



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

POSGRADO EN CIENCIAS  
BIOLÓGICAS

Facultad de Estudios Superiores Iztacala

**REINTRODUCCIÓN EXPERIMENTAL DE  
*Quercus candicans* NÉE (FAGACEAE) EN  
CHAPA DE MOTA, ESTADO DE MÉXICO**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE  
**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
(Biología Ambiental)

P R E S E N T A:

**LILIANA ELIZABETH RUBIO LICONA**

DIRECTORA DE TESIS: DRA. SILVIA ROMERO RANGEL

MÉXICO, D.F.

DICIEMBRE, 2009



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**

Al Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM; por el apoyo brindado para mi formación académica.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca otorgada para la realización de mis Estudios de Maestría.

A la Fundación Packard por el apoyo concedido para la adquisición de material y salidas de campo.

Muy especialmente a los miembros del Comité Tutorial:

**Dra. Silvia Romero Rangel**

**Dra. Ana Elena Mendoza Ochoa**

**Dra. Ma. Del Consuelo Bonfil Sanders**

Por su apoyo y seguimiento oportuno de mi trabajo de investigación

## AGRADECIMIENTOS

A la Dra. Silvia Romero, por haber creído en este trabajo y aceptar ser parte de él; gracias por los consejos y palabras de aliento en esta etapa de mi formación profesional.

A Luz María Aranda y Georgina García Méndez de Restauración Ecológica por el apoyo logístico, paciencia y trato amable.

A los miembros del jurado revisor: Drs. Christine Siebe, Ana Mendoza, Silvia Romero, Roberto Lindig y Consuelo Bonfil, por sus valiosas observaciones y sugerencias de mi documento de tesis.

Al Laboratorio de Edafología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala por el apoyo brindado para el procesamiento de muestras de suelo. Muy especialmente a la M. en C. Mayra Mónica Hernández Moreno por estar siempre dispuesta a atender mis dudas y mostrarse siempre más como una amiga, que como una profesora.

A la Dra. Lucy Mora del Instituto de Geología por el asesoramiento en la realización de algunas de las pruebas edafológicas.

A la Dra. Christine Siebe por el préstamo del material para la descripción de los perfiles de suelo. Agradezco sobre manera el trato cordial y la disposición para brindarme su ayuda siempre que lo requerí –y por enseñarme a valorar los suelos-.

A la Dra. Ana Mendoza por el préstamo de dataloggers, pero sobre todo por su apoyo y guía desde el momento en que ingresé a la maestría. Gracias por las charlas y los consejos de vida.

A la Dra. Consuelo Bonfil por el interés mostrado en este trabajo y por su valioso apoyo a lo largo de las diferentes etapas. Gracias por ayudarme a reconocer mis fallas y necesidades “estudiantiles”.

Al H. Ayuntamiento del Municipio de Chapa de Mota en el Estado de México, por las facilidades otorgadas para trabajar dentro del parque estatal “Chapa de Mota”.

A mis compañeros de la Maestría: Hugo, Jessica, Víctor, Karina, Mario, Lilia, Fabiola, Mayrén, Jazmín, Yared y Laura con quienes tuve la fortuna de coincidir en tiempo y espacio (aunque haya sido sólo en las clases y los viajes escolares), espero que sigamos coincidiendo. Mayrén, Laura, Beatriz, Jazmín y Yared gracias por brindarme su amistad.

### **Finalmente:**

*“Agradezco a mis queridos compañeros de carrera, anteriormente compañeros de la carrera de Biología y ahora camaradas de esta carrera que es la vida.*

Bióls. Julio Gutiérrez, Marisol Luna, Gricelda Méndez, Iliana Rodríguez, Cristhian Chagoyán, Claudia González, Rafael Martínez, Edith Aguilera, Rubén Rosaliano y Priscilla Flores (y por supuesto Beto). Mis hermanos Fidel y Estela que si bien no son biólogos por profesión, sí lo son por corazón.

*A todos ustedes GRACIAS por darme la dicha de descubrirme con tantos amigos valiosos. Sin su apoyo desinteresado en las labores de campo esta investigación no hubiese podido ser. Recuerdo con infinito agrado las jornadas de trabajo y los periodos de inanición que compartimos (perdón por no alimentarlos como se merecían pero la beca no daba para más).*

Julio y Fidel, gracias por el apoyo logístico en la planeación de las salidas al campo en esos momentos en que me faltó tiempo y cabeza para hacerlo yo misma.

*“La idea de que la ciencia sólo  
concierna a los científicos es tan  
anticientífica como es antipoético  
asumir que la poesía sólo concierne a  
los poetas.”*

*Gabriel García Márquez*

*Dedico este trabajo a...*

*Mi leal amigo y compañero Julio, por animarme en los momentos en que parecía que las obligaciones escolares y laborales me rebasaban.*

*Mi familia, porque a pesar de que este logro fue un motivo de largas ausencias, en todo momento me han expresado su comprensión y apoyo, sin más afán que verme feliz y enfrentando nuevos retos.*

*A mi hermosa sobrina que me ayudó a descubrir en mí el deseo de ser madre.*

*Con cariño para ustedes*

# INDICE

<b>RESUMEN</b>	<b>I</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>III</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>14</b>
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>15</b>
<b>EL ÁREA DE ESTUDIO</b>	<b>15</b>
<b>LA ESPECIE DE ESTUDIO</b>	<b>18</b>
<b>DISEÑO EXPERIMENTAL</b>	<b>20</b>
<b>CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL</b>	<b>21</b>
1. Perfil bioclimático de las especies de <i>Quercus</i> presentes en el cerro “Las Ánimas”	21
2. Geomorfología y caracterización edáfica	23
3. Registro de las variables micro-ambientales	24
4. Caracterización florística	25
<b>REINTRODUCCIÓN DE PLANTAS Y SIEMBRA DE SEMILLAS GERMINADAS</b>	<b>25</b>
<b>ANÁLISIS</b>	<b>27</b>
<b>RESULTADOS</b>	<b>29</b>
<b>CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL</b>	<b>29</b>
1. Perfil bioclimático de las especies de <i>Quercus</i> presentes en el cerro “Las Ánimas”	29
2. Descripción geomorfológica y patrón de disturbio en el cerro “Las Ánimas”.	32
3. Caracterización edáfica	38
4. Descripción de las variables micro-ambientales	45
5. Caracterización florística	49
<b>SIEMBRA DE SEMILLAS GERMINADAS</b>	<b>55</b>
1. Características de los frutos y semillas de <i>Q. candicans</i>	55
2. Emergencia y supervivencia	55
3. Crecimiento	56
<b>REINTRODUCCIÓN DE PLANTAS DE DOS AÑOS DE EDAD</b>	<b>60</b>
1. Características de las plantas reintroducidas	60
2. Supervivencia	60
3. Crecimiento	63
<b>DISCUSIÓN</b>	<b>73</b>
<b>ESTABLECIMIENTO DE PLÁNTULAS A PARTIR DE SEMILLAS</b>	<b>73</b>
<b>SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO</b>	<b>77</b>
<b>DETERIORO AMBIENTAL</b>	<b>84</b>
<b>LITERATURA CITADA</b>	<b>88</b>
<b>APÉNDICE I: PERFILES BIOCLIMÁTICOS DE LAS ESPECIES DE <i>Quercus</i> L.</b>	<b>101</b>
<b>APÉNDICE II: ANÁLISIS FÍSICOS DE LAS MUESTRAS COMPUESTAS DE SUELO</b>	<b>103</b>
<b>APÉNDICE III: DESCRIPCIÓN EDAFO-ECOLÓGICA</b>	<b>105</b>
<b>APÉNDICE IV: LISTAS FLORÍSTICAS</b>	<b>124</b>
<b>APÉNDICE V: DESCRIPTORES ESTADÍSTICOS</b>	<b>133</b>



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.

