kuhn Herbáceo

Adiantum patens Willd. Herbáceo

Adiantum shepherdii Hook. Herbáceo

Cheilanthes angustifolia Kunth Herbáceo

Cheilanthes pyramidalis Fée. Herbáceo

Cheilanthes sp. Schizaeaceae Herbáceo

Anemia tomentosa var. Mexicana (C. Presl) Mic Herbáceo

Smilacaceae

Smilax pringlei Greenm. Herbáceo

Solanaceae

Lycianthes peduncularis Schl. Herbáceo

Umbelliferae

Eryngium gracile Deler. f. Eryny Herbáceo

Mycropleura renifolia Lagasca Herbáceo

Verbenaceae

Lantana velutina (Mart. Et Gal.) K. et. G. Arbustivo

8.Resultados

Diversidad de especies del estrato arbóreo

Previo a la descripción detallada de este tópico, es importante aclarar que para obtener el valor de diversidad de Simpson y realizar el análisis estructural de las comunidades estudiadas, solo se incluyeron aquellas especies del estrato arbóreo que estuvieron presentes dentro de los cuadros de muestreo. Por otro lado, y también con el objetivo de no confundir al lector, señalo que el nombre de las dos zonas de estudio se estará mencionando constantemente, por lo que al referirme al ANP “Parque Estatal Chapa de Mota” lo haré con el nombre de PECM. Para el ANP “Área Natural Sierra de Nanchititla” la referencia será PNSN.

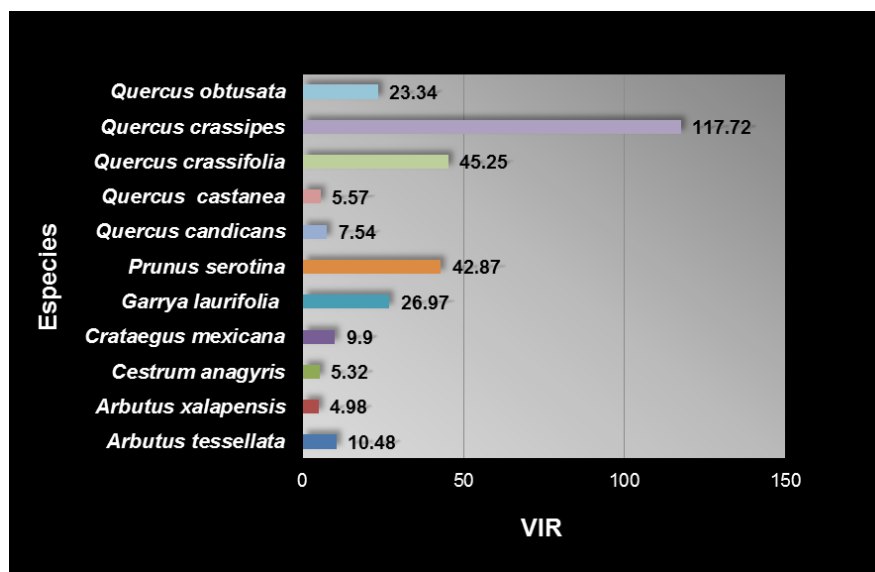
La composición florística del estrato arbóreo con un total de 137 individuos en la localidad “Las Animas” perteneciente al PECM, estuvo integrada por 13 especies provenientes de 7 géneros y pertenecientes a 5 familias. Para la localidad “Sierra de Nanchititla” en el PNSN, municipio de Luvianos, el estrato arbóreo presentó un total de 88 individuos y la composición florística estuvo integrada por 10 especies, 6 géneros y 6 familias. El valor de diversidad de Simpson para el estrato arbóreo de la localidad de Chapa de Mota fue de 0.79 y para la localidad “Sierra de Nanchititla” fue de 0.78.

En la localidad “Las Animas” (PNM) *Quercus crassipes* se presenta como la especie con mayor importancia ecológica dentro de la comunidad, seguida en orden decreciente por especies como *Quercus crassifolia*, *Prunus serotina*, *Garrya laurifolia* y *Quercus obtusata* con valores altos de importancia en el estrato arbóreo. Las dominantes en términos de densidad para esta comunidad fueron *Prunus serotina*, *Quercus crassipes*, *Quercus crassifolia* seguidas por *Garrya laurifolia* y *Quercus obtusata*, ver Gráfica 2.

La frecuencia como un indicador de la potencialidad de una especie para habitar una zona, presentó los mayores porcentajes en las especies *Garrya laurifolia*, *Quercus crassifolia* y *Quercus crassipes* con un valor de 15.3% en cada una respectivamente, seguidas por *Prunus serotina* (11.5%), *Quercus obtusata* (11.5%) *Arbutus tessellata* (7.6 %) y *Crataegus mexicana* (7.6%), ver Cuadro 1.

Para la localidad “Sierra de Nanchititla” (PESN) *Quercus urbanii* figura como la especie con mayor importancia ecológica dentro de esta comunidad. Otras especies con valores altos de importancia en el estrato arbóreo son *Quercus elliptica*, *Pinus pringlei* y *Clethra mexicana*, ver Gráfica 3.

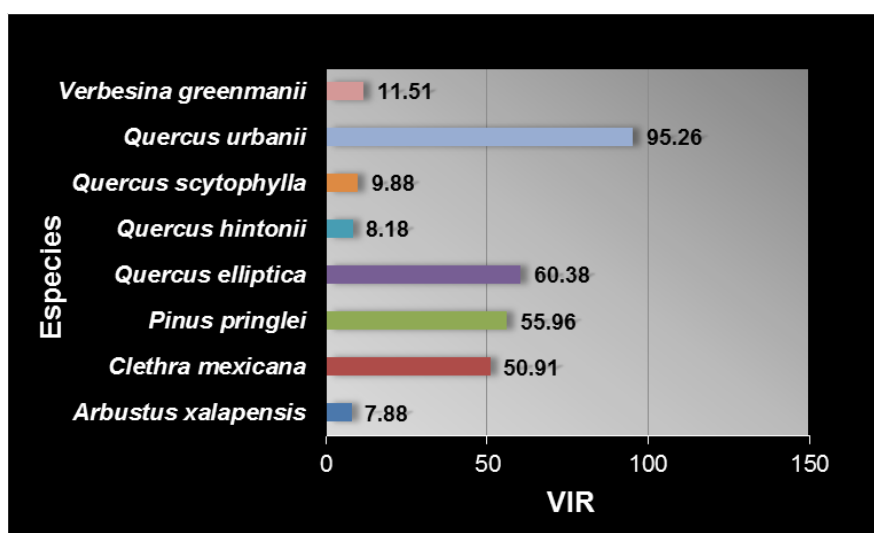
Las dominantes en términos de densidad fueron *Quercus urbanii*, *Quercus elliptica*, *Clethra mexicana* seguidas por *Pinus pringlei* y *Verbesina greenmanii*, ver Cuadro 2.



Gráfica 2.- Valores de Importancia Relativa de las especies que componen el estrato arbóreo en la localidad “Las Animas”, Chapa de Mota

8.Resultados

En relación a la frecuencia *Pinus pringlei* y *Quercus urbanii* presentan los porcentajes más altos, sus valores son semejantes con (22.2%) para cada una, seguidas por especies como *Clethra mexicana* (16.6%) y *Quercus elliptica* (16.6%) con valores también importantes, ver Cuadro 2.



Gráfica 3.- Valores de Importancia Relativa de las especies que componen el estrato arbóreo en la localidad "Sierra de Nanchititla", Luvianos

Especie	Abund	C (m)	C%	D(ind/m ²)	D%	AB (m ²)	AB%	F	F%	V.I.R
<i>Arbutus tessellata</i>	3	12.76	2.25533344	0.00375	2.189781022	292.3566123	0.601635199	0.5	7.692307692	10.48372391
<i>Arbutus xalapensis</i>	1	7.3	1.29027697	0.00125	0.729927007	201.0619298	0.413761581	0.25	3.846153846	4.989842434
<i>Cestrum anagyris</i>	2	3.34	0.5903459	0.0025	1.459854015	7.453428571	0.015338271	0.25	3.846153846	5.321346132
<i>Crataegus mexicana</i>	3	4.62	0.81658625	0.00375	2.189781022	12.27577329	0.025262084	0.5	7.692307692	9.907350798
<i>Garrya laurifolia</i>	13	32.44	5.73377874	0.01625	9.489051095	1023.208873	2.105642382	1	15.38461538	26.97930886
<i>Prunus serotina</i>	42	68.65	12.133906	0.0525	30.65693431	331.1003038	0.681365116	0.75	11.53846154	42.87676096
<i>Quercus candicans</i>	2	16.78	2.96586952	0.0025	1.459854015	1087.776456	2.238514802	0.25	3.846153846	7.544522663
<i>Quercus castanea</i>	2	6.12	1.08171165	0.0025	1.459854015	128.8052999	0.265066015	0.25	3.846153846	5.571073876
<i>Quercus crassifolia</i>	20	107.87	19.0660516	0.025	14.59854015	7422.554569	15.27473607	1	15.38461538	45.2578916
<i>Quercus crassipes</i>	38	267.19	47.2259045	0.0475	27.73722628	36250.83763	74.59992003	1	15.38461538	117.7217617
<i>Quercus obtusata</i>	11	38.7	6.84023543	0.01375	8.02919708	1836.237344	3.77875845	0.75	11.53846154	23.34641707

Cuadro 1.- Atributos estructurales del estrato arbóreo (composición florística) de la comunidad Chapa de Mota en el PECM

Abund=Abundancia, C=Cobertura, C%=Cobertura relativa, AB=Área basal, AB%=Área basal relativa, D=Densidad, D%=Densidad relativa, F=Frecuencia, F%=Frecuencia relativa, VIR=Valor de Importancia Relativa

Especie	Abund	C (m)	C%	D(ind/m ²)	D%	AB (m ²)	AB%	F	F%	V.I.R
<i>Arbutus xalapensis</i>	2	2.5	0.58143591	0.0025	2.272727273	17.2316357	0.05684518	0.25	5.55555556	7.885128009
<i>Clethra mexicana</i>	20	58.86	13.6893272	0.025	22.72727273	3491.440415	11.5178596	0.75	16.6666667	50.911799
<i>Pinus pringlei</i>	9	74.9	17.41982	0.01125	10.22727273	7128.470079	23.5160014	1	22.2222222	55.9659631
<i>Quercus elliptica</i>	23	69.64	16.1964788	0.02875	26.13636364	5329.452752	17.5812505	0.75	16.6666667	60.38428081
<i>Quercus hintonii</i>	1	6.13	1.42568086	0.00125	1.136363636	452.3893421	1.49238031	0.25	5.55555556	8.184299502
<i>Quercus scytophylla</i>	3	13.48	3.13510245	0.00375	3.409090909	278.0309498	0.91719207	0.25	5.55555556	9.88183853
<i>Quercus urbanii</i>	25	190.81	44.3775147	0.03125	28.40909091	13531.43647	44.6386497	1	22.2222222	95.26996279
<i>Verbesina greenmanii</i>	5	13.65	3.17464009	0.00625	5.681818182	84.82300165	0.27982131	0.25	5.55555556	11.51719505

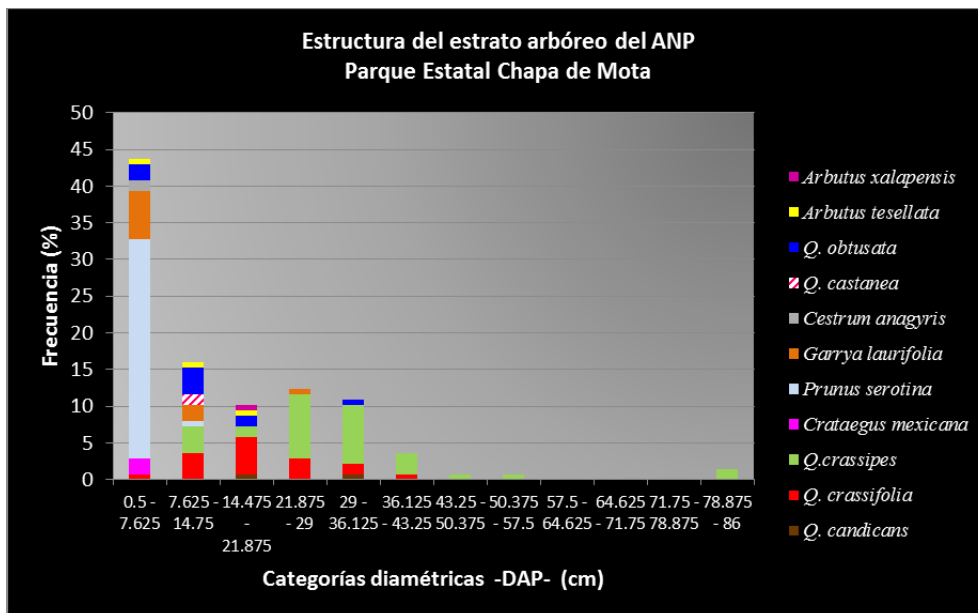
Cuadro 2.- Atributos estructurales del estrato arbóreo (composición florística) de la comunidad Sierra de Nanchititla en el PNSN

Abund=Abundancia, C=Cobertura, C%=Cobertura relativa, AB=Área basal, AB%=Área basal relativa, D=Densidad, D%=Densidad relativa, F=Frecuencia, F%=Frecuencia relativa, VIR=Valor de Importancia Relativa

8.Resultados

Estructura del estrato arbóreo

La distribución de frecuencias del DAP en las distintas clases diamétricas, muestra que *Quercus crassipes* en la localidad “Las Ánimas” (PECM), es la especie dominante en la mayoría de las clases.

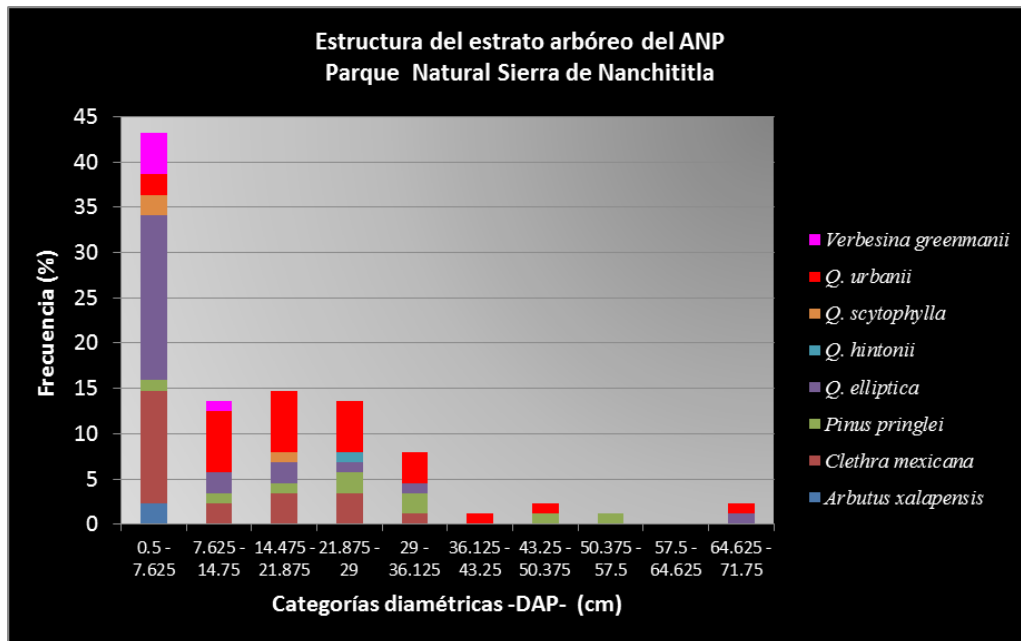


Gráfica 4.- Distribución de frecuencias de DAP para el estrato arbóreo de la localidad “Las Ánimas”, Chapa de Mota

Sin embargo, en la clase de menor tamaño son otras especies las que figuran como dominantes, en esta categoría *Prunus serotina* domina con más del 50% de individuos, le siguen otras especies como *Garrya laurifolia*, *Crataegus mexicana*, *Quercus obtusata* y *Cestrum anagyris* (Gráfica 4).

En las siguientes dos clases, las especies de encinos comienzan a dominar las distintas clases diamétricas, *Quercus crassipes*, *Quercus crassifolia* y *Quercus obtusata* aparecen con porcentajes importantes. Otras especies también importantes en estas clases son *Garrya laurifolia* y *Quercus castanea*. En el resto de las clases diamétricas *Quercus crassipes* es la especie dominante.

Para la localidad “Sierra de Nanchititla” (PNSN) se observa un patrón de crecimiento muy similar al de la localidad “Las Ánimas”, en donde el mayor porcentaje de individuos se concentran en las clases diamétricas bajas. Aunque *Quercus urbanii* aparece en casi todas las clases, incluida la más baja, no se observa su dominancia en la mayoría, solo en algunas.



Gráfica 5.- Distribución de frecuencias de DAP para el estrato arbóreo de la localidad “Sierra de Nanchititla”, Luvianos

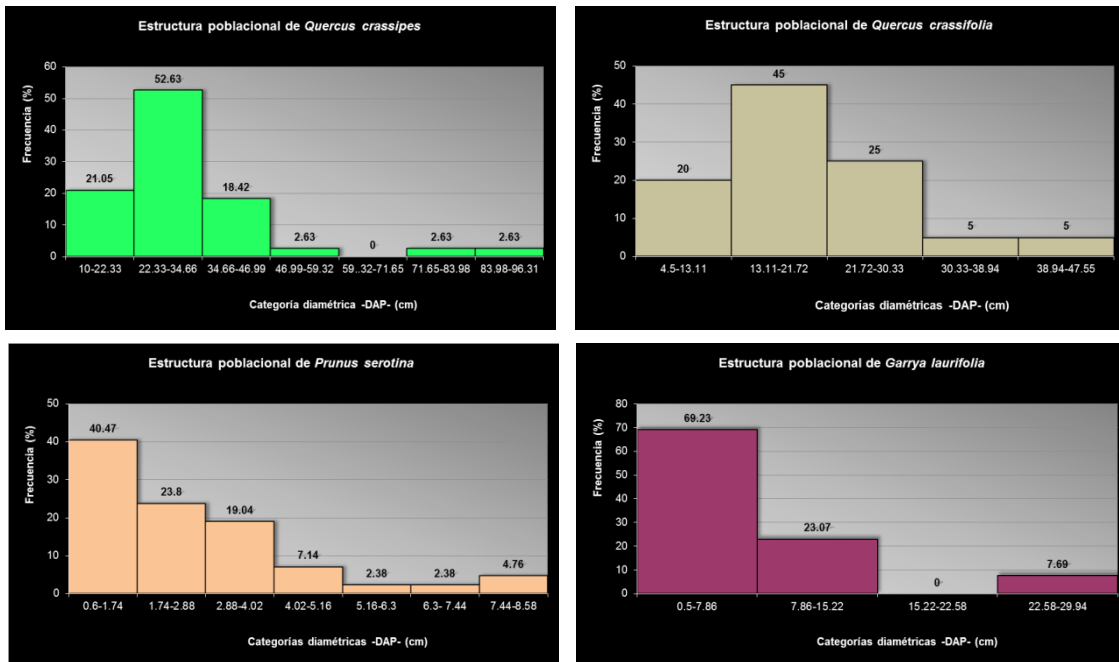
En lo que respecta a la clase de menor categoría, la dominancia esta liderada por *Quercus elliptica*, le siguen *Clethra mexicana* y *Verbesina greenmanii*, otras especies también presentes pero con ligeros aportes al número total de individuos para esta clase son *Quercus urbanii*, *Quercus scytophylla* y *Quercus hintonii*.

En el resto de las clases bajas a intermedias *Quercus urbanii* figura como especie dominante, otras especies con aportes también importantes al número total de individuos en estas clases son *Clethra mexicana*, *Quercus elliptica* y *Pinus pringlei*. En las clases superiores la dominancia esta distribuida entre *Quercus urbanii*, *Pinus pringlei* y *Quercus elliptica*. En al menos una clase *Pinus pringlei* figura como especie dominante.

8.Resultados

Estructura poblacional de las especies del estrato arbóreo más importantes

Con base en la distribución por categorías diamétricas de las especies estructuralmente más importantes, se distinguieron diferentes patrones de estructura poblacional.

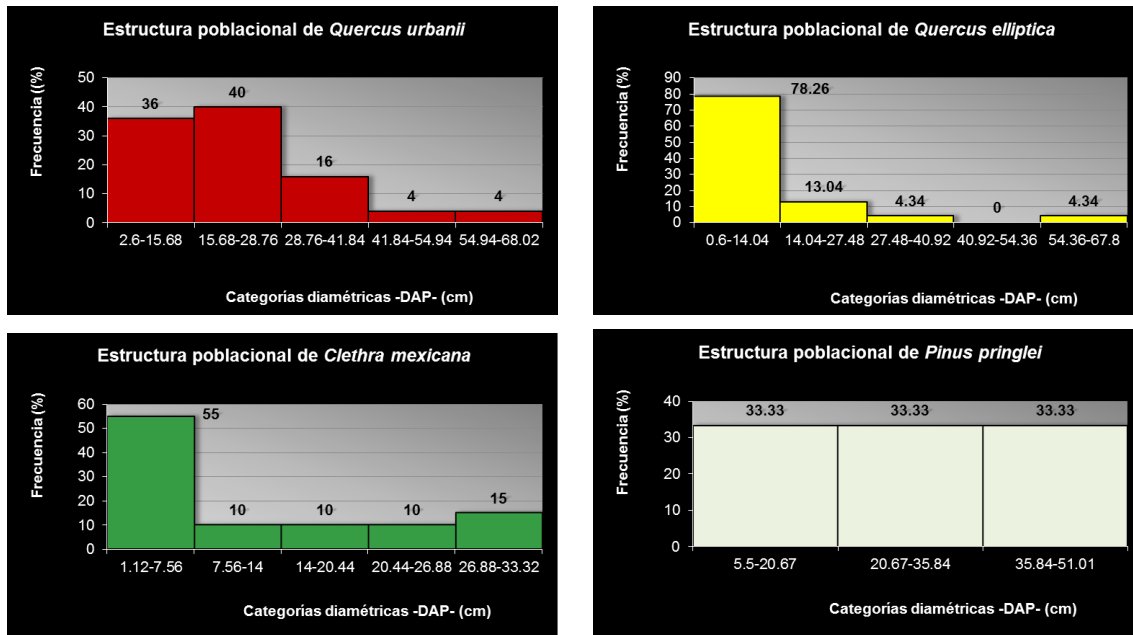


Gráfica 6.- Patrones de estructura poblacional basada en las clases diamétricas de algunas de las especies más importantes en la localidad "Las Animas" en Chapa de Mota

Como previamente ya se ha mencionado, las especies más importantes para la localidad "Las Animas" (PECM) fueron *Quercus crassipes*, *Quercus crassifolia*, *Prunus serotina* y *Garrya laurifolia* como se observan a continuación (Gráfica 6).

Para *Prunus serotina* y *Garrya laurifolia*, se observa un patrón de crecimiento que agrupa a un número elevado de individuos en las clases diamétricas más pequeñas, el cual tiende a disminuir fuertemente en las clases intermedias y decae a niveles muy bajos en las clases diamétricas mayores. En lo que respecta a *Quercus crassipes* y *Quercus crassifolia*, presentaron un patrón que se caracterizó por la presencia de bajos porcentajes de individuos en las clases diamétricas más pequeñas, incrementándose en las clases intermedias y disminuyendo en las clases mayores.

Las especies más importantes en la localidad “Sierra de Nanchititla” (PESN) fueron *Quercus urbanii*, *Quercus elliptica*, *Pinus pringlei* y *Clethra mexicana*, también ya mencionadas previamente.



Gráfica 7.- Patrones de estructura poblacional basada en las clases diamétricas de algunas de las especies más importantes en la localidad “Sierra de Nanchititla” en Luvianos

El patrón de crecimiento observado en las especies estructuralmente importantes en la Sierra de Nanchititla, es similar al presentado por *Prunus serotina* y *Garrya laurifolia* en Chapa de Mota; un número elevado de individuos se agrupa en las clases diamétricas más pequeñas, tendiendo a disminuir en las clases intermedias y decayendo a niveles muy bajos en las clases diamétricas mayores. De acuerdo con Bongers et al. (1998), las especies que presentan este patrón de crecimiento, tienen buena reproducción, establecimiento y regeneración natural continuas.

8.Resultados

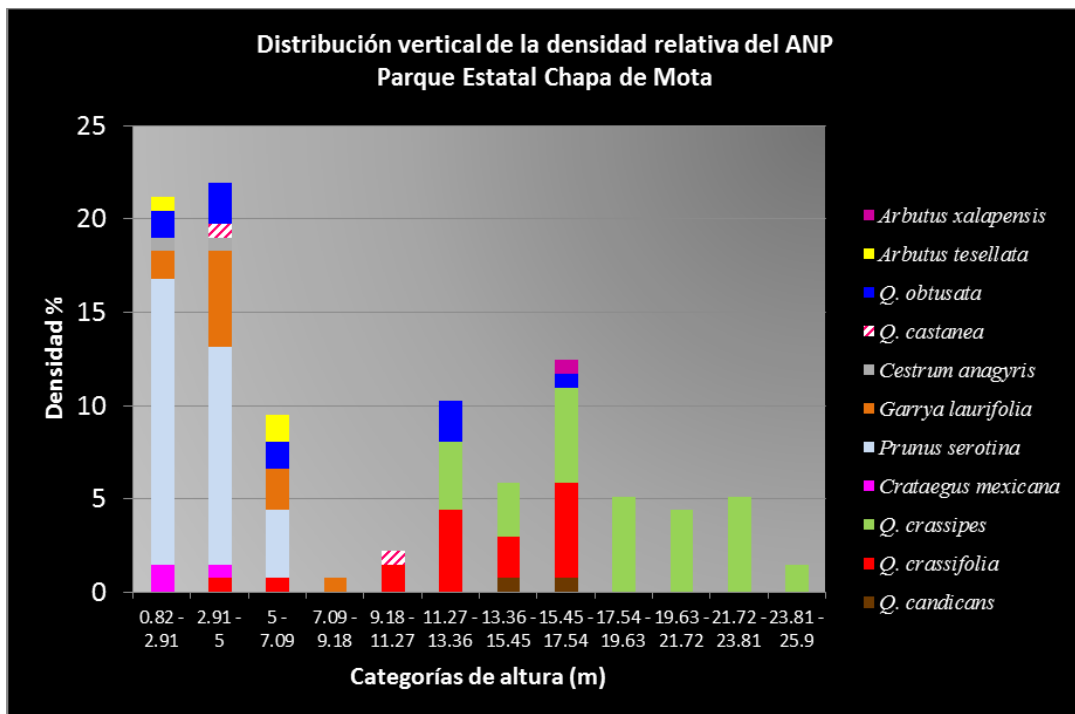
Estructura vertical del estrato arbóreo en los bosques estudiados

El estrato arbóreo fue dividido en subestratos o categorías de altura para cada una de las comunidades estudiadas, el objetivo fue analizar su relación con la densidad, cobertura y área basal.

El bosque del Parque Estatal Chapa de Mota alcanzó alturas máximas de entre 18 y 26 m, el estrato alto representado por la categoría antes mencionada, estuvo dominado en su totalidad por *Quercus crassipes*. El estrato intermedio con un rango de altura de entre los 9.18 m y los 17.54 m, estuvo representado por *Quercus crassifolia*, *Quercus crassipes*, *Quercus obtusata*, *Quercus candicans* y *Arbutus xalapensis*. En lo que respecta al estrato bajo, en donde el rango de altura se encontró entre los 0.82 m y 9.18 m, estuvo representado por especies como *Prunus serotina*, *Garrya laurifolia*, *Quercus obtusata*, *Crataegus mexicana*, *Arbutus tesellata*, *Quercus crassifolia*, *Cestrum anagyris* y *Quercus castanea* ver Figura 4.

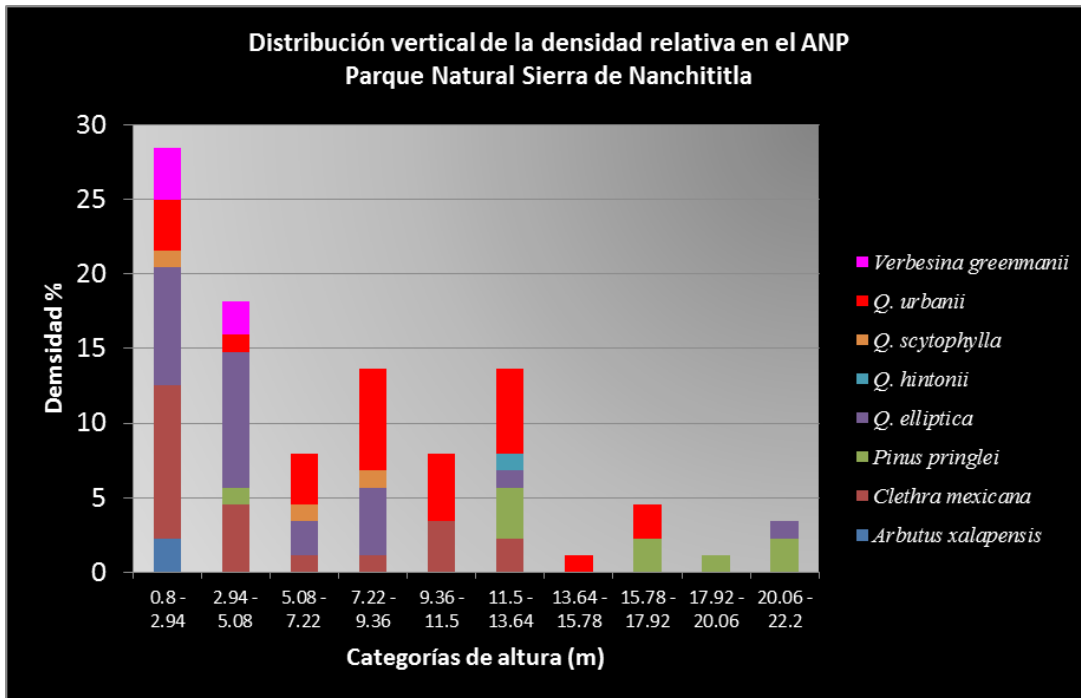
En la comunidad del Parque Natural Sierra de Nanchititla las alturas máximas alcanzadas estuvieron entre los 17.92 m y los 22.2 m, el estrato alto estuvo representado por la categoría de altura antes mencionada y las especies presentes fueron *Pinus pringlei* y *Quercus elliptica*. El estrato intermedio con un rango de altura de entre los 9.36 m a los 17.92 m, estuvo representado por especies como *Quercus urbanii*, *Pinus pringlei*, *Clethra mexicana*, *Quercus hintonii* y *Quercus elliptica*. Para el estrato bajo, con un rango de altura de entre los 0.8 m y los 9.36 m, las especies presentes fueron *Clethra mexicana*, *Quercus elliptica*, *Quercus urbanii*, *Verbesina greenmanii*, *Quercus scytophylla*, *Arbutus xalapensis* y *Pinus pringlei* ver Figura 3.

Para la comunidad del Parque Estatal Chapa de Mota, el mayor número de individuos estuvo concentrado en el estrato bajo (0.82-9.18), con una tendencia a disminuir hacia los siguientes subestratos. Las especies con el mayor número de individuos en el subestrato bajo fueron *Prunus serotina*, *Garrya laurifolia* y *Quercus obtusata*. Es importante mencionar, que en este subestrato no se encontraron presentes especies como *Quercus crassipes*, *Quercus candicans* y *Arbutus xalapensis*. Las especies con el mayor número de individuos en el estrato intermedio fueron *Quercus crassifolia* y *Quercus crassipes*, no así para el subestrato alto donde *Quercus crassipes* fue la única especie presente ver Gráfica 8.



Gráfica 8.- Distribución vertical de la densidad relativa en el PECM

8.Resultados



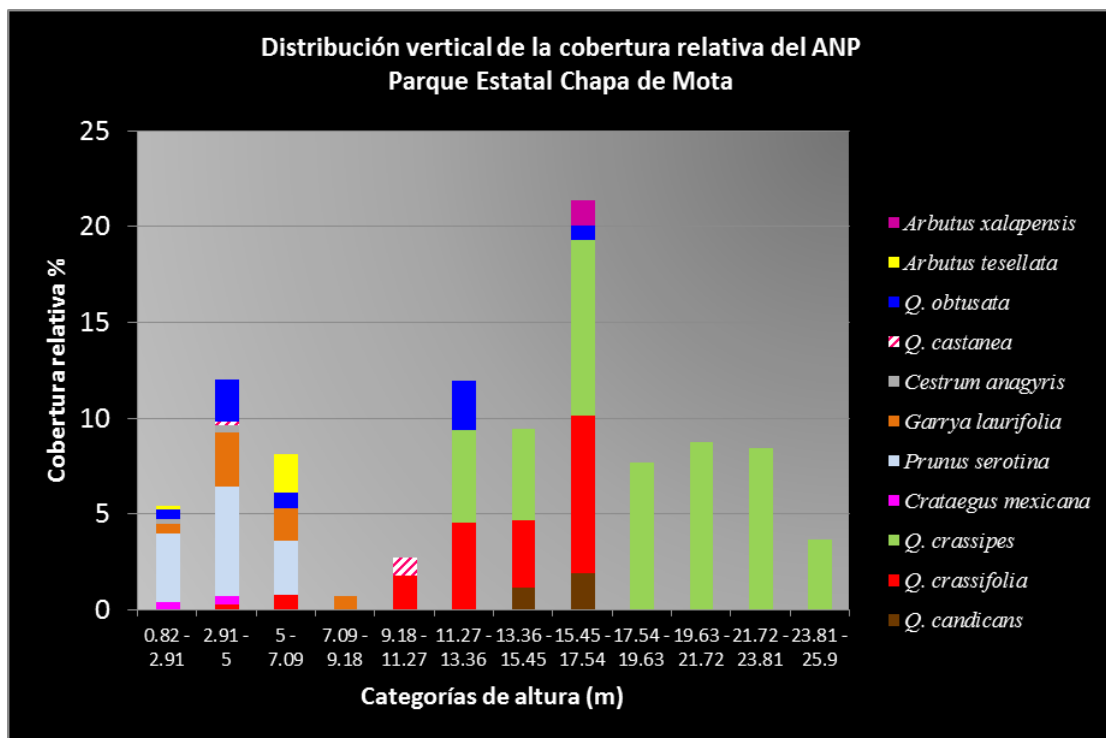
Gráfica 9.- Distribución vertical de la densidad relativa en el PNSN

En la comunidad del Parque Natural Sierra de Nanchititla, al igual que en la comunidad del Parque Estatal Chapa de Mota, el mayor número de individuos estuvo concentrado en el estrato bajo (0.8-9.36), con la misma tendencia a disminuir hacia los substratos siguientes.

Las especies con el mayor número de individuos en el estrato bajo fueron *Quercus elliptica*, *Clethra mexicana* y *Quercus urbanii*; cabe resaltar la presencia en este substrato de *Verbesina greenmanii* especie que generalmente se encuentra con forma arbustiva, en este estudio los individuos incluidos en este substrato presentaron forma arbórea. Para el estrato intermedio las especies con el mayor número de individuos fueron *Quercus urbanii*, *Pinus pringlei* y *Clethra mexicana*. Es de hacer notar que el único individuo de *Quercus hintonii* registrado, se presenta en este substrato. El estrato alto se encontró únicamente representado por *Pinus pringlei* y *Quercus elliptica*, con una densidad muy baja ver Gráfica 9.

En relación con la distribución de la cobertura, la comunidad del Parque Estatal Chapa de Mota presentó una cobertura total de 565.77m² y la comunidad del Parque Natural Sierra de Nanchititla 429.97m² en un área de 800m² cada una.

En el bosque del PECM se observa que más del 70% de la cobertura total se concentra en el estrato intermedio y alto, no así para el estrato bajo que presenta el porcentaje más bajo respecto a la cobertura total (26.18%), ver Gráfica 10.