## Lista de figuras

No.		Pág.
1	Localización geográfica del cerro “Las Ánimas” municipio Chapa de Mota, Estado de México.	16
2	Diagrama ombrotérmico formado con los datos de las estaciones Chapa de Mota, Danxho y Jilotepec.	17
3	Temperatura promedio mínima y máxima de las estaciones Chapa de Mota, Danxho y Jilotepec.	17
4	Balance hídrico de la zona.	18
5	Morfología de <i>Quercus candicans</i> .	19
6	Esquematación de la distribución de parcelas experimentales en los dos ambientes de perturbación.	20
7	Diagrama de agrupamiento de las especies en el cerro “Las Ánimas”, en base al índice de similitud de Gower.	29
8	Distribución potencial de siete especies de encino en el C. “Las Ánimas” y zonas aledañas, en Chapa de Mota, Estado de México, México.	31
9	Histograma numérico de los porcentajes de inclinación en el C. “Las Ánimas”.	32
10	Distribución de la precipitación en Chapa de Mota, Estado de México, México.	33
11	Distribución de la temperatura en Chapa de Mota, Estado de México, México.	34
12	Evidencias de erosión hídrica.	35
13	Caracterización física del terreno en el área de estudio.	37
14	Diagrama de agrupamiento de las características edáficas, con base al porcentaje de concordancia.	40
15	Esquematación de los perfiles descritos en los dos ambientes de perturbación.	42
16	Temperatura del aire máxima, promedio y mínima en la zona abierta (ZA) y borde (B), en el Parque Estatal Chapa de Mota, Estado de México, México durante 2008.	45
17	Temperatura del suelo máxima, promedio y mínima en la zona abierta (ZA) y borde (B), en el Parque Estatal Chapa de Mota, Estado de México, México durante 2008.	46
18	Humedad relativa del aire mínima, máxima y promedio del suelo, en la zona abierta (ZA) y borde de bosque (B), en el Parque Estatal Chapa de Mota, Estado de México, México durante el 2008.	47
19	Niveles de luminosidad promedio y máxima, en la zona abierta (ZA) y borde de bosque (B), en el Parque estatal Chapa de Mota, Estado de México, México durante el 2008.	47
20	Humedad relativa promedio del suelo en la zona abierta (ZA) y borde de bosque (B), en el Parque Estatal Chapa de Mota, Estado de México, México durante 2008.	48
21	Número de familias, géneros y especies en los dos ambientes estudiados.	49
22	Familias con mayor representatividad en el borde.	50

<b>No.</b>		<b>Pág.</b>
23	Principales tipos de vegetación en los que se han reportado las especies encontradas en los dos ambientes estudiados.	50
24	Principales tipos de vegetación a los que pertenecen las especies registradas en la zona abierta (ZA) y borde (B).	51
25	Diagrama de agrupamiento de las parcelas experimentales con base en el porcentaje de concordancia.	53
26	<i>Paspalum postratum</i> , gramínea indicadora de encharcamiento de agua.	54
27	Emergencia acumulada en la zona abierta y borde durante los seis meses de monitoreo de la segunda siembra de semillas (junio 2008).	56
28	Número promedio de hojas $\pm$ error estándar en la zona abierta (ZA) y borde (B).	57
29	Tasa relativa de crecimiento del diámetro (TRCD) $\pm$ error estándar en la zona abierta (ZA) y borde (B).	58
30	Tasa relativa de crecimiento en altura (TRCA) $\pm$ error estándar en la zona abierta (ZA) y borde (B).	58
31	Tasa relativa de crecimiento en cobertura (TRCC) $\pm$ error estándar en la zona abierta (ZA) y borde (B).	58
32	Hervivoría en raíz y cotiledones, por larvas del género <i>Phyllophaga</i> y estrés hídrico, en plántulas de <i>Q. candicans</i> .	59
33	Primera plantación (octubre 2007). Porcentaje de supervivencia de <i>Q. candicans</i> en la zona abierta y borde.	61
34	Supervivencia de <i>Q. candicans</i> en los dos ambientes estudiados.	61
35	Causas de muerte en plantas de <i>Q. candicans</i> (primera plantación).	62
36	Daño por herbivoría foliar y de tallo en plantas de <i>Q. candicans</i> .	62
37	Diámetro promedio $\pm$ error estándar, de plantas de <i>Q. candicans</i> en la zona abierta (ZA) y borde (B).	63
38	Altura promedio $\pm$ error estándar, de plantas de <i>Q. candicans</i> en la zona abierta (ZA) y borde (B).	64
39	Cobertura promedio $\pm$ error estándar, de plantas de <i>Q. candicans</i> en la zona abierta (ZA) y borde (B).	64
40	Número de hojas promedio $\pm$ error estándar, de plantas de <i>Q. candicans</i> en la zona abierta (ZA) y borde (B) Octubre 2007- Diciembre 2008.	64
41	Tasa relativa de crecimiento del diámetro (TRCD) $\pm$ error estándar en la zona abierta (ZA) y borde (B).	65
42	Tasa relativa de crecimiento en altura (TRCA) $\pm$ error estándar en la zona abierta (ZA) y borde (B).	65
43	Tasa relativa de crecimiento en cobertura (TRCC) $\pm$ error estándar en la zona abierta (ZA) y borde (B).	65
44	Tasa relativa de crecimiento en diámetro (TRCD) $\pm$ error estándar en la zona abierta y borde, seis meses después de la reintroducción.	67
45	Tasa relativa de crecimiento en altura (TRCA) $\pm$ error estándar en la zona abierta y borde, seis meses después de la reintroducción.	67
46	Tasa relativa de crecimiento en cobertura (TRCC) $\pm$ error estándar en la zona abierta (ZA) y borde (B), seis meses después de la reintroducción.	67
47	Relación entre el porcentaje de emergencia de plántulas y la temperatura del suelo, en el Parque Estatal Chapa de Mota, Estado de México, México.	74

## Lista de cuadros

No.		Pág.
1	Estudios en México sobre reintroducción de especies de <i>Quercus</i> en ambientes con algún tipo de disturbio.	10
2	Parámetros empleados para generar los perfiles bioclimáticos con BIOCLIM.	22
3	Propiedades evaluadas en el estudio de fertilidad del suelo.	24
4	Descripción de las diez parcelas experimentales estudiadas en “Las Ánimas” Chapa de Mota, Estado de México, México.	32
5, 6	Evaluación de las variables químicas del suelo de acuerdo con Muñoz <i>et al.</i> , 2000.	39
7	Síntesis de la evaluación edafo-ecológica de los suelos descritos en la zona abierta (ZA) y en el borde de bosque (B) de acuerdo con Siebe <i>et al.</i> , 1996	43
8	Clasificación WRB (2007) de los suelos descritos en la zona abierta y borde.	44
9	Resultados de la prueba ANOVA para evaluar la diferencia, entre los ambientes, de las variables ambientales medidas durante un año (1 <sup>a</sup> plantación).	48
10	Resultados de la prueba ANOVA para evaluar la diferencia, entre los ambientes, de las variables ambientales medidas durante seis meses (2 <sup>a</sup> plantación).	49
11	Especies que comparten los dos ambientes de perturbación (Rzedowski y Rzedowski, 2005).	52
12	Peso promedio $\pm$ desviación estándar, de los frutos y semillas empleados en las dos siembras de semillas germinadas.	55
13	Porcentaje de emergencia y supervivencia de plántulas establecidas a partir de semillas germinadas, sembradas en Noviembre de 2007 y Junio de 2008.	55
14	Resultados de la prueba ANOVA para evaluar el efecto del ambiente en la talla final de las plántulas emergidas.	57
15	Talla de las plántulas que habían emergido dos meses después de la siembra de semillas germinadas en los dos ambientes.	57
16	Talla inicial de las plantas reintroducidas en la zona abierta y borde.	60
17	Resultados de la prueba ANCOVA para evaluar el efecto del ambiente y de la talla inicial sobre la talla final de las plantas (diámetro, altura, cobertura, y número hojas) reintroducidas en octubre de 2007, un año después de su reintroducción.	66
18	Resultados de la prueba ANCOVA para evaluar el efecto del ambiente y de la talla inicial, sobre la talla final de las plantas (diámetro, altura, cobertura, y número hojas) reintroducidas en junio de 2008, seis meses después de su reintroducción.	68
19	Matriz de correlación de las variables de crecimiento y micro-ambientales en la zona abierta.	69
20	Matriz de correlación de las variables de crecimiento y micro-ambientales en el borde.	69
21	Relación del porcentaje anual de supervivencia (1 <sup>a</sup> plantación) y emergencia de plántulas (2 <sup>a</sup> siembra) en las parcelas de la zona abierta y borde, y sus características ambientales.	72

## RESUMEN

El Estado de México se ubica en la región centro del país que es donde existe la mayor deforestación y transformación de bosques de encino. Las actividades de restauración ecológica se concentran en la reforestación de zonas abiertas con especies de pino o cedro, y en muy pocos casos se utiliza alguna especie de *Quercus*. Nuestro objetivo fue evaluar el éxito relativo de plántulas que se establecieron a partir de semillas germinadas y de plantas de dos años de edad, en dos tipos de ambientes perturbados (una zona abierta y un borde de bosque). Se reintrodujeron semillas y plantas de *Q. candicans* en los dos ambientes, llevándose a cabo el registro mensual de la sobrevivencia y el crecimiento. Adicionalmente se realizó la caracterización ambiental de los dos sitios (registro mensual de luminosidad, temperatura y humedad del aire y suelo, descripción de las características edáficas e inventario florístico).

Tras un año de la plantación, se encontró que el tipo de ambiente tuvo efecto en el incremento del diámetro de las plantas de dos años de edad; también mostró influencia en su número de hojas. En el caso de las plántulas que emergieron a partir de las semillas germinadas, el ambiente sólo tuvo efecto en el número de hojas mientras que la altura de las plántulas parece estar más relacionada con las reservas de las semillas, ya que se encontró una correlación entre las variables: peso de la semilla y altura inicial de las plántulas. La supervivencia fue muy semejante en los dos ambientes. La emergencia de plántulas fue significativamente menor en el borde de bosque.

En la zona abierta se encontró una correlación entre el contenido de humedad del suelo y el diámetro de las plantas, esto indica que una de las principales limitantes del sitio para el crecimiento de las mismas es la disponibilidad de agua. En el borde de bosque una de las principales limitantes fue la cantidad de luz, la cual se correlacionó con la altura de las plantas.

Los suelos de ambos sitios, y particularmente los de la zona abierta, presentan algunas limitantes como: baja porosidad, alta densidad aparente y escasa profundidad de desarrollo, entre otras. La riqueza fue ligeramente mayor en la zona abierta.

Con base en lo anterior, nuestros resultados sugieren que en sitios totalmente abiertos la reintroducción mixta de plantas y semillas germinadas puede ser una estrategia



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.

útil para la restauración de los bosques de encino; mientras que en el borde se recomienda la reintroducción de individuos de más de un año de edad. Realizar acciones de restauración de suelos previas a la reintroducción de *Q. candicans*, podría mejorar el éxito de las plantaciones.

## ABSTRACT

The State of Mexico is located in the central region of the country where there is further deforestation and conversion of oak forests. Ecological restoration activities are concentrated in the reforestation of open areas with species of pine or cedar, but rarely used any kind of *Quercus*. Our objective was to assess the relative success of from germinated seeds and seedlings of two years old in two types of disturbed environments (an open area and forest edge). Seeds and plants were reintroduced *Q. candicans* in both environments, monitoring out monthly record of the survival and growth. Was also monitored the environmental characterization of the two sites (monthly record of luminosity, temperature and air humidity and soil, description of soil characteristics and floristic inventory).

After a year after the planting, it was found that the type of environment had an effect on increasing the diameter of the plants of two years old, also showed influence on the number of leaves. In the case of seedlings that emerged from the germinated seeds, the environment was only effective in the number of leaves, while the height of seedlings appears to be more related to the reserves of the seeds and found a correlation between variables: seed weight and initial height of seedlings. Survival was similar in both environments. The emergence of seedlings was significantly lower in the forest edge.

In the open area found a correlation between soil moisture content and diameter of the plants, this indicates that one of the main constraints of the site for their growth is water availability. Forest on the edge of one of the main constraints was the amount of light, which was correlated with plant height.

The soils in both sites, particularly the open area, they have some limitations such as low porosity, high bulk density and developing shallow, among others. The richness of the species was slightly higher in the open zone.

Based on the previous records, our results suggest that in sites fully open the reintroduction mixed plants and germinated seeds can be a useful strategy for the restoration of oak forests, while the edge is recommended the reintroduction of individuals over one year of age. Perform soil restoration actions prior to the reintroduction of *Q. candicans*, could improve the success of plantations.