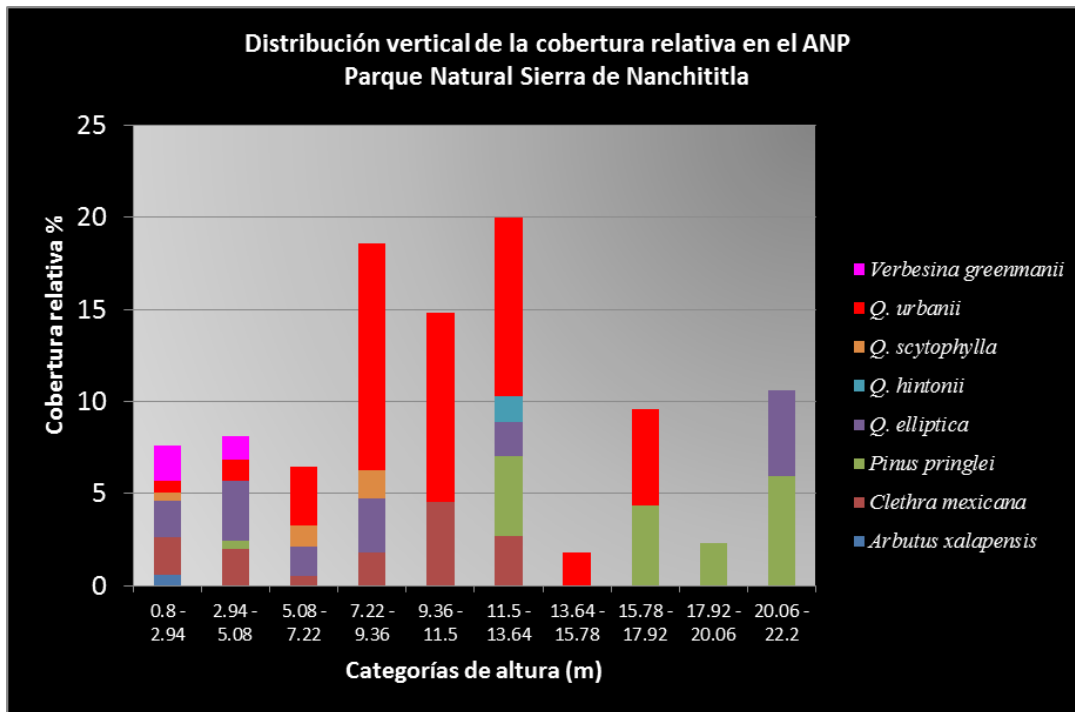
Gráfica 10.- Distribución vertical de la cobertura relativa en el PECM

La especie dominante en esta comunidad fue *Quercus crassipes* aportando un 47.22%, a la cobertura relativa total. Otras especies con aportaciones considerables fueron *Quercus crassifolia* y *Prunus serotina* con 19.06% y 12.13% respectivamente.

En cuanto a la distribución de las especies en dichos substratos, cabe resaltar la dominancia de *Quercus crassipes* en el estrato alto (>17.54 m). En el estrato intermedio *Quercus crassipes* y

8.Resultados

Quercus crassifolia figuran como las especies más importantes, otras especies como *Quercus candicans* y *Arbutus xalapensis* exclusivamente aparecen en este substrato, haciendo aportaciones ligeras a la cobertura total. El estrato bajo se encuentra dominado por *Prunus serotina* y *Garrya laurifolia*; con una aportación considerable aparece *Quercus obtusata*, el resto de las especies hacen aportaciones mínimas a la cobertura total. Otras especies acompañantes como *Crataegus mexicana*, *Cestrum anagyris* y *Arbutus tesellata* sólo aparecen en este substrato ver Gráfica 10.



Gráfica 11.- Distribución vertical de la cobertura relativa en el PNSN

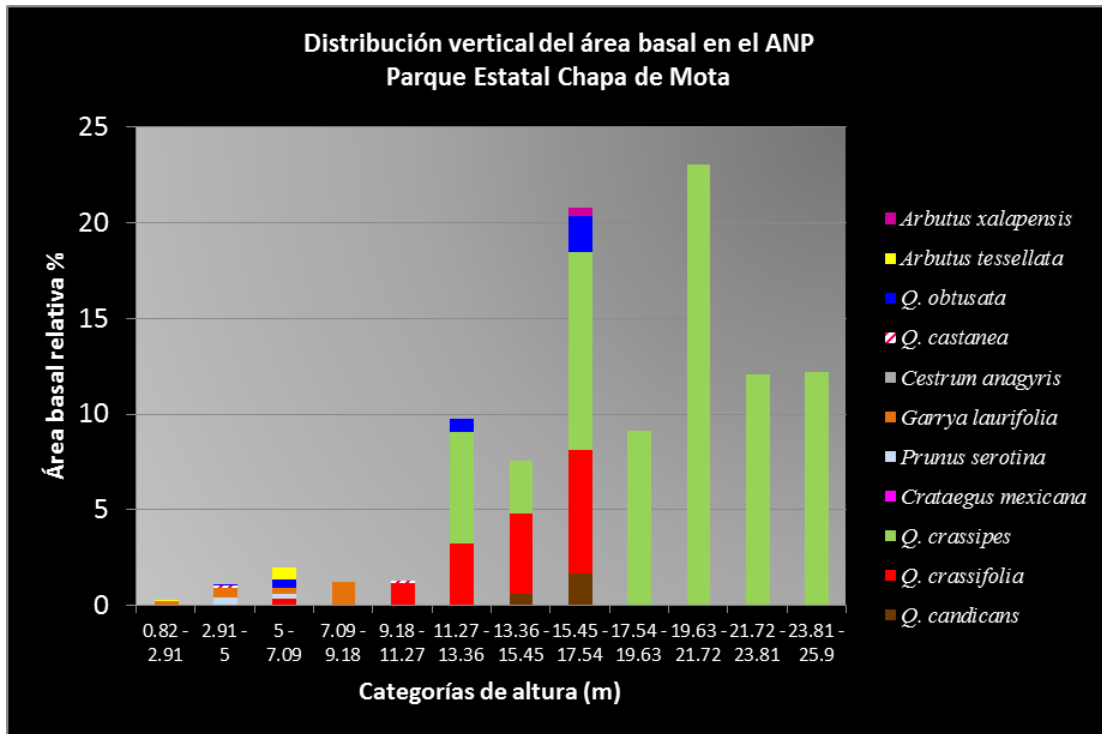
En el bosque del PNSN el mayor porcentaje de cobertura, se concentra en los estratos bajo e intermedio, en conjunto estos dos estratos aportan más de 80% a la cobertura total para esta localidad. El estrato alto aportó el porcentaje de cobertura más bajo, únicamente un 12.93% de la cobertura total, ver Gráfica 11. La especie dominante fue *Quercus urbanii* pues aportó un 44.37% a la cobertura total para esta comunidad, otras especies también importantes fueron *Pinus pringlei*, *Quercus elliptica* y *Clethra mexicana* con aportes a la cobertura total de 17.41%, 16.19% y 13.68% respectivamente.

Las especies que aportaron el mayor porcentaje de cobertura en el estrato bajo fueron *Quercus urbanii*, seguida en orden decreciente por *Quercus elliptica* y *Clethra mexicana*. Otra especie con aportaciones ligeras a la cobertura total de este estrato fue *Quercus scytophylla*. En el estrato intermedio (estrato que aportó el mayor porcentaje a la cobertura total de 46.23%), la especie con el mayor porcentaje de cobertura fue *Quercus urbanii*, otras especies con aportaciones considerables fueron *Pinus pringlei* y *Clethra mexicana*. En el estrato alto *Pinus pringlei* y *Quercus elliptica* hacen aportaciones ligeras a la cobertura total, son las únicas especies presentes en este estrato ver Gráfica 11.

En relación con el área basal relativa para la comunidad del PECM, la especie dominante fue *Quercus crassipes* aportando un 75.17%, al área basal relativa total en esta comunidad. Otra especie con aportación considerable, pero muy por debajo de la anterior fue *Quercus crassifolia* 15.39%, el resto de las especies hicieron contribuciones ligeras al área basal relativa total ver Gráfica 12.

Fue en el estrato alto en donde se concentró el mayor porcentaje del área basal relativa total 56.3%. El estrato intermedio presentó un porcentaje considerable 39.27%, no así para el estrato bajo que obtuvo el menor porcentaje respecto al área basal relativa total 4.42% ver Gráfica 12.

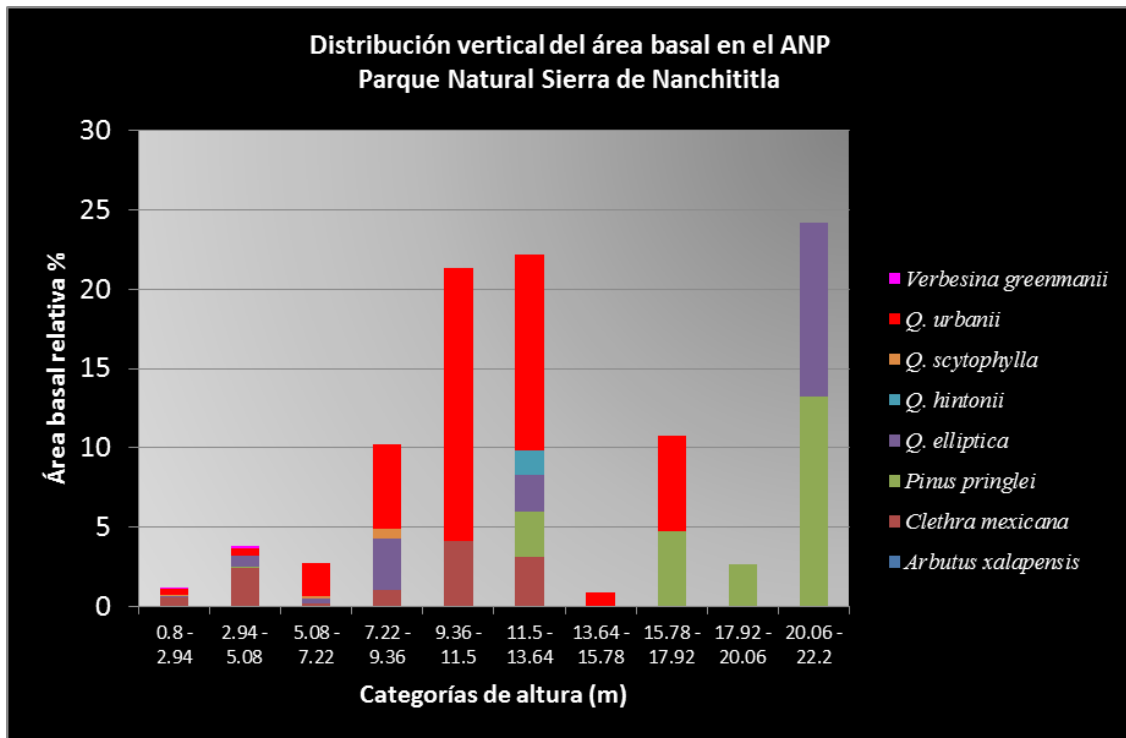
8.Resultados



Gráfica 12.- Distribución vertical del área basal relativa en el PECM

Las especies que acumularon el mayor porcentaje de área basal en el estrato bajo fueron, *Garrya laurifolia* y *Prunus serotina*, otras especies también presentes pero no tan importantes como las anteriores fueron *Quercus obtusata*, *Arbutus tessellata* y *Quercus crassifolia*. En el estrato intermedio las especies dominantes fueron *Quercus crassipes* y *Quercus crassifolia*, otras especies con aportaciones ligeras al porcentaje total de área basal en el estrato fueron *Quercus obtusata* y *Quercus candicans*. El estrato alto estuvo dominado en su totalidad por *Quercus crassipes* ver Gráfica 12.

Para la localidad del PNSN el mayor porcentaje de área basal relativa estuvo concentrado en el estrato intermedio 55.13%. El estrato alto presentó un porcentaje de área basal relativa de 26.81%, no así para el estrato bajo que tuvo un porcentaje de densidad menor con respecto a la densidad relativa total 18.04%, ver Gráfica 13.



Gráfica 13.- Distribución vertical del área basal relativa en el PNSN

Las especies que aportaron los porcentajes más altos al área basal relativa total en esta comunidad fueron *Quercus urbanii* y *Pinus pringlei* con 44.63% y 23.51% respectivamente, otras especies con contribuciones también considerables fueron *Quercus elliptica* y *Clethra mexicana* con 17.58% y 11.51%.

En lo que respecta a los aportes de las especies en los distintos substratos, en el estrato bajo las especies dominantes fueron *Quercus urbanii*, *Quercus elliptica*, *Clethra mexicana* y *Quercus scytophylla*, mencionadas en orden de importancia. En el estrato intermedio *Quercus urbanii* es la especie dominante, otras especies con aportaciones ligeras al área basal total en este estrato fueron *Pinus pringlei* y *Clethra mexicana*. Ya para el estrato alto, las especies dominantes son *Pinus pringlei* y *Quercus elliptica*, es importante mencionar que son las únicas especies presentes en este estrato.

8.Resultados

Estrato arbustivo-herbáceo

En lo que respecta al estrato arbustivo, el bosque del PECM estuvo integrado por 15 especies provenientes de 11 géneros pertenecientes a 2 familias. Las especies más abundantes fueron *Monnina ciliota*, *Eupatorium glabratum*, *Salvia elegans*, *Baccharis heterophylla* y *Symphoricarpos microphyllus* ver Cuadro 3.

Para el bosque del PNSN el estrato arbustivo estuvo integrado por 10 especies, 10 géneros y 5 familias. Las especies más abundantes fueron *Verbesina greenmanii*, *Tibouchina scabriscula*, *Lantana velutina*, *Baccharis trinervis* y *Sclerocarpus sp* ver Cuadro 3.

ARBUSTOS	
Parque Estatal Chapa de Mota	Parque Natural Sierra de Nanchititla
<i>Archibaccharis hirtella</i>	<i>Baccharis trinervis</i>
<i>Baccharis heterophylla</i>	<i>Crotalaria bupleurifolia</i>
<i>Baccharis serraefolia</i>	<i>Eupatorium pichinchense</i>
<i>Cestrum anagyris</i>	<i>Fuchsia decidua</i>
<i>Eupatorium glabratum</i>	<i>Lantana velutina</i>
<i>Eupatorium mairetianum</i>	<i>Microspernum nummulariaefolium</i>
<i>Eupatorium sp.</i>	<i>Perymenium subsquarrosus</i>
<i>Monnina ciliolata</i>	<i>Sclerocarpus sp.</i>
<i>Quercus frutex</i>	<i>Tibouchina scabriscula</i>
<i>Salvia elegans</i>	<i>Verbesina greenmanii</i>
<i>Senecio angulifolius</i>	
<i>Senecio barba-johannis</i>	
<i>Solanum cervantesii</i>	
<i>Stevia salicifolia</i>	
<i>Symphoricarpos microphyllus</i>	

Cuadro 3.-Diversidad de géneros del estrato arbustivo

El estrato herbáceo en el bosque del PECM estuvo integrado por 66 especies, provenientes de 52 géneros pertenecientes a 29 familias. Para el bosque del PNSN la composición estuvo integrada por 48 especies, provenientes de 36 géneros pertenecientes a 23 familias. Los helechos *Pteridium aquilinum* y *Pteridium arachnoideum* aparecen como dominantes en el estrato herbáceo.

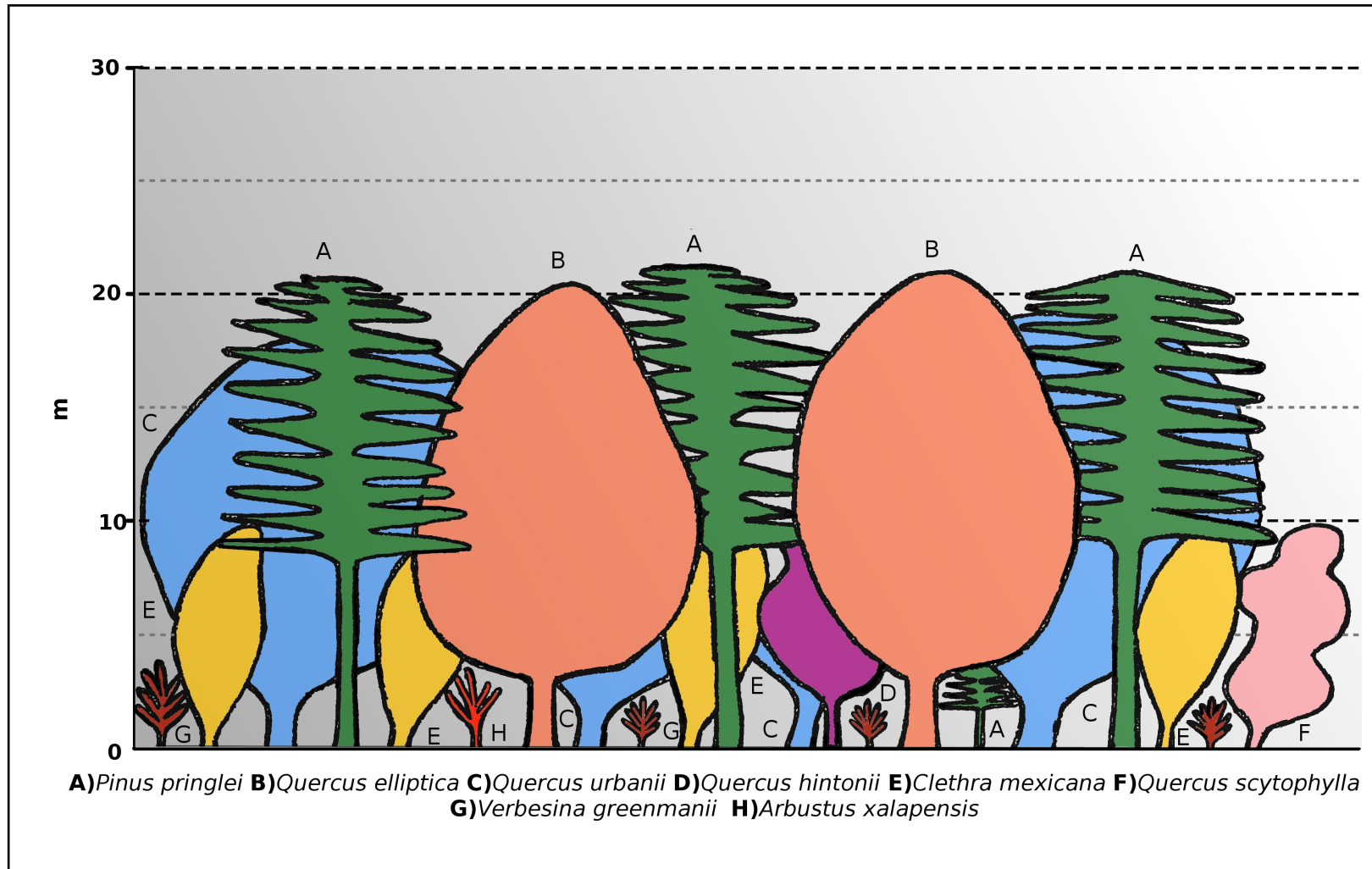


Figura 3.- Perfil semirealista del estrato arbóreo del bosque de encino-pino en el PNSN

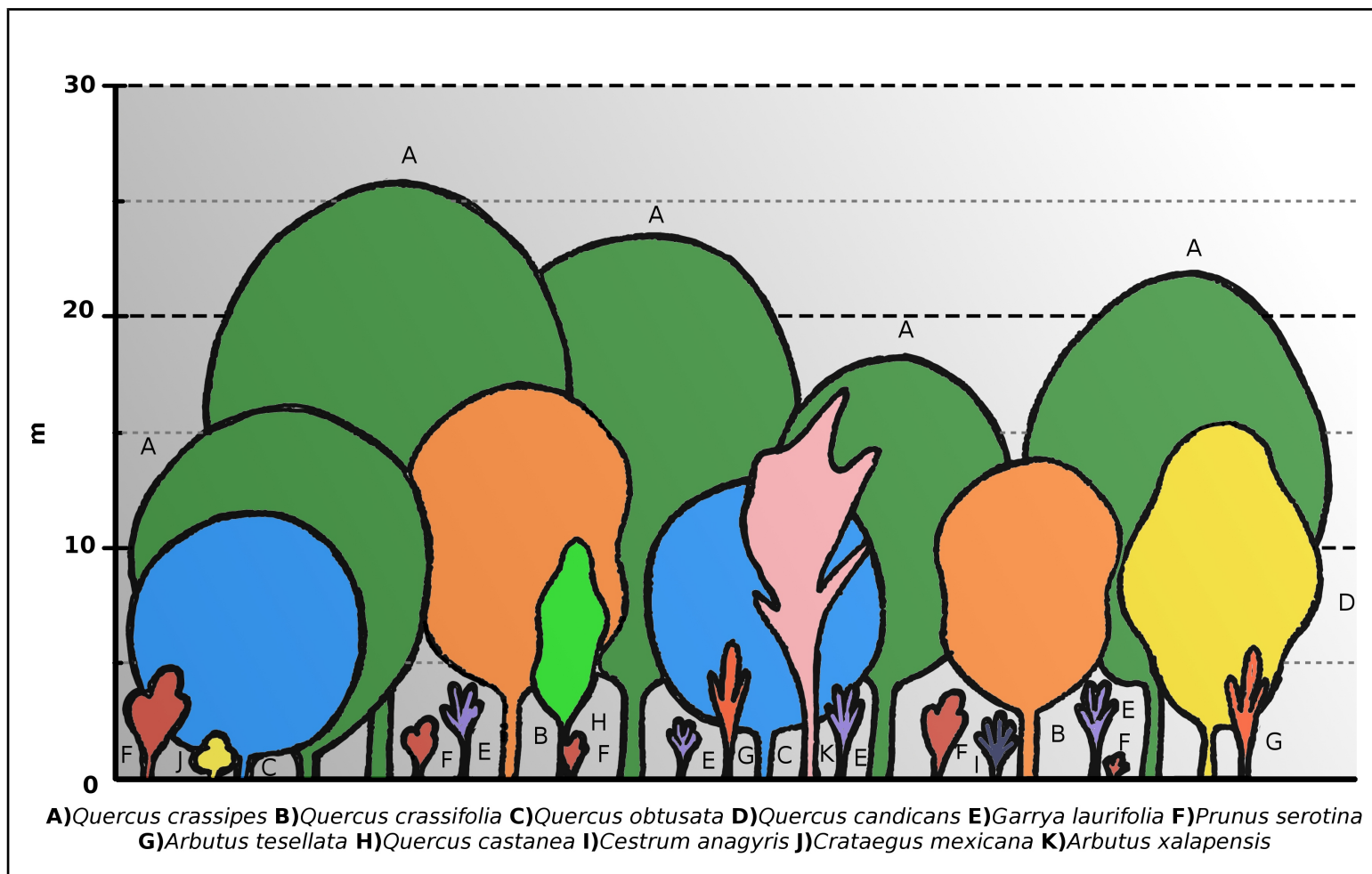


Figura 4.- Perfil semirealista del estrato arbóreo del bosque de encino en el PECM

8.Resultados

Propagación

Peso de semillas y frutos



Figura 5.- Frutos de *Q. crassipes* y *Q. urbanii*

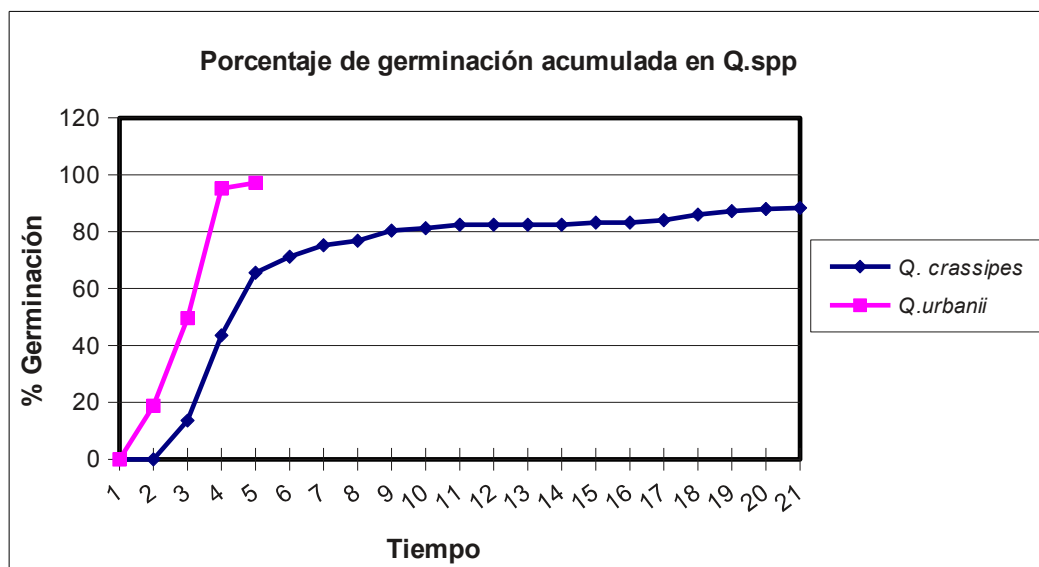
Los resultados exhibieron a *Q.crassipes* como la especie que presentó el tamaño más grande de semilla (media=0.98 gr, sd=0.20), no así para *Q.urbanii* quien presentó una semilla más pequeña (media=0.59 gr, sd=0.09) en comparación con la anterior. La prueba de t mostró diferencias estadísticamente significativas entre las semillas ($t=17.99$, $p< 0.05$).

En lo que respecta al tamaño del fruto, la prueba t, mostró diferencias estadísticamente significativas entre las especies ($t=22.64$, $p<0.05$), con una diferencia promedio de 0.79 gr. Los resultados mostraron a *Q.crassipes* como la especie que presentó el fruto más grande (media=1.62 gr, sd=0.32) en comparación con *Q.urbanii* quien mostró un fruto de menor talla (media=0.83 gr, sd=0.11).

La diferencia en cuanto al tamaño de los frutos y las semillas en las especies de encinos en estudio se acentúa principalmente entre el tamaño de los frutos; la diferencia entre las semillas no es tan marcada como en los anteriores.

Comportamiento germinativo

Los resultados obtenidos señalan a *Q.urbanii* como la especie poseedora de la mayor calidad germinativa, mostrando el mayor porcentaje de germinación en un menor tiempo, en comparación con *Q. crassipes*, lo cual puede evidenciarse en la curva de germinación (ver Gráfica 14).



Gráfica 14.-Porcentaje de germinación acumulada a diferentes tiempos en *Q. spp*

Las especies mostraron diferencias en cuanto al tiempo de germinación, por un lado *Q.urbanii* inicia su germinación el día 1 después de su establecimiento, alcanzando como máximo un porcentaje de germinación de 97.2% en un tiempo de 4 días . En el caso de *Q. crassipes* la germinación se inicia el día 2, alcanza como máximo un 88.45% en un tiempo de 38 días, mucho más largo en comparación con *Q. urbanii*. Las semillas no germinadas se encontraron firmes.

Las variables de respuesta para estudiar la germinación, muestran una clara diferencia en ambas especies, *Q. urbanii* mostró un Tiempo Medio de Germinación (TMG) menor con respecto a *Q. crassipes*, la uniformidad del proceso, medida a través de la desviación del tiempo medio de la

8.Resultados

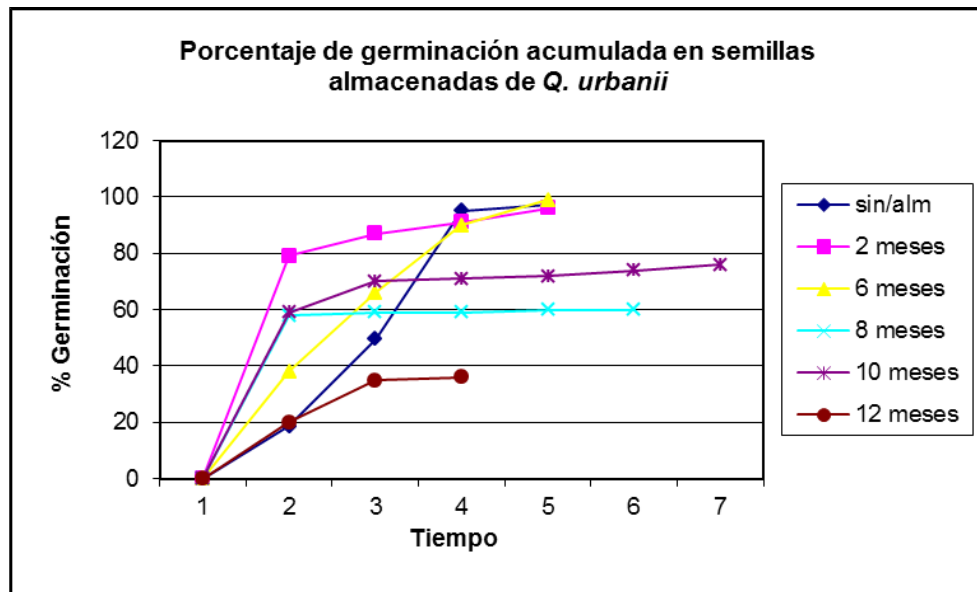
germinación (DTMG), es también menor, por lo tanto el valor germinativo de Maguire que representa una medida de la velocidad de germinación y calidad de la semilla es mayor en *Q. urbanii* que en *Q. crassipes*.

	<i>Quercus urbanii</i>	<i>Quercus crassipes</i>
<i>Capacidad Germinativa (%)</i>	97.2	84.4
<i>Tiempo Medio de Germinación (días)</i>	1.82	6.52
<i>Uniformidad Germinativa (días)</i>	0.85	7.57
<i>Índice de Maguire</i>	49.9	19.26

Tabla 1.- Índices de germinación de las especies en estudio, señalan diferencias entre las especies

Viabilidad

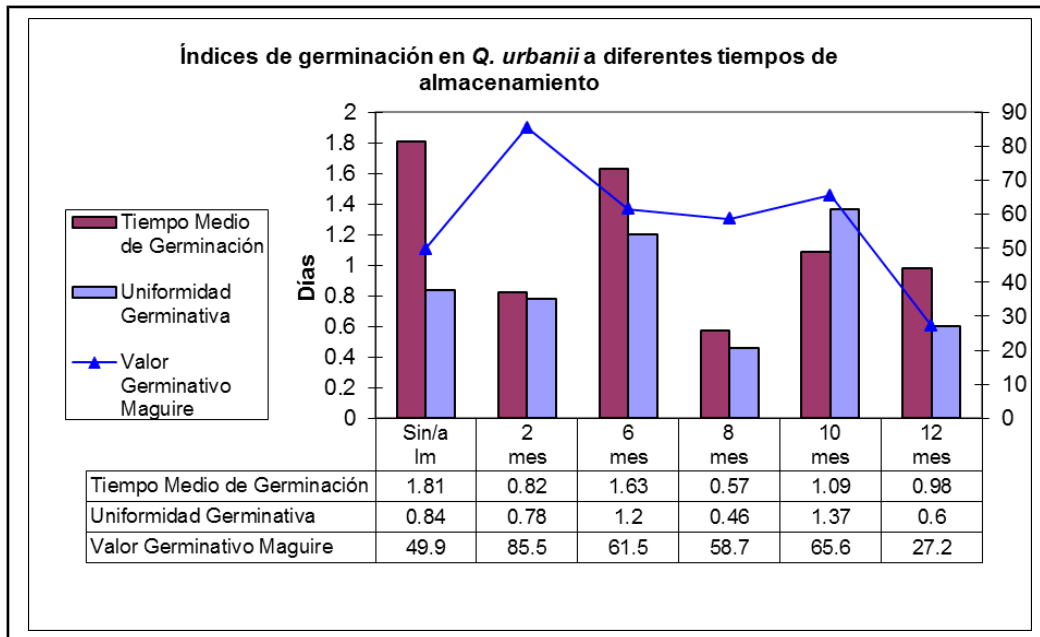
Se observaron discrepancias en el comportamiento germinativo de ambas especies después de haber sometido sus frutos a diferentes periodos de estratificación (almacenamiento en refrigeración). *Quercus urbanii* a partir de los dos meses de almacenamiento mejora su comportamiento germinativo, pero es hasta el sexto mes cuando se alcanza la máxima capacidad germinativa, disminuye el tiempo requerido para la germinación y mejora la calidad de la semilla, es decir el Índice de Maguire aumenta. Cabe señalar que al segundo mes de almacenamiento el Índice de Maguire presentó un valor más elevado con respecto al sexto mes, esto parece presentarse pues el tiempo requerido para la germinación es menor, sin embargo la capacidad germinativa disminuye ver Gráfica 15.



Gráfica 15.-Porcentaje de germinación acumulada en semillas almacenadas de *Q. urbanii*

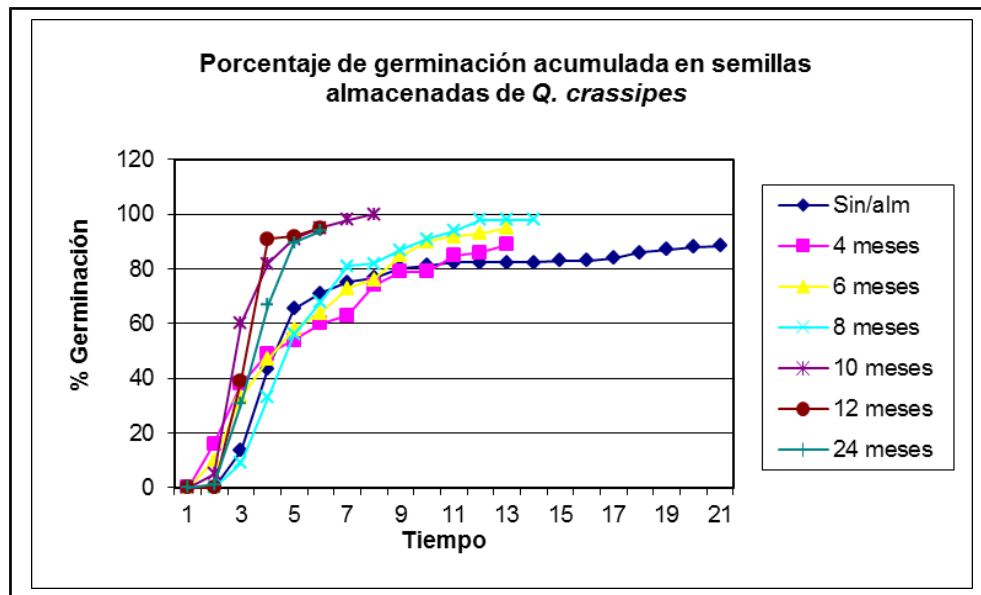
8.Resultados

Durante los meses posteriores la calidad germinativa comienza a descender, disminuyendo la capacidad germinativa y el valor germinativo. Ya para el duodécimo mes se observa que el proceso germinativo es muy deficiente ver Gráfica 16.



Gráfica 16.- Índices de germinación de *Q. urbanii* a diferentes tiempos de almacenamiento

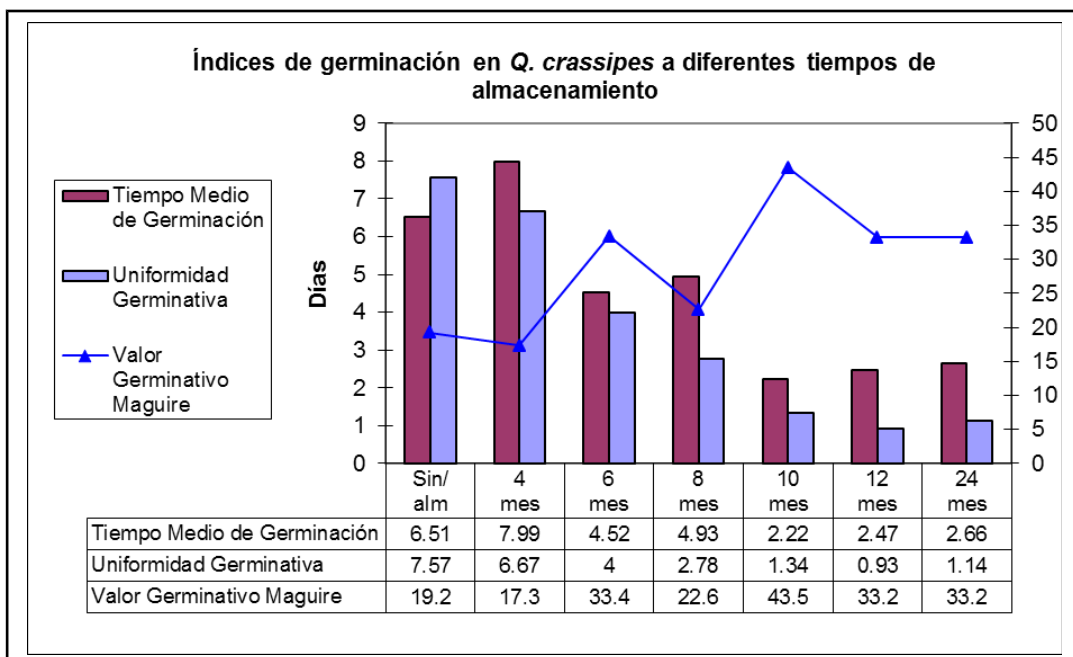
En el caso de *Quercus crassipes* el comportamiento germinativo mejora a partir del sexto mes de almacenamiento, sin embargo es hasta el décimo mes cuando se alcanza la máxima capacidad germinativa (100%), disminuye el tiempo requerido para la germinación y mejora la calidad de la semilla, es decir el Índice de Maguire aumenta ver Gráfica 17.



Gráfica 17.- Porcentaje de germinación acumulada en semillas almacenadas de *Q. crassipes*

En los meses posteriores la calidad germinativa sufre un descenso, se ve afectada porque el tiempo medio de germinación aumenta y la capacidad germinativa disminuye ligeramente. Es importante señalar que a los dos años de almacenamiento, las semillas presentaron una calidad germinativa considerable, no modificando su valor durante el año en el cual no fueron monitoreadas. Los valores que hasta ese momento se observan son superiores a los de las semillas no almacenadas ver Gráfica 18.