## INTRODUCCIÓN

El género *Quercus* es el más numeroso de la familia Fagaceae, en el mundo existen registradas 400 o 500 especies de encino (Nixon *et al.*, 1998; Rogers y Johnson, 1998). Debido a su amplia distribución geográfica tanto a escala mundial como nacional, es un grupo muy importante en el almacenamiento de carbono, en los ciclos del agua (son participantes activos en la infiltración) y el oxígeno en la biosfera (Baes *et al.*, 1977; Woodwell *et al.*, 1978 citados por Mur, 2003). También poseen gran importancia en el reciclaje de nutrientes, ya que la mayoría de las especies del género son de hábitos caducifolios y la abscisión de sus hojas puede aportar hasta un 70% del total anual de hojarasca, dejando disponible una gran cantidad de biomasa para la descomposición (Garrido *et al.*, 1989). En los bosques dominados por encinos, la hojarasca provee otro significativo servicio ambiental que consiste en proteger al suelo de la erosión hídrica.

Además, debido a la importancia de las especies de *Quercus* (abundancia, cobertura, biomasa, etc.) dentro de las comunidades donde se presentan, éstos poseen una gran relevancia en las interacciones bióticas, puesto que constituyen el hábitat y alimento de una gran cantidad de especies de plantas y animales (Figueroa-Rangel y Olvera-Vargas, 2000; Challenger, 2007).

Otro rasgo notable de los encinos es su adaptación a diferentes condiciones del medio como son: el relieve, la altitud, la pendiente, la exposición, el régimen climático, el tipo de roca, suelo y otros (Espejel *et al.*, 1999); a lo que se atribuye su presencia tanto en las zonas templadas como en las tropicales y subtropicales del Hemisferio Norte (Romero *et al.*, 2002; Valencia, 2004).

Las regiones montañosas de México constituyen uno de los dos centros de diversificación del género (Govarts y Frodin, 1998), Valencia (2004) reconoce 161 especies de encinos en el país; dicha riqueza biológica se expresa no sólo en el número de especies, sino también en la variedad de formas de vida -arbustos, árboles bajos y árboles altos- y hábitos que presentan –perennes o caducifolios-, así como en la diversidad de tamaños, texturas y colores de sus hojas y maderas. Los cálculos más conservadores indican que alrededor de un 60% de las especies mexicanas son endémicas (Mittermeier, 1995).

Los encinares junto con los bosques de coníferas contribuyen con casi una cuarta parte de la superficie forestal del país (Rzedowski, 1991; Morán-Villaseñor, 2002), representando así uno de los ecosistemas más importantes de la nación (Rzedowski, 1978; Figueroa-Rangel y Olvera-Vargas, 2000). Este tipo de vegetación, al igual que muchos otros, está sujeto a fuertes e históricas presiones antrópicas que resultan en su disminución o desaparición (Hernández *et al.*, 2000; Toledo *et al.*, 1989).

En 1978 Rzedowski estimaba que alrededor del 50 al 67% de los bosques de coníferas y encinos habían sido transformados, y que del 20% que originalmente ocupaban en el país sólo quedaba el 5% de su superficie. No obstante en el Inventario Nacional Forestal del periodo 2004-2009 (SEMARNAT-CONAFOR, 2009) se señala que los bosques templados (bosques oyamel, abeto, pino, encino, mixtos de pino-encino y de otras coníferas) ocupan el 24% de la superficie forestal y que alrededor del 33% de su extensión es vegetación secundaria; los datos publicados no permiten saber si dentro de dicho porcentaje se incluyen las áreas perturbadas, es decir, zonas forestales sometidas a cambios de uso del suelo, donde entre el 10 y 40% de su extensión es vegetación fragmentada que se combina con zonas agrícolas y/o pastizales (Morán-Villaseñor, 2002). En el caso particular de los bosques de *Quercus* entre el 36 y 55% se consideran comunidades secundarias o bien, “bosques abiertos” (Morán-Villaseñor, 2002; Challenger, 2007; INEGI, 2005a).

La región centro del país es el área donde la deforestación y transformación de los bosques de encino han sido más intensas (Challenger, 2007). Durante la época Colonial se talaron grandes extensiones de bosque para la instalación de cultivos y pastizales; además grandes volúmenes de madera de encino eran transportados a las zonas mineras para su utilización en los procesos de extracción de la plata (se usaba gracias a su alto potencial calorífico) (Jarquín y Herrejón, 2002; Challenger, 2007). Gran parte de las antiguas áreas agrícolas se transformaron a centros urbanos, los cuales se han expandido en las últimas décadas representando así, de manera directa o indirecta, una de las principales causas del cambio de uso de suelo en el Estado de México (Pineda-Jaimes *et al.*, 2009). Actualmente esta entidad es la más poblada del país con 14 007 495 habitantes (INEGI, 2005b).

Un trabajo reciente sobre cambio de uso de suelo en la entidad (Pineda-Jaimes *et al.*, 2009) reporta que en un periodo de nueve años (1993 a 2002), las áreas urbanas se expandieron en casi 8 000 hectáreas y que los bosques de encino fueron el tipo de

vegetación que más disminuyó su superficie; lo interesante es que sus resultados señalan que los asentamientos humanos han crecido a costa de las áreas agrícolas y que la pérdida de los encinares se refleja en un incremento de los pastizales; esto quiere decir que los bosques son talados para algún tipo de aprovechamiento de la madera, o bien para crear zonas de uso pecuario más que para la instalación de cultivos.

El aprovechamiento de la madera de las especies del género *Quercus* tiene un papel de suma importancia en la economía local de los habitantes cercanos a estos bosques, ya que obtienen diversos productos como son: leña, carbón, madera y productos no maderables que son utilizados para satisfacer sus necesidades en mayor o menor medida (Espejel *et al.*, 1999; Luna-José *et al.*, 2003). Este tipo de aprovechamiento de baja intensidad pero que se mantiene en el tiempo puede llegar a perturbar o disminuir considerablemente los bosques de encino (Challenger, 2007; Ramírez-Marcial, 2003; González-Espinosa *et al.*, 2007).

Chapa de Mota es uno de los municipios de la región norte de la entidad en el que Pineda-Jaimes y cols. (2009) señalan que ocurre la mayor pérdida de bosque de encino y mixtos de pino-encino. En este municipio ya han sido reportados casos severos de degradación de zonas anteriormente arboladas, tal es el caso del área conocida como México Chiquito donde existen numerosas cárcavas que son la modelación resultante de la erosión hídrica intensa (Herrera-Legarreta *et al.*, 2009). El proceso de deforestación en el Estado de México y por tanto en Chapa de Mota, ha tenido efectos negativos dentro de los que destacan: degradación de suelos, disminución de los mantos acuíferos al alterarse la dinámica hídrica, pérdida de biodiversidad y aparición de plagas en diversas zonas boscosas (GEM, 1999).

Los disturbios naturales dentro de las comunidades vegetales tienen la capacidad de renovar al sistema ya que liberan recursos que son fácilmente aprovechados por algunas especies (Kaufmann *et al.*, 1994; Vega y Peters, 2007). De hecho en el caso particular de los bosques de encino se ha señalado que para que éstos puedan regenerarse es necesaria la ocurrencia de algún tipo de disturbio como la caída de árboles adultos que favorezca el establecimiento de nuevos individuos (Johnson *et al.*, 2002). El problema actual es que la gran mayoría de los disturbios que actúan en los bosques son de origen antrópico y se presentan de manera amplia e intensa; éstos no liberan recursos sino que modifican

fuertemente las propiedades del sistema e impiden así su recuperación (Vega y Peters, 2007; Santos y Tellería, 2006; Sánchez, 2008b). La principal consecuencia es la degradación o perturbación<sup>1</sup> del sistema (Stanturf, 2005) cuyos principales efectos en el Estado de México ya han sido mencionados.