8.Resultados

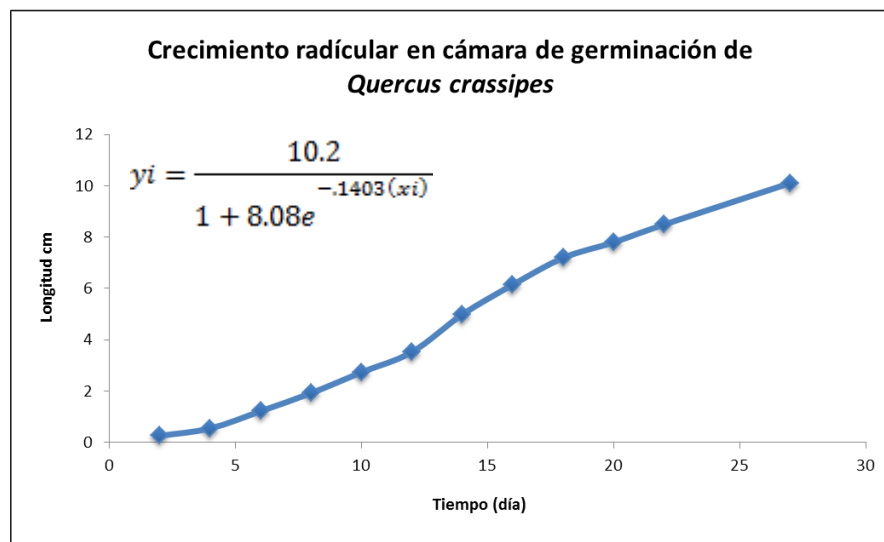


Gráfica 18.- Índices de germinación de *Q. crassipes* a diferentes tiempos de almacenamiento

Crecimiento en cámara de germinación

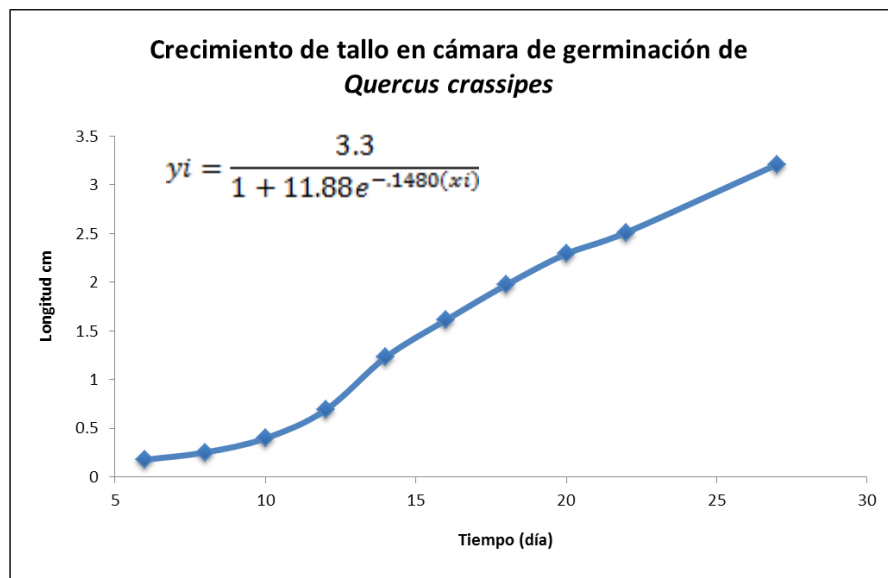
Antes de comenzar la descripción detallada de los resultados, es importante mencionar que las diferencias en cuanto al tiempo de evaluación del crecimiento en cámara de germinación en las especies se debió a las características de la germinación en las mismas. Como pudo percibirse en la descripción de los resultados de germinación, *Quercus crassipes* presentó una germinación pausada en relación con *Quercus urbanii*, esto permitió que el periodo de evaluación de crecimiento radicular y elongación de tallo fuera más largo en *Quercus crassipes*.

Los resultados obtenidos muestran que, en el ajuste de curvas hecho para *Quercus crassipes* el modelo matemático que mejor describe la relación entre las variables tiempo con el crecimiento radicular y la elongación del tallo después de la germinación, es de tipo Logístico y presenta una relación fuerte ($R^2=.86$) y ($R^2=.90$) en ambos casos. El máximo valor alcanzado para el crecimiento radicular fue de 10.2 cm, no así para la elongación del tallo que obtuvo un valor máximo de 3.3 cm en un período de evaluación de aproximadamente un mes (27 días) ver Gráfica 20. La tasa de crecimiento fue 0.1403 cm/día para el crecimiento radicular y de 0.1480 cm/día para la elongación del tallo ver Gráfica 19.



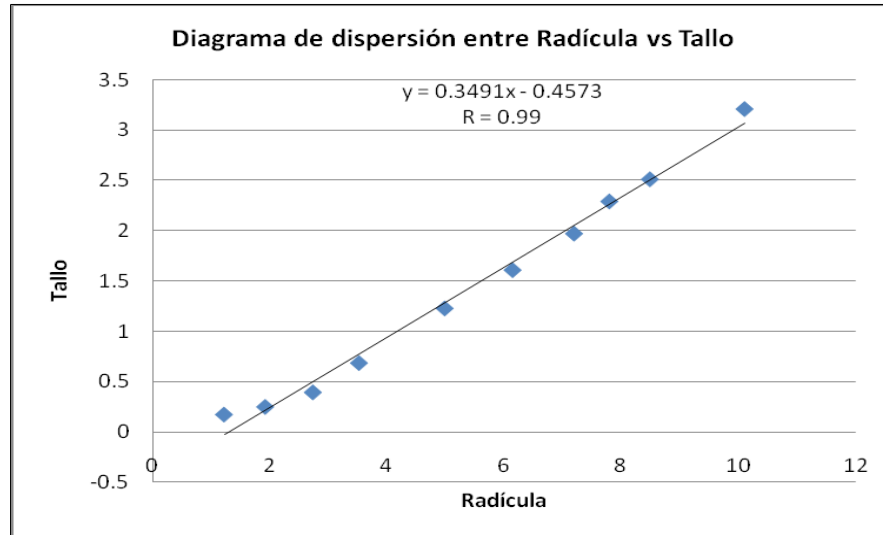
Gráfica 19.- Crecimiento radicular de *Q. crassipes* en condiciones in vitro

8.Resultados



Gráfica 20.- Crecimiento de tallo de *Q. crassipes* en condiciones in vitro

Se estableció la relación entre la longitud de la radícula y la longitud del tallo, obteniendo un valor alto de coeficiente de correlación (**R=0.99**), esto indica una fuerte asociación entre las variables (Gráfica 21).

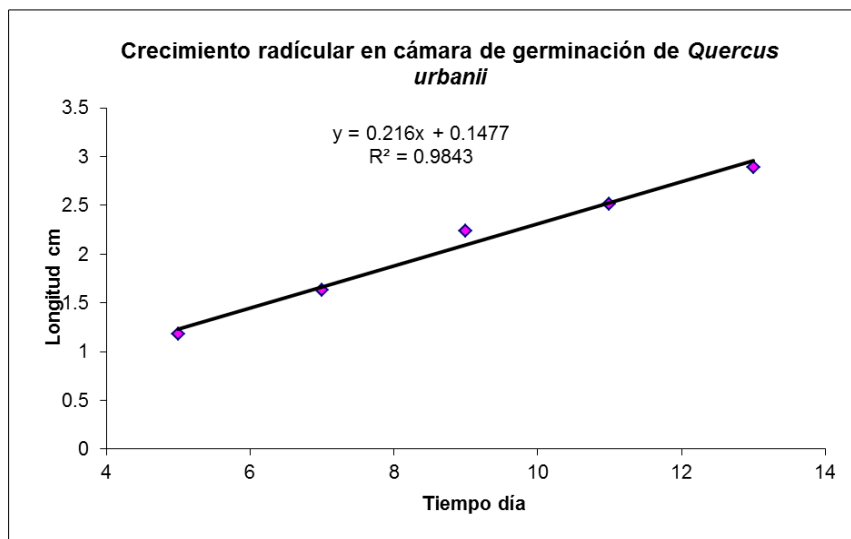


Gráfica 21.- Diagrama de dispersión entre radícula y tallo para *Q. crassipes*

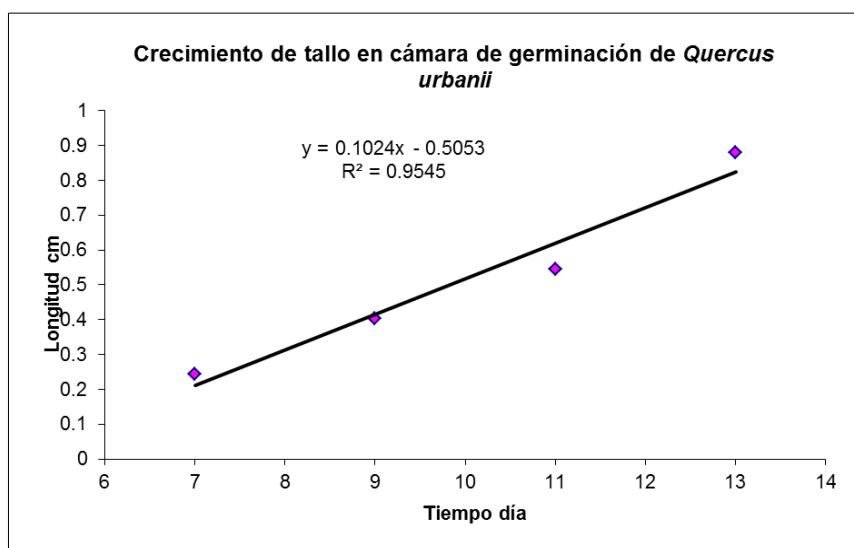
En el caso de *Quercus urbanii* el ajuste de curvas mostró que el modelo que mejor describe el crecimiento, es de tipo lineal para las dos variables evaluadas y presentan una relación fuerte $R^2=0.98$ y $R^2=0.95$ (Gráfica 22 y Gráfica 23). El máximo valor alcanzado al día 13 fue de 2.89cm para la radícula y 0.88cm para la elongación del tallo. La tasa de crecimiento para la radícula fue de (0.216 cm/día) y para la elongación del tallo fue de (0.1024 cm/día).

No se realizó correlación entre longitud radicular y tallo en *Quercus urbanii* debido a que al T1 (día 5) no había emergido el tallo.

8.Resultados



Gráfica 22.- Crecimiento radicular de *Q. urbanii* en condiciones in vitro

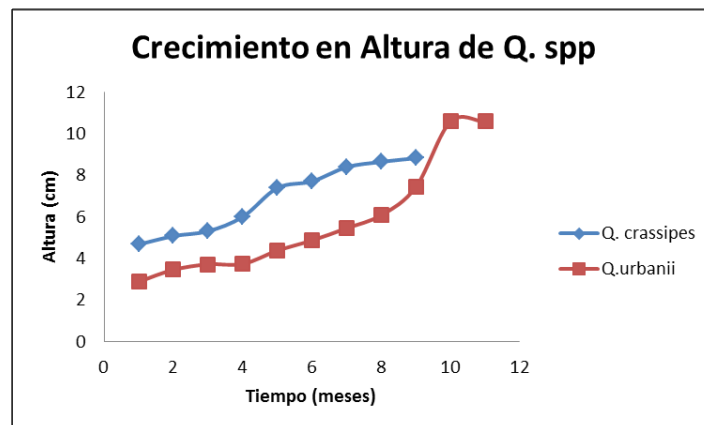


Gráfica 23.- Crecimiento en tallo de *Q. urbanii* en condiciones in vitro

Crecimiento en condiciones de vivero

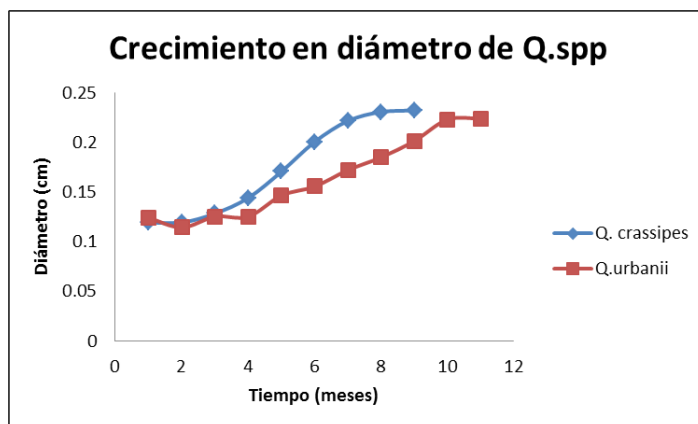
A continuación se describen los modelos matemáticos que mejor representan el crecimiento de *Quercus crassipes* y *Quercus urbanii* en condiciones de vivero. Se incluyen también gráficos que comparan y describen de manera sencilla el comportamiento de las variables altura y diámetro, analizadas en función del tiempo para ambas especies. La diferencia en los tiempos de evaluación (número de meses) de las variables, en *Quercus crassipes* y *Quercus urbanii*, se debe a la respuesta en su capacidad germinativa y velocidad de crecimiento en condiciones *in vitro*.

En relación a la variable altura, se observa que durante todo el periodo de evaluación *Q. crassipes* superó a *Q. urbanii*, sin embargo durante el T10 y T11 que corresponden al T8 y T9 en *Q. crassipes*, se observa un incremento considerable en el desarrollo de la altura para *Q. urbanii* (Gráfica 24).



Gráfica 24.- Crecimiento en altura de plantas de *Quercus* spp obtenidas en vivero

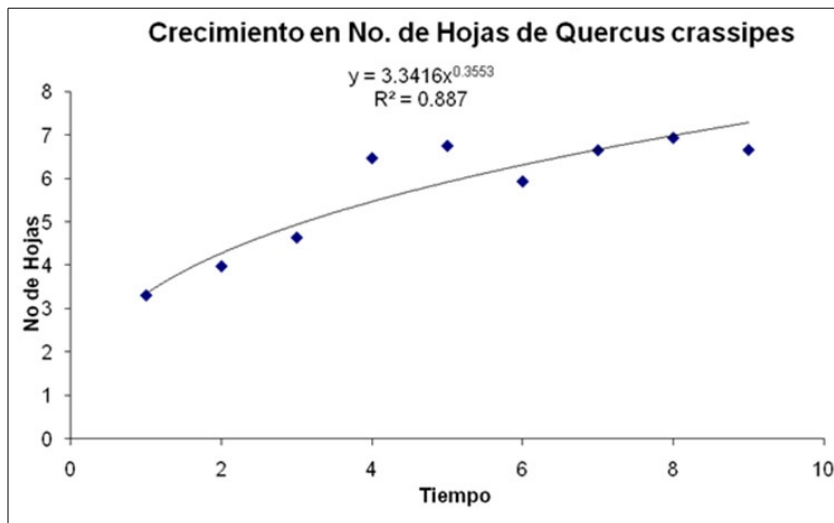
8.Resultados



Gráfica 25.- Crecimiento en diámetro de plantas de *Quercus* spp obtenidas en vivero

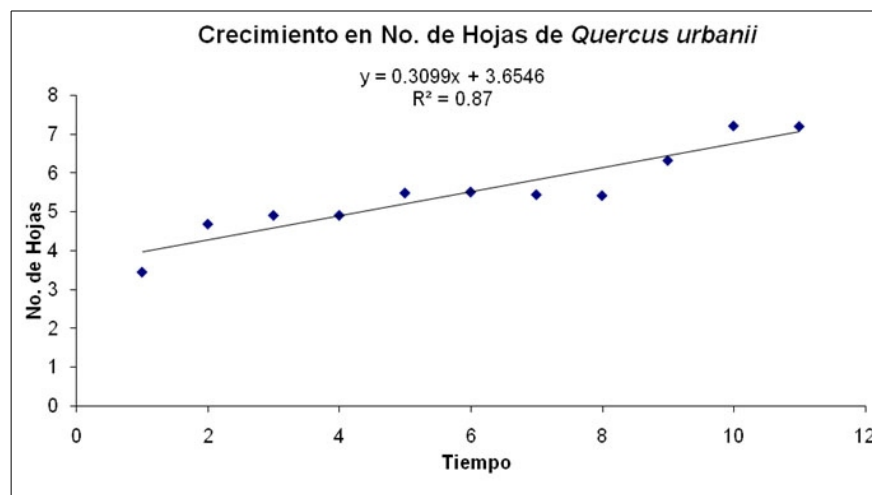
En relación a la variable diámetro, se observa que *Q. crassipes* superó durante todo el periodo de evaluación a *Q. urbanii* (Gráfica 25).

Los datos de crecimiento en número de hojas para *Quercus crassipes* revelan que el modelo matemático que mejor describe su desarrollo (Gráfica 26), esta representado por una función de tipo potencial con un valor $R^2=0.88$. No así para *Quercus urbanii* que exhibe una función tipo lineal simple con un valor $R^2= 0.87$ (Gráfica 27). En ambos casos, el coeficiente de determinación es alto, lo que indica que los ajustes realizados son aceptables.



Gráfica 26.- Crecimiento en número de hojas de *Q. crassipes*

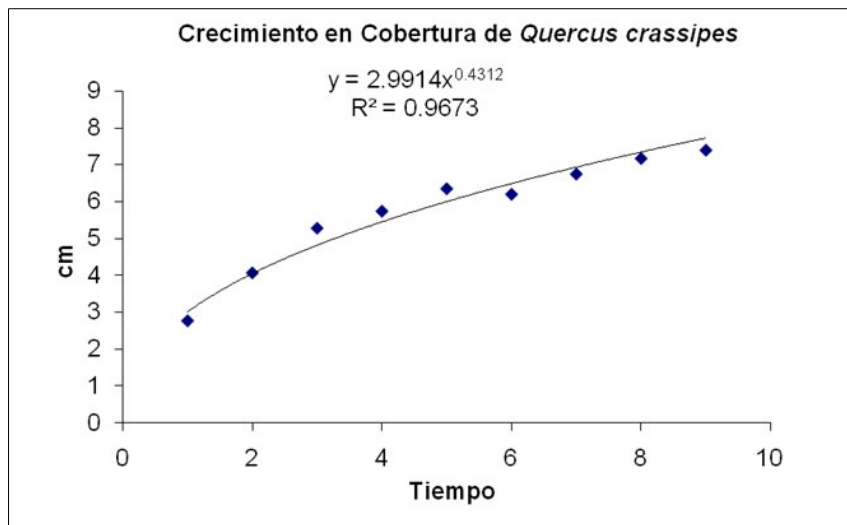
De acuerdo a los datos que pueden observarse en la Gráfica 26, el T4 y T5 son los períodos en los que *Q. crassipes* alcanza la mayor cantidad de hojas. El modelo matemático señala una razón de crecimiento de $b1=0.3553$. Para *Q. urbanii*, la Gráfica 27 muestra una relación tipo creciente, donde el valor $b1=0.3099$ representa el crecimiento estimado por cada unidad de tiempo.



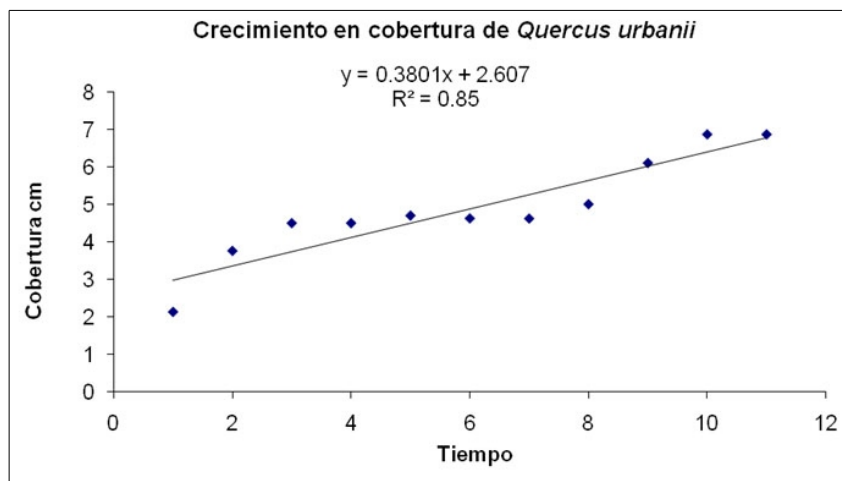
Gráfica 27.- Crecimiento en número de hojas de *Q. urbanii*

8.Resultados

En lo que respecta a los datos de crecimiento en cobertura para *Quercus crassipes*, el modelo que mejor representa el comportamiento de esta variable, también es de tipo potencial (Gráfica 28). En el caso de *Quercus urbanii* el modelo se mantiene lineal (Gráfica 29), los coeficientes de determinación presentan valores altos $R^2=0.96$ para *Q. crassipes* y $R^2=0.85$ para *Q. urbanii* respectivamente. Para las dos especies, ambos modelos (potencial y lineal), son adecuados y explican el comportamiento de los datos.



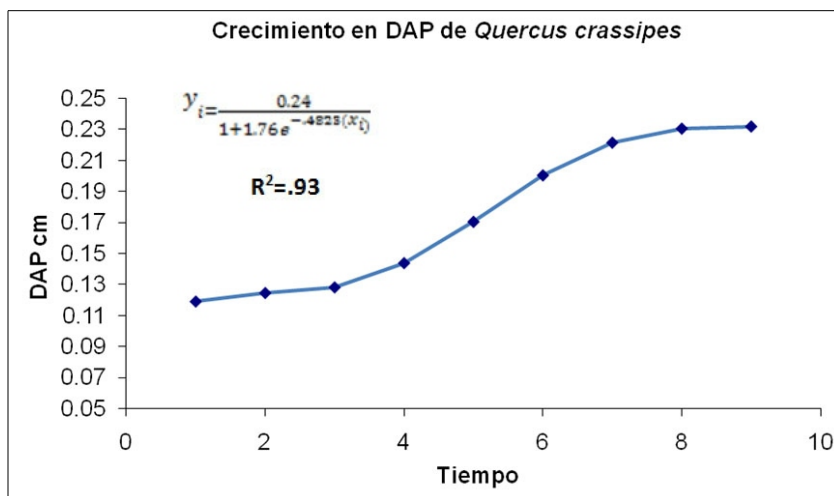
Gráfica 28.- Crecimiento en cobertura de *Q. crassipes*



Gráfica 29.- Crecimiento en cobertura de *Q. urbanii*

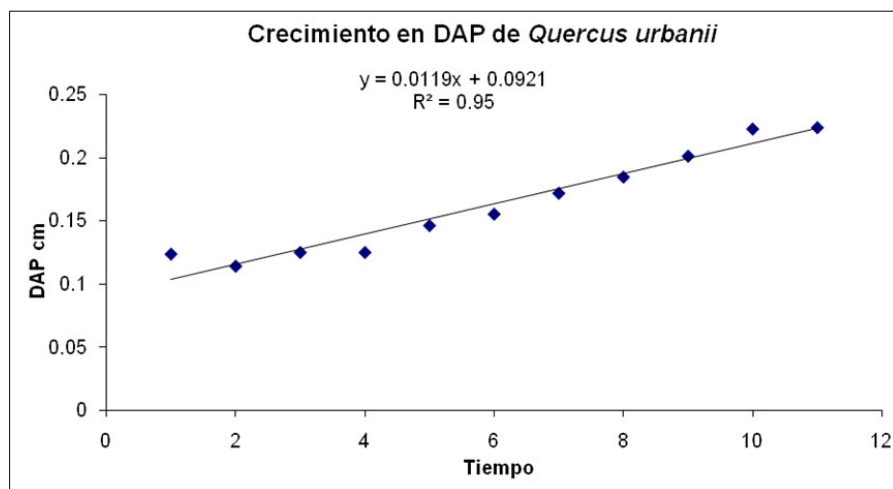
Los datos arrojados por los distintos modelos muestran una razón de crecimiento $b1=0.4312$ para *Q. crassipes* y $b1=0.3801$ para *Q. urbanii*, valores estimados para cada unidad de tiempo.

En lo referente al crecimiento en DAP, el modelo matemático que mejor se ajusta a los datos de *Q. crassipes* es de tipo logístico (Gráfica 30). No así para *Q. urbanii* que sigue presentando un modelo lineal (Gráfica 31). Los coeficientes de determinación refieren valores de $R^2=0.93$ para *Q. crassipes* y $R^2=0.95$ para *Q. urbanii*. En la ecuación logística que describe el crecimiento de una población, en este caso de *Q. crassipes*, puede observarse que el valor de la pendiente es negativo $b1=-0.4823$, sin embargo tiene el mismo significado que en el resto de los modelos, pues la función logística presenta un límite de crecimiento, alcanzando una asíntota conforme la población avanza en el tiempo, en consecuencia la tasa de crecimiento es negativa. Para *Q. urbanii* el modelo lineal, presentó una razón de crecimiento de $b1=0.0119$ para cada unidad de tiempo.



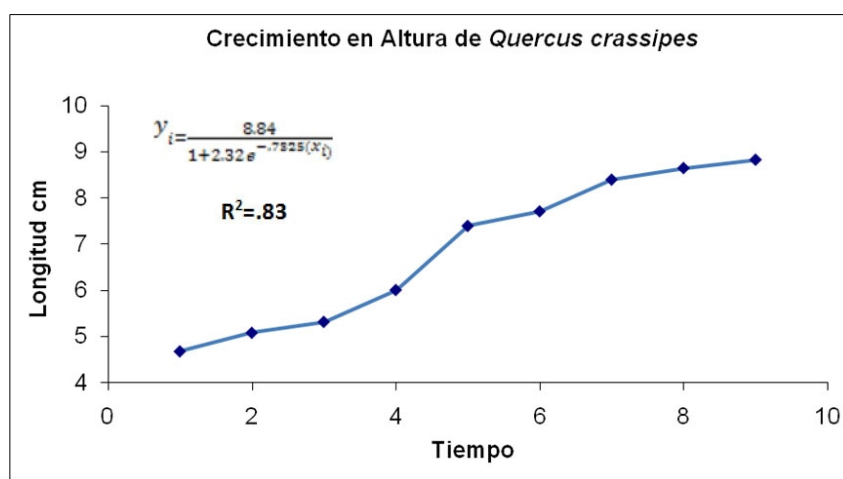
Gráfica 30.- Crecimiento en Dap de *Q. crassipes*

8.Resultados

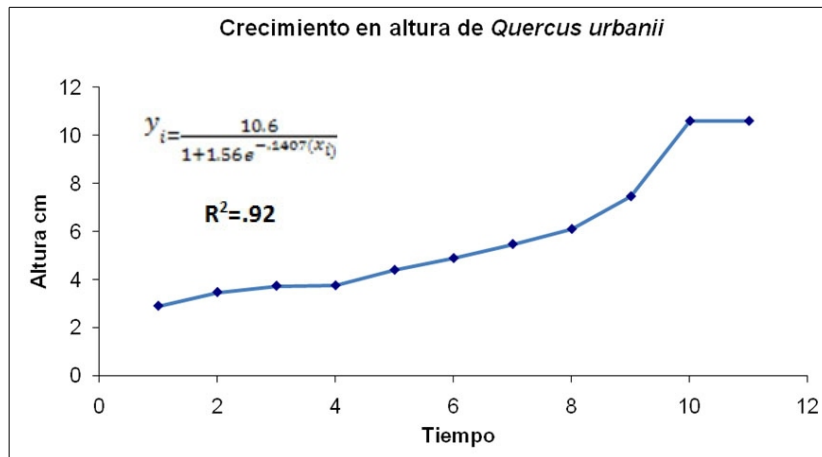


Gráfica 31.- Crecimiento en Dap de *Q. urbanii*

En relación al crecimiento en altura, el modelo matemático que mejor representó el comportamiento de esta variable fue de tipo logístico para ambas especies. Los coeficientes de determinación indican valores altos para los dos casos, $R^2=0.83$ para *Q. Crassipes* ver Gráfica 32 y $R^2=0.92$ para *Q. Urbanii* ver Gráfica 33. La ecuaciones refieren un valor de $b1=-0.7325$ para *Q. crassipes* y un valor de $b1=-0.1407$ para *Q. urbanii*.



Gráfica 32.- Crecimiento en altura de *Q. crassipes*



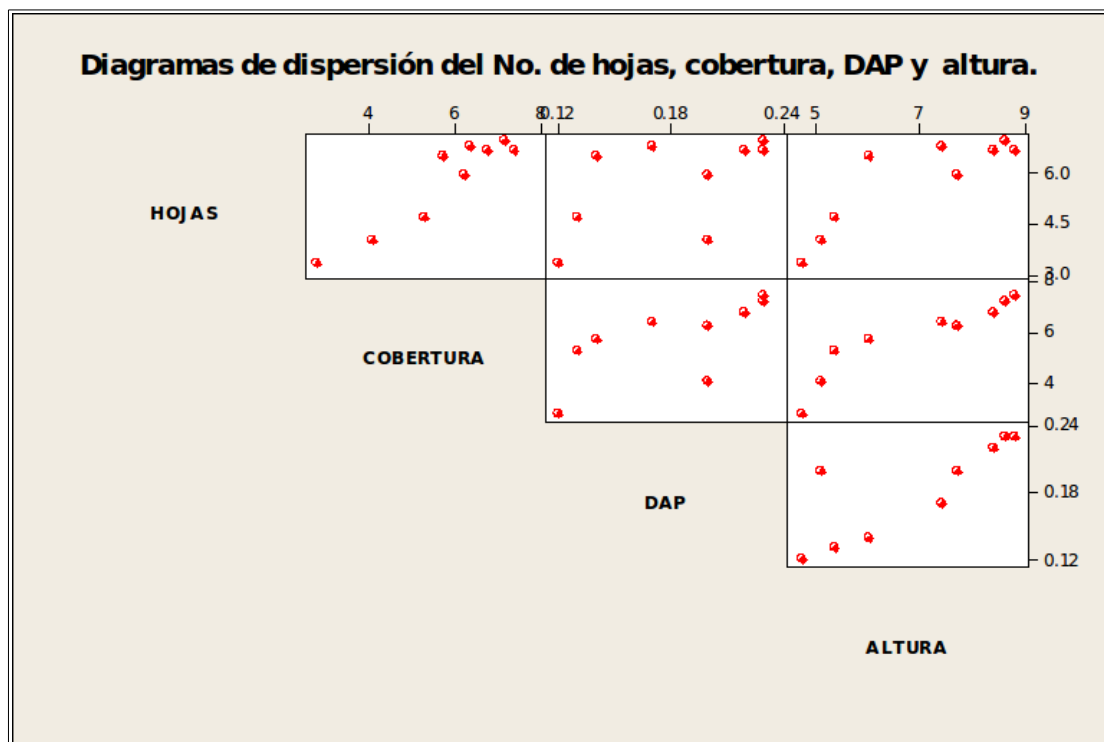
Gráfica 33.- Crecimiento en altura de *Q. urbanii*

Adicional a los modelos de regresión, se realizó un análisis de correlación de Pearson para medir la asociación entre las distintas variables, esto para ambas especies. Los resultados para *Q. crassipes* pueden verse en la Tabla 2 y en el diagrama de dispersión (Gráfica 34). Se observa que los valores arrojados por el coeficiente de correlación **R**, presenta una asociación fuerte para las variables cobertura-número de hojas, altura-número de hojas, altura-cobertura y altura-DAP. No así para las variables DAP-número de hojas y DAP-cobertura que presentan una asociación moderada con tendencia a débil.

<i>Variab</i> les	<i>Hojas</i>	<i>Cobertura</i>	<i>DAP</i>
<i>Cobertura</i>	0.943	R	
	0.000	P	
<i>DAP</i>	0.574	0.695	R
	0.106	0.04	P
<i>Altura</i>	0.871	0.92	0.818
	0.002	0	0.007

Tabla 2.- Valores R y p de la correlación entre las distintas variables de crecimiento en *Q. crassipes*

8.Resultados

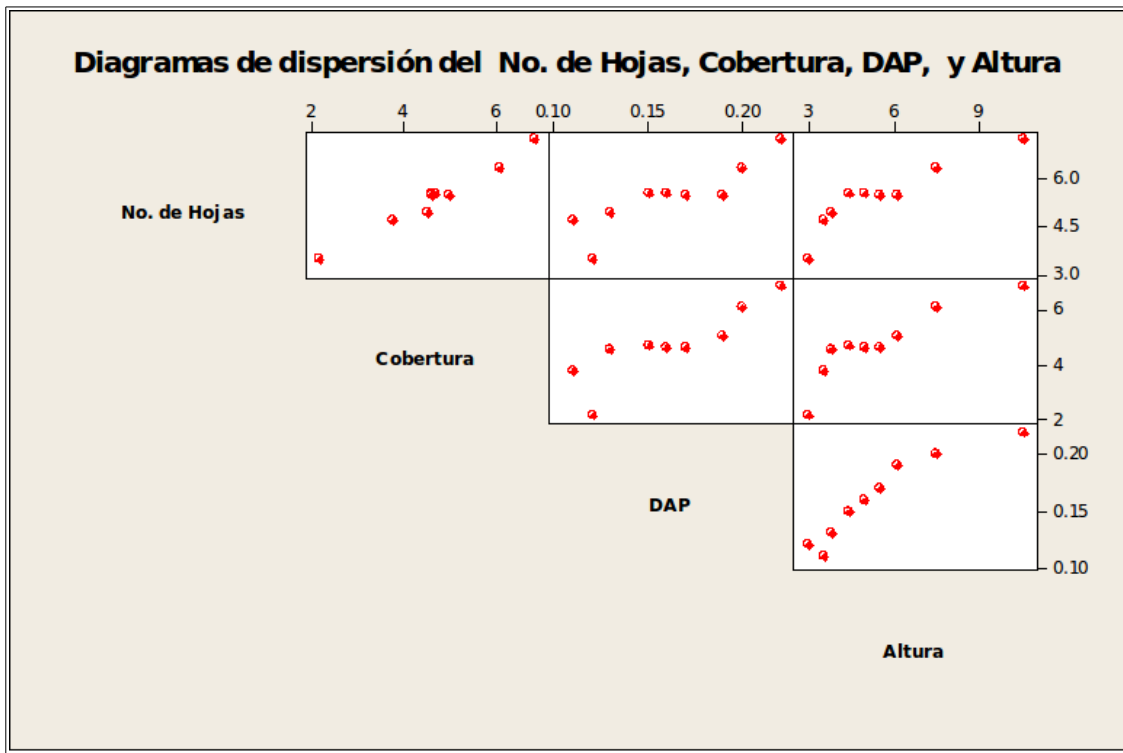


Gráfica 34.- Diagrama de dispersión para *Q. crassipes*

En lo que respecta al análisis de correlación para *Q. urbanii*, los valores obtenidos pueden observarse en la Tabla 3 y en el diagrama de dispersión (Gráfica 35). Se observa que los valores arrojados por el coeficiente de correlación **R (p=0.0)**, señalan una asociación fuerte entre todas las variables analizadas.

<i>Variables</i>	<i>Hojas</i>	<i>Cobertura</i>	<i>DAP</i>
<i>Cobertura</i>	0.985	R	
	0.000	P	
<i>DAP</i>	0.903	0.886	R
	0.000	0.000	P
<i>Altura</i>	0.937	0.910	0.947
	0.000	0.000	0.000

Tabla 3.- Valores R y p de la correlación entre las distintas variables de crecimiento en *Q. urbanii*

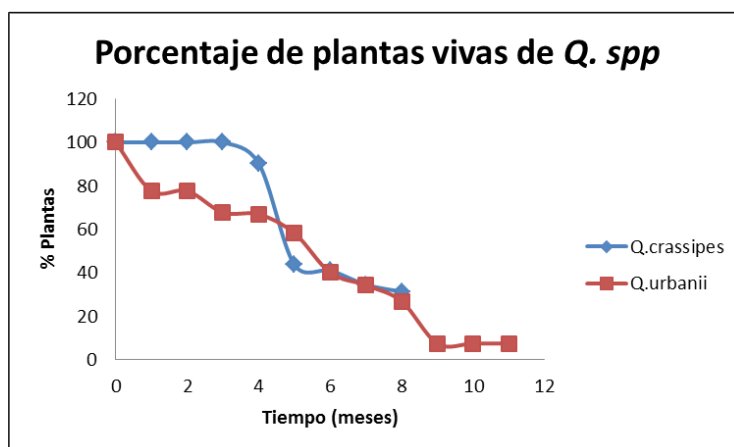


Gráfica 35.- Diagrama de dispersión para *Q. urbanii*

8.Resultados

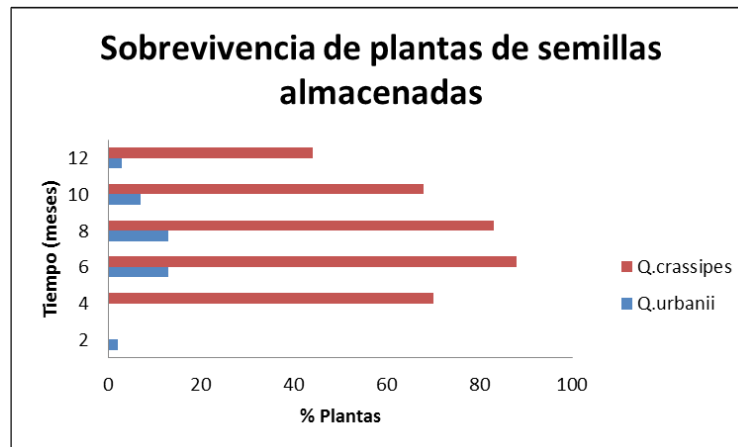
Supervivencia

Para evaluar el crecimiento y supervivencia de las especies de encino en vivero se trasplantaron 229 plantas o en su caso semillas recién germinadas de *Quercus crassipes* y 242 de *Quercus urbanii*. Evidentemente existen diferencias notables entre las especies, para *Q. crassipes* el máximo porcentaje de supervivencia alcanzado fue de 31.3%, no así para *Q. urbanii* que alcanzo como máximo un 7.43%, (Gráfica 36). Es decir, hubo un porcentaje de supervivencia muy bajo para esta última especie.