El paisaje forestal de la entidad está constituido tanto por áreas de vegetación primaria como por mosaicos de ambientes perturbados que interactúan con los bosques remanentes. Dentro de esta diversidad del paisaje forestal podemos encontrar áreas abiertas o claros desprovistos de vegetación arbórea, y bordes de bosque creados por la extracción de árboles en áreas adyacentes (López-Barrera *et al.*, 2006), éstos pueden considerarse dos tipos de ambientes perturbados cuyas características bióticas y abióticas son contrastantes. El borde de bosque se considera un tipo de ambiente perturbado debido a que cuando el bosque es cortado se crea una transición abrupta entre las zonas abiertas creadas y el interior (Lee, 1978 citado por Williams-Linera, 1990; López-Barrera, 2004). Además en Chapa de Mota, los bordes son de fácil acceso para la extracción de leña, lo que acentúa sus diferencias con el interior del bosque (obs. pers.).

En un gradiente interior de bosque-zonas deforestadas se considera que existe un gradiente de la calidad del hábitat, siendo los bordes quienes poseen una calidad intermedia, mientras que el interior y las zonas abiertas representan la más alta y baja calidad, respectivamente (Herrerías y Benítez-Malvido, 2008). En las áreas abiertas y los bordes se produce un aumento de la insolación, la intensidad lumínica y la evaporación (Oosting y Kramer, 1946; Kapos, 1989; Saunders *et al.*, 1991), de tal manera que en estos sitios el aire posee humedad más baja y temperatura más alta (Kapos, 1989; Williams-Linera, 1990); así como una menor humedad del suelo (Oosting y Kramer, 1946; Kapos, 1989; Saunders *et al.*, 1991) y mayor temperatura del mismo (Brothers y Springarn, 1992; Saunders *et al.*, 1991). En estos sitios también la exposición al viento se incrementa (Saunders, *et al.*, 1991; Fraver, 1994) y diversos agentes contaminantes pueden llegar por suelo o aire (Saunders *et al.*, 1991).

---

<sup>1</sup> Generalmente el vocablo de perturbación se emplea como equivalente al de disturbio e incluso se cita a Picket y White (1985) para aludir a ambos. Sin embargo, con frecuencia se utiliza la palabra perturbación para referirse al estado en que se encuentra el sistema una vez que el disturbio (evento con el que se cambia de un estado o trayectoria a otro) ha ocurrido.

Las propiedades edáficas también se ven severamente afectadas cuando se retira la cobertura forestal y el suelo queda al descubierto, ya que todo uso de la tierra que modifica el tipo y la densidad de las poblaciones vegetales originales y/o que deja al descubierto al suelo, propicia su deterioro (Cotler, 2007). El principal agente de degradación es la erosión hídrica que rápidamente erosiona los horizontes superficiales. Además, en función de las características del suelo (textura, estructura y contenido de materia orgánica) y del relieve, se presentan alteraciones en la capacidad de infiltración y se propicia el escurrimiento superficial que causa la erosión hídrica (Cotler, 2007). Las condiciones micro-climáticas alteradas del borde de bosque, pueden conducir a cambios en la movilización de nutrientes y en las proporciones de la descomposición de materia orgánica (Ranney, 1977 citado por Fraver, 1994), esto mismo ocurre en el cambio de uso de suelo de bosque a pastizal (Davidson *et al.*, 2007) que como se mencionó con anterioridad es un proceso frecuente en el Estado de México.

Los efectos directos e indirectos del micro-clima alterado en las áreas abiertas y bordes, se manifiestan también en la modificación de los patrones espaciales y temporales de las especies de plantas (Fraver, 1994), ya que ocurren diversos cambios en la composición y estructura de la comunidad (Pickett y White, 1985) a lo largo de gradientes que van desde el interior a las zonas de pastizal (William-Linera, 1990; Chen *et al.*, 1992; Fraver, 1994). Generalmente el incremento en la disponibilidad de luz ocasiona una mayor abundancia de algunas especies arbustivas y herbáceas y posibilita el establecimiento de nuevas especies generalistas (Vargas y Mora, 2007). Las especies con requerimientos muy particulares de hábitat pueden verse perjudicadas y mermar sus poblaciones o incluso llegar a desaparecer del sistema.

Todo este tipo de cambios en las variables bióticas y abióticas afectan diferencialmente el establecimiento de las especies del dosel (Ramírez-Marcial, 2003). De hecho, es probable que en las áreas abiertas sólo sean capaces de establecerse aquellas especies arbóreas cuyas semillas sean ortodoxas, y que estén presentes en el banco de semillas de los sitios deforestados. *Pinus spp*, *Buddleja spp* y *Prunus serotina* ya han sido identificadas como especies poco tolerantes a la sombra y que se establecen con éxito en áreas abiertas (González-Espinosa *et al.*, 2007). Las semillas de las especies del género *Quercus* son recalcitrantes, y al quedar expuestas en el suelo pueden deshidratarse y perder

su viabilidad en poco tiempo (Figueroa *et al.*, 1995; Zavala, 2004), especialmente en los sitios abiertos (Bonfil y Soberón, 1999). Es por ello que difícilmente podrían establecerse por sí solas en sitios deforestados y fuertemente perturbados; ya que en tales sitios no existen árboles productores de semilla y a pesar de que algunos dispersores pudieran llevar semillas a las zonas de pastizal, las condiciones extremas de tales sitios pueden constituir una barrera para el establecimiento de estos árboles (Bonfil y Soberón, 1999; Bonfil, 2006).

El borde de bosque representa un sitio más seguro respecto a las zonas de pastizal, y con mayor probabilidad de ofrecer sitios aptos para el establecimiento de plántulas (López-Barrera y Newton, 2005). Las fuentes de semillas en el borde pueden ser tanto los árboles reproductores que permanezcan en pie, como los árboles del interior cuyas bellotas pueden ser dispersadas por roedores y aves quienes las consumen o almacenan a una distancia considerable del árbol productor (Pulido, 2002). El borde de bosque puede jugar un papel muy importante en la recuperación de las comunidades, ya que como se mencionó con anterioridad se ha reportado que las comunidades dominadas por especies del género *Quercus* requieren de cierto grado de perturbación para regenerarse (Johnson *et al.*, 2002). Dentro del actual paisaje forestal tales características se encuentran en el borde, quien posee una calidad de hábitat intermedia entre el interior y las zonas de pastizal fuertemente perturbadas (López-Barrera y Newton, 2005; Herrerías y Benítez-Malvido, 2008).

La regeneración natural de las especies del género *Quercus* puede ser por medio de propagación vegetativa o a través de la reproducción sexual, y está fuertemente influenciada por las condiciones ambientales, la fenología y las características eco fisiológicas de cada especie (Abrams, 2003). En el caso de la reproducción sexual, este proceso implica una serie de transiciones entre estados como son: semilla, plántula, brinzal y adulto (Zavala, 1996; Pulido, 2002) a través de los cuales enfrentan una serie de barreras.