Gráfica 36.- Porcentaje de plantas vivas de *Quercus spp* durante el monitoreo en vivero

Se realizó también el monitoreo de la supervivencia de plantas producidas a partir de semillas almacenadas (estudio de viabilidad). Para *Q. crassipes* la primera prueba de viabilidad de semillas se realizó a los 4 meses de haber sido almacenadas, las siguientes pruebas se realizaron cada 2 meses. No así para *Q. urbanii*, donde la primera prueba de viabilidad se realizó a partir de los 2 meses de almacenamiento y la segunda a los 6 meses, posterior a esta prueba, las siguientes se realizaron cada 2 meses también.



Gráfica 37.- Porcentaje de plantas vivas de *Quercus* spp provenientes de semillas almacenadas

Los datos exhiben a *Q. crassipes* como una especie con alto potencial de supervivencia de plantas, una vez que sus semillas han sido almacenadas. Se observa que el mayor porcentaje de supervivencia se alcanza con semillas almacenadas durante un periodo de 6 meses (88%). Durante el octavo y décimo mes los porcentajes de supervivencia siguen siendo altos y es a partir del duodécimo mes cuando se observa un decremento en los porcentajes de supervivencia ver Gráfica 37.

En lo que respecta a *Q. urbanii*, los porcentajes de supervivencia son muy bajos en todos los periodos de almacenamiento, el máximo porcentaje de supervivencia alcanzado es de 13% para los meses 6 y 8. Se observa que del segundo al sexto mes de almacenamiento hay un aumento considerable en la supervivencia de plantas; sin embargo, ya para el décimo y duodécimo mes los porcentajes de supervivencia vuelven a disminuir ver Gráfica 37.

8.Resultados

Descripción del desarrollo en la etapa inicial de crecimiento

Las descripciones que a continuación se presentan corresponden al periodo en el cual se monitoreó el crecimiento de las especies, en condiciones de cámara de germinación y hasta el momento que fueron trasplantadas al sustrato, para su posterior monitoreo en condiciones de vivero.

Quercus crassipes



Figura 6.- Plántula del encino *Quercus crassipes* obtenida en cámara de germinación

Una vez escarificados mecánicamente los frutos, las semillas se observaron de coloración amarilla. Durante el proceso de germinación solo en algunas semillas la coloración de los cotiledones tendió a tornarse de color rojizo; sin embargo, en general el mayor porcentaje cambió de una coloración amarilla a finalmente verde intenso ver Figura 6.

Al cuarto día, semillas que germinaron el día anterior, alcanzaron longitudes de 3 a 10 mm, presentando una coloración blanca, que con el paso de los días se fue tornando amarilla-café, finalmente al día 38 después de la germinación, la mayor parte de la raíz es café a excepción de la

zona de crecimiento que se mantiene de color blanquecino, la coloración café posiblemente se debe a que comienza a manifestarse el proceso de lignificación.

Las primeras evidencias del epicótilo aparecen al octavo día después del establecimiento, al igual que algunas raíces secundarias. Para el doceavo día, algunos epicótilos alcanzan longitudes que van de los 2.9 a 8.5 mm y la raíz principal en algunas plántulas alcanza longitudes superiores a los 6 cm, sin embargo muchas semillas continúan firmes y sin germinar. El epicótilo en este momento presenta una coloración verde con tintes blancos, esto es debido a la presencia de tricomas que lo recubren.

La primeras nomófilas aparecen a los 12 días después de la germinación y las hojas verdaderas comienzan a hacerse evidentes en los siguientes cuatro días, presentan una coloración verde claro, con ligeros toques blanquecinos, esto es debido a la presencia de tricomas. Cada plántula presenta de 2 a 4 hojas, ya en esta etapa, la lámina muestra características diagnósticas de la especie, entre ellas el ápice con una pequeña arista.

Quercus urbanii



Figura 7.- Plántula del encino *Quercus urbanii* obtenida en cámara de germinación

8.Resultados

Las semillas también mostraron cambios en cuanto a la coloración inicial de los cotiledones, en general la tendencia fue un cambio gradual de amarillo a verde fuerte. Es de hacer notar que lamentablemente muchas semillas tuvieron algún tipo de daño por la presencia de larvas, lo cual ocasionó que con frecuencia durante el proceso de germinación las mismas fueran muy vulnerables al ataque de hongos. Algunas semillas presentaron poliembrionía (dos embriones) ver Figura 7.

La emergencia de la radícula aparece al quinto día después del establecimiento de las semillas, alcanzando longitudes entre los 3 a 26 mm de longitud. La coloración es blanquecina en las zonas de elongación y el resto va tornando a una coloración amarilla, finalmente, y conforme pasan los días, adquieren una tonalidad café, previo al trasplante a sustrato. Las raíces secundarias aparecieron al día 13 después del establecimiento.

El epicótilo comienza a hacerse presente al séptimo día después del establecimiento de las semillas, alcanzando en algunas plántulas, longitudes que van de 1 a 4 mm. La coloración es rojiza-verdosa, tendiendo a verde claro conforme pasan los días, también se observó un recubrimiento blanquecino debido a la presencia de abundantes tricomas.

Las nomófilas se observaron al onceavo día después de la germinación con abundante pubescencia; las hojas verdaderas se hacen presentes dos días después, es decir al decimotercer día. Cada plántula presenta de 2 a 3 hojas, su coloración es verdosa-rojiza, debido a la presencia de abundantes tricomas glandulares rojizos, con el tiempo la lámina cambia a color verde; únicamente las nervaduras presentan coloración blanquecina por la presencia de tricomas dispersos. En este momento las características diagnóstico de la especie en la lámina ya están presentes; entre ellas el borde ondulado con aristas.

Desarrollo morfológico a diferentes edades de *Quercus crassipes*

Tres meses

Plantas con raíz axonomorfa o fibrosa de (0.16) 0.18-0.2 cm de diámetro y de 8.8-12.1 cm de largo; tallo estriado verde-grisáceo de 0.07-0.1 cm de diámetro y 3.7-6.7 cm de alto, con tomento muy abundante, color ámbar que se pierde con el tiempo pues solo esta presente las partes jóvenes, formado por tricomas glandulares rojizos y tricomas simples y estrellados; yemas de 1.1 mm de largo, ovoides, de color café-verdoso, escamas coriáceas, bordes ciliados; estípulas decíduas, de 2.0-3.3 mm de largo, linear lanceoladas, membranosas, pubescentes en el borde y ápice; cotiledones opuestos, hipógeos, de color café-oscuro de 1.22-1.23 cm de largo; hojas de 4 a 6, las jóvenes con pubescencia escasa amarilla en el envés y haz, concentrada principalmente sobre la vena primaria y secundarias; las maduras membranosas, angostamente elípticas, elípticas o anchamente elípticas, lámina de 1.4-3.9(5)x(0.8-)0.9-1.5(1.9) cm, ápice con arista de 0.4-0.5 mm de largo, base redondeada, borde entero revoluto, con presencia de tricomas simples y estrellados dispersos, nervaduras 8 a 9 en cada lado, algo curvas ascendentes, bifurcadas cerca del margen, con venas intersecundarias a lo largo de la lámina; haz algo lustroso, color verde-grisáceo, glabro o con pequeños tricomas simples y estrellados concentrados sobre la vena primaria y dispersos sobre las venas secundarias, tricomas glandulares rojizos distribuidos sobre la vena primaria; nervadura central elevada, envés con indumento escaso, color ámbar, formado por tricomas estrellados y simples concentrados sobre la vena primaria y dispersos sobre las venas secundarias, tricomas glandulares rojizos distribuidos a lo largo de la vena primaria, epidermis ampulosa; nervaduras ligeramente elevadas; pecíolos verdes, muy pubescentes, de (1.3) 1.5-1.8 mm de largo y 0.4-0.6(0.7) mm de diámetro ver Figura 8.



Figura 8.- Morfología de *Quercus crassipes* a tres meses de edad

Seis meses

Plantas con raíz axonomorfa o fibrosa de 0.16-0.27 cm de diámetro y de 11-11.9 cm de largo; tallo estriado café-grisáceo de 0.1-0.17 cm de diámetro y 7.2-9.6 cm de alto, con tomento muy abundante, color ámbar que se pierde con el tiempo pues solo esta presente en las partes jóvenes, formado por tricomas simples y estrellados; en las partes bajas del tallo se observan lenticelas hasta de 0.3 mm de largo, de color pálido; yemas de 2.7 mm de largo, ovoides, de color café-verdoso, escamas coriáceas, bordes ciliados; estípulas decíduas, de 2.0-3.2 mm de largo, linear-lanceoladas, membranosas, pubescentes en el borde y ápice; cotiledones opuestos, hipógeos de color café-oscuro de 1.13 cm de largo; hojas de 5 a 9, las jóvenes con pubescencia amarilla ligera en el envés y escasa en el haz, concentrada principalmente sobre la vena primaria y secundarias; las maduras coriáceas, angostamente elípticas o elípticas; lámina de 1.3-6.3(7)x(0.6-)0.9-2(2.7) cm, ápice con arista de 0.6 mm de largo, base redondeada, borde entero, revoluto, con presencia de tricomas simples y estrellados dispersos; nervaduras 9 a 13 en cada lado, algo curvas ascendentes, bifurcadas cerca del margen, con venas intersecundarias a lo largo de la lámina; haz algo lustroso, color verde-grisáceo, glabro o con pequeños tricomas simples y estrellados concentrados sobre la vena primaria y dispersos sobre las venas secundarias, tricomas glandulares rojizos distribuidos en la vena primaria; nervadura central elevada, envés con indumento escaso, color ámbar, formado por tricomas estrellados y simples concentrados sobre la vena primaria y dispersos sobre las venas secundarias, tricomas glandulares rojizos distribuidos a lo largo de la vena primaria; epidermis ampulosa; nervaduras ligeramente elevadas; pecíolos verde-rojizos, muy pubescentes, de (1)1.4-1.7 mm de largo y 0.3-0.8(1) mm de diámetro ver Figura 9.

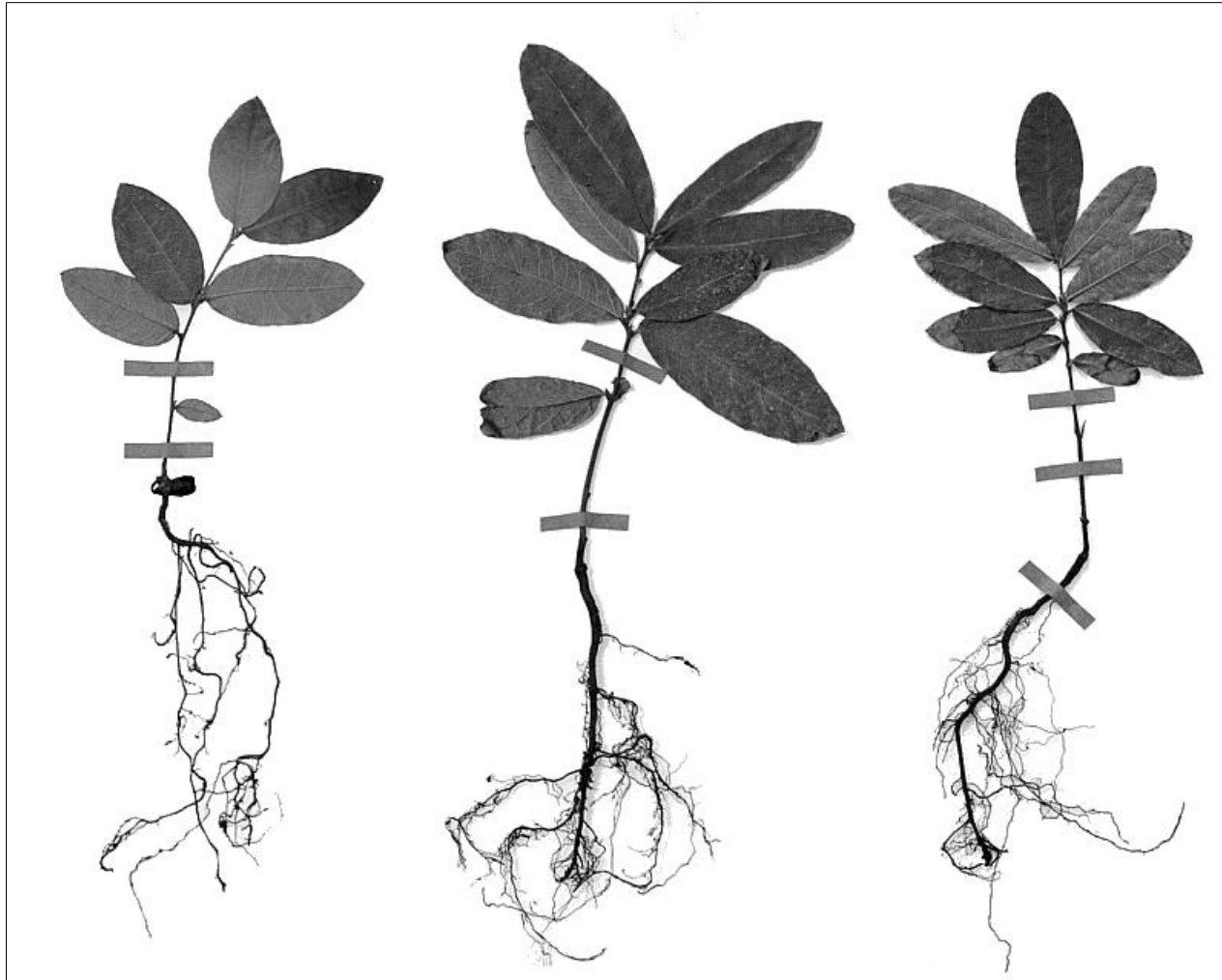


Figura 9.- Morfología de *Quercus crassipes* a seis meses de edad

Nueve meses

Plantas con raíz axonomorfa o fibrosa de 0.2-0.25 cm de diámetro y de 9.7-11.2 cm de largo; tallo café verde-grisáceo de 0.16-0.18 cm de diámetro y de 10.3-17.4 cm de largo, con tomento muy abundante, color ámbar que se pierde con el tiempo pues solo esta presente en las partes jóvenes, formado por tricomas simples y estrellados; en las partes bajas del tallo se observan lenticelas hasta de 0.4 mm de largo, de color pálido; estípulas decíduas, de 2.5-3.3 mm de largo, linear-lanceoladas, membranosas, pubescentes en el borde y ápice; hojas de 9 a 14, las jóvenes con pubescencia amarilla ligera en el envés y escasa en el haz, concentrada principalmente sobre la vena primaria y secundarias; las maduras coriáceas, angostamente elípticas o elípticas; lámina de 2-3.9(5)x(0.95-)1.2-1.4(1.8) cm, ápice con arista de 0.4 mm, base redondeada, borde entero, revoluto con presencia de tricomas simples y estrellados dispersos; nervaduras 6 a 9 en cada lado, algo curvas ascendentes, bifurcadas cerca del margen, con venas intersecundarias a lo largo de la lámina; haz algo lustroso, color verde-grisáceo, glabro o con pequeños tricomas simples y estrellados concentrados sobre la vena primaria y dispersos sobre las venas secundarias, tricomas glandulares rojizos distribuidos en la vena primaria; nervadura central elevada, envés con indumento escaso, color ámbar, formado por tricomas estrellados y simples concentrados sobre la vena primaria y dispersos sobre las venas secundarias, tricomas glandulares rojizos distribuidos a lo largo de la vena primaria; epidermis ampulosa; nervaduras ligeramente elevadas; pecíolos verde-amarillentos, muy pubescentes, de 2.0-2.7 mm de largo y 0.6-0.7 mm de diámetro ver Figura 10.

8.Resultados

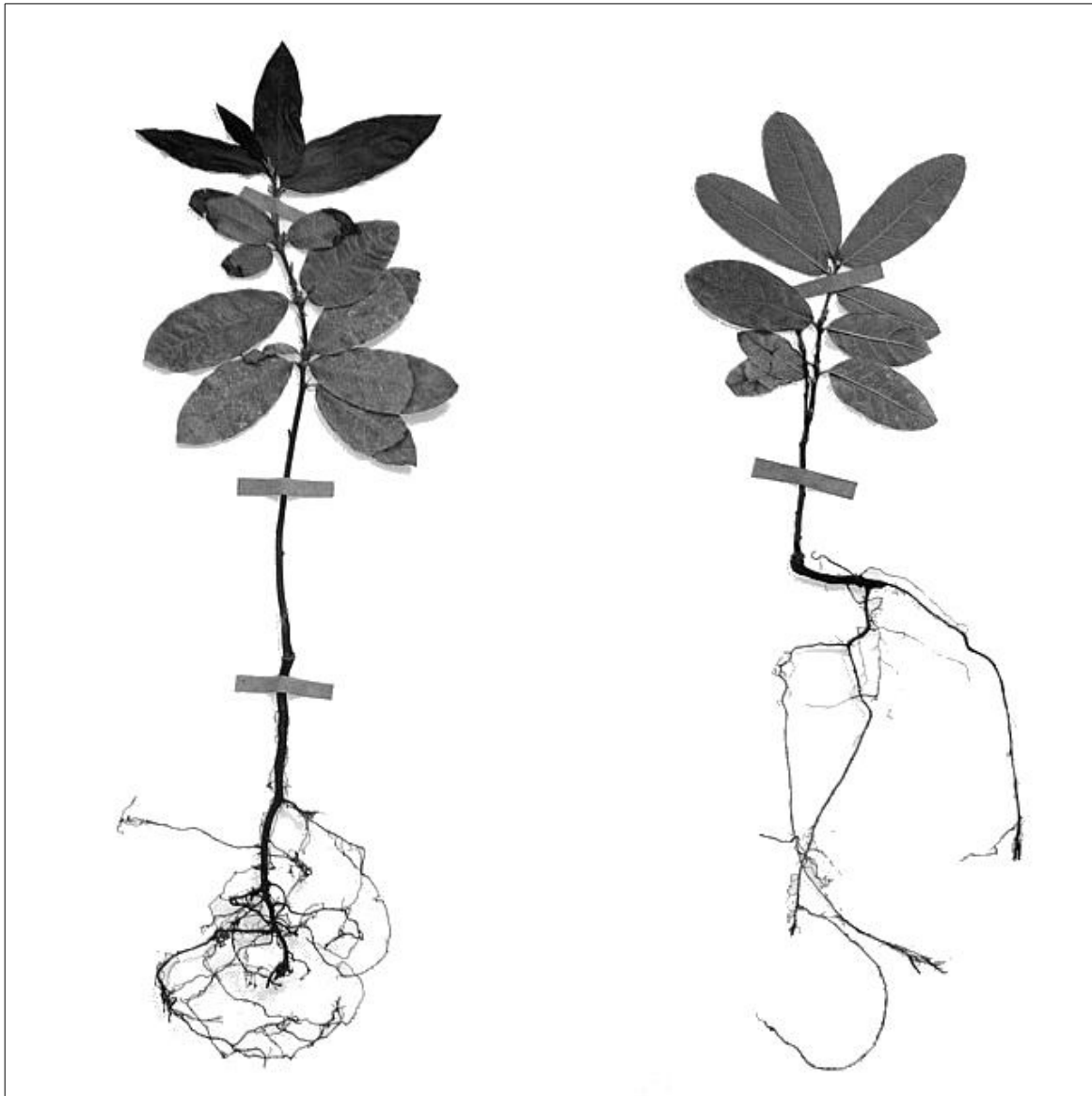


Figura 10.- Morfología de Quercus crassipes a nueve meses de edad

Un año

Planta con raíz leñosa, axonomorfa o fibrosa de 0.23-0.57 cm de diámetro y de 13.9-14.5 cm de largo, color café claro a café oscuro; tallo café claro u oscuro y café verdoso en las partes más jóvenes, de 0.20-0.24 cm de diámetro y 14.2-21.6 cm de alto, con tomento muy abundante, de color ámbar que se pierde con el tiempo pues solo esta presenta en las partes jóvenes, formado por tricomas simples y estrellados; en las partes bajas del tallo se observan lenticelas hasta de 0.6 mm de largo, de color pálido; yemas de 2.1-3. mm de largo, ovoides, de color café-rojizo, escamas coriáceas, bordes ciliados; estípulas decíduas, de 2.0-3.5 mm de largo, linear-lanceoladas, membranosas, pubescentes en el borde y ápice; hojas de 6 a 12, las maduras coriáceas, angostamente elípticas, elípticas o anchamente elípticas, lámina de 1.8-7.7(8)x(0.97-)1-2.5(4.4) cm, ápice con arista de 1 mm de largo, base redondeada, borde entero, revoluto; nervaduras 9 a 16 en cada lado, algo curvas ascendentes, bifurcadas cerca del margen, con venas intersecundarias a lo largo de la lámina; haz algo lustroso, color verde-grisáceo, glabro o con pequeños tricomas simples y estrellados concentrados sobre la vena primaria, nervadura central elevada, la cual presenta coloración rojiza que disminuye hacia el ápice, envés con indumento escaso, color ámbar, formado por tricomas estrellados y simples concentrados sobre la vena primaria y dispersos sobre las venas secundarias, tricomas glandulares rojizos distribuidos a lo largo de la vena primaria; epidermis ampulosa; nervaduras ligeramente elevadas; pecíolos verde-rojizos, muy pubescentes, de (1.9)2.5-3.2 mm de largo y 0.7-1 mm de diámetro ver Figura 11.

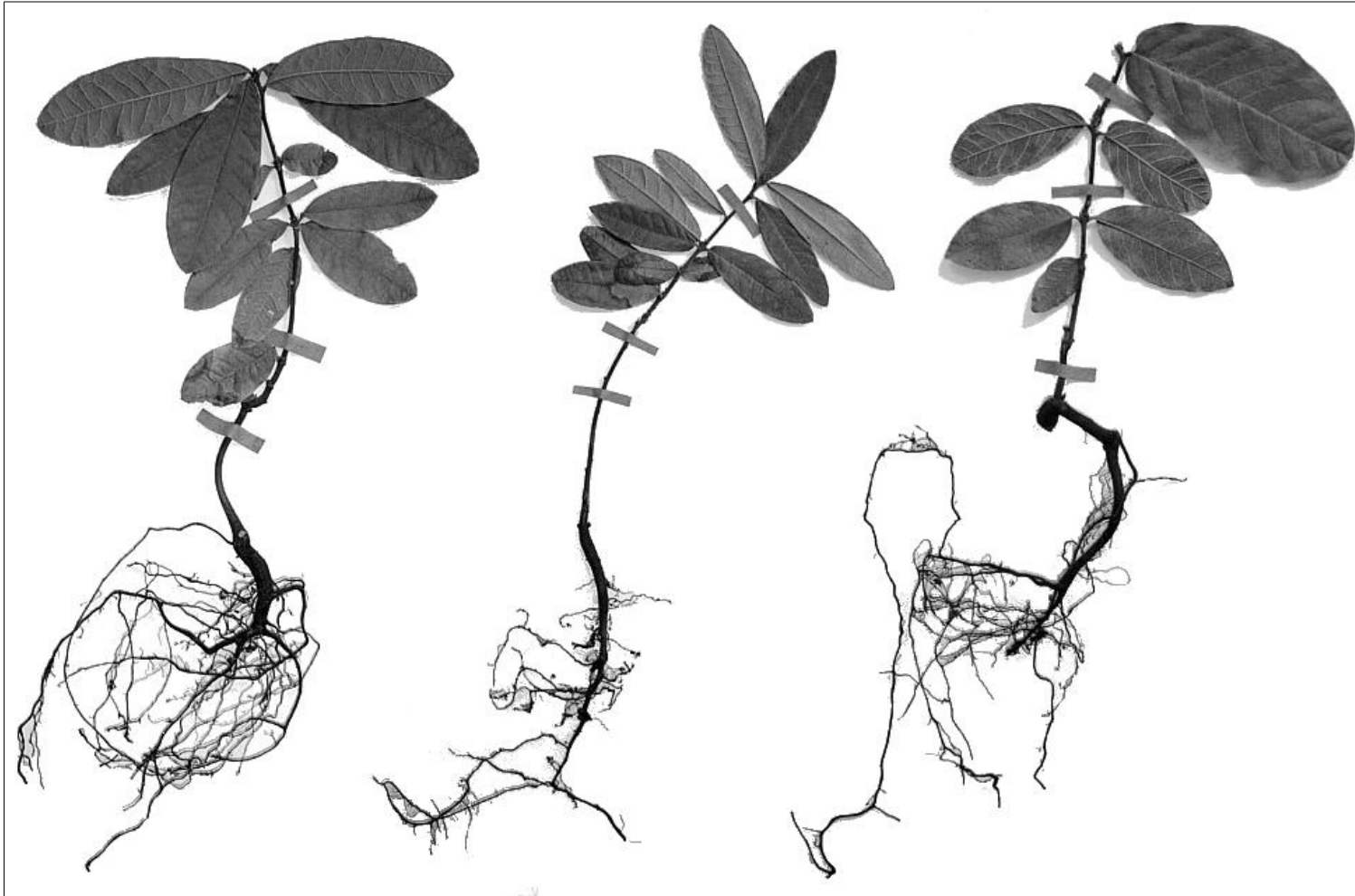


Figura 11.- Morfología de *Quercus crassipes* de un año de edad

Desarrollo morfológico a diferentes edades de *Quercus urbanii*

Previo a la descripción detallada, se considera relevante mencionar que para la descripción a un año de edad, no se incluyó imagen; puesto que los datos se obtuvieron a partir de plantas vivas, con el objetivo de no sacrificar ejemplares, debido a la baja supervivencia observada.

Tres meses

Raíz fibrosa de 0.1-0.15 cm de diámetro y de 9.3-9.8 cm de largo; tallo estriado café-castaño de 0.1 cm de diámetro y de 8.3-8.5 cm de alto, con tomento denso en las partes jóvenes que se pierde con el tiempo, formado por tricomas simples y estrellados; lenticelas inconspicuas miden hasta 0.4 mm de largo; estípulas deciduas, de 2.4-2.5 mm de largo, pubescentes principalmente en la base y bordes, persistentes en las yemas; cotiledones café-negruzcos, de 0.92 cm de largo; hojas maduras, rígidas, obovada ancha a muy ancha, lámina de 1.3-3.26(5.06)x(0.86-)1.31-2.07(3.00) cm, ápice obtuso, base redondeada a cordada, borde revuelto, entero, dentado u ondulado, con 3 aristas por lado en la 1/3 parte superior de la lámina, aristas de hasta 1 mm de largo; nervaduras de 5 a 7 en cada lado, ascendentes algunas forman directamente las aristas, la mayoría se ramifican cerca del borde; haz verde pálido, algo lustroso, glabro, excepto en la nervaduras primaria y secundarias en donde se encuentran tricomas glandulares rojizos, tricomas simples y estrellados, nervaduras impresas a ligeramente elevadas; envés con indumento escaso, formado por tricomas estrellados y simples concentrados sobre la vena primaria y dispersos sobre las venas secundarias, tricomas glandulares rojizos presentes sobre la vena primaria ubicados en la base principalmente; nervaduras elevadas, pecíolos verde-rojizos, muy pubescentes, de (1.6) 1.9-2.7 mm de largo y 0.5-0.6(0.07) mm de diámetro ver Figura 12.

8.Resultados

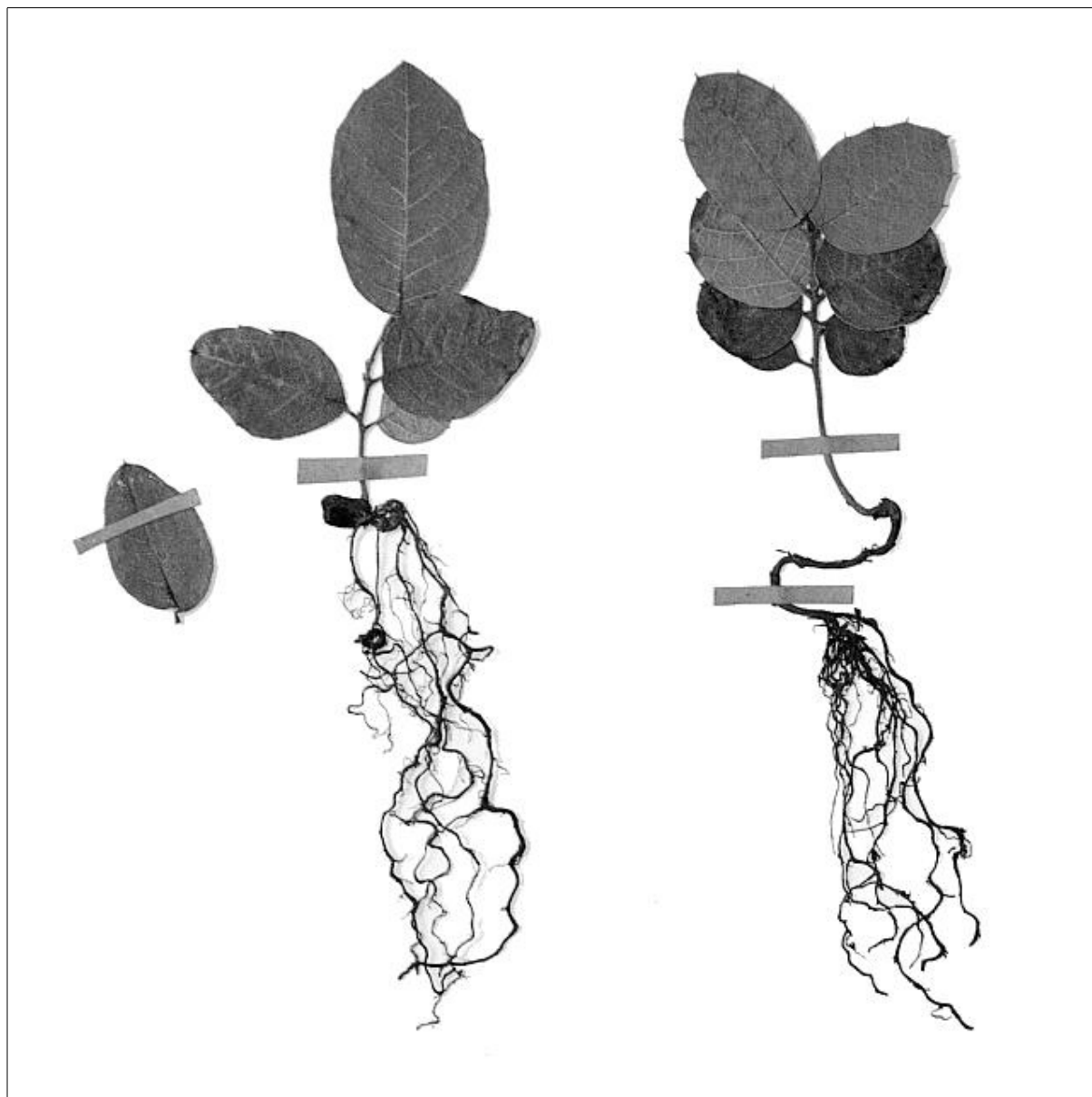


Figura 12.- Morfología de *Quercus urbanii* a tres meses de edad

Seis meses

Raíz fibrosa de 0.14-0.19 cm de diámetro y de 8.79-9.21 cm de largo; tallo café claro de 0.12-0.14 cm de diámetro y con tomento muy abundante en las partes jóvenes, formado por tricomas simples y estrellados; lenticelas hasta de 0.4 mm de largo, del color de las ramas; yemas de 1.6-2.6 mm, ovoides, de color dorado-castaño, con presencia de escamas pubescentes, estípulas deciduas, de 1.7-2.7 mm de largo, linear- lanceoladas, pubescentes principalmente en base y bordes; hojas jóvenes, hojas maduras, rígidas, obovada ancha a muy ancha, lámina de 1.62-2.37(3.1)x(0.91-)1.54-1.60(1.89) cm, ápice obtuso, base redondeada a cordada, borde revoluto, entero, dentado u ondulado, con 3-4 aristas por lado en la 2/3 parte superior de la lámina, aristas de hasta 1 mm de largo; nervaduras 5 a 9 en cada lado, ascendentes algunas forman directamente las aristas, la mayoría se ramifican cerca del borde; haz verde pálido, algo lustroso, glabro, excepto en la nervadura primaria y secundarias en donde se encuentran tricomas glandulares rojizos, tricomas simples y estrellados, nervaduras impresas a ligeramente elevadas; envés con indumento escaso, formado por tricomas estrellados y simples concentrados sobre la vena primaria y dispersos sobre las venas secundarias, tricomas glandulares rojizos presentes sobre la vena primaria ubicados en la base principalmente; nervaduras elevadas, pecíolos verde-rojizos, muy pubescentes, de 1-1.4 mm de largo y 0.7-0.8 mm de diámetro ver Figura 13.

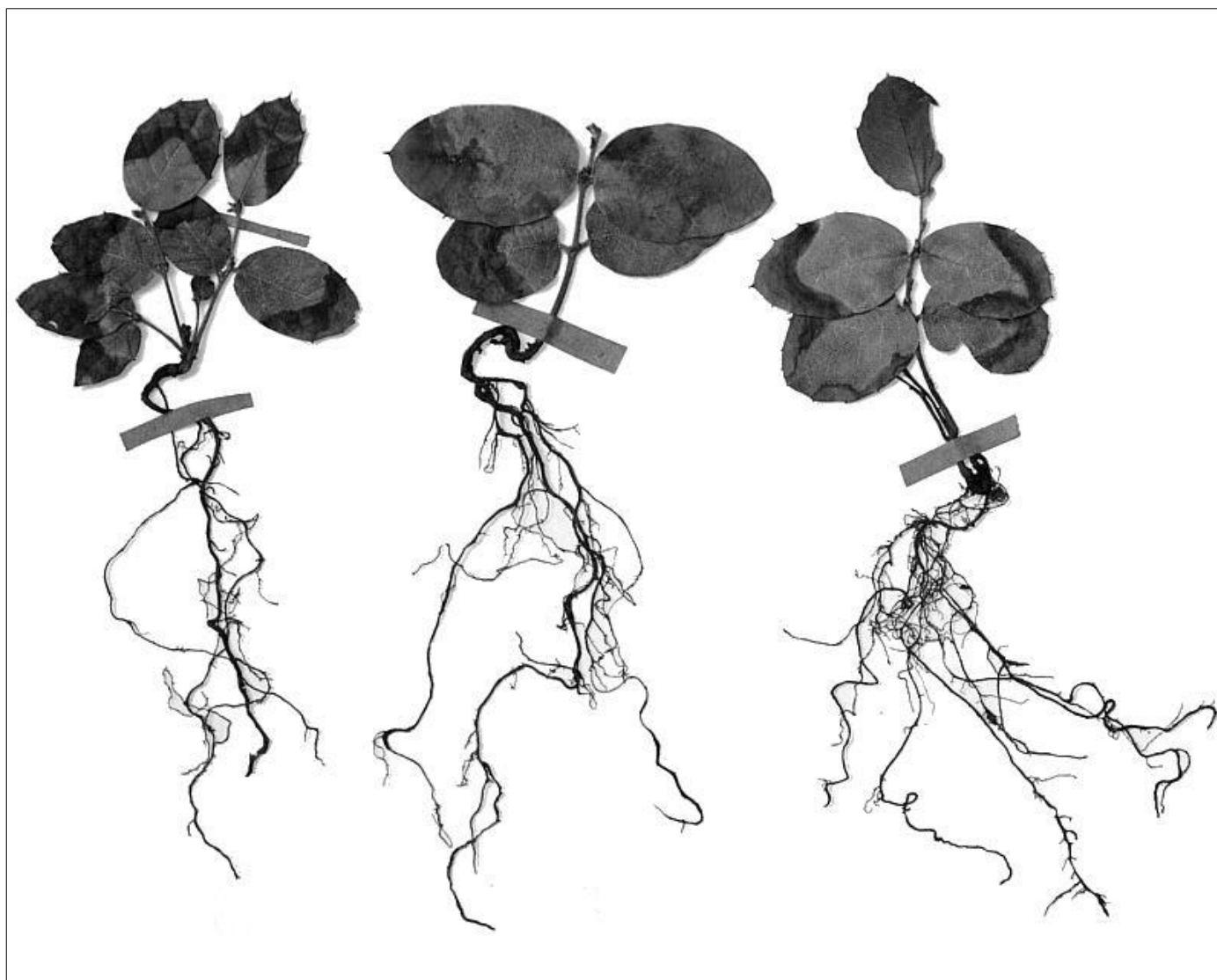


Figura 13.- Morfología de *Quercus urbanii* a seis meses de edad

Nueve meses

Raíz fibrosa de 0.16-0.2 cm de diámetro y de 6.28-8.00 cm de largo; tallo café claro de 0.15- 0.19 cm de diámetro y 11.3-11.9, con tomento muy abundante en las partes jóvenes, formado por tricomas simples y estrellados; lenticelas hasta de 0.5 mm de largo, del color de las ramas; estípulas deciduas, de 2.7-3.0 mm de largo, linear-lanceoladas, pubescentes principalmente en base y bordes; hojas jóvenes con pubescencia amarilla ligera en el envés y escasa en el haz, concentrada principalmente sobre la vena primaria y secundarias; hojas jóvenes pubescentes, haz cubierto por tricomas glandulares rojizos, tricomas simples y estrellados dispersos, estos últimos principalmente en los bordes, envés con pubescencia blanca formada por tricomas estrellados, hojas maduras, rígidas, obovada ancha a muy ancha, lámina de 1.3-2.32(3.93)x(0.90-)1.67-2.82(2.99) cm, ápice obtuso, base redondeada a cordada, borde revoluto, entero, dentado u ondulado, con 3-4 aristas por lado en la 1/3 parte superior de la lámina, aristas de hasta 1 mm de largo; nervaduras de 7 a 8 en cada lado, ascendentes algunas forman directamente las aristas, la mayoría se ramifican cerca del borde; haz verde pálido, algo lustroso, glabro, excepto en las nervaduras principales y primarias en donde se encuentran tricomas glandulares simples y estrellados, nervaduras impresas a ligeramente elevadas; envés con indumento escaso, formado por tricomas estrellados y simples concentrados sobre la vena primaria y dispersos sobre las venas secundarias, tricomas glandulares rojizos presentes sobre la vena primaria y secundarias, nervaduras elevadas, pecíolos verde-amarillentos, muy pubescentes, de 2-3.4 mm de largo y de 0.7-1 mm de diámetro ver Figura 14.

8.Resultados

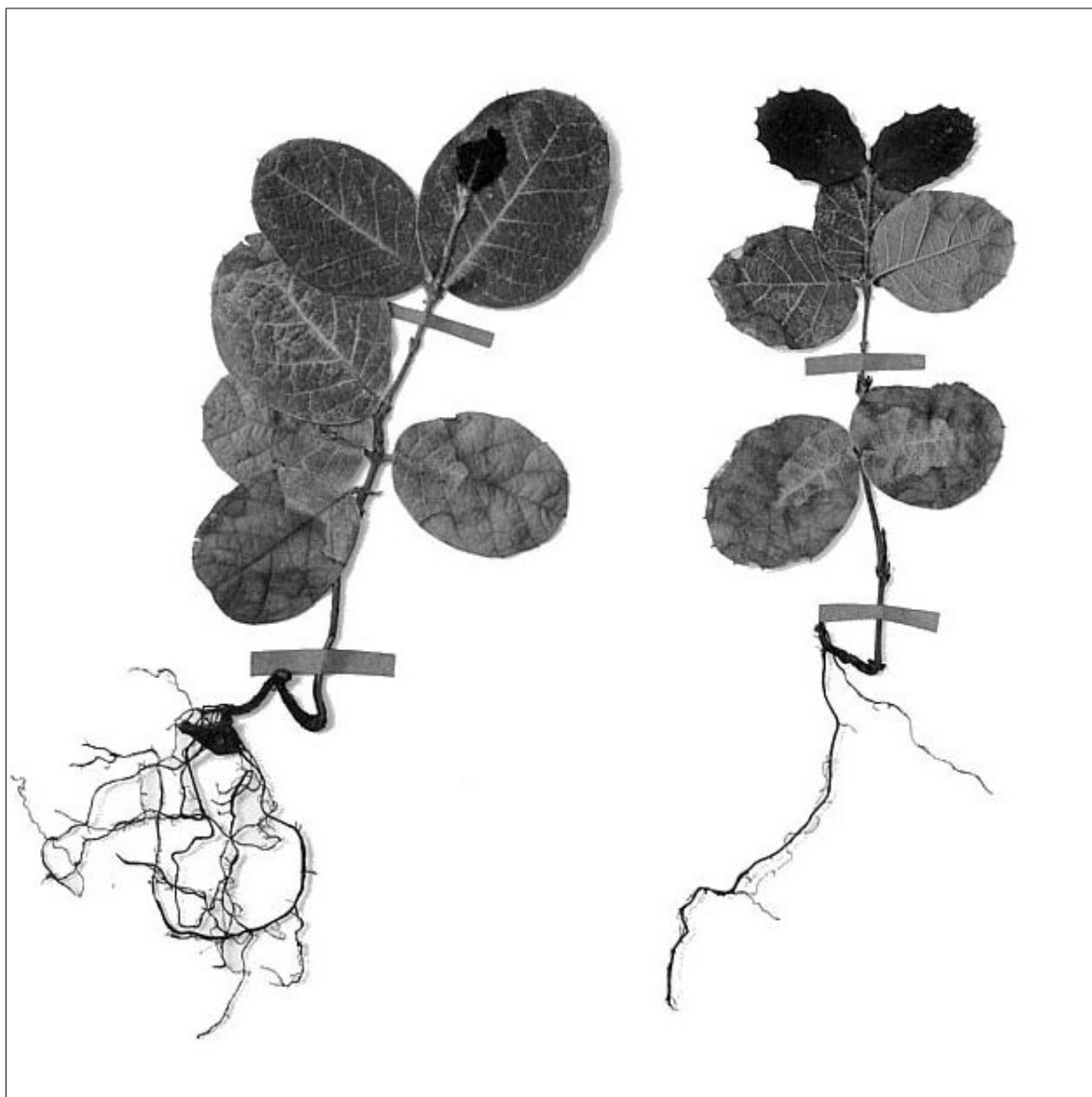


Figura 14.- Morfología de Quercus urbanii a nueve meses de edad

Un año

Planta de 9.3-22 cm de alto; tallo color castaño claro de 0.20-0.32 cm de diámetro, con tomento muy abundante en las partes jóvenes que se pierde con el tiempo, formado por tricomas simples y estrellados; lenticelas hasta de 0.7 mm de largo, del color de las ramas; yemas de 2.8-6.0 mm de largo, ovoides, de color castaño, las escamas engrosadas en la base, glabrescentes las exteriores, densamente pubescentes las interiores; estípulas de 4.1 mm de largo, pubescentes principalmente en la base y bordes, persistentes en las yemas; hojas jóvenes pubescentes, haz cubierto por tricomas glandulares rojizos, tricomas simples y estrellados dispersos, estos últimos principalmente en los bordes, envés con pubescencia blanca formada por tricomas estrellados, hojas maduras, rígidas, gruesas, obovada ancha a muy ancha, lámina de 1.7-2.84(4.76)x(1.3)1.76-3.15(4.12) cm a veces más larga que ancha, ápice obtuso, a veces algo escotado, base cordada a veces redondeada, borde revoluto, grueso, cartilaginoso, entero, dentado u ondulado, con 6-12 aristas por lado, en las 2/3 partes superiores principalmente, aristas de hasta 1.6 mm de largo; nervaduras 5 a 8 en cada lado, ascendentes, algunas forman directamente la arista, la mayoría se ramifican cerca del borde; haz verde, algo lustroso, rugoso, glabro, excepto en las nervaduras primaria y secundarias en donde se encuentra tricomas glandulares rojizos, tricomas simples y estrellados, nervaduras impresas a ligeramente elevadas; envés con tricomas glandulares rojizos, tricomas simples y estrellados concentrados principalmente sobre la vena primaria y secundarias, epidermis papilosa y glandulosa, nervaduras elevadas; pecíolos verde-rojizos, muy pubescentes de 1 a 3.6 mm de largo y de 0.8-1 mm de diámetro.

9. Discusión

Estudio Florístico-Ecológico

Composición Florística de las Comunidades

Este trabajo identificó un total de 156 especies de flora, para ambas comunidades de bosque templado, en las dos distintas ANP. Se encontró un mayor número de especies en la comunidad del Parque Estatal Chapa de Mota, esto posiblemente asociado a la presencia de especies oportunistas de amplia distribución. En ambas comunidades se incluyeron regiones adyacentes a los cuadros de muestreo.

La comunidad del Parque Natural Sierra de Nanchititla corresponde a un bosque de encino-pino, no así la comunidad del Parque Estatal Chapa de Mota que refiere a un bosque de encino, sin presencia de especies del género *Pinus*, en los sitios de muestreo.

La composición florística, resultó ser muy semejante a lo reportado para otros bosques de encino en el Estado de México (Rubio, 2006, 2009; Rubio-Licona et al., 2011; Ramírez, 2009; Pérez, 2012) e incluso en otras zonas del país (Rzedowski, 1978, 2001; Challenger, 1998; Martínez-Cruz et al., 2009). Las comunidades estudiadas comparten 19 familias, 20 géneros y únicamente 4 especies, resultados muy similares a los reportados por Rubio-Licona et al. (2011). Las familias mejor representadas fueron Compositae, Pteridaceae, Fagaceae, Gramineae, Leguminosae y Labiatae.

En la composición florística de la gran mayoría de los encinares predominan ampliamente en número de especies las plantas herbáceas sobre las leñosas (Rzedowski, 1978), condición observada en este trabajo.

Junto con la deforestación, la fragmentación y el aislamiento de los rodales, se ha producido un empobrecimiento florístico de los bosques secundarios (Ramírez-Marcial et al., 2001). La tendencia observada en bosques previamente dominados por especies de *Quercus* en Chiapas (González-Espinosa et al., 2007), es el reciente incremento de *Pinus* spp., asociado con una reducción en la riqueza de bejucos, lianas, arbustos y árboles del interior.

9. Discusión

La composición florística del estrato arbustivo fue más diversa en la comunidad del Parque Estatal Chapa de Mota, conformada por 15 especies. La comunidad del Parque Natural Sierra de Nanchititla, presentó únicamente 10 especies de arbustos; entre ellos *Fuchsia decidua* como arbusto epífita, el cual fue encontrado sobre el encino *Quercus urbanii*.

Las especies del estrato arbustivo difieren notablemente entre una comunidad y otra, de los 19 géneros encontrados entre ambas comunidades, únicamente se comparten los géneros *Baccharis* y *Eupatorium*, ver Cuadro 3. Dichos géneros según Rzedowski (2001), encuentran su mayor representación en las zonas intertropicales de montaña y dentro de estas, prosperando en áreas con vegetación de bosque de encino.

Según Rzedowski (1978), Rzedowski y Rzedowski (2001) y Challenger (1998), en los estratos arbustivo y herbáceo los géneros más abundantes en encinares son *Baccharis*, *Eupatorium*, *Salvia*, *Senecio*, *Brickellia*, *Penstemon*, *Stevia* y *Symphoricarpos* por mencionar algunos. Todos estos géneros fueron encontrados en este trabajo y también reportados en otros bosques de encino del Estado de México (Martínez y Matuda, 1979; Rubio, 2006, 2009; Rubio-Licona, 2011; Ramírez, 2009; Pérez, 2012).

Dentro del estrato arbustivo en la localidad del Parque Natural Sierra de Nanchititla destaca la presencia de *Verbesina greenmanii* como especie dominante, la cual ha sido reportada por Sánchez-Rodríguez et al. (2003), para el bosque mesófilo de montaña en la sierra de Manantlán, Jalisco, en donde además la diversidad del género *Quercus* resultó ser muy alta. Una especie de herbácea que también se encontró en ese trabajo, y que coincide con éste, fue *Crotalaria bupleurifolia*.

En la comunidad del Parque Estatal Chapa de Mota, entre los arbustos dominantes se encontraron a *Monnina cilitona*, *Eupatorium glabratum* y *Salvia elegans*; los cuales también fueron reportados por Ramírez (2009) y Rubio (2009), en bosques del Estado de México.

La diversidad de helechos fue alta en ambas comunidades, el bosque del Parque Natural Sierra de Nanchititla presentó 12 especies y el Parque Estatal Chapa de Mota 11, la diferencia entre una localidad y otra fue únicamente de una especie. Sin embargo, la diversidad de helechos de una comunidad con respecto a la otra es muy distinta, no se comparte ni una sola especie y de los 12

géneros de helechos encontrados para ambas localidades, únicamente se comparten *Adiantum*, *Dryopteris* y *Cheilanthes*.

Los helechos *Pteridium aquilinum* y *Pteridium arachnoideum*, dominaron el estrato herbáceo en el bosque de encino-pino del Parque Estatal Sierra de Nanchititla.

Aunque las plantas epífitas no fueron incluidas en los listados florísticos de ambas localidades, es importante mencionar la abundancia de las mismas en la comunidad de bosque de encino-pino del Parque Natural Sierra de Nanchititla, principalmente destacar la presencia del género *Tillandsia*.

Caracterización de estrato arbóreo

Las comunidades de bosque templado estudiadas en las dos Áreas Naturales Protegidas, refieren a un bosque de encino que se manifiesta a una altura de entre los 2700 y los 2800 msm para el Parque Estatal Chapa de Mota y un bosque mixto de encino-pino en el Parque Natural Sierra de Nanchititla en un rango de altitud de entre los 1700 y 1800 msm. En general tanto la riqueza como la diversidad de especies del estrato arbóreo son significativamente mayores en el bosque de encino del Parque Estatal Chapa de Mota, lo mismo que el área basal y la densidad. En ambas comunidades los bosques dominados por encinos, han estado sujetos a considerables alteraciones, en donde las perturbaciones causadas por los humanos representan un factor que por sí sólo, es el más importante, aunque también la introducción de agentes bióticos es un factor a considerar.

Según Challenger (1998), los bosques de encino cubren en total 4.29% de la superficie de México; pero el impacto de las actividades humanas, ha provocado la destrucción de cerca de 20% de su cobertura original. Lo anterior no es excepción para las comunidades en estudio, el bosque de encino-pino del Parque Natural Sierra de Nanchititla, se encuentra en constante presión debido a que en recientes años se han presentado incendios forestales y aunado a esto, los cambios de uso de suelo para expansión de la frontera ganadera-agrícola siguen en aumento. Por otro lado, el bosque de encino del Parque Estatal Chapa de Mota, al encontrarse en una zona con mayor urbanización, se encuentra menos expuesto a los cambios de uso de suelo por ganadería y agricultura, puesto que el

9. Discusión

límite del ANP es muy claro dentro de la geografía municipal; pese a esto la tala clandestina sí se presenta dentro del parque.

La composición del estrato arbóreo y su estructura en este trabajo, coincide para ambas localidades, con los estudios hechos en el Estado de México por (Guizar, 1983; Romero, 2002; Rubio, 2006, 2009; Rubio-Licona 2011; Ramírez, 2009; Paredes, 2010; Pérez, 2012) y con lo reportado para otros bosques de encino y pino-encino en otras zonas del país (Bello y Labat, 1987; Quintana-Ascencio y González-Espinosa, 1993; Zavala, 1995, 1996; Challenger, 1998; Castillo et al., 2008; Martínez-Cruz et al., 2009; Figueroa y Olvera, 2000, 2000b; Olvera-Vargas y Figueroa-Rangel, 2012; Robles y Zárate, 2011).

En el Estado de México se ha reportado la presencia de 23 especies de encinos (Romero et al., 2002), este estudio incluye 12 del total de las especies reportadas para la entidad y en por lo menos 9 de estas, se analizan sus atributos estructurales.

La estructura y composición arbórea de los bosques estudiados, parece estar compuesta por una mezcla de especies pertenecientes a géneros de origen diverso, cuya coexistencia local depende de las condiciones ambientales que se crean durante la sucesión forestal (Quintana-Ascencio y González-Espinosa, 1993). Sin embargo en ambas comunidades boscosas de este estudio, los elementos con afinidad fitogeográfica holártica son los dominantes (*Quercus*, *Pinus*, *Prunus*, *Garrya*, *Arbutus*). El único género que no presenta afinidad holártica es *Clethra*, el cual de acuerdo a Quintana-Ascencio y González-Espinosa (1993), refiere una afinidad fitogeográfica con el este de Asia; en este estudio *Clethra mexicana* fue encontrado en el bosque de encino-pino del Parque Estatal Sierra de Nanchititla.

Los bosques dominados por *Quercus crassipes* en Cerro Grande, Sierra de Manantlán, contiene, en su mayoría elementos holárticos en el dosel superior *Alnus*, *Arbutus*, *Pinus*, *Prunus* y *Quercus* (Figueroa y Olvera, 2000), condición muy similar a lo encontrado en el bosque de encino del Parque Estatal Chapa de Mota. De acuerdo a Quintana-Ascencio y González-Espinosa (1993), este tipo de árboles pueden establecerse en etapas tempranas de la sucesión, migrar a través de áreas no arboladas relativamente secas y generalmente no se pueden repoblar bajo la sombra densa formada por ellos mismos.

La diversidad es uno de los parámetros importantes en estudios ecológicos, se sabe que una comunidad con diversidad amplia nos señala que existe una interacción de flujos de energía constante y equilibrada que la mantiene con vida. Existen especies dominantes, codominantes, y especies con distribución discreta, todas ellas deben estar en competencia y equilibrio para que todas tengan oportunidad de sobrevivir (Martínez, 1995).

La diversidad del estrato arbóreo medida a través del índice de diversidad de Simpson, resultó ser más alta en el bosque de encino del Parque Estatal Chapa de Mota con 0.79, no así para el bosque de encino-pino del Parque Natural Sierra de Nanchititla que presentó 0.78. Los resultados obtenidos en este trabajo coinciden con los reportados por Martínez (1995); Martínez-Cruz et al., (2009); Rubio-Licona et al., 2011; Pérez (2012) en bosques de encino y pino- encino del Estado de México y otras zonas del país.

En el PECM *Quercus crassipes* fue la especie ecológicamente más importante para el bosque de encino, presentando el valor de importancia más alto (117.72), seguida por *Quercus crassifolia* (45.25). Es de hacer notar que a pesar de que ambas especies de encinos presentan los valores más altos de importancia relativa, *Quercus crassipes* supera notablemente a *Quercus crassifolia* ver Gráfica 2. En el cuadro 1 pueden observarse las diferencias en cuanto a los atributos estructurales para ambas especies, destaca el aporte en área basal total para esta comunidad por parte de *Quercus crassipes*.

En un estudio realizado por Figueroa y Olvera (2000), se describen cambios estructurales y de composición de especies en rodales de *Quercus crassipes* en la Sierra de Manantlán, encontrando que en el estadio adulto, *Quercus crassipes* fue la especie más importante dentro de la comunidad, esto medido a través del índice de distribución, el cual es producto de la densidad y frecuencia de cada especie y da una visión general del predominio de las especies.

En el PECM *Quercus crassifolia* es otra especie importante en el bosque de encino, un estudio realizado por Zavala (1996), en el cual determina a las especies de *Quercus* estructuralmente más importantes en la vegetación de la Sierra de Pachuca, Hidalgo, encontró que *Quercus crassifolia* es la única especie común a los cinco tipos de vegetación encontrados y que es la dominante en los bosques de pino-encino estudiados. Esta especie también se considera dominante en los bosques de

9. Discusión

pino-encino de entidades del centro del país, como Hidalgo, Puebla y Veracruz (Zavala, 1996). En el Estado de México Rubio-Licona et al. (2011), encontró que *Quercus crassifolia* y *Quercus crassipes*, presentan valores de importancia altos en un bosque de encino-pino en el municipio de Villa del Carbón.

Para el PNSN *Quercus urbanii* destaca por ser la especie ecológicamente más importante, presentando el valor de importancia más alto (95.26), le siguen *Quercus elliptica* (60.38), *Pinus pringlei* (55.96) y *Clethra mexicana* (50.91). En esta comunidad de bosque de encino-pino también destaca *Quercus urbanii* por su aportación al área basal total de la comunidad, otra especie con aporte considerable es *Pinus pringlei*, pero muy por debajo del aporte de *Quercus urbanii*. Peña-Ramírez y Bonfil (2003), señalan en un estudio realizado en la región de la montaña de Guerrero, que en el bosque de *Pinus-Quercus* y en al menos una de las dos asociaciones encontradas dentro de este, las especies dominantes son *Pinus pringlei*, *Quercus magnoliifolia* y *Quercus urbanii*, información que coincide con lo encontrado en este trabajo.

Otro estudio realizado por Guizar (1983), para el municipio de Tejupilco, refiere a un bosque de pino-encino para la Sierra de Nanchititla, en donde las especies dominantes fueron *Pinus pringlei* y *Quercus urbanii*. El valor de importancia para *Quercus urbanii* (90.66), es similar al que presenta en este estudio, ver cuadro 2. No así para *Pinus pringlei* (157.89), pues el valor encontrado está muy por debajo del reportado previamente, ver cuadro 2. Esto puede estar asociado a la extracción de árboles de *Pinus* o como se discutirá en el apartado de estructura poblacional, a la baja reincorporación de individuos jóvenes.

El encino *Quercus urbanii*, ha sido reportado también para la Reserva de la Biósfera La Michilia en el Estado de Durango (González et al., 1993), en asociación con *Pinus lumholtzii*; en estos bosques *Quercus urbanii* se encuentra dentro de las tres especies del estrato arbóreo con los valores de importancia más altos, por debajo de *Quercus rugosa* y *Pinus lumholtzii*.

La ordenación y clasificación de comunidades vegetales del municipio de San Andrés Nuxiño en el Estado de Oaxaca (Robles y Zárate, 2011), revela la presencia de dos asociación vegetales. Una de ellas conformada por *Quercus magnoliifolia* y *Quercus urbanii*, en la cual el encino *Quercus urbanii* destaca por ser la especie que presenta el valor de importancia más alto. En la otra asociación, representada por las especies de pinos *Pinus pseudostrubus* var. *oaxacana* y *Pinus*

leiophylla, *Quercus urbanii* exhibe valores de importancia por debajo de las dos especies antes mencionadas. Es importante referir la presencia de *Pinus pringlei* en esta asociación, la cual presenta un valor de importancia muy bajo.

Los altos valores de importancia relativa de los encinos parecen ser determinantes en la riqueza de varios grupos (gremios) de plantas vasculares (González-Espinosa et al., 2009), y por el contrario, la riqueza de hierbas anuales y perennes, asociadas con frecuencia a condiciones abiertas por el disturbio humano, pueden incrementarse en la medida que se reduce el predominio de los encinos.

Al respecto de lo anterior, es de hacer notar el bajo valor de importancia que mostró el encino *Quercus hintonii*, esto debido a su poca abundancia, pues en toda la superficie muestreada únicamente se presentó un individuo. Posiblemente su baja abundancia esté asociada a su límite de distribución dentro de los bosques de encino y de encino-pino en la Sierra de Nanchititla y el Estado de México. Esta especie es relevante a nivel nacional, ya que es endémica de la depresión del Balsas y específicamente del Estado de México (Romero et al., 2000). No existen estudios respecto a la composición, diversidad y estructura de las comunidades donde habita, asunto trascendental para los municipios del Estado de México, en donde ha sido reportada. Cabe señalar también, que esta especie se encuentra en la lista roja de especies amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN, 2012) y en la lista roja de encinos amenazados a nivel mundial, considerándola en peligro crítico (Oldfield y Eastwood, 2007).

Otras especies de encinos como *Quercus candicans*, *Quercus castanea*, *Quercus crassifolia*, *Quercus elliptica* y *Quercus obtusata*, reportadas en este trabajo, también se encuentran incluidas en la lista roja de encinos amenazados a nivel mundial, aunque evaluadas con menos preocupación.

Tanto en el bosque de encino como en el bosque de encino-pino se observó una dominancia en términos de densidad por parte del género *Quercus*, de acuerdo a González-Espinosa et al. (2012), en el bosque mesófilo de montaña el género *Quercus* destaca también por su riqueza, estimando la presencia de 37 especies de encinos o robles en este tipo de vegetación, seguido por géneros como *Ocotea*, *Clethra*, *Saurauia*, *Miconia*, *Inga*, *Eugenia* y *Arachnothryx*, contribuyendo cada una de estos con al menos 15 especies.

9. Discusión

Estructura del estrato arbóreo

En general la distribución de las categorías diamétricas es balanceada tanto para el bosque de encino con dominancia de *Quercus crassipes* en la localidad Las Ánimas, dentro del Parque Estatal Chapa de Mota, como para el bosque de encino-pino con dominancia de *Quercus urbanii* en la localidad Sierra de Nanchititla, dentro del Parque Natural Sierra de Nanchititla.

De acuerdo con Rozas (2002), una distribución de diámetros es balanceada si existen abundantes individuos en las clases de tamaños menores y progresivamente el número de árboles va disminuyendo hacia las clases de diámetros mayores. Este tipo de distribución es indicativa de una población estable, capaz de autoperpetuarse en el tiempo.

También se sabe que la desigualdad de tamaños diamétricos es un efecto asociado a procesos competitivos que llevan a cabo las especies, durante las diferentes etapas de desarrollo de un rodal (Olvera-Vargas y Figueroa-Rangel, 2012).

La forma de *J*-invertida en especies tolerantes a la sombra, es un patrón relacionado con especies que se regeneran o establecen por semilla a diferentes intervalos de tiempo, con una alta densidad de individuos en las categorías diamétricas más pequeñas y una disminución logarítmica a medida que aumenta el tamaño de los diámetros (Swaine et al., 1987 citado en Olvera-Vargas y Figueroa-Rangel, 2012). Esta condición puede observarse en *Quercus crassipes*, *Quercus crassifolia* y *Quercus obtusata* en el PECM y para *Quercus urbanni*, *Quercus elliptica* y *Clethra mexicana* en el PNSN.

En la clase diamétrica inferior del bosque de encino en el PECM, se observa una casi nula incorporación de especies de encinos, no así para el bosque de encino-pino del PNSN, donde *Quercus elliptica* es la especie dominante en esta categoría. En ambos bosques, otras especies también dominan, tal es el caso de *Prunus serotina* en el bosque de encino y *Clethra mexicana* en el bosque de encino-pino, que además se reconoce por ser una especie tolerante a la sombra.

En bosques dominados por *Quercus crassipes* en Cerro Grande, Sierra de Manantlán, Figueroa y Olvera (2000), encontraron que *Prunus serotina* presentó gran cantidad de individuos en las

categorías diamétricas inferiores, sin encontrar individuos de esta especie en categorías superiores a 45 cm de diámetro. Para este estudio se observa que los individuos de *Prunus serotina* no se encontraron en categorías superiores a los 7.6 cm de diámetro. Otra especie con un comportamiento similar fue *Garrya laurifolia* en el PECM y *Verbesina greenmanii* en el PNSN.

La limitada repoblación de encinos bajo su propio dosel, especialmente en sitios mésicos, sugiere que estas plantas están siendo reemplazadas por especies más tolerantes a la sombra (Abrams y Downs, 1990 citados en Figueroa y Olvera, 2000). La producción de plántulas en los bosques de encino es considerada pobre, por la escasa presencia de plántulas por unidad de superficie (Zavala, 1996).

Entre algunas de las razones del aparente fracaso de la repoblación de encinos (Johnson, 1979; Lorimer, 1993; Smith, 1993 citados en Zavala, 1996) destaca que el establecimiento natural de plántulas de encino puede variar entre años, desde ninguna hasta miles por unidad de superficie. Esto se debe, por una parte, a las diferencias en la producción de bellotas entre árboles y entre especies y, por otra, a que la germinación de semillas parece presentarse en la primavera haya o no buenas condiciones para que culmine (Johnson, 1979 citado en Zavala, 1996).

Estructura poblacional de las especies del estrato arbóreo más importantes

Las especies estructuralmente más importantes en el bosque de encino del PECM, presentaron dos patrones estructurales de distribución de las categorías diamétricas. En *Prunus serotina* y *Garrya laurifolia*, se distinguió el patrón conocido como tipo 1, que agrupa a especies con una elevada proporción de individuos en las clases más pequeñas y con una disminución gradual hacia las clases diamétricas mayores. De acuerdo a Bongers et al. (1988), las especies que con este patrón de crecimiento, presentan una buena reproducción, así como establecimiento e incorporación natural continuos.

Para los encinos *Quercus crassipes* y *Quercus crassifolia* se distinguió un patrón de tipo IV, que se caracteriza, por la presencia de bajos porcentajes de individuos en la clase diamétrica más pequeña, incrementos en las intermedias y una disminución gradual en las categorías diamétricas

9. Discusión

grandes. Este tipo de patrón, donde hay ausencia de individuos de tallas pequeñas sugiere una ausencia de incorporación de individuos jóvenes (Mejía-Domínguez et al., 2004). El encino *Quercus urbanii* en la Sierra de Nanchititla, presenta un comportamiento similar.

En el PNSN, *Quercus elliptica* y *Clethra mexicana* presentaron un comportamiento similar en el patrón estructural de distribución de las categorías diamétricas, que *Prunus serotina* y *Garrya laurifolia*, esto sugiere que la incorporación es abundante. Los conteos de plántulas de las distintas especies de encinos, dentro de los cuadros de muestreo en los distintos sitios, refuerza lo antes mencionado; ya que el número de plántulas de *Quercus elliptica* fue superior al de *Quercus urbanii* y las otras especies de encinos presentes en esa localidad.

En el caso de *Pinus pringlei* a diferencia del resto de las especies, mostró un patrón estructural de distribución de sus categorías diamétricas muy constante, esto posiblemente debido a su baja densidad con respecto al resto de las otras especies de árboles presentes.

Estructura vertical del estrato arbóreo en los bosques estudiados

Como ya fue señalado previamente en el apartado de resultados, ambas comunidades en estudio fueron divididas en substratos o categorías de altura y se analizó su relación con la densidad, cobertura y área basal respectivamente. En general se observa un patrón similar en cuando a las categorías de altura y distribución de las mismas en ambos bosques, salvo que fue el bosque de encino del PECM, en donde se presentó la mayor altura.

El bosque de encino y su relación con la densidad, evidencia la dominancia de *Quercus crassipes* en los estratos altos, ligeramente en los intermedios, donde comparte esta con *Quercus crassifolia*, no sólo en términos de densidad sino también en cobertura y área basal, esto coincidiendo con lo mencionado por Rzedowski (1978), quien señala que en bosques de encino la dominancia puede estar repartida entre varias especies del mismo género y que a menudo admiten la compañía de pinos, así como de otros árboles.

En el bosque de encino-pino del PESN, el estrato alto está dominado por *Quercus elliptica* y *Pinus pringlei*. *Quercus urbanii* que es la especie que compete a este estudio, presenta dominancia en el estrato intermedio. Diversos autores señalan que bosques con presencia de *Quercus urbanii*, no

alcanzan alturas superiores a los 10 m (Guizar, 1983; Romero, 2002 y González et al., 1993), sin embargo otros como Robles y Zárate (2011), encontraron que en la asociación *Quercus magnolifolia-Quercus urbanii*, estas especies dominaron el estrato superior con alturas entre los 10 y 15 m. Estos últimos resultados, coinciden con los encontrados en este trabajo, puesto que *Quercus urbanii* alcanzó alturas superiores a los 17 m, aunque con aportes bajos a la densidad dentro de esta categoría de altura.

De acuerdo a Rzedowski (1978), los encinares pueden ser diversos y variar en general en función del sustrato, la altitud y la humedad, señalando que en áreas más favorecidas por la humedad se presentan encinares más altos y de estructura más compleja, condición que coincide con el PNSN, en relación a otros sitios en donde se ha reportado la presencia de *Quercus urbanii*.

Como se mencionó ya, en el apartado de estructura poblacional, la gráfica de distribución vertical de la densidad relativa, muestra nula incorporación de *Quercus crassipes* en el estrato inferior para el bosque de encino del PECM, destacando la dominancia de *Prunus serotina* en el estrato bajo. Únicamente *Quercus obtusata* y *Quercus crassifolia*, se hacen presentes en este sustrato, sin embargo sus aportes son mínimos a la densidad total del sustrato, esto pudiera estar reflejando distintas estrategias de regeneración entre las diferentes especies de encinos.

Para el PNSN, en el bosque de encino-pino se observa que la dominancia en términos de densidad se encuentra repartida entre *Quercus elliptica* y *Clethra mexicana*, el encino *Quercus urbanii*, aunque con ligeros aportes, sí se hace presente en el estrato bajo.

Diversos autores han postulado que las diferencias estructurales entre encinares, incluyendo la densidad de sus especies, se asocia a la influencia de factores climáticos y edáficos (Rzedowski, 1978; Angulo, 1985; Valiente-Banuet et al., 2000; Encina y Villareal, 2002; Cotler, 2003 citados en Martínez-Cruz et al., 2009), señalando también que deben tomarse en cuenta el papel relevante de las actividades de aprovechamiento del hombre.

En lo que refiere a la distribución de la cobertura en los distintos bosques estudiados, se observó que la cobertura del estrato arbóreo en m² fue mayor en el PECM. Su relación con las distintas categorías de altura, exhiben la dominancia de *Quercus crassipes* en el estrato superior y su gran aporte a la cobertura total del bosque de encino. En el PNSN, la dominancia en términos de

9. Discusión

cobertura se concentró en el estrato intermedio y fue el encino *Quercus urbanii*, quien contribuyó con el mayor aporte, no sólo en este substrato, sino a la cobertura total del bosque de encino-pino.

En un bosque de encino-pino en el Estado de México, Rubio et al (2009), encontró que *Quercus candicans* se localiza exclusivamente en el estrato de mayor talla y que *Prunus capuli*, sólo se registró en el estrato de menor altura, condición muy similar a lo encontrado en este trabajo para el PECM con *Quercus crassipes*.

La ausencia de *Quercus crassipes* en el estrato bajo y la dominancia en términos de densidad y cobertura de *Prunus serotina*, sugiere que este encino está siendo reemplazado, por especies más tolerantes a la sombra. De acuerdo a Gonzales-Espinoza et al (2007), *Prunus serotina* es una especie poco tolerante a la sombra, sin embargo aprovecha y se establece con éxito en áreas abiertas, sus altas tasas de crecimiento le permiten formar en poco tiempo un dosel medianamente cerrado que promueve el establecimiento de otras especies tolerantes a la sombra pero intolerantes a la sequía prolongada. Aunque *Garrya laurifolia* también es considerada una especie poco tolerante a la sombra, en conjunto con *Prunus serotina*, pareciera que estas especies están siendo más tolerantes a la sombra que los encinos.

Para el PNSN, en el estrato bajo la dominancia en términos de cobertura es del encino *Quercus urbanii*, le siguen *Quercus elliptica* y *Clethra mexicana*. Es de hacer notar que la dominancia en términos de densidad no se mantiene de esta forma, pues aunque *Quercus urbanii* figura dentro de las especies dominantes, son *Quercus elliptica* y *Clethra mexicana* quienes destacan en este substrato.

El encino *Quercus crispipilis*, especie dominante en las laderas más secas de Los Altos de Chiapas, no es capaz de regenerarse en hábitats sombreados, por lo que su mayor tasa de crecimiento se registra en hábitats abiertos con moderados niveles de perturbación por pisoteo o ramoneo (Quintana-Ascencio et al., 1992). Es posible que una condición similar este sucediendo para *Quercus urbanii* y por eso presente un bajo porcentaje en cuanto a densidad en este substrato, pues se sabe que el principal factor climático que afecta la sobrevivencia y desarrollo de las plántulas de encinos puede ser la cantidad de luz disponible que llega al piso forestal (Carvell y Tryon, 1961 citado en López, 1998).

Otra especie que no figura en el estrato inferior es *Pinus pringlei*, se observa su casi nula aportación en términos de densidad y por supuesto de cobertura en dicho substrato. Como se mencionó en el apartado de composición florística, el estrato herbáceo del bosque de encino-pino, estuvo dominado por los helechos *Pteridium aquilinum* y *Pteridium arachnoideum*.

De acuerdo a Marrs et al. (2000), *Pteridium aquilinum* es una especie que posee químicos tóxicos en sus tejidos y que pueden actuar a través de la alelopatía, impidiendo la incorporación de otras especie en el sotobosque. Es posible que los efectos alelopáticos de este helecho, estén afectando el reclutamiento de *Pinus pringlei*, además de que al ser considerado un helecho con alta productividad, produce un dosel que forma una sombra profunda. Al parecer las especies de encinos presentes en el bosque de encino-pino están siendo más tolerantes a la combinación de estos efectos, pues dentro de los cuadros de muestreo, casi no se observaron plántulas de *Pinus*.

Según Rzedowski (1978), muchos pinos están asociados a estados sucesionales tempranos debido a que su establecimiento se ve favorecido en los sitios abiertos que resultan de grandes disturbios.