La primera de ellas es la producción de frutos que en las especies de *Quercus* puede cambiar de un año a otro, ya sea en dependencia de los factores físicos ambientales o de los bióticos (Sork y Bramble, 1993; Greene y Johnson, 1994; Pulido, 2002; Espelta *et al.*, 2007). Cuando se producen los frutos y éstos han madurado, caen al suelo donde pueden ser consumidos y dispersados con mayor facilidad por roedores y aves (Pulido, 2002; López-Barrera, 2005), ser atacadas por insectos y hongos, o bien deshidratarse y perder su viabilidad (Figueroa *et al.*, 1995).

La germinación de las semillas y la emergencia de las plántulas es muy variable entre las especies y entre los ambientes (Pulido, 2002). Las semillas de los encinos rojos (sección *Lobatae*) suelen germinar en la primavera siguiente a su dispersión en verano del año anterior, mientras que las semillas de los encinos blancos (sección *Quercus*) germinan casi inmediatamente después de que son dispersadas (Zavala y García, 1996). Los estudios de regeneración por semilla muestran que la repoblación exitosa de encinos se debe a que las densidades de plántulas en el sotobosque suelen ser relativamente altas (Zavala, 1996). Las condiciones ambientales que pueden favorecer o no su establecimiento a largo plazo son: la depredación de plántulas y brinzales, disponibilidad de luz, cantidad de humedad, los niveles de temperatura (Figueroa-Rangel y Olvera-Vargas, 2000), las características del piso forestal (López-Barrera, 1998) y la densidad de hierbas y arbustos quienes pueden ser fuertes competidores para las plántulas de encino (Borchert *et al.*, 1989; Callaway, 1992; Schupp, 1995; Davis *et al.*, 1998; Gordon y Rice, 2000; Hernández *et al.*, 2000; Pulido, 2002; Asbjornsen *et al.*, 2004; Sun *et al.*, 2004). La competencia entre las plántulas de encinos y el sotobosque ha sido frecuentemente observada en bosques húmedos; sin embargo, en ambientes templado-secos, semiáridos o incluso en bosques talados su presencia puede ser favorable al proveer un micro-hábitat favorable para el establecimiento de las plántulas de encino.

En general las especies de *Quercus* son consideradas semitolerantes a la sombra debido a que en el estadio de plántula y brinzal requieren claros para crecer y desarrollarse (disturbio natural o moderado), y ya en el estadio de adulto los requerimientos de luz en muchas especies disminuyen (Jardel, 1985; Jardel *et al.*, 1995; Collet y Frochot, 1996; Camacho *et al.*, 2000; Figueroa-Rangel y Olvera-Vargas, 2000; Gordon y Rice, 2000; Schumann *et al.*, 2003).

En los encinos la propagación vegetativa (capacidad de rebrotar a partir de tocones y/o de raíz) es también una condición natural que generalmente se ha observado después de la ocurrencia de algún tipo de disturbio de tal manera que en los bosques mixtos que han pasado por algún incendio de copa las especies del género *Quercus* son las primeras en recuperar su cobertura aérea (Peña-Ramírez y Bonfil, 2003); o bien en bosques con extracción de leña los encinos rebrotan rápidamente a partir de los tocones dejados. Esta capacidad de regeneración se ha observado también en plantas obtenidas a partir de semilla,

tanto en la etapa de vivero al desarrollar más de un tallo (Rubio-Licona, 2006; Luna, 2008), como en campo al ser reintroducidas, ya que la parte aérea de la planta puede morir en la época de secas y rebrotar durante la época de lluvias (Bonfil y Soberón, 1999).

Esta capacidad de algunas especies puede facilitar los procesos de sucesión una vez que se ha producido la tala de árboles. Sin embargo, es necesario que dichas especies sean capaces de responder ante las nuevas condiciones ambientales del sitio. Esta capacidad de regeneración vegetativa se ha observado en *Q. crassifolia*, *Q. laurina*, *Q. obtusata* (obs. pers.), *Q. ilex*, *Q. pubescens* (Bonfil, com. pers.), *Q. eduardii*, *Q. potosina*, *Q. rugosa* y *Q. mexicana* (Mendoza, com. pers.).

Es evidente que los bosques de encino son capaces de responder ante cierto grado de disturbio, sin embargo, cuando la comunidad ha perdido su capacidad de resiliencia<sup>2</sup> y se encuentra en un estado de perturbación creciente, es necesario realizar algún tipo de intervención que permita el restablecimiento de la comunidad.

La restauración ecológica es una disciplina que de acuerdo a la SER (2004) busca ayudar al restablecimiento de un ecosistema que se ha degradado, dañado o destruido. Esta es una de las vertientes más urgentes de la conservación de ecosistemas (Sánchez, 2008a) y surgió debido a que acciones como la creación de Áreas Naturales Protegidas son insuficientes. De hecho las áreas destinadas para la conservación de los bosques de encino en nuestro país, no cumplen con los objetivos de protección y mantenimiento de la cubierta vegetal, ya que la mayoría de estas zonas son lugares muy degradados y el uso de suelo se ha orientado hacia fines recreativos para los habitantes urbanos (Toledo y Ordoñez, 1993). Este es el caso del Parque Estatal “Chapa de Mota” en el que existen zonas (dentro y fuera de él) con serios problemas de erosión hídrica, debidos principalmente a la deforestación producto de la tala clandestina, extracción de madera para leña y/o del cambio de uso de suelo para la implementación de sistemas agrícolas y ganaderos.

En la legislación forestal de México y en las prácticas de manejo ejecutadas por la política pública, se confunden los términos de restauración y reforestación como si fueran sinónimos (Pérez, 2008). Es por ello que durante años, los proyectos de restauración en

---

<sup>2</sup> La **resiliencia** es la capacidad que tiene el ecosistema de recobrar (de manera autónoma y eficaz) los atributos estructurales y funcionales que han sufrido daño debidos a estrés o perturbaciones (Pérez, 2008; Sánchez, 2008b; SER, 2004); y reorientarse hacia una trayectoria similar a la inmediata anterior al disturbio (Sánchez, 2008b).

bosques templados se concentraron en la reforestación con especies de pino o cedro; cuya función fue simplemente restablecer la cubierta forestal y generalmente sin emplear especies nativas. Esto pudo deberse a la falta de disponibilidad en viveros de plantas autóctonas tales como las especies de *Quercus* (en algunos viveros del país se producen entre dos y cuatro especies de encino), ya que existe un sesgo evidente en la oferta de coníferas frente a latifoliadas (Balaguer, 2002).

La reintroducción de especies vegetales es una de las etapas fundamentales dentro de los proyectos de restauración ecológica y se lleva a cabo para tratar de restablecer la diversidad biológica de un área degradada, al plantar especies que han desaparecido de la composición florística actual en algunos hábitats o áreas (Maunder, 1992). Esta acción no se limita a las zonas deforestadas, sino que puede llevarse a cabo en sitios perturbados como el borde de bosque. La reintroducción de especies vegetales puede proveer algunas funciones ecológicas importantes, como mejoramiento y retención de suelos, fijación de nitrógeno, efecto nodriza, atracción de especies dispersoras, entre otras.