Sin embargo, un estudio realizado en los altos de Chiapas (Cayuela et al., 2006), en donde se analizan los efectos potenciales de la fragmentación y de la perturbación local en la pérdida de diversidad de árboles, se observa que las especies de encinos y otras latifoliadas son preferidas para la tala y que bajo regímenes intensos de perturbaciones hay una tendencia en las etapas tempranas de sucesión de ser dominadas por especies de *Pinus*, particularmente (González-Espinosa et al., 1991; Ramírez-Marcial et al., 2011; Galindo-Jaimes et al., 2002 citados en Cayuela et al., 2006). Pero si no ocurre la perturbación, las especies de encinos y latifoliadas tienden a reemplazar a los pinos hasta su muerte.

Como previamente ya fue descrito en el apartado de resultados, la distribución del área basal en las distintas categorías de altura en los bosques estudiados, mostró un porcentaje elevado de área basal relativa en las categorías de altura superiores y fue el bosque de encino del PECM quien presentó el mayor valor de área basal, esto posiblemente asociado a que fue en este bosque, donde se presentó la mayor abundancia de árboles.

9. Discusión

La estimación del área basal se usa con frecuencia en estudios forestales, ya que junto con la densidad de árboles y la altura del fuste, dan un estimado del rendimiento de la madera (Matteucci y Colma, 1982; Granados y Tapia, 1983; Rocha et al., 2006).

En el PECM, se observó la distribución del mayor porcentaje de área basal en el estrato alto, en terminos generales *Quercus crassipes* fue la especie dominante. En el estrato intermedio, otro subestrato con aportes importantes al área basal total, la dominancia estuvo compartida entre *Quercus crassipes* y *Quercus crassifolia*.

En un estudio realizado por Ramírez (2009), en un bosque de pino-encino en el municipio de Nicolás Romero, Estado de México. *Quercus crassipes* figura dentro de las especies con mayor porcentaje de área basal relativa, únicamente por debajo de *Pinus leiophylla*. Otro trabajo en un bosque de encino-pino en el municipio de Villa del Carbón (Rubio-Licona et al., 2011), encontró que *Quercus crassipes* fue la especie con el mayor porcentaje de área basal relativa. Ninguno de estos trabajos puntualiza en que categoría de altura se presentó el mayor porcentaje para la especie.

En un bosque de *Quercus rugosa* en el cerro El Águila en el Estado de Michoacán (Zacarias-Eslava et al., 2011), encontraron que *Quercus crassipes* presentó un porcentaje de área basal significativo, tan sólo por debajo de *Quercus rugosa* y que en esta especie, el área basal tiene mayor contribución a su VIR (Valor de Importancia Relativa).

Para el PNSN, el mayor porcentaje de área basal se concentró en el estrato intermedio y no en el alto a diferencia del PECM. En términos generales fue *Quercus urbanii* la especie que aportó el mayor porcentaje al área basal total en el bosque de encino-pino. Es posible que, el mayor porcentaje de área basal total, se haya concentrado en el estrato intermedio, debido a que fue en éste, en donde se encontró una mayor densidad de árboles con respecto al estrato alto.

En el trabajo realizado por Guizar (1983), *Quercus urbanii* obtuvo un porcentaje muy inferior al que se reporta en éste trabajo y a la inversa *Pinus pringlei* obtuvo un porcentaje más alto, al que se reporta aquí. Situación que ya fue discutida previamente, y que se asocia a la baja abundancia de *Pinus pringlei*, posiblemente debida a la extracción de este árbol para uso de su madera.

Estrato Arbustivo-Herbáceo

Aunque en este estudio no se incluye el estrato arbustivo dentro del análisis de la estructura de las comunidades, es importante destacar la importancia de arbustos y herbáceas, en los distintos bosques estudiados.

Se observa que la mayor riqueza de especies que conforman el estrato arbustivo, se presentó en el PECM, lo mismo sucede con las especies que conforman el estrato herbáceo. De acuerdo a Challenger (1998), el estudio del sotobosque de bosques de pino y encino, revela una comunidad muy rica en especies de arbustos y herbáceas, lo que eleva la diversidad florística total de estos bosques.

El estudio realizado por Rubio-Licona et al. (2011), en bosques con presencia de encinos en el Estado de México, encontró 10 especies de arbustos para el bosque mesófilo de montaña del municipio de Temascaltepec y 7 especies para un bosque de encino-pino del municipio de Villa del Carbón. Entre los arbustos más importantes por su abundancia, destacan *Monnina ciliolata* y *Eupatorium glabratum*, también encontrados en el bosque de encino de este trabajo.

Un estudio realizado en un bosque mesófilo de montaña de Valle de Bravo, aledaño a un bosque de pino-encino. Se observó que en los sitios conservados los estratos arbustivo y herbáceo son escasos, fundamentalmente debido a que el suelo se encuentra cubierto por una capa densa de hojarasca (López-Pérez et al., 2011).

El análisis estructural de los encinares de la sierra de Santa Rosa en Guanajuato, reporta la presencia de 14 especies de arbustos (Martínez-Cruz et al., 2009). Al menos tres de las especies reportadas en ese estudio, se encontraron en este también y fueron *Cestrum anagyris*, *Baccharis heterophylla* y *Stevia salicifolia*.

Se ha identificado a los arbustos como facilitadores en algunas etapas sucesionales en diferentes tipos de bosques, desde pinares hasta bosques de neblina. Los individuos de *Baccharis vaccinioides*, un arbusto dominante de los matorrales que se establecen en campos agrícolas abandonados, ejercen

9. Discusión

un efecto nodriza sobre las plántulas de *Quercus* spp. y *Pinus* que con el tiempo formarán el dosel de los acahuales e incluso de los bosques maduros (Rámirez-Marcial et al., 1996).

Pocos trabajos de tipo florísticos-ecológicos existen para la zona sur del Estado de México, por tal motivo, los trabajos anteriores a los que se hace referencia, únicamente describen el componente arbustivo-herbáceo de bosques similares al encontrado en el PECM. Para los bosques de encino-pino del PNSN, se tienen pocas referencias al respecto.

El trabajo realizado por Guizar (1983), se enfoca específicamente en describir el componente arbóreo, de lo que él nombra un bosque de pino-encino con dominancia de *Pinus pringlei* y *Quercus urbanii*. Su trabajo incluye únicamente 19 especies de entre arbustos y herbáceas, adicionales al componente arbóreo. De igual forma, el trabajo de Aguilar (1994), quien describe la vegetación de la zona núcleo del antes nombrado PNSN, es muy deficiente en cuanto a presentar un listado florístico completo, no sólo para el bosque de pino-encino, sino también para el resto de los tipos de vegetación encontrados.

Por tal motivo, el presente trabajo destaca por aportar un número importante a la flora del bosque de encino-pino del PNSN, pues a pesar de que la superficie de muestreo es reducida en comparación con las reportadas para otros trabajos, en bosques de encino y pino-encino, la riqueza de especies encontrada en éste, es muy alta para la superficie total muestreada.

Sin embargo, si los esfuerzos de muestreo se duplicaran, es posible que el número de especies aumente e incluso en algunas cañadas y sitios poco accesibles, se presenten especies que aún no se conocen.

Propagación

Conocer aspectos básicos de la biología de las especies en estudio es crucial para fomentar el manejo adecuado de los bosques en los que habitan. En general, se han incrementado trabajos sobre temas como germinación y crecimiento; sin embargo, el número de especies involucradas en estos estudios es reducido, esto si consideramos la cantidad importante de especies de encinos presentes en México. Muchos trabajos incluyen especies de amplia distribución como *Quercus crassipes*, quien destaca por presentar más de un trabajo que aborde alguno o varios aspectos en particular. De

otras especies como *Quercus urbanii*, no existen casi trabajos, y en el caso particular de esta especie en México, éste es el primer estudio que aborda aspectos de su biología básica, como peso de frutos, germinación, viabilidad de los mismos bajo condiciones de almacenamiento y crecimiento de plántulas en condiciones *in vitro* y de vivero.

Peso de frutos y semillas

Previo a abordar este tópico sobre los frutos y semillas de los encinos en estudio, es importante aclarar que en los resultados expuestos, el peso total del fruto incluye a la semilla, es decir la bellota sin cúpula, y la semilla corresponde al contenido dentro de la bellota o nuez, esta aclaración se hace debido a que muchos trabajos, no explican tal condición y muchas veces se hace referencia al tamaño total del fruto y no al de la semilla.

El encino *Quercus crassipes* presentó el tamaño más grande de semilla con respecto a *Quercus urbanii*. La misma condición fue observada en el peso total del fruto, donde fue también *Quercus crassipes* quien presentó el fruto de mayor tamaño, y es aquí en donde se presenta la diferencia más notable entre ambas especies.

Tanto en las comunidades boscosas de zonas templadas como en las del trópico, se ha observado que las especies pioneras tienden a presentar semillas más pequeñas que las especies tolerantes a la sombra (Troup 1921, Salisbury 1942, Foster y Janson 1985, Hammond y Brown 1995, Hewitt 1998 citados en Dalling, 2002). En las especies tolerantes a la sombra, el tamaño de la semilla que es grande, se encuentra estrechamente relacionado con las demandas que exige la sobrevivencia en la penumbra del bosque. Una semilla de mayor tamaño produce plántulas capaces de emerger a través de gruesas capas de hojarasca, permite un crecimiento muchos más rápido (hacia los estratos más luminosos del bosque) y concede defensas estructurales, morfológicas y químicas contra patógenos y herbívoros (Foster, 1986, Kitajima, 1994 citados en Dalling, 2002).

En este estudio el peso promedio de semillas de *Quercus urbanii* fue de 0.59 g y para *Quercus crassipes* de 0.98 g. En lo que concierne al peso total del fruto, *Quercus urbanii* presentó un fruto con peso promedio de 0.83 g y *Quercus crassipes* de 1.62 g.

9. Discusión

Al respecto de lo anterior, Rubio et al., (2011) realizaron un estudio en el que analizan el peso fresco de frutos y semillas de siete especies de encinos, entre las que se incluye a *Quercus crassipes*. El peso promedio de frutos y semillas que encontraron para *Quercus crassipes* fue de 2.29 g y 1.48 g respectivamente. Se observa que los frutos y semillas fueron más grandes en comparación con los reportados en este trabajo. Resulta interesante que la localidad en la que fueron colectados los frutos por Rubio et al., (2011) y los colectados en este estudio sea la misma, pues estaríamos hablando de que la procedencia de ambos resultados, corresponde a una misma población.

Dentro de una misma especie, la variación en el tamaño de las semillas puede deberse a variaciones en el número de semillas producidas por cada fruto o a condiciones ambientales particulares, por ejemplo humedad del suelo, en cuyo caso las semillas estarían compitiendo por un recurso escaso (Dalling, 2002). Se observó que dentro de una misma especie la variación en el peso es menor cuando se trabaja con las semillas (Rubio, 2006).

En ambas localidades, tanto en el PECM como en el PNSN, la producción de frutos de las especies en estudio fue muy abundante, otras especies de encinos presentes en estos bosques (*Quercus candicans*, *Quercus crassifolia*, *Quercus elliptica* y *Quercus laurina*) también tuvieron una producción considerable, por lo que el año en el que fueron recolectados puede considerarse como año semillero.

Los recursos de una planta para dar semillas son limitados. Así se tiene que la planta puede producir un gran número de semillas pequeñas o un número menor de semillas grandes (Amo et al., 2009). El número de semillas producido y su tamaño afectan la capacidad de sobrevivencia y perpetuación de las especies (Vázquez et al., 1997). Por ejemplo Bonfil (1998), concluye que la variación en el tamaño de semillas de *Quercus rugosa*, puede brindar la habilidad para establecerse en un mosaico de micrositios con diferentes condiciones físicas y bióticas, así como ampliar su nicho de regeneración.

La producción de frutos en muchas especies leñosas es periódica; alta en algunos años e interespaciada en otros con poca fructificación. Los árboles conespecíficos de un área geográfica que muestran este hábito, conocido como año semillero, comúnmente tiene una marcada sincronía en su número de semillas que llega al suelo entre un año y el siguiente (Zavala, 2001). Es posible que esta condición sea un factor que determine también el tamaño de los frutos y semillas de

encinos, tendiendo a presentar frutos y semillas más grandes durante periodos de baja producción y más pequeños durante años semilleros, tal como se ha encontrado para *Quercus crassipes* en este estudio.

El trabajo realizado por Zavala (2004), en el cual determina y compara la dinámica de la pérdida de humedad y su relación con la germinación de las bellotas de nueve especies de encinos del centro del país, mostró pesos medios mayores de 2 g. en cuatro especies y menos en las otras cinco. Las de mayor peso pertenecieron a encinos blancos (subgénero *Lepidobalanus*) y las más pequeñas (< 2 g.) fueron de encinos rojos (subgénero *Erythrobalanus*). Estos resultados coinciden con los encontrados en este estudio, pues *Quercus crassipes* y *Quercus urbanii* pertenecen al grupo de los encinos rojos y presentaron pesos promedio menores a 2 g.

La relación entre el tamaño de la semilla, la germinación y el crecimiento de plántulas, son otros tópicos que también han sido considerados en semillas de encinos. Huerta-Paniagua y Rodríguez-Trejo (2011), encontraron que el tamaño de las semillas de *Quercus rugosa* influye en la capacidad germinativa, pues conforme la semilla es de mayor tamaño, se obtiene un mayor porcentaje de germinación.

Por su parte Jiménez (1997), evaluó el efecto del tamaño de la semilla sobre la germinación y crecimiento de plántulas de cuatro especies de encinos del Ajusco, D.F. Entre las especies consideradas se encuentra *Quercus crassipes*, quien presentó un peso medio promedio de 1.62 g. resultado que coincide con el peso promedio de los frutos del Área Natural Protegida Chapa de Mota en este trabajo. En cuanto al porcentaje de germinación por rango de peso, se observó que en al menos dos de las cuatro especies estudiadas (*Quercus rugosa* y *Quercus castanea*) se presentó una tendencia a un incremento de éste conforme aumentó el tamaño de la semilla. De igual modo, se observó que el tamaño de la semilla tuvo un efecto significativo en el área foliar alcanzada por *Quercus rugosa* y *Quercus laurina*.

En otro estudio, Bonfil (1998) analiza los efectos del tamaño de semillas, reservas de cotiledones y herbívoría en la supervivencia y crecimiento de plántulas de *Quercus rugosa* y *Quercus laurina*, encontrando que ambas especies presentaron pesos promedio menores a los 2 g. 1.99 g. para *Quercus rugosa* y 1.75 g. para *Quercus laurina*. Señalando además, que de acuerdo a sus resultados,

9. Discusión

la masa fresca de las semillas puede ser considerada un buen indicador de la cantidad de reservas disponibles para el crecimiento de las plántulas. Entre sus resultados, destaca que el efecto del tamaño de la semilla, la remoción de los cotiledones y la herbívora fueron altamente significativos en la supervivencia de plántulas. Se encontró para el encino *Quercus rugosa*, que entre más grandes fueron las semillas, mayor supervivencia se presentó. Finalmente al valorar el efecto sobre el crecimiento, se evidenció que en ambas especies hay un claro efecto del tamaño de la semilla en el crecimiento de la plántula, tanto inicialmente como al final del crecimiento.

En el trabajo de Guevara y Hernández (2005), se evalúa la germinación, crecimiento postemergente y establecimiento en vivero y campo de *Quercus crassifolia*, bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos y tres tamaños de semillas. Encontraron que el período para alcanzar la germinación final fue más largo significativamente para las semillas más pequeñas. Otros autores también reportan que las semillas grandes de diversas especies de árboles, germinan más rápido que las pequeñas (Bonner y Vozzo, 1987).

Al parecer y de acuerdo a los trabajos con los cuales este estudio se compara, *Quercus urbanii* resultó ser una de las especies de encinos, que presenta el tamaño de fruto y semilla más pequeño dentro del género; incluso por debajo de *Quercus mexicana*. Zavala (2004) confirma lo anterior del total de las especies analizadas en su estudio. El peso promedio de frutos y semillas se aproxima también al encontrado por Rubio et al., (2011); en este estudio se reporta a *Quercus peduncularis* con el fruto más pequeño, sin embargo sigue siendo superior a *Q. urbanii*.

Los frutos y semillas de *Quercus urbanii* presentaron una considerable afectación por larvas de insectos. De acuerdo a lo reportado por Díaz-Fleischer et al. (2010) y por observación directa de las mismas, las larvas presentes corresponden a la familia Curculionidae. Los frutos y semillas de *Quercus crassipes* aunque presentaron también larvas, la afectación fue mínima para esta especie.

En relación a lo antes mencionado, López (2004) al estudiar la diversidad de insectos y niveles de daño en semillas de *Quercus candicans* y *Quercus crassipes*, encontró la presencia de 10 especies de insectos en las bellotas de *Quercus candicans* y 11 en las de *Quercus crassipes*. Se encontró una correlación positiva entre el tamaño de la bellota y el ataque por insectos en *Quercus crassipes*, debido a que se incrementa la disponibilidad de alimento. Se mostró también que entre más grandes son las bellotas de *Quercus crassipes* mayor biomasa y altura tienen las plántulas que derivan de

ellas, y concluye que los niveles de daño por distintos factores dependen tanto del tamaño de las bellotas como del grosor de la testa.

Se observó que el tamaño o grosor del pericarpo (no de la testa) fue menor en *Quercus urbanii*, es posible que esta condición también haya favorecido la oviposición de insectos y presencia considerable de larvas en las semillas de esta especie. No así para *Quercus crassipes* que presentó un pericarpo con mayor rigidez y grosor, comparado con el del *Quercus urbanii*.

Las estructuras externas de las semillas, como la testa o el pericarpo, pueden funcionar como una barrera contra los depredadores, pero también desempeñan otras funciones, como evitar la germinación en condiciones poco favorables, protegerlas de la invasión de hongos o evitar daños letales para el embrión (Willson, 1993 citado en López, 2004).

Lo anterior sugiere seguir realizando investigaciones que permitan conocer acerca de la diferencia funcional, entre el grosor y rigidez del pericarpo entre una especie y otra, y si también sigue mostrándose una diferencia/tendencia notable entre subgéneros como lo han mencionado Zavala (2004) y Rubio et al., (2011). Las semillas desempeñan una función fundamental, en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, la regeneración de los bosques y la sucesión ecológica (Amo et al., 2009), por tanto es crucial fomentar el trabajo con especies de encinos, ya que esto brinda una oportunidad para mejorar el uso y manejo de las distintas especies.

Germinación

Como pudo observarse en la exposición de los resultados, la calidad de la germinación fue superior en *Quercus urbanii* que en *Quercus crassipes*. El tiempo requerido para alcanzar el máximo porcentaje de germinación fue menor en *Quercus urbanii*.

Las semillas requieren condiciones estables en las que la humedad, luz, temperatura y oxígeno activen el metabolismo de la germinación (Amo et al., 2009), cada uno de estos factores externos, influye para el inicio de la germinación. Su efecto se expresa tanto en la capacidad germinativa como en la velocidad de germinación (Vázquez et al., 1997).

9. Discusión

Algunas semillas germinan rápidamente al sembrarlas, pero otras necesitan un tratamiento previo para poder germinar; y algunas lo hacen usualmente después de un largo tiempo si no son pre-tratadas (Ramírez-Marcial et al., 2012). De acuerdo con cada especie se utiliza un tratamiento previo, en este estudio se utilizó la escarificación mecánica como tratamiento pre-germinativo.

Las semillas de los encinos germinan de manera hipogea, lo cual es considerado como un mecanismo de germinación característico de especies arbóreas que producen semillas grandes, que son enterradas normalmente por ardillas y ratones y distribuidas relativamente cerca de los árboles parentales (Zavala, 2001). Esta condición fue observada en el bosque de encino del Parque Estatal Chapa de Mota, pues un número considerable de semillas y plántulas, se encontró bajo el dosel de árboles de *Quercus crassipes*, formando lo que comúnmente se conoce como banco de semillas y plántulas, principalmente en zonas que correspondieron a bordes del bosque. En el Parque Natural Sierra de Nanchititla, aunque si hubo una producción abundante de bellotas de *Quercus urbanii*, no se observaron aparentemente plántulas de semillas recién diseminadas.

Las características requeridas para la germinación de las semillas de encinos son altamente variables entre especies, especialmente entre encinos blancos y rojos (Zavala, 2001). Se ha observado que las bellotas de encinos blancos tienen poco o nulo reposo y casi siempre germinan tan pronto ocurre la diseminación; en cambio, las bellotas de los encinos rojos presentan un embrión en reposo y germinan en la siguiente primavera (Zavala y García, 1996; Bonner y Vozzo, 1987). Es posible que lo anterior no sea una condicionante para *Quercus crassipes*, pues como ya se mencionó, se observó germinación de semillas y establecimiento de pequeñas plántulas, aparentemente después de la diseminación de los frutos, bajo los árboles progenitores.

En este trabajo, se encontró que aunque *Quercus crassipes* y *Quercus urbanii* pertenecen al grupo de los encinos rojos, se observan diferencias en cuanto a sus requerimientos para la germinación. Esto era de esperarse, pues no se tiene documentado que estas especies coexistan en el bosque, dado que las exigencias ambientales que condicionan su presencia son distintas. Situación que previamente ya se comentó en el tópico de estructura de las comunidades.

Se observó que *Quercus urbanii* logró un 97.2% de capacidad germinativa, con un tiempo medio de germinación de 1.81 días. Contrario a lo anterior, *Quercus crassipes* alcanzó un 84.4% de capacidad germinativa, con un tiempo medio de germinación de 6.51 días. En ambas especies, se

observó que la capacidad germinativa aumentó después de que sus semillas pasaron por un periodo de estratificación, en caso de *Quercus crassipes* alcanzando hasta un 100% de capacidad germinativa.

En semillas de *Quercus hintonii*, encino endémico del Estado de México y que comparte características ecológicas similares a las requeridas por *Quercus urbanii* para su germinación, Romero et al., (2000) encontraron que la germinación alcanzó un 100%, iniciando un día después del establecimiento, emergiendo primero la radícula, situación análoga encontrada en *Quercus urbanii*. Otro estudio que evaluó la producción y almacenamiento de bellotas de *Quercus hintonii* de la depresión del Balsas Díaz-Pontones y Reyes-Jaramillo (2009) encontró una capacidad germinativa del 94% en semillas extraídas de bellotas recién colectadas.

En el apartado de resultados de semillas, se manifestó que las semillas de *Quercus urbanii*, presentaron un considerable número de larvas de insectos (*Curculionidae*), sin embargo en este estudio se vio que la presencia de larvas no afecta significativamente a la germinación, debido a que estos parásitos no producen daños a las zonas meristemáticas, únicamente a los cotiledones. Situación reportada también por Romero et al., (2000) en semillas de *Quercus hintonii*. Sin embargo, sí se observó que en aquellas semillas que presentaban algún tipo de daño (pudrición/mecánico) por la presencia de larvas de estos insectos y que además mantenían la testa que recubre a las semillas, había una mayor susceptibilidad al ataque de hongos patógenos. Situación que fue controlada con la limpieza oportuna de las semillas durante el monitoreo de la germinación.

En semillas de *Quercus crassipes*, López (2004) encontró que el efecto de la infestación de insectos en la germinación fue letal para las bellotas colectadas en Valle de Bravo, ya que ninguna de las semillas infestadas germinó. Por el contrario, las semillas sanas presentaron un 81.8% de germinación, requiriendo de cuatro semanas para alcanzar el 50.8% de germinación. Estos resultados se aproximan a los obtenidos en este estudio, pues las semillas de *Quercus crassipes* colectadas en el Parque Estatal Chapa de Mota, estuvieron casi en su totalidad sanas, en muy pocos casos se observó la presencia de larvas.

9. Discusión

La capacidad germinativa y calidad del proceso germinativo también ha sido monitoreada en otras especies de encinos en el Estado de México, en un estudio realizado por Rubio (2006), se encontró en semillas de *Quercus candicans* y *Quercus crassifolia* provenientes de los municipios de Temascaltepec y Villa del Carbón, capacidades germinativas de 72 % y 98.66 % respectivamente, con un tiempo medio de germinación de 3.14 y 3.95 días para cada una.

Los resultados presentados en este estudio también concuerdan con los reportados por Ramírez (2009), quien encontró un 92.8% de capacidad germinativa con un tiempo medio de germinación de 3.64 días para *Quercus obtusata* y un 98.8% de capacidad germinativa con un tiempo medio de germinación de 3.17 días para *Quercus castanea*. Sus semillas también fueron colectadas en el municipio de Villa del Carbón y Nicolás Romero.

El estudio de Pérez (2012), evaluó el comportamiento germinativo de *Quercus crassipes*, de semillas provenientes de Valle de Bravo, Estado de México. La máxima capacidad germinativa alcanzada fue de 96.4% con un tiempo medio de germinación de 3 días. Sus resultados apuntan a una mayor calidad germinativa en relación a los resultados encontrados en este estudio, la germinación aquí comienza el día 2 después de su establecimiento, a diferencia de Pérez (2012), que reportó su inicio al día 1.

En relación a lo anterior, se sabe que cada especie de una comunidad vegetal tiene mecanismos de germinación característicos que responden al efecto de la selección natural inducida por las condiciones ambientales predominantes sobre la naturaleza y fisiología de las semillas (Vázquez et al., 1997).

Hasta aquí, en el total de trabajos revisados (con excepción del trabajo de López, 2004) se aplicó el uso de la escarificación mecánica, es decir, la remoción total del pericarpo de las nueces de las distintas especies de encinos. Se observa que este tratamiento pre-germinativo favorece la capacidad germinativa alcanzada por las distintas especies, pues los porcentajes de germinación son altos, todos superiores al 70%.

La germinación de las semillas de la mayoría de las especies de árboles nunca es del 100%, por eso siempre es necesario establecer más semillas a germinar para asegurar la producción del número de plantas que se desea obtener (Ramírez-Marcial et al., 2012).

Bajo condiciones naturales, las bellotas de los encinos quedan depositadas en el suelo después de la diseminación y pueden germinar tan pronto las condiciones climáticas son apropiadas (Zavala, 2001). Pocos árboles como ha sido registrado en algunas especies de encinos, carecen de un estado de reposo en sus semillas cuando estas se encuentran en el suelo (Zavala, 2001). De hecho Bonfil (1998) señala que su hipótesis sobre la no-dormancia en encinos, tendría implicaciones como un medio de escape a la depredación postdispersión de las semillas.

Un estudio sobre propagación de árboles nativos para la recuperación de bosques del Estado de Chiapas (Ramírez-Marcial et al., 2012), incluye información sobre los tiempos requeridos para la germinación de 17 especies de encinos. El único tratamiento pre-germinativo utilizado, fue el remojo en agua fría, no se utilizó la escarificación mecánica y la siembra fue directa. Se observó que los días requeridos para la germinación de las distintas especies, osciló entre los 30 y 120 días. Las especies que requirieron del mayor número de días para germinar fueron *Quercus candicans* y *Quercus segoviensis* con entre 100 a 120 días para la primera y 90 a 100 para la segunda, por su parte las especies que requirieron del menor número de días para germinar fueron *Quercus ocoteifolia* y *Quercus skutchii* con 30 a 35 días y 30 a 45 días respectivamente. El resto de las especies se mantuvo en el rango de 50 a 70 días necesarios para la germinación.

Otros estudios que no utilizan la escarificación mecánica (eliminación completa del pericarpo) como método pre-germinativo, muestran como tendencia, un mayor número de días necesarios para la germinación y una disminución en la capacidad germinativa. Sin embargo, es conveniente en futuros estudios, profundizar sobre las implicaciones de remover el pericarpo de las semillas, en la supervivencia y crecimiento de plántulas en condiciones de laboratorio y campo.

Algunos ejemplos son el trabajo de Jiménez (1997), quien evaluó la germinación y crecimiento de plántulas de cuatro especies de encinos del Ajusco, para conocer si existe una relación entre las variables antes mencionadas y el tamaño de las semillas. Encontró que *Quercus crassipes* presentó un porcentaje de germinación alto con un 95% en promedio para las tres distintas clases de tamaño en semillas utilizadas. Sin embargo, el tiempo requerido para alcanzar el 50% de la germinación fue de 78 días. Por su parte Velázquez (1995), al evaluar el crecimiento de *Quercus crassipes* en condiciones de vivero, bajo diferentes sustratos e intensidades de luz, reportó un 73% de germinación final obtenido a los 35 días después de su establecimiento.

9. Discusión

El análisis sobre la efectividad de algunos tratamientos pre-germinativos para ocho especies leñosas (entre las que se encuentran dos especies de encinos) de la mixteca alta oaxaqueña con características relevantes para la restauración (Martínez et al., 2006), mostró resultados inferiores a los reportados en éste y otros trabajos. Las dos especies de encinos incluidas fueron *Quercus deserticola* y *Quercus castanea*, para la primera no había reportes de posible latencia física, pero para la segunda sí, por lo que a ésta se le aplicó escarificación mecánica utilizando una lija hasta que el endospermo o embrión fueron visibles. Las semillas de *Quercus castanea* presentaron una germinación total de 49%, mientras que el control tuvo un total de 69%. Las de *Quercus deserticola*, a las que no se aplicó ningún tratamiento, presentaron un porcentaje de germinación del 53%. Los tiempos requeridos para alcanzar el 50% de la germinación, fueron 30 y 40 días respectivamente.

En general se observa que son escasos los trabajos sobre tópicos como germinación y crecimiento que incluyan a especies de distintas zonas del país, la mayor parte de estos se concentran en los estados del centro, con excepción del trabajo de Ramírez-Marcial et al., (2012), que incluye especies exclusivas del Estado de Chiapas y algunas otras que también se encuentran presentes en otras zonas del país, y que además son consideradas de amplia distribución.

Para *Quercus crassipes* la cantidad de trabajos va en aumento, es posible que esto se deba a que en parte, es considerada una especie de amplia distribución y que además se encuentra en los bosques cercanos a las principales ciudades del centro del país. De esta forma los esfuerzos para poder estudiar aspectos sobre su biología básica son menores, si comparamos con especies que existen en bosques de difícil acceso. Por tanto esta especie de encino, debe ser considerada prioritaria en proyectos de conservación y restauración de zonas forestales en el Estado de México, sobre todo en bosques que se encuentran bajo algún estatus de protección, pues estos sitios representan importantes reservorios de germoplasma. En el caso de especies como *Quercus urbanii*, que presentan distribución restringida dentro del territorio estatal y nacional, se sugiere profundizar y promover futuras investigaciones, que permitan conocer más sobre aspectos básicos de su biología, a fin de establecer estrategias de manejo.

Viabilidad de semillas en condiciones de almacenamiento

Un problema señalado por diversos autores y que dificulta el almacenamiento de semillas de encinos es su carácter recalcitrante, debido a que son intolerantes a la desecación. Las semillas mueren cuando se secan con un contenido de humedad inferior al 25% de su peso fresco (Bonner y Vozzo, 1987; Camacho, 1994; Zavala y García, 1996; Zavala, 2001).

Según Camacho (1994), las semillas con estas características, generalmente germinan poco después de ser liberadas por la planta madre, en caso de que no germinen y aunque no se sequen, sobreviven de pocas semanas a unos cuantos meses. De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, sí es posible que semillas recalcitrantes como las de los encinos, puedan ser almacenadas por más de un año.

El almacenamiento de semillas de los encinos *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes*, mostró un incremento en la capacidad germinativa de ambas especies, esto después de haber sido sometidas a estratificación (almacenamiento en refrigeración). Alcanzando porcentajes de germinación superiores a los de semillas que no pasaron por algún periodo de almacenamiento (recién colectadas en campo) y logrando capacidades germinativas de hasta 99% para *Quercus urbanii* y de 100% para *Quercus crassipes*.

En el encino *Quercus urbanii* se observó que después de ser almacenadas sus semillas por al menos dos meses, la capacidad germinativa mejora notablemente, por lo que es entre los meses dos y seis cuando se presenta el mejor vigor del lote de semillas. Después del mes ocho, la calidad del proceso germinativo comenzó a disminuir, pues la capacidad germinativa se vio reducida y el tiempo para alcanzar la germinación aumentó. En semillas con diez meses de almacenamiento se observaron indicios de descomposición, esto pudo estar ligado también con la presencia de hongos, posiblemente vinculados con la descomposición de larvas de la familia Curculionidae, que como ya se había comentado en el tópico de frutos y semillas, su presencia fue muy abundante en esta especie, sin afectar la calidad de la germinación.

Para el encino *Quercus crassipes* la mejor calidad de proceso germinativo se alcanzó a los 10 meses de almacenamiento, aún después de un año de estratificación la calidad del proceso

9. Discusión

germinativo fue muy buena. En general se observó que el almacenamiento de sus semillas, favoreció la calidad del proceso germinativo. Debido a la cantidad de semillas disponibles durante la temporada de colecta, fue posible monitorear el almacenamiento después de dos años, se observó que la capacidad germinativa se mantuvo, modificándose ligeramente el tiempo medio de germinación, sin afectar la calidad del proceso. Cabe mencionar que de todos los trabajos que hasta el momento se han realizado para monitorear el almacenamiento de semillas de encinos en México, es aquí en donde se ha alcanzado el mayor tiempo de almacenamiento para el género. Es posible que esto se haya logrado, debido a que en general las semillas al ser colectadas se observaron muy sanas, la presencia de larvas fue mínima y los daños mecánicos casi nulos.

Es necesario conocer si la estratificación tiene alguna relación con el desarrollo y vigor de plantas obtenidas a partir de semillas almacenadas, sobre este tópico también existe poca información en México, es posible que sea nula.

El estudio realizado por Olvera (2004), en el que evalúa el efecto del almacenamiento de las semillas de *Quercus rugosa* y *Quercus crassipes* bajo impermeabilización con barniz y cera, y su relación con la pérdida de viabilidad, encontró que en *Quercus crassipes* fue imposible aplicar el tratamiento de cera, debido a la alta humedad que presentaron las semillas, y que con la aplicación de barniz, todos los tratamientos (0%, 50%, 75%, 90%, 100%) perdieron agua a un ritmo y velocidad parecidos, la pérdida total de agua estuvo entre 36.72% para semillas cubiertas con 50% de barniz y 39.1% para las que no se cubrieron, por lo que este método no funciona como impermeabilizante para mantener la viabilidad de las semillas en ambas especies. El tratamiento con cera para *Quercus rugosa* presentó diferencias significativas entre el tratamiento donde no se cubrieron las semillas. La pérdida de agua a 62 días del almacenamiento fue mayor en las semillas que no se cubrieron 16.82% y la menor pérdida se presentó en las semillas cubiertas en un 100% con 6.41% de pérdida total de agua. En general se observó que las semillas de *Quercus crassipes* perdieron el doble de humedad que las semillas de *Quercus rugosa*, por lo que las anteriores perdieron su capacidad germinativa en una mayor proporción, el registro de germinación en *Quercus crassipes* fue cero en todos los casos. Concluye que la importancia del intercambio gaseoso, incluso en condiciones de almacenamiento parece tener gran importancia en semillas de encinos.

En relación a lo encontrado por Olvera (2004), es posible que la viabilidad en semillas de *Quercus urbanii* en éste estudio, haya sido más corta porque esta especie presentó un pericarpo más delgado en comparación con *Quercus crassipes*, y aunque no se realizó un análisis como tal, de manera cualitativa sí se observó una diferencia notable. Pudiera resultar lógico que una cubierta más gruesa esté asociada a una menor pérdida de humedad y por tanto, las semillas de *Quercus crassipes* pudieran permanecer más tiempo en estratificación. Sin embargo, la información de Olvera (2004) ofrece un escenario aún más complejo, luego de analizar la estructura del pericarpo con observaciones en microscopio electrónico de barrido de *Quercus crassipes* y *Quercus rugosa*, encontró que aunque ambas especies presentan tres capas en su pericarpo, fueron más anchas en *Quercus crassipes* y que a pesar de las características anteriores, no se puede relacionar el ancho del pericarpo con la pérdida de agua en las semillas, porque fue precisamente *Quercus crassipes* quien presentó el pericarpo más ancho y fue esta especie la que perdió más rápidamente el contenido de agua.

En México los estudios sobre este tópico son casi nulos, urge indagar al respecto de la importancia del pericarpo en la pérdida de agua y viabilidad de las semillas de encinos.

En otras semillas de encinos también se ha monitoreado la viabilidad en condiciones de almacenamiento Rubio (2006), encontró que semillas de *Quercus candicans* mejoran sus características germinativas, incrementando gradualmente el porcentaje de germinación a partir de los tres meses de almacenamiento, el mejor porcentaje de germinación se obtuvo a los nueve meses de estratificación, logrando la mayor calidad germinativa, pues las semillas requirieron de menos tiempo para germinar. En *Quercus crassifolia* observó una condición similar, pues fue después de tres meses de refrigeración cuando mejoró el proceso germinativo y cuando se logró la mejor calidad. Se encontró también que a los seis y nueve meses las semillas conservan una buena capacidad germinativa y que después de un año de almacenamiento el proceso germinativo es ya muy deficiente.