En diversas partes del mundo, los estudios más frecuentes de reintroducción de especies de *Quercus* con fines de restauración incluyen siembra de semillas y reintroducción de plantas (Jordano *et al.*, 2002). En México se han realizado estudios sobre reintroducción y reclutamiento de *Quercus spp* en distintos ambientes (Ramírez-Marcial *et al.*, 1996; López-Barrera, 1998; Bonfil y Soberón, 1999; Figueroa y Olvera-Vargas, 2000; Ramírez-Marcial, 2003; Álvarez-Aquino *et al.*, 2004; Bonfil, 2006). Sin embargo, en el contexto de México como nación poseedora del mayor número de especies de este taxa en el mundo (Zavala, 1995) y con un alto porcentaje de endemismos (Mittermeier, 1995) este tipo de trabajos aún son insuficientes.

Los trabajos sobre reclutamiento de plántulas tienen la finalidad de investigar cuáles son las características ambientales que afectan la germinación de semillas y establecimiento de plántulas de encino en condiciones naturales. Los proyectos de reintroducción de especies de *Quercus* en México (Cuadro 1), evalúan el desempeño de plantas bajo diferentes condiciones ambientales de perturbación y en el interior de bosque; hasta la fecha se han evaluado alrededor de diez especies. El trabajo de Bonfil y Soberón (1999) es el único en el cual se evaluó al mismo tiempo, para una especie (*Q. rugosa*), el desempeño de plantas y de plántulas que se establecieron a partir de bellotas sembradas.

Cuadro 1. Estudios en México sobre reintroducción de especies de *Quercus* en ambientes con algún tipo de disturbio. Se incluyen los datos de supervivencia y el periodo de monitoreo; se indica el tipo de material biológico empleado (plantas o semillas).

Especie	Localidad	Material Biológico	Ambiente	Supervivencia (%)	Periodo	Fuente
<i>Q. crispipilis</i>	Altos, Chiapas	Plantas (2 meses)	Pastizal (P), bajo arbustos (A) y 3 bosques sucesionales [temprano (BT), medio (BM) y maduro (BO)].	BT y BO= 0 P, A y BM= 30 a 40	1 año ocho meses	Quintana-Ascencio <i>et al.</i> , 1992
<i>Q. rugosa</i> y <i>Q. crassifolia</i>	Altos, Chiapas	Plantas: <i>Q. crassifolia</i> . (3 meses) y <i>Q. rugosa</i> (14 meses).	Pastizal con pastoreo (PP), Matorral con pastoreo (MP), Pastizal en exclusión (PE) y Matorral en exclusión (ME).	<i>Q. crassifolia</i> : PP= 31.2, MP= 51.2, PE y ME= 70. <i>Q. rugosa</i> : > 80, en todos los casos.	11 meses	Ramírez-Marcial <i>et al.</i> , 1996
<i>Q. rugosa</i>	Ajusco, México D.F.	Bellotas Plantas	4 ambientes definidos por tipo de suelo y vecindad de árboles.	Total < 10; el sitio más adecuado fue bajo árboles de Tepozán.	1 año	Cabrera-García, <i>et al.</i> , 1998
<i>Q. rugosa</i>	Ajusco, México D.F.	Bellotas y Plantas (10 cm)	Interior de bosque (I), borde (B) y un sitio perturbado (P)	Germinación: I= 92.2, B= 73 y P= 46.8 Establecimiento: I= 15.4, B= 20.6 y P= 0.5 Plantas: I= 52, B= 52 y P= 5	1 año ocho meses	Bonfil y Soberón, 1999.
<i>Q. castanea</i> y <i>Q. rugosa</i>	Ajusco, México D.F.	Plantas de 1 año	Bajo nodriza (BN) y expuestas (E)	<i>Q. castanea</i> : BN=32.5 y E= 14.6 <i>Q. rugosa</i> : BN= 29.7 y E= 6	1 año	Bonfil <i>et al.</i> , 2000
<i>Q. laurina</i>	Altos, Chiapas	Bellotas	Bosque de pino (BP), Bosque de encino (BQ) y mixto con disturbio moderado (BMD).	Germinación: BP=70, BQ= 69.7, BMD= 44.4. Sup. plánt. emergidas: BP= 53.6, BQ= 20.6 y BMD=28.9	18 meses	Camacho <i>et al.</i> , 2000. Camacho-Cruz y González-Espinosa, 2002.
<i>Q. acutifolia</i>	Región centro de Veracruz	Plantas (80 cm)	En interior (IB) y exterior (EB) de bosque en tres localidades de la región (1, 2 y 3).	1: IB= 80, EB= 83 2: IB y EB= 98 3: IB y EB= 95	14 meses	Álvarez-Aquino <i>et al.</i> , 2004

Cuadro 1. Continuación.

Especie	Localidad	Material Biológico	Ambiente	Supervivencia (%)	Periodo	Fuente
<i>Q. rugosa</i>	Sierra de Guadalupe, Edo. Méx.	Planta chica (8-15 cm) Planta grande (16-24 cm)	Ladera NE y SO en 3 microambientes (al NE de rocas (NR), al SO de rocas (SR) y en insolación total (IT))	Tamaño: chica=26, grande= 37. Ladera: NE= 45 y SO= 16. Micrositio: NR= 41, SR= 32, IT= 20. Peor condición: ladera SO en IT= 0; mejor: ladera NE al NR= 64	1 año	Ramírez-Contreras y Rodríguez-Trejo, 2004
<i>Q. crassifolia</i> (A) <i>Q. rugosa</i> (B) y <i>Q. laurina</i> (C)	Altos, Chiapas	Bellotas	Pastizal (P), borde de bosque (B) e interior (IB)	Emergencia total: P= 38, B= 18 e IB= 15. Por especie: A= 9.4, B= 33.2 y C= 28.1	72 días	López-Barrera y Newton, 2005
<i>Q. germana</i> y <i>Q. xalapensis</i>	Xalapa, Veracruz	Plantas (1 año)	Bajo dosel de <i>Pino</i> (DP), de <i>Liquidambar</i> (DL) y en áreas abiertas (A)	<i>Q. germana</i> : DP= 67.5, DL= 87.5 y A= 85. <i>Q. xalapensis</i> : DP= 92.5, DL= 77.5, A= 80.	1 año	Ramírez-Bamonde, 2005
<i>Q. candicans</i> (A) <i>Q. crassifolia</i> (B) <i>Q. laurina</i> (C) <i>Q. rugosa</i> (D) <i>Q. segoviensis</i> (E)	Altos, Chiapas	Plantas (6 meses)	Gradiente interior-borde-externo	Total por especie: (A)= 64.35, (B)= 44.34, (C)= 70.48, (D)= 72.84, (E)= 67.71. Se muestran diversos resultados de acuerdo al tipo de borde	2 años	López-Barrera, <i>et al.</i> , 2006
<i>Q. castanea</i>	Puebla	Plantas (3 meses, 10 cm)	Bajo arbustos de <i>Mimosa sp.</i> (AM), de <i>Senecio sp.</i> (AS) y en Pastizal (P); se probó el efecto de la adición de riego.	AM= $\pm 20$ , AS= $\pm 12$ y P= $\pm 3$ . Con riego: AM= $\pm 38$ , AS= $\pm 50$ y P= $\pm 8$	80 días	Badano <i>et al.</i> , 2009