Por su parte Ramírez (2009), reportó que semillas de *Quercus obtusata* presentaron nula viabilidad después de haber sido almacenadas, señala que a los tres meses de almacenamiento las semillas presentaban signos de descomposición, pese a esto seleccionó las de mejores características y estableció en cámara de germinación, observando que a los tres días del establecimiento, todo el

9. Discusión

lote estaba completamente muerto y la germinación no ocurrió. Repitió el ensayo con una nueva colecta, en la que únicamente almacenó por un tiempo de 30 días, transcurrido este tiempo monitoreó nuevamente la viabilidad y encontró que al igual que las semillas anteriores, estas tendieron a la descomposición y la germinación tampoco ocurrió. Por otro lado, encontró que para *Quercus castanea* la viabilidad de semillas estratificadas, se mantuvo durante los meses del monitoreo de la misma, presentándose la germinación incluso a los doce meses del almacenamiento, sin embargo señala que la calidad del proceso se vio disminuida, pues las semillas tardaron más en alcanzar la germinación.

De acuerdo a los resultados obtenidos por Ramírez (2009), pareciera que las recomendaciones hechas (Young y Young, 1992 citado por Zavala, 2004), al respecto de no almacenar las bellotas de encinos blancos, ya que pierden su viabilidad rápidamente o que sólo deben almacenarse días o semanas y las de los encinos rojos que sólo deben almacenarse no más de seis meses, aplican para las especies que estudió. Sin embargo, a partir de los resultados obtenidos en este trabajo, se recomienda no generalizar, pues aunque las especies estudiadas no corresponden a la sección de encinos blancos, sí se lograron mantener viables en condiciones de almacenamiento por más de un año.

Al respecto de lo anterior Zavala (2008), encontró que en semillas de dos encinos blancos (sección *Quercus*), *Quercus rugosa* y *Quercus glabrescens* la viabilidad de las bellotas almacenadas de las dos especies de encinos disminuyó, pero más rápidamente en *Quercus glabrescens* que ya no mostró ejemplares viables desde el décimo mes, en tanto que para *Quercus rugosa* se calculó 7.5% de viabilidad después de quince meses. Se observa que a diferencia de los resultados obtenidos por Ramírez (2009), quien observó la no posibilidad de almacenar semillas de *Quercus obtusata*, aquí sí se logran almacenar frutos de encinos blancos. La técnica de almacenamiento es muy similar en ambos estudios, incluso la misma que se utiliza en este trabajo para *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes*, únicamente cambia la utilización de bolsas por envases.

Se observa entonces que las diferencias no sólo se pueden encontrar entre secciones, ya sea que pertenezcan a la de encinos blancos (*Quercus*) o a la de encinos rojos (*Lobatae*), sino que también estas diferencias se encuentran muy marcadas a nivel de especies, y es posible que también a nivel de distintas regiones en México. Se sabe que los encinos difieren en su habilidad para producir

semillas, germinar y, para la reproducción, para tolerar la sombra, sequía y otros tipos de estrés (Larsen y Johnson, 1998), por tanto resulta lógico que exista una infinidad de posibles combinaciones ante tan diverso escenario.

En otro estudio Zavala (2004), determina y compara la dinámica de la disminución del contenido de humedad y los cambios concomitantes en la germinación de nueve especies de encinos del país, e indaga las implicaciones de su posible almacenamiento y aspectos relacionados con su regeneración. Las semillas de las distintas especies se expusieron a pérdida de humedad durante siete semanas, simulando encontrarse en el piso forestal. Encontró que las bellotas analizadas perdieron peso, y por tanto humedad de manera rápida en la primera semana y menos acentuadamente en las semanas siguientes. De todas las especie evaluadas, *Quercus crassifolia* fue la especie que perdió más contenido de humedad, que las demás especies. Sus datos registrados sobre la germinación de bellotas recién colectadas, mostraron porcentajes que variaron del 80% al 100%, condición muy similar a lo encontrado en este estudio para *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes*. Advirtió que las especies responden de distinta manera ante la pérdida de humedad, pues encontró variadas respuesta en la germinación según lo cual identificó tres grupos de especies, sensibles, moderadamente sensibles y resistentes a la desecación. Finalmente encuentra, que la resistencia a la desecación no depende del subgénero, como tampoco del tiempo involucrado en el desarrollo de las bellotas.

En semillas de *Quercus hintonii*, el encino endémico del Estado de México Díaz-Pontones y Reyes-Jaramillo (2009), encontraron que en condiciones de laboratorio las semillas de este encino, pierden su viabilidad antes de 30 días, con un porcentaje de germinación de 4.5%. Mientras que los frutos recién colectados y almacenados en envases de plástico a 7°C con humedad relativa constante de 33% mantienen la capacidad germinativa en un 94% por más de 48 días.

Los trabajos antes referidos, revelan la importancia del estudio de semillas de las distintas especies de encinos, pues cada especie presenta requerimientos específicos en cuanto a sus condiciones de almacenamiento. De manera general se observa que se puede prolongar la sobrevivencia de las bellotas en refrigeración, las cuales logran mantener una alta capacidad y calidad germinativa en distintos periodos de tiempo, a una temperatura promedio entre los 5 °C y los 7°C.

9. Discusión

El presente estudio arroja información relevante para *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes*, ya que a partir de la información que aquí se presenta, se plantea la posibilidad de realizar la planeación de la conservación de los distintos bosques en los que estas especies habitan. Se sugiere que en los distintos bosques del Estado de México y específicamente en aquellos que se encuentran protegidos, se establezca un monitoreo permanente de la viabilidad de semillas de encinos y otras especies forestales.

Crecimiento en cámara de germinación

La fase de plántula es una de las etapas más importantes del ciclo de vida de las plantas, especialmente de aquellas leñosas que basan su regeneración en la producción de semillas (Zavala, 2001). Tanto la producción de semillas como el crecimiento de plántulas están integrados en el proceso de regeneración, por lo cual requieren estudiarse para derivar los conocimientos básicos que permitan conocer y aprovechar de manera persistente los recursos forestales.

Los estudios sobre plántulas de encinos en México son muy escasos (Sosa y Puig, 1987; Zavala y García, 1996, 1998 citados en Zavala 2001), lo que dificulta entender su dinámica y su papel en la regeneración. En pocas especies se ha descrito el crecimiento en condiciones de laboratorio, bajo condiciones controladas, por lo que en este estudio se presentan los resultados del monitoreo en crecimiento de *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes* durante algunos días posteriores a su germinación.

Se observó que la elongación de la radícula fue mucho mayor en *Quercus crassipes* que en *Quercus urbanii*, esto como ya se había mencionado anticipadamente en la descripción de los resultados, estuvo asociado a la calidad del proceso germinativo en *Quercus urbanii*, delimitando así los días de monitoreo previos a su trasplante a sustrato y posterior traslado a vivero.

Los modelos matemáticos que explican el crecimiento radicular en ambas especies, señalan a *Quercus urbanii* con una tasa de crecimiento de 0.216 cm/día, por unidad de tiempo, a pesar de presentar una longitud radicular más pequeña previa al trasplante en comparación con *Quercus crassipes*, quien presentó una tasa de crecimiento de 0.1409 cm/día. Estos datos revelan, que bajo

condiciones controladas en cámara de germinación, la velocidad de crecimiento radicular es distinta entre las especies.

El crecimiento radicular en las primeras etapas de desarrollo, ya se ha comenzado a evaluar en otras especies de encinos, esto con el objetivo de establecer modelos matemáticos que permitan predecir y conocer la velocidad del crecimiento radicular. Se sabe que en las semillas de encinos la gran cantidad de reservas alimenticias almacenadas, favorecen extensivamente el desarrollo de la raíz antes que el vástago (Zavala, 2001), condición observada durante los primeros días del monitoreo en ambas especies.

En el trabajo de Rubio (2006), se encontró que el modelo matemático que mejor describe el crecimiento radicular de *Quercus candicans* y *Quercus crassifolia* es de tipo polinomial de segundo orden para ambas especies. Señalando que en *Quercus candicans* la máxima longitud radicular se alcanza al día 16 después del establecimiento, con una tasa de cambio de 0.04137 cm/día, la cual después comienza a mostrar un decremento. En *Quercus crassifolia* observó un crecimiento continuo, la tasa de cambio lineal fue de 0.504 cm/día. En su estudio Rubio (2006), no reporta durante éste tiempo, la emergencia de algún brote aéreo o sistema de hojas para ninguna de las dos especies. Lo que evidencia que en estas especies, el total de las reservas cotiledonarias, son canalizadas para el desarrollo de la raíz durante esta etapa de desarrollo.

En este estudio sí se presentó la emergencia de un tallo y hojas verdaderas en *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes* durante su monitoreo en condiciones controladas, por lo que fue posible también saber cómo es que se dio su crecimiento durante los primeros días posteriores a su germinación. Encontrando que el crecimiento final fue mayor en *Quercus crassipes* que en *Quercus urbanii*, esto posiblemente asociado a que se monitoreó por más tiempo, debido a su germinación pausada. Los modelos matemáticos señalan a *Quercus crassipes* con una tasa de crecimiento de 0.1480 cm/día y a *Quercus urbanii* con 0.1024 cm/día, independientemente del tiempo de monitoreo. Estos resultados confirman las distintas estrategias de regeneración entre las especies de encinos, probablemente asociadas al tamaño de las reservas alimenticias, a la velocidad de la germinación y a las características propias de los distintos ambientes en donde habitan.

9. Discusión

Un ejemplo también son las semillas de *Quercus crassipes* colectadas en el municipio de Nicolás Romero, Estado de México por Arcos (2009), quien encontró que la máxima longitud alcanzada en condiciones controladas en cámara de germinación fue de 3.94 cm al día 18 después de su establecimiento y que el modelo matemático que mejor explica su crecimiento es de tipo lineal, condición que coincide con lo encontrado en este estudio. Sin embargo, se observa que el crecimiento fue menor en relación con los resultados de este estudio, pues las semillas colectadas en el Parque Estatal Chapa de Mota, mostraron un crecimiento en longitud radicular final de 10.2 cm en un tiempo de 27 días.

El desarrollo de *Quercus hintonii*, también fue descrito por Díaz-Pontones y Reyes-Jaramillo (2009), midiendo la longitud radicular durante los siguientes 21 días después del establecimiento. Encontró que el crecimiento radicular fue en forma exponencial en condiciones controladas de laboratorio y que en promedio la longitud radicular a éste tiempo fue de 9.13 ± 3.58 cm. Señalando también, que ya era posible observar el crecimiento de tallo y la presencia de una a tres hojas. Sus resultados coinciden con los encontrados en este estudio para *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes*, pues al día 13 y 21 respectivamente; ya eran muy evidente en la mayoría de las plántulas, la presencia de un tallo bien definido, lo mismo que las primeras hojas.

En el monitoreo del crecimiento radicular de *Quercus obtusata* y *Quercus castanea*, dos especies de encinos de amplia distribución en el territorio nacional, Ramírez (2009) encontró un crecimiento radicular mayor en *Quercus obtusata* que en *Quercus castanea*, debido a que al día 22 después de su establecimiento; el primero había alcanzado una longitud máxima de 15.3 cm y por el contrario en el segundo, la máxima longitud radicular alcanzada fue de 10.3 cm. Un aspecto muy interesante encontrado para el encino *Quercus obtusa* fue que la emergencia del tallo surge a partir de la raíz primaria y que con el paso de algunos días, surgen nuevos individuos a partir de ella.

De acuerdo con Larsen y Jonhson (1998), los factores que fomentan el desarrollo de grandes sistemas de raíces son especialmente importantes facilitando altas tasas de sobrevivencia y crecimiento en encinos. Señalan que los encinos xerófitos son más dependientes de la masa de raíz, del brote y menos dependientes de la plántula como estrategia de regeneración a diferencia de los encinos mesófitos e hidrófitos, donde las especies de encinos pueden regenerar directamente de semilla.

Se observa que en general cada especie presenta características específicas en cuanto a su desarrollo en los primeros estadios después de la germinación, haciendo evidente el uso de distintas estrategias para lograr su establecimiento, es por ello la importancia de conocer cómo es que se dan estos eventos, para cada una de las distintas especies de encinos en México, a fin de lograr un mejor entendimiento y por tanto un mejor uso y manejo.

Crecimiento en condiciones de vivero (ex situ)

Previo a la discusión de los resultados obtenidos, es importante aclarar que en ambas especies la mayoría de las semillas presentaban ya una plántula emergida, salvo algunos casos no, esto debido a que la germinación había ocurrido recientemente y previa al trasplante a vivero, esto sucedió especialmente en *Quercus crassipes* que fue la especie que presentó la germinación más lenta y pausada. Por lo que el monitoreo del crecimiento, se establece a partir de plántulas en las que previamente ya se había realizado un monitoreo en condiciones controladas en cámara de germinación.

Los resultados obtenidos, muestran a *Quercus urbanii* como la especie que alcanzó la mayor longitud en altura de tallo (10.58 cm) en comparación con *Quercus crassipes*, quien obtiene una longitud final ligeramente menor (8.83 cm). Sin embargo en relación al diámetro del tallo es *Quercus crassipes* quien se mantiene y supera durante todo el monitoreo del crecimiento a *Quercus urbanii*, con (0.23 cm) y (0.22 cm) respectivamente. Se observó que el crecimiento de estas variables se mantuvo incrementándose durante todo el monitoreo en vivero.

De acuerdo a Larsen y Johnson (1998), en el primer año las plántulas de encinos en el bosque tienden a crecer muy lentamente, a menos de que sean especies hidrófitas y en muchos casos son competidores pobres en términos de crecimiento en altura.

Los distintos modelos matemáticos obtenidos para las variables evaluadas, permiten predecir de manera clara como sería el comportamiento en cuanto al crecimiento de *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes* en condiciones de vivero, esto debido a que los valores de los distintos coeficientes de determinación son aceptables en todos los casos, explicando con un alto porcentaje el

9. Discusión

comportamiento de los datos. Sin embargo, en el caso de *Quercus urbanii*, se reconoce que los resultados deben ser interpretados cautelosamente, debido a que las condiciones ambientales bajo las cuales crecieron las plantas, no son las óptimas para la especie, sus requerimientos en cuanto a temperatura y suelo parecen ser distintos.

La asociación de las distintas variables de crecimiento medidas a través del análisis de correlación, señalan que en *Quercus urbanii* el crecimiento es más uniforme, pues se observa que los valores de R^2 son altos y significativos en todos los casos. Esto posiblemente asociado a las características fisonómicas de árboles adultos, ya que en general son árboles no muy altos, de hojas muy grandes y aparentemente con diámetros de tallo no muy grandes, Romero (2002) reporta diámetros de entre 20 y 30 cm. En el apartado de estructura se señalan la máxima altura y dap encontrados en árboles del bosque en este estudio.

La asignación de energía para el crecimiento en altura o en diámetro puede representar una compensación, ya que la ganancia en altura es importante para la competencia con los vecinos, pero el mayor diámetro es necesario para soportar tanto mecánicamente como fisiológicamente los tallos (Sumida et al., 1997). En el caso de *Quercus crassipes*, se observó también una correlación positiva y significativa entre estas variables.

Aunque no se evaluó el crecimiento de semillas estratificadas en las distintas especies, en general para *Quercus crassipes*, se observó que al igual que la capacidad germinativa y la supervivencia tendieron a aumentar notablemente después de un periodo de almacenamiento, el vigor y crecimiento de plantas también se vio favorecido, aunque estas apreciaciones únicamente se distinguieron de manera cualitativa. Al respecto de esto último, son pocos los estudios en México donde se evalúa el crecimiento de plantas de encinos provenientes de semillas estratificadas.

En experimentos llevados a cabo en invernadero, se ha observado que el crecimiento de plántulas de encinos es óptimo bajo niveles de luz intermedios: 56% para *Q. petraea* (Jarvis, 1964), 50% para *Q. douglassi* (Callaway, 1992), 68% para *Q. ilex* (Rey-Benayas, 1998) y 30% para *Q. rubra* (Phares, 1971) citados en López-Barrera et al. (2006). En relación a esto Velázquez (1995), encontró que *Quercus crassipes* es una especie que pueda adaptarse tanto a condiciones de plena luz, como a condiciones de alguna sombra (hasta 35%), lo que la sitúa como semitolerante. También señala que debe considerarse que esta especie durante los primeros meses de crecimiento, destina gran cantidad

de recursos de crecimiento al sistema radical, como estrategia de establecimiento y que se exhibe como plástica ante diferentes porciones de arena con tierra de monte en el sustrato. Lo anterior teniendo como base las nulas diferencias en altura entre todas las combinaciones, así como el buen vigor que se observó en las plantas.

El trabajo de Jiménez (1997), en donde evalúa el efecto del tamaño de la semilla, sobre el crecimiento de cuatro especies de encinos, encontró que la longitud y diámetro basal promedio a las 28 semanas de monitoreo en *Quercus crassipes* fue de 7.65 cm y 2.08 mm respectivamente y que el efecto del peso de la semilla sobre el crecimiento de plántulas es significativo para la altura y el diámetro. Mientras más grande fue la semilla, mayor fue el diámetro y la altura promedio. Sus resultados en altura y diámetro, son muy similares a los encontrados en este trabajo.

En el monitoreo del crecimiento en condiciones de vivero de *Quercus candicans* y *Quercus crassifolia* Rubio (2006), señala que *Quercus candicans* fue la especie que presentó mayor altura en comparación con *Quercus crassifolia* en un periodo de evaluación de 60 semanas, con valores superiores a los 14 cm y 13 cm de altura total respectivamente. Se observa que el crecimiento en altura de estas especies, fue superior al encontrado en este estudio para *Quercus crassipes* y *Quercus urbanii*, el tiempo de monitoreo fue ligeramente mayor en el estudio de Rubio (2006). En lo que respecta al diámetro del tallo, reporta que fue también *Quercus candicans* quien obtuvo el diámetro mayor con respecto a *Quercus crassifolia*, los máximos valores encontrados fueron de aproximadamente 0.4 cm y 0.35 cm respectivamente. Ambos valores también superiores a los alcanzados por *Quercus crassipes* y *Quercus urbanii*, con valores máximos de 0.23 cm y 0.24 cm.

El estudio de Ramírez (2009), en el que evalúa el crecimiento de *Quercus obtusata* y *Quercus castanea* en condiciones de vivero por un periodo de 6 meses, encontró que la máxima altura alcanzada por *Quercus obtusata* fue de 4.6 cm y para el diámetro del tallo fue de 1.5 mm. En lo que respecta a *Quercus castanea* la máxima altura fue de 4.84 cm y el diámetro del tallo de 1.5 mm. Las longitudes máximas en altura obtenidas son inferiores a las obtenidas para *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes*, lo mismo en relación al diámetro del tallo. Es posible que esto esté asociado a que el periodo de evaluación del crecimiento fue menor en el estudio de Ramírez (2009), en relación al tiempo de monitoreo aquí evaluado.

9. Discusión

El conocimiento de la capacidad de crecimiento de las plantas leñosas durante su estadio más vulnerable (la fase plántula), de las características intrínsecas que la determinan y de la influencia de las variables ambientales sobre este crecimiento es un requisito esencial para la regeneración de bosques (Villar et al., 2004). Además, este conocimiento es de gran utilidad para las actuaciones silvícolas de repoblación y para la conservación de bosques con presencia de encinos. Es por ello que este trabajo explora al respecto de cómo es que se da el crecimiento de *Quercus crassipes* y *Quercus urbanii* en condiciones de vivero y aunque no se evalúa la influencia de variables ambientales sobre el crecimiento de las especies en estudio, se sugiere si hacerlo en futuras investigaciones, sobre todo en *Quercus urbanii* que fue la especie que tuvo muy baja supervivencia.

Supervivencia

Durante los primeros estadios de desarrollo, la plántula se encuentra sometida a presiones selectivas con frecuencia opuestas y contradictorias. Por un lado, algunas características morfológicas y fisiológicas favorecen un crecimiento más rápido, que supone una mayor capacidad competitiva y a mediano plazo mayor supervivencia; mientras que otras características morfológicas y químicas, a menudo antagónicas a las primeras, les confieren mayor capacidad defensiva y mayor supervivencia a corto plazo (Villar et al., 2004).

Se observó que la supervivencia fue mayor en *Quercus crassipes* que en *Quercus urbanii*, sin embargo y a pesar de ello en *Quercus crassipes* se considera que fue baja en plantas provenientes de semillas recién colectadas del bosque, en comparación con lo reportado en otros trabajos (Velázquez, 1995 y Jiménez, 1997), y con lo reportado para otras especies de encinos que comparten requerimientos de hábitat similares, un ejemplo es lo reportado por Rubio (2006), quien obtiene porcentajes de supervivencia superiores al 60% en plantas de *Quercus candicans* y *Quercus crassifolia*, después de un año de monitoreo en vivero. Por su parte Ramírez (2009), encontró porcentajes de supervivencia en *Quercus obtusa* y *Quercus castanea* de 13.79% y 64.4% respectivamente.

Es posible que las semillas de *Quercus crassipes* recién colectadas en bosque a partir de las cuales se evaluó la capacidad germinativa y crecimiento en vivero, presentaran algún tipo de inmadurez de embriones, condición que pudo afectar la calidad de la germinación, así como también el vigor y supervivencia de plantas. Aunque esto es sólo una hipótesis, los resultados obtenidos del monitoreo de viabilidad de semillas estratificadas, refuerza lo antes mencionado, ya que se alcanzaron porcentajes de germinación de 100% y se observó que la supervivencia de plantas procedentes de semillas estratificadas fue superior al 80%, no así para semillas que no pasaron por algún periodo de estratificación, las cuales presentaron un 33.1% de supervivencia, ver Gráfica 36. Se considera también que posiblemente sólo requirieran pasar por un periodo de enfriamiento.

En el caso de *Quercus urbanii* la baja supervivencia era muy probable que ocurriera, dado que los requerimientos de temperatura y suelo son muy distintos en su hábitat, a los proporcionados durante su desarrollo en el vivero de la FES Iztacala. Además de que a diferencia de otras especies de encinos como *Quercus crassipes*, la distribución de *Quercus urbanii* dentro de la entidad y en general en el país es más limitada, esto pudiera estar asociado a requerimientos muy específicos para su presencia y desarrollo. Se sabe que los encinos por ejemplo, tienen diversas interacciones con hongos ectomicorrizicos (Smith y Read, 1997), pudiendo ser esta alguna de las respuestas.

También se piensa que probablemente durante el trasplante a vivero las plántulas de *Quercus urbanii*, a las cuales se les había monitoreado el crecimiento radicular y elongación del tallo en cámara de germinación, sufrieran un choque térmico al pasar a temperatura ambiente. Se consideró la aclimatación anticipadamente en laboratorio y después en vivero, previo al trasplante.

Durante el trasplante a vivero en ambas especies se realizó poda de raíz, a fin de evitar la formación de raíces estranguladoras por el limitado espacio en los recipientes en los cuales se realizó el trasplante. El objetivo de la poda también fue promover el desarrollo de raíces secundarias que favorecieran la absorción de nutrientes y agua. En las imágenes de las descripciones morfológicas a distintas edades, puede observarse el desarrollo radicular de ambas especies, ver Figuras 8 a 14. No descartamos la posibilidad de que la poda al representar una herida, pudiera haber favorecido la susceptibilidad a algún patógeno y éste al mismo tiempo influir en la supervivencia de las plantas.

9. Discusión

En observaciones hechas a las raíces de plantas que fueron consideradas muertas, los sistemas radiculares aparecieron reducidos y con necrosis. En las descripciones morfológicas a diferentes edades, se observa que es a los 3 meses de edad cuando mejor vigor presenta el sistema radicular, que con el paso del tiempo (6 y 9 meses) va perdiendo vigor y se va reduciendo, ver Figuras 12 a 14.

En la Sierra Fría de Aguascalientes Romo et al. (2007), encontraron la presencia de los hongos *Penicillium* spp y *Rhizoctonia* spp en raíces de *Quercus eduardii*, *Quercus gentryi*, *Quercus grisea* y *Quercus laeta*, sin embargo, no se han encontrado indicios de que estos sean el causante principal del declinamiento en encinos, pues este problema no está definido por un agente causal único, sino por varios factores que contribuyen a disminuir la salud del árbol (Manion, 1991 citado en Romo et al., 2007).

En plantas de *Quercus urbanii* que con el paso de los meses fueron perdiendo vigor, se observó desecación y marchitez foliar, que comenzó por el ápice y márgenes y fue avanzando hasta llegar a la nervadura principal y base, completando la marchitez de la hoja, tal y como puede observarse en la figura 11. Estos síntomas son muy parecidos a los que causa el déficit hídrico, sin embargo esta no fue la causa de muerte, puesto que el sustrato siempre se mantuvo húmedo durante el monitoreo. Se observó también que en aquellas plantas que perdieron el tallo principal, se presentaron múltiples rebrotes, ver figura 11. De acuerdo a Johnson (1975), todos los encinos tienen la capacidad de rebrotar después de la remoción del tallo y esta capacidad declina con el incremento en el tamaño de tallo y difiere ampliamente entre especies, asociado con otros factores incluyendo la edad del árbol y la calidad del sitio (Johnson, 1977 citado en Larsen y Johnson, 1998). En relación a esto último, las plantas de *Quercus crassipes* presentaron fustes limpios y salvo algunas excepciones algún rebrote, esto concuerda con lo señalado por Zavala (2001), quien señala que la producción de plántulas de encino es un proceso en el cual podemos encontrar grandes variaciones entre especies.

De acuerdo con Velázquez (1995), el diámetro basal de los árboles está directamente relacionado con su supervivencia, de ahí que tanto mejor el diámetro mejor el individuo. En este trabajo el diámetro promedio máximo fue mayor en *Quercus crassipes* y en general las plantas se observaron más vigorosas que las de *Quercus urbanii*. Las plántulas que presentan mayor diámetro usualmente tienen un abundante sistema radical (Thompson, 1984; Johnson et al., 1985; Mexal y Landis, 1990 citados en Ramírez y Rodríguez, 2004). Se ha encontrado que hay una fuerte correlación entre las

variables diámetro y supervivencia después de una plantación (South et al., 1984 citados en Ramírez y Rodríguez, 2004).

Cualesquiera que sean las causas de mortalidad en las plántulas de especies arbóreas está documentado que es muy elevada durante el primer año de vida, pero que disminuye en función de las condiciones ambientales prevalecientes (Berkowitz et al., 1995) y de las características propias de las especies (Godínez-Ibarra et al., 2007).

A manera de síntesis, se considera que *Quercus crassipes* es una especie óptima para ser propagada en vivero, a pesar de que en este estudio se obtuvo un porcentaje medianamente bajo de supervivencia a partir de semillas recién colectadas en bosque, el cual tendió a aumentar una vez que pasaron por un periodo de estratificación, superando notablemente los porcentajes reportados por Rubio (2006) y Ramírez (2009). Por lo que se coincide con lo argumentado por Velázquez (1995), al señalar que *Quercus crassipes* es una especie noble y plástica, sin demasiadas exigencias, es decir, fácil de producir, característica que la hace muy atractiva, si se suma a su importancia ecológica.

En el caso de *Quercus urbanii*, se necesita indagar más al respecto de las causas probables de mortalidad en condiciones de vivero y bosque, y los factores que rigen la demografía de plántulas de primer año de edad, ya que de acuerdo a Godínez-Ibarra et al. (2007) son de especial importancia para entender los mecanismos que permiten el mantenimiento de la reserva de plántulas en el piso forestal, sobre todo en especies con producción de semillas en períodos relativamente espaciados.

Lo ideal para *Quercus urbanii*, es establecer un vivero en el Parque Natural Sierra de Nanchititla, en donde se lleve a cabo un monitoreo permanente del crecimiento y supervivencia de esta y otras especies de encinos que coexisten en los bosques de la zona, a fin de que el crecimiento de plántulas se de en condiciones óptimas para su desarrollo, eliminando la interferencia de factores que pudieran condicionar su supervivencia. Como en este estudio, en donde pensamos que la temperatura y el suelo, fueron los principales factores abióticos que determinaron la supervivencia de *Quercus urbanii* en condiciones de vivero, en combinación con factores bióticos como la presencia de posibles patógenos.

Desarrollo morfológico a diferentes edades en *Quercus spp.*

El género *Quercus* es considerado taxonómicamente complicado, debido a la gran variedad morfológica relacionada con factores ambientales, daños ocasionados a las ramas y la edad de los individuos; tal circunstancia ha provocado confusiones en la delimitación de las especies, haciéndose necesario el estudio de las poblaciones en su hábitat (Rodríguez y Romero, 2007). Por argumentos como el anterior, es que en este trabajo se incluyen las distintas descripciones morfológicas de *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes* durante su primer año de desarrollo, a fin de identificar si desde edades tempranas se pueden distinguir patrones de variación en su morfología, ya que de acuerdo a Valencia (2004), el conocimiento sobre la riqueza del género aún es deficiente y entre los problemas que dificultan conocer el número exacto de especies se encuentra, la gran variación morfológica específica, aun dentro de un mismo individuo.

En ambas especies se observa que la raíz aumenta en diámetro entre las distintas edades, aunque es *Quercus crassipes* quien presenta el máximo diámetro a los nueve meses, es posible que esto esté relacionado con la supervivencia y con el vigor de las plantas, pues fue esta especie la que presentó la mayor supervivencia. De acuerdo a Larsen y Jhonson (1998), los grandes sistemas de raíces confieren muchas ventajas, una de ellas mayor tolerancia a la sequía, ya que los incendios típicamente remueven o matan las partes aéreas pero a menudo dejan los sistemas de raíces intactos. Según Zavala (2001), *Quercus crassipes* es una especie que aparentemente se asocia a condiciones ambientales sujetas a incendios relativamente frecuentes, de los que se desconoce su intensidad.

De acuerdo a Matsuda y McBride (1987) citados en Jiménez (1997), en la etapa inicial de desarrollo las plántulas de las especies de sitios méxicos dedican la mayor parte de sus reservas a la producción de hojas, mientras que las de sitios xéricos dedican una mayor proporción de sus reservas a la producción de raíces, ya que esto permite a la parte aérea rebrotar al concluir la temporada de secas, relacionando de esta forma la morfología de las plantas con su hábitat. En este sentido es posible que debido a lo anterior, se explique por qué en *Quercus urbanii* el desarrollo radicular es menor, ya que en su hábitat las condiciones de humedad son mayores.

Se observó que hay una relación entre el aumento en diámetro de la raíz y el crecimiento en longitud y diámetro del tallo en ambas especies, Rojas y Ramírez (1993) señalan que el tallo y la raíz son interdependientes. El primero junto con sus ramas logran tener agua y minerales a través del sistema radical y la raíz, por su parte, puede sintetizar enzimas y hormonas pero depende del tallo para que sean

transportadas las sustancias elaboradas por las hojas. Refieren que durante el principio del desarrollo, el crecimiento de la parte aérea aumenta a la par del crecimiento del sistema radical.

Los cotiledones siguen presentes en ambas especies a los tres meses de edad, sólo en *Quercus crassipes* permanecen hasta los seis meses, se piensa que la presencia de las reservas alimenticias esta relacionada también con la supervivencia de las plantas en condiciones de vivero. Al respecto de esto último Bonfil (1998), encontró que en *Quercus rugosa* y *Quercus laurina* la supervivencia fue muy reducida por la remoción de los cotiledones, demostrando que la reservas remanentes en la semilla un mes después de la germinación aun contribuyen a la supervivencia de la planta.

En *Quercus crassipes* se observa que la mayor variabilidad foliar se presenta en plantas de un año de edad, incrementándose principalmente el ancho de la hoja. De acuerdo a (Bruschi et al., 2004; Tovar-Sánchez y Oyama, 2004; González-Rodríguez y Oyama, 2005 citados en Zúñiga et al., 2009) el género *Quercus* presenta una amplia variación en la morfología de las hojas, en varias especies de encinos la diferenciación en las características foliares ocurre entre las poblaciones y dentro de un individuo. En *Quercus urbanii* la forma de la lámina es muy estable en las distintas edades, sin embargo el ancho también es el que parece aumentar.

Las observaciones del crecimiento de *Quercus crassipes* en condiciones de vivero hechas por Velázquez (1995), señalan que las hojas de plantas que estuvieron bajo sombra son más anchas y más grandes y de consistencia más suave, menos gruesas que las que se encontraban a plena luz. Al respecto de esto último, los dos trabajos siguientes enuncian cambios en la morfología foliar de algunas especies de encinos relacionados con factores ambientales.

El trabajo de Zúñiga et al. (2009), en el que estudia la variación morfológica foliar en *Quercus laeta*, encontró que existe una separación significativa en las características morfológicas foliares entre las localidades estudiadas y entre los caracteres más importantes, destacando el ancho máximo de la hoja. Señala que existen factores ambientales relacionados con las variaciones morfológicas y que el desarrollo foliar es influenciado por las condiciones ambientales prevalecientes en cada localidad de recolección, pues diferían en altitud, pendiente, exposición, tipo de vegetación y grado de perturbación.

Otro estudio que relaciona la variación morfológica foliar y factores ambientales es el de Uribe-Salas et al. (2008), el cual analiza la variación morfológica foliar de *Quercus rugosa* a lo largo de un gradiente latitudinal en México, sus resultados señalan que el pronunciado patrón clinal latitudinal norte-sur de variación morfológica, indica una fuerte diferenciación fenotípica entre las poblaciones, probablemente en respuesta al gradiente ambiental de humedad. El patrón de variación

morfológica indica que la hoja es más grande en lugares húmedos al sur, mientras que la hoja es gradualmente más pequeña hacia el norte, que es más seco y corresponde a sitios áridos.

En general se piensa que descripciones taxonómicas en edades de plántulas y juveniles en encinos, pueden ayudar también al reconocimiento de las mismas en el bosque, ya muchas veces suelen confundirse con otras especies y/o simplemente pasar desapercibidas.

10. Conclusiones

Las conclusiones de este estudio son las siguientes:

- La composición florística es mayor en el bosque de encino del Parque Estatal Chapa de Mota, no así para el bosque de encino-pino del Parque Natural Sierra de Nanchititla.
- Las comunidades estudiadas únicamente comparten cuatro especies (*Begonia gracilis*, *Tagetes lucida*, *Ipomea capillacea* y *Arbutus xalapensis*), tres con forma de vida herbácea y una con forma de vida arbórea.
- Las familias botánicas mejor representadas en ambas comunidades son Compositae, Pteridaceae, Fagaceae, Gramineae, Leguminosae y Labiatae.
- Ambos bosques en estudio presentan un estrato arbóreo diverso, cuyos valores de diversidad de Simpson presentan muy poca diferencia, no obstante es importante destacar que difieren en composición y riqueza de especies.
- Se distinguieron dos patrones de estructural poblacional en las especies del estrato arbóreo más importantes para cada una de las comunidades estudiadas.
- El bosque de encino del Parque Estatal Chapa de Mota alcanza alturas máximas de entre los 18 y 26 m, *Quercus crassipes* domina en su totalidad el estrato alto.
- El bosque de encino-pino del Parque Natural Sierra de Nanchititla alcanza alturas máximas de entre 17.92 m y los 22.2 m, *Quercus elliptica* y *Pinus pringlei* son las especies dominantes en el estrato alto.
- En el bosque de encino del Parque Estatal Chapa de Mota, el mayor número de individuos del estrato arbóreo está concentrado en el estrato bajo (0.82 a 9.18 m), con tendencia a disminuir hacia los substratos siguientes.
- En el bosque de encino-pino del Parque Natural Sierra de Nanchititla, el mayor número de individuos del estrato arbóreo está concentrado en el estrato bajo (0.8 a 9.36 m), con tendencia a disminuir hacia los substratos siguientes.

10. Conclusiones

- El estrato arbóreo del bosque de encino del Parque Estatal Chapa de Mota presenta una cobertura mayor en m² que la del bosque de encino-pino del Parque Natural Sierra de Nanchititla.
- El estrato arbóreo del bosque de encino del Parque Estatal Chapa de Mota presenta un área basal superior en m² que la del bosque de encino-pino del Parque Natural Sierra de Nanchititla.
- La composición florística del estrato arbustivo es mayor en el bosque de encino del Parque Estatal Chapa de Mota.
- La composición florística del estrato herbáceo es mayor en el bosque de encino del Parque Estatal Chapa de Mota.
- En ambas Áreas Naturales Protegidas, los bosques dominados por encinos han estado sujetos a considerables alteraciones, en donde las perturbaciones causadas por los humanos son las más importantes.
- El encino *Quercus crassipes* presenta el tamaño de fruto y semilla más grande en comparación con *Quercus urbanii*.
- En semillas recién colectadas la calidad del proceso germinativo es mejor en *Quercus urbanii* que en *Quercus crassipes*, índice de Maguire 49.9 y 19.2 respectivamente.
- La germinación en *Quercus urbanii* se inicia al día siguiente después su establecimiento alcanzando un porcentaje total 97.2% y la germinación en *Quercus crassipes* se inicia al día 2 después de su establecimiento, alcanzando un porcentaje total de 84.4%.
- Las especies difieren estadísticamente en el tiempo requerido para la germinación (TMG), *Quercus urbanii* requirió de 1.81 días y *Quercus crassipes* 6.51 días.
- Las semillas de *Quercus crassipes* pueden almacenarse por más tiempo que las de *Quercus urbanii*, ya que el tiempo óptimo de almacenamiento para *Quercus crassipes* en el cual se alcanza el mayor vigor y homogeneidad en la calidad del proceso germinativo es a los diez meses, no así para *Quercus urbanii* quien lo presenta entre los dos y seis meses.

- Las semillas de *Quercus urbanii* comienzan a mostrar signos de descomposición después de los diez meses de almacenamiento.
- Las semillas de *Quercus crassipes* se pueden considerar como moderadamente recalcitrantes, debido al tiempo bajo en cual pudieron ser almacenadas (más de dos años), sin perder viabilidad.
- La tasa de crecimiento radicular es distinta entre *Quercus urbanii* y *Quercus crassipes* bajo condiciones controladas en cámara de germinación.
- La tasa de crecimiento de tallo es distinta entre *Quercus crassipes* y *Quercus urbanii* bajo condiciones controladas en cámara de germinación.
- Las plantas de *Quercus crassipes* presentan un crecimiento más vigoroso, sin embargo al final del monitoreo del crecimiento es *Quercus urbanii* quien presenta la mayor altura.
- La supervivencia en condiciones de vivero es mayor en *Quercus crassipes* que en *Quercus urbanii* con 31.1 % y 7.43 % respectivamente.
- Únicamente *Quercus crassipes* presenta condiciones para su propagación masiva en vivero, ya que los porcentajes de supervivencia aumentan después de que sus semillas han pasado por algún periodo de estratificación.
- La supervivencia de *Quercus urbanii* es muy baja fuera de su hábitat, por lo que se recomienda establecer un vivero y monitoreo del crecimiento permanente dentro del Parque Natural Sierra de Nanchititla.
- *Quercus crassipes* presenta una mayor variabilidad morfológica, lo cual puede evidenciarse desde los 3 meses de edad.

11. Sugerencias para nuevas investigaciones

Al final de este recorrido, en el que se aproxima comprender diversos aspectos de la ecología y biología básica de dos especies de encinos, se proponen y sugieren los siguientes puntos:

- Se necesitan aumentar esfuerzos de colecta en las dos Áreas Naturales Protegidas, pero sobre todo en la Sierra de Nanchititla, a fin de tener un inventario florístico completo de la zona, pues aún no existe. Considerar los distintos tipos de vegetación y no sólo los bosques con presencia de encinos y especies de pinos.
- Desarrollar investigación en tópicos elementales como la germinación y el crecimiento de las distintas especies de encinos, pues hasta el momento el número de especies de las que se conoce alguno de estos aspectos es muy reducido y se restringe a sólo algunas zonas del país.
- Indagar más sobre la posibilidad de almacenamiento de semillas (estratificación) de las distintas especies, pues de acuerdo a estos resultados y los de otros estudios, suelen requerir tiempos diferentes de almacenamiento, por lo que es difícil homogenizar a partir de lo observado en algunas.
- En el caso del encino *Quercus urbanii* es necesario promover futuras investigaciones que permitan conocer más sobre aspectos básicos, sobre todo aquellos asociados a la regeneración de los bosques donde habita, debido a su limitada distribución en el territorio estatal y nacional.
- Promover en ambas Áreas Naturales Protegidas el establecimiento de viveros con fines de propagación de las distintas especies de encinos presentes en los bosques, mismos que pueden ser utilizados en la restauración y reforestación de áreas deterioradas y aquellas zonas impactadas por el cambio de uso de suelo a campos de cultivo abandonados, sobre todo en las zonas aledañas al Parque Estatal Chapa de Mota y en los municipios del norte del Estado de México.

11. Sugerencias para nuevas investigaciones

- El Parque Estatal Chapa de Mota, al encontrarse a escasos kilómetros del centro de población del municipio, representa un lugar estratégico para el desarrollo de educación ambiental y sensibilización para los visitantes y la población local, por lo que este es un tópico que debe ser considerado no exclusivamente desde su ámbito académico, sino también por los tomadores de decisiones del municipio y la Secretaría de Ecología del Estado de México.
- Se requiere generar investigación básica en las distintas Áreas Naturales Protegidas del Estado de México, a fin de que la información producto de dichas investigaciones, pueda servir como base para la implementación de los distintos Planes de Manejo, que regulen las actividades que puedan o no realizarse dentro de estos reservorios de biodiversidad. Actualmente el Parque Estatal Chapa de Mota no cuenta con un Plan de Manejo y desde hace algunos años el gobierno municipal autorizó el vertimiento de residuos sólidos en una sección del parque.
- Debido a que en México ninguna de las especies endémicas de encinos se encuentran reguladas por algún instrumento jurídico o norma oficial, y dada la relevancia del país al ser considerado uno de los centros de diversidad del género *Quercus* en el ámbito internacional, se hace un llamado a todos los especialistas del grupo, para implementar un diálogo-alianza que permita unir esfuerzos y conocimientos, a fin de establecer en el corto plazo una propuesta de marco normativo.

Literatura citada

Aguilar, C.J. 1994. La vegetación de la zona núcleo del parque Sierra de Nanchititla. Revista de la escuela de ciencias. 1(4):6-16pp

Amo, R. S. Del; Vergara, T.MC; Ramos, P.JM y Saiz, C.C. 2009. Germinación y manejo de especies forestales tropicales. Universidad Veracruzana. Xalapa, Veracruz. 246pp

Arcos, J.. 2009. Crecimiento de *Quercus crassipes* en diferentes mezclas de sustratos forestales. Tesis de licenciatura UNAM FESI. México. 66pp

Arriaga, L; Aguilar, V. y Alcocer, J. 2002. Aguas continentales y diversidad biológica de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México. pp

Arriaga, L.; Espinoza J.M; Aguilar, C; Martínez, E; Gómez, L. y Loa, E. (coordinadores). 2000. Regiones terrestres prioritarias de México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad. México. pp

Beck, D.E. Effect of competition on survival and height growth of red oak seedlings. USDA Forest Service. U.S.A.. 7pp

Bello, M. A.. 1994. Fenología y Biología del desarrollo de cinco especies de *Quercus*, en Paracho y Uruapan, Michoacán. Ciencia Forestal en México. 19(75):3-40pp

Bello, M. A. y Labat J. N.. 1987. Los encinos (*Quercus*) del estado de Michoacán, México. CEMCA. México. 98pp

Berkowitz, A.R; Canham, C.D. y Kelly, V.R. 1995. Competition of tree seedling growth and survival in early successional communities. Ecology. 76:1156-1158pp

Bewley, J. D. 1997. Seed Germination and Dormancy. The Plant Cell. 9:1055-1066pp

Bewley, J.D y Black, M.. 1994. Seeds physiology o development and germination. Press, New York. U.S.A.. 445pp

Boada, M y Toledo, V. M. 2003. El Planeta, Nuestro Cuerpo. La ecología, el ambientalismo y la crisis de la modernidad. FCE, SEP, CONACYT. México. 237pp

Bonfil, C. 1998. The effects of seed size, cotyledon reserves, an herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* an *Quercus laurina* (Fagaceae). American Journal of Botany. 85(1):79-87pp

Bongers, F; Pompa, J; Meave del Castillo, J y Carabias, J. 1988. Structure and floristic composition of the lowland rain forest of Los Tuxtlas, México. *Vegetatio*. 74:55-80pp

Bonner, F.T. y Vozzo J.A. Seed biology and the Technology of *Quercus*. U.S. Dept of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station. New Orleans, LA. 21pp

Camacho M. y Morales V. G. 1992. Métodos para el análisis del efecto de tratamientos sobre la germinación. INIFAP. México. 282-290pp

Camacho, M. F. 1994. Fisiología de la Germinación. En . *Semillas Forestales*. . México. 12-31pp

Camacho, M. F. 1994b. Fisiología de la Dormición. En . *Semillas Forestales*. . México. 32-40pp

Castillo, L.P; Flores, C. J; Aguirre, R. J y Yeaton, H. R. 2008. Dinámica sucesional del encinar de la sierra de Álvarez, San Luis Potosí, México. *Maderas y Bosques*. . :21-35pp

Cayuela, L; Golicher, D.J; Rey, B.M; González-Espinosa, M y Ramírez-Marcial, N. 2006. Fragmentation, disturbance and tree diversity conservation in tropical montane forests. *Journal of Applied Ecology*. 43:1172-1181pp

Ceballos, G.; Collado, E.; List, R. y Maza, H. 2004. Agua vida y naturaleza del Estado de México. Gobierno del Estado de México. México. 242pp

Challenger, A.. 1998. Utilización y Conservación de los Ecosistemas Terrestres de México Pasado Presente y Futuro. CONABIO, UNAM y Agrupación Sierra Madre, S.C.. México. 847pp

Dalling, J. W.. 2002. Ecología de Semillas. En Guariguata, M. R. y Kattan G. H.. *Ecología y conservación de Bosques Neotropicales* . 1a. Costa Rica. 345-375pp

Díaz-Fleischer, F; Hernández-Arellano, V; Sánchez-Velásquez, L; Cano-Medina, T; Cervantes-Alday, R y López-Ortega, M. 2010. Investigación preliminar de la depresión de semillas en la germinación de las bellotas de *Quercus candicans* Née. *Agrociencia*. 44:83-92pp

Díaz-Pontones, D y Reyes-Jaramillo, I. 2009. Producción y almacenamiento de bellotas de *Quercus hintonii* Warbur (Fagaceae) de la depresión del Balsas, México. *Polibotánica*. 27:131-143pp

Díaz-Pontones, D. y Reyes-Jaramillo, I. 2009. Producción y almacenamiento de bellotas de *Quercus hintonii* Warburg (Fagaceae) de la depresión del Balsas, México. *Polibotánica*. 27:131-143pp

Encina, D. J. A. y Villareal, Q. J. A. 2002. Distribución y Aspectos ecológicos del género *Quercus* (FAGACEAE), en el Estado de Coahuila, México. *Polibotánica*. 13:1-23pp

Figuroa-Rangel, B.L. y Olvera-Vargas, M. 2000. Dinámica de la composición de especies en bosques de *Quercus crassipes* H. et B. en cerro grande, sierra de manantlán, México. *Agrociencia*. 34(1):91-98pp

Figuroa-Rangel, B.L. y Olvera-Vargas, M. 2000b. Regeneration patterns in relation to canopy species composition and site variables in mixed oak forest in the Sierra de Manantlan Biosphere Reserve, México. *Ecological Research*. 15:249-261pp

Foster, S. A. 1986. On the adaptative value of large seeds for tropical moist forest trees: a review and synthesis.. *Botanical Review*. 52:260-299pp

Gaceta del Gobierno del Estado de México. 2009. Resumen ejecutivo del programa de conservación y manejo del Parque Natural Sierra de Nanchititla.. Toluca, Edo de Méx. 1-16pp

García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. Talleres de Offset Larios S.A.. México. pp

Godínez-Ibarra, O; Ángeles-Pérez, G; López-Mata, L; García-Montoya, E; Valdez-Hernández, J.I; De los Santos-Posadas, H y Trinidad-Santos, A. 2007. Lluvia de semillas y emergencia de plántulas de *Fagus grandifolia* subsp. mexicana en La Mojonera, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 78:117-128pp

Godínez-Ibarra, O.; Ángeles-Pérez, G.; López-Mata, L.; García-Moya, E.; Valdez-Hernández, J.I.; de los Santos-Posadas, H. y Trinidad-Santos, A.. 2007. Lluvia de semillas y emergencia de plántulas de *Fagus grandifolia* subsp. mexicana en La Mojonera, Hidalgo, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 78:117-128pp

González-Espinosa, M; Meave, J.A; Ramírez-Marcial, N; Toledo-Aceves, T; Lorea-Hernández, F.G e Ibarra-Manríquez, G. 2012. Los bosques de niebla de México: conservación y restauración de su componente arbóreo. *Ecosistemas*. 21:36-52pp

González-Espinosa, M; Ramírez-Marcial, N; Camacho-Cruz, A; Holz, C.S; Rey-Benayas, J.M y Parra-Vázquez, M. R. 2007. Restauración de bosques en territorios indígenas de Chiapas: Modelos ecológicos y estrategias de acción. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 80:11-23pp

González-Espinosa, M. Ramírez-Marcial, N. Galindo-Jaimes, L; Camacho-Cruz, A; Golicher, D; Cayuela, L y Rey-Benayas, J.M. 2009. Tendencias y proyecciones del uso de

suelo y la diversidad florística de Los Altos de Chiapas, México. *Investigación Ambiental*. 1(1):40-53pp

González-Zertuche, L. y Orozco-Segovia. 1996. Métodos de análisis de datos en la germinación de semillas, un ejemplo: *Manfreda brachystachya*. *Biol. Soc. Bot. Mex.*. 58:15-30pp

González, E. M; González, E. M y Cortés, O.A. 1993. Vegetación de la reserva de la biosfera "La Michilia", Durango, México. *Acta Botánica Mexicana*. 22:1-104pp

González, R. 1993. La diversidad de los encinos mexicanos. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.*. Esp. 44:125-142pp

Granados, D. y Tapia, R. 1990. Comunidades vegetales. Universidad Autónoma Chapingo. México. 235pp

Granados, D. y Tapia, R. 1983. Métodos de estudio de la vegetación. Cuadernos U.R.U.Z.A. N°2. Universidad Autónoma Chapingo. México. 58pp

Guevara, M. y Hernández, R. 2005. Germinación, crecimiento postemergente y establecimiento en vivero y en campo de *Quercus crassifolia* Humb & Bonpl. Bajo el efecto de dos tratamientos pregerminativos y tres tratamientos de semillas. Tesis de licenciatura UNAM FESZ. México. 70pp

Guizar, N.E. 1983. Estudio ecológico florístico de la vegetación del municipio de Tejupilco, Edo de México. Tesis de Ingeniería . . 109pp

Herrera, C.M., Jordano, P., López, S. L y Amat, J.A. 1994. Recruitment of a mast-fruiting, bird-dispersed tree: bridging frugivore activity and seedling establishment. *Ecological Monographs*. 64:315-344pp

Huerta-Paniagua, R y Rodríguez-Trejo, D.A. 2011. Efecto del tamaño de semilla y la temperatura en la germinación de *Quercus rugosa* Née. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 17(2):179-187pp

INE. 2001. Áreas naturales protegidas de México con decretos estatales. Instituto Nacional de Ecología-Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. México, D.F. 622pp

INEGI. 1987. Síntesis geográfica, noménclator y anexo cartográfico del Estado de México. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. México. 223pp

INEGI. 2010. Censo de población y vivienda. En <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=15>

IUCN. 2012. IUNC Red List of Threatened Species. Versión 2012.2. En <http://www.iucnredlist.org/details/30732/0>

Janzen, D. H. 1971. Seed predation by animals. *Annual Review of Ecology and Systematics*. 2:465-492pp

Jensen, W. y Salisbury, F. 1988. *Botánica*. McGraw Hill. México. 762pp

Jiménez, A. 1997. Germinación y crecimiento de plántulas de cuatro especies de encinos del ajusco D.F. Efecto del tamaño de las semillas. Tesis de licenciatura UNAM FESZ. México. 74pp

Johnson, P.S. 1975. Growth and structural development of red oak sprout clumps. *For. Sci.* 21(4):413-418pp

Johnson, P.S. 1993. Sources of oak reproduction. En Loftis, D.L. y McGee, C.E. eds. *Oak Regeneration: Serious Problems Practical Recommendations*. . U.S.A.. 112-131pp

Larsen, D.R. y Johnson, P.S. 1998. Linking the ecology of natural oak regeneration to silviculture. *Forest Ecology and Management*. 106:1-7pp

List, R; Muñozcano, M.J. y Peña, J.L. de la. 2009. Áreas Naturales Protegidas. En Ceballos, G.; List, R.; Garduño, G.; López, R.; Muñozcano, M. J.; Collado, E. y San Román, J. E. *La diversidad biológica del Estado de México, Estudio de estado*. . México. 339-350pp

Loftis, D.L. 1988. Regenerating oaks on high-quality sites, an update. En Smith, H.C.; Perkey, A.W. y Williams, J.W.E. eds. *Proceedings of the Guidelines for Regenerating Appalachian Hardwood Stands*. . U.S.A.. 199-209pp

López-Barrera, F; Manson, R.H; González-Espinosa, M y Newton, A.C. 2006. Effects of the type of montane forest edge on oak seedling establishment along forest-edge-exterior gradients. *Forest Ecology and Management*. 225:234-244pp

López-Pérez, Y; Tejero, D. D; Torres-Díaz, A.N y Luna, V. I. 2011. Flora del bosque mesófilo de montaña y vegetación adyacente en Avándaro, Valle de Bravo, Estado de México, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 88:35-53pp

López, F. 1998. Germinación y establecimiento temprano de *Quercus rugosa* y sus implicaciones en la rehabilitación de habitats pinarizados en los Altos Chiapas, México. Tesis de licenciatura UNAM Facultad de Ciencias. México. 88pp

López, L. 2004. Diversidad de insectos y niveles de daño en semillas de *Quercus candicans* Née y *Quercus crassipes* Humb. & Bonpl. en Valle de Bravo, México. Tesis de licenciatura UNAM Facultad de Ciencias. México. 71pp

Luna-José; Montalvo-Espinosa, L. y Rendón-Aguilar, B. 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. *Biol. Soc. Bot. Mex.* 72:107-117pp

Marrs, R.H; Le duc, M.G; Mitchell, R.J; Goddard, D; Paterson, S y Pakeman, R.J. 2000. The Ecology of Bracken: Its role in succession and Implications for control. *Annals of Botany*. 85:3-15pp

Martínez-Cruz, J; Téllez, V. O e Ibarra-Manríquez, G. 2009. Estructura de los encinares de la sierra de Santa Rosa, Guanajuato, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 80:145-156pp

Martínez, G. 1995. Estructura de una comunidad de *Quercus* en la Sierra de Zacualtipán Hidalgo. Tesis Licenciatura. UNAM FESI. 113pp

Martínez, M. y E. Matuda. 1979. Flora del Estado de México. Biblioteca Enciclopédica del Estado de México. México. Tomo I a III

Martínez, P. G; Orozco, S. A y Martorell, C. 2006. Efectividad de algunos tratamientos pre-germinativos para ocho especies leñosas de la mixteca alta Oaxaqueña con características relevantes para la restauración. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 79:9-20pp

Matteucci, S y Colma, A. 1982. Metodología para el estudio de la vegetación. OEA. Washington, D. C. 169pp

Mejía-Domínguez, N; Meave, J.A y Ruiz-Jiménez, C.A. 2004. Análisis estructural de un bosque mesófilo en el extremo oriental de la Sierra Madre del Sur (Oaxaca), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. 74:13-29pp

Michaels, H. J.; Benner, B.; Hartgerink, A.P.; Lee, T.D.; Rice, S.; Willson, M.F. y Bertin, R.I. 1988. Seed size variation: magnitude, distribution, and ecological correlates. *Evolutionary Ecology*. 2:157-166pp

Molofsky, J. y Augspurger. 1992. The effect of leaf litter on early seedling establishment in a tropical forest. *Ecology*. 73:68-77pp

Nixon, K. 1993. Infrageneric classification of *Quercus* (Fagaceae) and typification of sectional names. *Ann. Sci. For.* 50, Suppl 1:25-34pp

Oldfield, S y Eastwood A. 2007. The Red List of Oaks. Fauna and Flora International. Cambridge, UK. 32pp

Olvera-Figueroa, M. y Figueroa-Rangel, B.L. 2012. Caracterización estructural de bosques montanos dominados por encino en el centro-occidente de México. Ecosistemas. 21:74-84pp

Olvera-Vargas, M y Figueroa-Rangel, B.L. 2012. Caracterización estructural de bosques montanos dominados por encino en el centro-occidente de México. Ecosistemas. 21:74-84pp

Olvera, C.; Dávalos, R. y Guerrero, E. 2000. Aprovechamiento de la madera de encino en México. Madera y Bosques. 6(1):3-13pp

Olvera, M. G. 2004. Factores que participan en la viabilidad de semillas de *Quercus rugosa* L. y *Quercus crassipes*. Tesis de licenciatura UNAM, FESI. México. 48pp

Paredes, T. 2010. Influencia de factores edáficos sobre la distribución de las especies de *Quercus* (Fagaceae) y la estructura de un bosque ubicado en los municipios de Timilpan y Chapa de Mota, Estado de México. Tesis de licenciatura UNAM FESI. México. 89pp

Peña-Ramírez, V.M y Bonfil, C. 2003. Efecto del fuego en la estructura poblacional y la regeneración de dos especies de encinos (*Quercus liebmanii* Oerst. y *Quercus magnoliifolia* Neé) en la región de la montaña de (Guerrero), México. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 72:5-20pp

Pérez, D. 2012. Reintroducción de los encinos *Quercus candicans* Neé y *Quercus crassipes* Humb. & Bonpl. en un Bosque de Valle de Bravo, Estado de México. Tesis de licenciatura UNAM FESI. México. 93pp

Pineda, J. N; Bosque, S.J; Gómez, D.M y Plata, R.W. 2009. Análisis de cambio del uso de suelo en el Estado de México mediante sistemas de información geográfica y técnicas de regresión multivariantes. Una aproximación a los procesos de deforestación. Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM. 69:33-52pp

Pulido, F. 2002. Biología reproductiva y conservación: el caso de la regeneración de bosques templados y subtropicales de roble (*Quercus* spp.). Revista Chilena de Historia Natural. 75:5-15pp

Quintana-Ascencio, P.F y González-Espinosa, M. 1993. Afinidad fitogeográfica y papel sucesional de la flora leñosa, de los bosques de pino-encino de los altos de Chiapas, México. Acta Botánica Mexicana. 21:43-57pp

Quintanar, O. J. Características, propiedades y procesos de transformación de la madera de los encinos de México. INIFAP-CIRCE. Puebla, México. 194pp

Quitana-Ascencio, P.F; Ramírez-Marcial, N y González-Espinosa. 1992. Acorn removal, seedling survivorship and seedling growth of *Quercus crispipilis* in successional forest of the highlands of Chiapas, México. Bulletin of the Torrey Botanical Club. 119:6-18pp

Ramírez-Marcial N; González-Espinosa M. y García-Moya E. 1996. Establecimiento de *Pinus* spp. y *Quercus* spp. en matorrales y pastizales de Los Altos de Chiapas. Agrociencia. 30:249–257pp

Ramírez-Marcial, N; González-Espinosa, M. y García-Moya, E.. 2001. Establecimiento de *Pinus* spp. y *Quercus* spp. en matorrales y pastizales de Los Altos de Chiapas. Agrociencia. 30:249-257pp

Ramírez-Marcial, N; Luna-Gómez, A; Castañeda, O. H; Martínez-Ico, M; Camacho, C. A y González-Espinosa, M. 2012. Guía de propagación de árboles nativos para la recuperación de bosques. ECOSUR. San Cristóbal de las Casas, Chiapas. 95pp

Ramírez, B.. 2009. Contribución al estudio ecológico de dos especies de encino *Quercus obtusata* Humb. & Bonpl. y *Quercus castanea* Née, en dos localidades del Estado de México. Tesis de licenciatura UNAM FESI. México. 95pp

Ramírez, C.A y Rodríguez, T. D. 2004. Efecto de la calidad de planta, exposición y micrositio en una plantación de *Quercus rugosa*. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 10(1):5-11pp

Ramírez, N.; González, M. y Quintana P. F. 1992. Banco y lluvia de semillas en comunidades sucesionales de pino-encino de los Altos de Chiapas, México. Acta Botánica Mexicana. 20:59-75pp

Robledo, A. 1997. Germinación y crecimiento de plántulas de cuatro especies de encinos del ajusco D.F. Efecto del tamaño de las semillas. Tesis de licenciatura UNAM FESZ. México. 74pp

Robles, M. y Zárate, G. 2011. Ordenación y clasificación de las comunidades vegetales del municipio de San Andrés Nuxiño, Oaxaca. Tesis de Ingeniería Universidad Autónoma Chapingo. México. 69pp

Rocha, A.; Chávez, R.; Ramírez, A. y Cházaro, S. 2006. Comunidades: Métodos de estudio. FES Iztacala UNAM. México. pp

Rodríguez, I. S. y Romero, S. 2007. Arquitectura de diez especies de encino (*Quercus*, Fagaceae) de México. Acta Botanica Mexicana. 81:9-34pp

Rojas, G. M y Ramírez, H. 1993. Control hormonal del desarrollo de las plantas. Limusa, 2ª ed. México, D.F. 259pp

Romero, S. y Rojas, C.. 2009. Encinos. En Ceballos, G.; List, R.; Garduño, G.; López, R.; Muñozcano, M. J.; Collado, E. y San Román, J. E.. La diversidad biológica del Estado de México, Estudio de estado. . México. 187-193pp

Romero, S.; Rojas, C. y Díaz, A. 2000. *Quercus hintonii* Warb. (Fagaceae) Encino endémico de la depresión del Balsas, México y su propagación. Polibotánica. 11:121-127pp

Romero, S.; Rojas, E.C. y Aguilar M. 2002. El género *Quercus* (Fagaceae) en el estado de México. Ann. Missouri Bot. Gard.. 89(4):551-593pp

Romo, D. B; Velásquez, V. R; Siqueiros, D. M; Sánchez, M. G; De la Cerda, L.M; Moreno, R. O y Pérez, MB. E. 2007. Organismos con efecto potencial en el declinamiento de encinos de la Sierra Fría, Aguascalientes, México. Investigación y Ciencia. 39:11-19pp

Rozas, V. 2002. Estructura y patrones de regeneración del roble y el haya en un bosque maduro del litoral occidental de Cantabria. Invest. Agr.: Sist. Recur. For. 11(1):107-136pp

Rubio-Licona L.E; Romero-Rangel S. y Rojas-Zenteno C. 2011. Estructura y composición florística de dos comunidades con presencia de *Quercus* (Fagaceae) en el estado de México. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente. 17(1):77-90pp

Rubio, L. 2006. Estudio ecológico de *Quercus crassifolia* Humb. & Bonpl. y *Quercus candicans* Neé (Fagaceae) en bosques de encino del Estado de México. Tesis de licenciatura UNAM, FESI. 163pp

Rubio, L. 2009. Reintroducción experimental de *Quercus candicans* Neé (Fagaceae) en Chapa de Mota, Estado de México. Tesis de maestría UNAM FESI. México. 112pp

Rubio, L.E.; Romero-Rangel, S.; Rojas-Zenteno, E. C.; Durán-Díaz, A. y Gutierrez-Guzmán, J.C.. 2011. Variación del tamaño de frutos y semillas en siete especies de encino (*Quercus*, Fagaceae). Polibotánica. 32:135-151pp

Rzedowski, G.C. de y J. Rzedowski y colaboradores. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México, 2a ed. Instituto de Ecología A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Pátzcuaro, Michoacán. México. 1406pp

Rzedowski, Jerzy. 1978. Bosque de *Quercus*. En . Vegetación de México. México. 263-282pp

Sánchez-Rodríguez, E.V; López-Mata, L; García-Moya, E y Cuevas-Guzmán, R. 2003. Estructura, composición florística y diversidad de especies leñosas de un bosque mesófilo de montaña en la sierra de Manantlán, Jalisco. Boletín de la Sociedad Botánica de México. 73:17-34pp

SEMARNAT. 2010. (Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales). NOM-059-ECOL-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Listado de especies en riesgo. Diario Oficial de la Federación, segunda sección, Jueves 30 de diciembre de 2010. pp

Smith, S.E y Read, D.J. 1997. Mycorrhizal symbiosis. Academic Press. San Diego, California, USA. 605pp

Sumida, A; Ito, H e Isagi, Y. 1997. Trade-off between height growth and stem diameter growth for an evergreen Oak, *Quercus glauca*, in a mixed hardwood forest. *Funct. Ecol.* 11:300-309pp

Uribe-Salas, D; Sáenz-Romero, C; González-Rodríguez, A; Téllez-Valdéz, O. y Oyama K.. . Foliar morphological variation in the white oak *Quercus rugosa* Née (Fagaceae) along a latitudinal gradient in Mexico: Potential implications for management and conservation. *Forest Ecology and Management* . 256:2121-2126pp

Valencia, A y Nixon, K.C. 2004. Encinos. En García-Mendoza, M.J. y Briones-Salas, M.. Biodiversidad de Oaxaca. . México. 219-225pp

Valencia, A. S. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Biol. Soc. Bot. Méx.* 75:33-53pp

Vázquez, C.; Orozco, A.; Rojas, M.; Sánchez, M. E. y Cervantes V.. 1997. La reproducción de las plantas: Semillas y meristemos. Fondo de Cultura Económica. México. 168pp

Velazquez, J. M. 1995. Evaluación de *Quercus crassipes* Humb. & Bonpl. en vivero, bajo diferentes tipos de sustrato e intensidades de luz. Tesis de ingeniería Universidad Autónoma Chapingo. México. 110pp

Villar, R; Ruiz-Robledo, J; Quero, J.L; Poorter, H; Valladares, F y Marañón, T. En: Valladares, F. 2004. Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante. 191-227pp

Williams-Linera, G.. 2007. El Bosque de Niebla del centro de Veracruz. Ecología, historia y destino en tiempos de fragmentación y cambio climático. Instituto de Ecología, A.C. (INECOL) y CONABIO. México. 204pp

Zacarias-Eslava, L.E; Cornejo-Tenorio, G; Cortés-Flores, J; González-Castañeda, N e Ibarra-Manríquez, G. 2011. Composición, estructura y diversidad del cerro El Águila, Michoacán, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 82:854-869pp

Zavala, C. F. 1996. Repoblación natural de encinos en la sierra de Pachuca, Hidalgo. Tesis de Doctorado . Montecillo, México.148pp

Zavala, F. 2008. Efecto del almacenamiento sobre la viabilidad y la germinación de bellotas de *Quercus rugosa* y *Quercus glabrescens* . *Ciencia Forestal en México*. 33(103):15-25pp

Zavala, F. 1990. Los encinos mexicanos: un recurso desaprovechado.. México. 43-51pp

Zavala, F. 1995. Encinos y Robles Notas fitogeográficas. Universidad Autónoma Chapingo. México. 44pp

Zavala, F. 1998. Observaciones sobre la distribución de encinos en México. *Polibotánica*. 8:47-64pp

Zavala, F. 1999. Variabilidad y riqueza de encinos mexicanos. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 5(2):113-122pp

Zavala, F. 2000. El fuego y la presencia de encinos. *Ciencia Ergo Sum*. 7(3):269-276pp

Zavala, F. 2001. Introducción a la ecología de la regeneración natural de los encinos. Universidad Autónoma Chapingo. México. 94pp

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

Zavala, F. 2007. Guía de los encinos de la sierra de Tepetzotlán, México. Universidad Autónoma Chapingo. México. 89pp

Zavala, F. y García M. 1996. Frutos y semillas de encinos. Universidad Autónoma Chapingo. México. 50pp

Zúñiga, E.Á; Sánchez-González, A y Granados, S. D. 2009. Análisis de la variación morfológica foliar en *Quercus laeta* Liebm. en el parque nacional Los Mármoles, Hidalgo, México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 15(2):87-93pp

Apéndices

Formulario de los índices germinativos calculados en el estudio de propagación

Variable	Fórmula	Componentes de la Fórmula
CAPACIDAD GERMINATIVA	$CG = (Ae \times 100) / M$	CG = Capacidad Germinativa Ae = Germinación Acumulada hasta la última evaluación. M = Muestra evaluada (Total de semillas establecidas)
UNIFORMIDAD GERMINATIVA (Desviación Típica de los tiempos de germinación)	$DTG = \sqrt{[(SCG - (SPG \times SPG / SG)) / (SG - 1)]}$ $SCG = \left(\sum_{i=1}^e Pi^2 \right) Gi$ $Pi = \frac{[Ti - (Ti - 1)]}{2}$ $SPG = \sum_{i=1}^e Pi$ $SG = \sum_{i=0}^e Gi$	DTG = Desviación Típica del Tiempo de Germinación. SCG = Suma de los puntos Medios Cuadrados por germinaciones sencillas ([P1xP1xG1]+[P2xP2xG2]...+[PexPexGe]). SPG = Suma de los puntos Medios por Germinaciones Sencillas ([P1xG1]+[P2xG2]...+[PexGe]). SG = Suma de las Germinaciones Sencillas (G1+G2...+Ge=Ae). Pi = Marca clase o Punto Medio entre dos evaluaciones (i toma valores desde 1 hasta "e"). e = Número total de evaluaciones realizadas durante la incubación (última evaluación realizada). Ti = Tiempo transcurrido desde el establecimiento hasta la evaluación número "i". Gi = Germinación sencilla de la i-ésima evaluación.
TIEMPO DE GERMINACIÓN	$TMG = \frac{SPG}{SG}$	TMG = Tiempo Medio de Germinación. SPG = Suma de los Puntos Medios por Germinaciones Sencillas. SG = Suma de Germinaciones Sencillas.
CALIDAD GERMINATIVA (Índice de Maguire, 1962)	$MG = \left(\frac{G1}{T1} + \frac{G2}{T2} \dots + \frac{Ge}{Te} \right) \times \frac{100}{M}$	MG = Valor Germinativo o Índice de Maguire. Gi = Germinación Sencilla de la i-ésima evaluación. Ti = Tiempo transcurrido desde la siembra hasta la i-ésima evaluación. M = Cantidad de semillas establecidas.

Formulario de las variables calculadas en el estudio de estructura de comunidades

Variable	Fórmula	Componentes de la fórmula
FRECUENCIA	$F = \left(\frac{mi}{M} \right) \times 100$	F = Frecuencia del atributo. mi = Número de unidades muestrales en las que aparece el atributo i. M = Total de unidades maestras.
FRECUENCIA RELATIVA	$FiR = \left(\frac{Fi}{\sum Fi} \right) \times 100$	FiR = Frecuencia relativa del atributo i. Fi = Frecuencia del atributo i. $\sum \mathbf{Fi}$ = Suma de las frecuencias de todos los atributos.
DENSIDAD	$D = \left(\frac{ni}{A} \right)$	D = Densidad ni = Número de individuos. A = Área muestreada.
DENSIDAD RELATIVA	$DiR = \left(\frac{ni}{NT} \right) \times 100$	DiR = Densidad relativa del atributo i. ni = Número de individuos del atributo i. NT = Número total de individuos.
COBERTURA	$C = \left(\frac{d1+d2}{4} \right)^2 \Pi$	C = Cobertura del atributo. d1 = Primer diámetro de la cobertura de la copa. d2 = Segundo diámetro de la cobertura de la copa. Π = 3.1426
COBERTURA RELATIVA	$CiR = \left(\frac{Ci}{\sum Ci} \right) \times 100$	CiR = Cobertura Relativa del atributo i. Ci = Cobertura del atributo i. $\sum \mathbf{Ci}$ = Suma de las coberturas de todos los individuos.

<p>VALOR DE IMPORTANCIA RELATIVA</p>	$VIR = (ABiR + DiR + FiR)$ $ABi = \Pi \left(\frac{DAP}{2} \right)$ $ABiR = \frac{ABi}{ABT}$	<p>VIR= Valor de Importancia Relativa ABiR= Área Basal Relativa del atributo i. DiR= Densidad Relativa del atributo i. FiR= Frecuencia Relativa del atributo i. ABi= Área Basal del atributo i. Π= 3.1416 DAP= Diámetro a la Altura del Pecho. ABiR= Área Basal Relativa del atributo i. ABT= Área Basal Total.</p>
<p>ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SIMPSON</p>	$DS = 1 - \sum_{i=1}^s (Pi)^2$ $Pi = \frac{ni}{N}$	<p>DS= Diversidad de Simpson. ni= Número de individuos del atributo i. N= Número total de individuos.</p>

Localización de cuadros de muestro en Áreas Naturales Protegidas

Parque Natural Sierra de Nanchititla

	Cuadro 1	Cuadro 2	Cuadro 3	Cuadro 4
Altitud	1828 ms.n.m	1820 ms.n.m	1770 ms.n.m	1744 ms.n.m
Latitud	18° 52' 11.1" N	18° 52' 15.5" N	18° 56' 51.1" N	18° 51' 31.6" N
Longitud	100° 24' 45.7" W	100° 24' 31.4" W	100° 06' 57.7" O	100° 25' 51.8" O
Orientación	23° NE	115° NE	50° N-NE	360° N
Pendiente	12°	9°	13°	16°

Parque Estatal Chapa de Mota

	Cuadro 1	Cuadro 2	Cuadro 3	Cuadro 4
Altitud	2731 ms.n.m	2798 ms.n.m	2789 ms.n.m	2718 ms.n.m
Latitud	19° 48' 7.9" N	19° 48' 0.52" N	19° 48' 02.7" N	19° 48' 10.8" N
Longitud	99° 31' 7.2"	99° 31' 17.3"	99° 31' 10.2" W	99° 31" 14.7'
Orientación	65° NE	30° NW	52° NE	48° NE
Pendiente	15°	21°	16°	26°