El enfoque de reintroducir especies de *Quercus* en sitios de pastizal y de borde, responde a que éstos potencialmente pueden presentar condiciones más convenientes para el crecimiento de plántulas de encino que bajo el dosel del interior del bosque (Borchert *et al.*, 1989). En términos de restauración forestal, si es necesario realizar algún tipo de intervención (restauración activa), ésta se deberá llevar a cabo en los sitios degradados como son: bordes, pastizales, matorrales sucesionales, campos abandonados, entre otros; y una forma de intervención es acelerar la colonización a través del establecimiento artificial de plántulas (Holl *et al.*, 2000; Ramírez-Marcial *et al.*, 2006). Además, al reintroducir plantas en condiciones ambientales contrastantes se pueden identificar los factores que favorecen o impiden el establecimiento de las plántulas.

En proyectos de reintroducción de encinos, se ha reportado que las especies de *Quercus* presentan diferentes respuestas, bajo las mismas condiciones ambientales y de perturbación (Ramírez-Marcial, 2003; López-Barrera y Newton, 2005); así como una considerable variación de la supervivencia y crecimiento de plántulas de acuerdo a su posición en gradientes de disturbio (López-Barrera, *et al.*, 2006). Es de esperarse que el desempeño de las especies difiera en función del escenario ambiental particular; y que los factores ambientales (radiación, temperatura, humedad, características del piso forestal, entre otras) que puedan influir en la supervivencia y crecimiento puedan diferir también, sobre todo en escenarios ambientales tan diferentes como Los Altos, Chiapas; que es uno de los lugares donde se ha evaluado un mayor número de especies (Cuadro 1), y el Estado de México.

En el Estado de México existen registradas 23 especies de *Quercus* (Romero *et al.*, 2002) de las cuales siete han sido observadas en los bosques remanentes en Chapa de Mota. *Q. candicans* es una de estas especies, la cual ya había sido propagada con anterioridad y mostró características potenciales para masificar su producción en vivero, como son: buena producción de frutos, altos porcentajes de germinación, buena viabilidad de semillas después de un año de almacenamiento, y velocidad de crecimiento mayor al de otras especies como *Q. crassifolia* (Rubio-Licona, 2006). Sin embargo, era necesario evaluar su desempeño al ser reintroducida en sitios perturbados, ya que comúnmente el crecimiento y supervivencia suele ser mayor cuando los ensayos se realizan en vivero que en condiciones de campo (Ramírez-Marcial *et al.*, 2006).

En el Parque Estatal Chapa de Mota existe una variedad de ambientes perturbados dentro de los que destacan, zonas de cárcavas, áreas de suelo desnudo, áreas con presencia de pastos y otras herbáceas y los bordes de bosque. Con el desarrollo de este trabajo se pretendió evaluar el desempeño de *Q. candicans* como una especie útil para la restauración de las zonas abiertas y del borde. Nos preguntamos en qué ambiente, plantas de dos años de edad responderían mejor (en términos de supervivencia y crecimiento), y cuáles serían las principales variables micro-climáticas (luz, temperatura y humedad de aire y suelo, así como algunas características edáficas) involucradas en su desempeño. También consideramos importante evaluar, en los dos ambientes, el establecimiento de plántulas a partir de semillas germinadas; para saber si ésta sería una estrategia útil en proyectos de restauración y optimizar así los recursos biológicos disponibles. Preferimos sembrar las semillas germinadas y no las bellotas, ya que el pericarpio del fruto de *Q. candicans* es muy grueso y suele ser una barrera importante en la germinación de las semillas (López, 2004).

Una parte importante del trabajo consistió en caracterizar los dos ambientes donde se hizo la reintroducción de la especie, para proporcionar un marco amplio de referencia sobre qué condiciones se evaluó el éxito de la especie.

Nuestra hipótesis fue que el éxito relativo de las plantas y semillas introducidas en sitios con distinto grado de disturbio debe estar relacionado con las condiciones micro-ambientales del sitio, de tal manera que la supervivencia será mayor en los ambientes de borde pero el crecimiento se incrementará en los sitios abiertos. También postulamos que las plantas presentarán un mejor desempeño que las plántulas que se establezcan a partir de la siembra de semillas germinadas.

# OBJETIVOS

## GENERAL

- Evaluar el éxito relativo de plántulas que se establezcan a partir de semillas germinadas y de plantas reintroducidas experimentalmente, en dos ambientes perturbados del municipio Chapa de Mota, Estado de México.

## PARTICULARES

- Caracterizar dos ambientes de perturbación: un área de borde y un sitio abierto a través de:
  - a. su geomorfología y características edáficas
  - b. algunas variables ambientales abióticas (luminosidad, temperatura, humedad relativa y características del suelo) y
  - c. composición florística
- Evaluar el crecimiento y supervivencia de plantas de *Q. candicans* reintroducidas en los dos ambientes perturbados.
- Analizar en ambos sitios la relación de las variables ambientales con el crecimiento y la supervivencia de las plantas de *Q. candicans*.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

## MATERIALES Y MÉTODOS

### EL ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se desarrolló en el municipio Chapa de Mota que se localiza al noroeste del Estado de México. Su fisiografía está conformada por diversas montañas que forman dos cadenas de cordilleras que dan paso a un prolongado valle, permitiendo así una alta captación pluvial. Los recursos forestales son la mayor riqueza del municipio, que cuenta con 13,592.8 ha de bosque, las cuales representan el 46.9% de su territorio (Fuente: Enciclopedia de los municipios.html).

La reintroducción de *Q. candicans* se llevó a cabo en las faldas (piedemonte) del cerro Las Ánimas dentro del Parque Estatal Chapa de Mota (Fig. 1). El intervalo altitudinal de esta formación va de 2300 a 3100 msnm y forma parte del Eje Neovolcánico. El sitio de reintroducción de *Q. candicans* está entre los 2400 – 2500 msnm y se encuentra sobre un echado (“capa”) de rocas ígneas de tipo andesitas y entre dos fracturas (INEGI, 1987). Los suelos que predominan en el cerro Las Ánimas son de tres tipos: Andosol mólico, Luvisol crómico y Feozem húmico (INEGI, 1987).

En el Estado de México, las tres estaciones meteorológicas cercanas a la localidad son: Chapa de Mota (estación 15196) a 2600 msnm, Presa Danxho (estación 15024) a 2490 msnm y Jilotepec (estación 15225) a 2500 msnm. Para la descripción climática de la zona se obtuvieron los datos promedio de las tres estaciones (SMN, 2009). La precipitación promedio anual (1971-2000) registrada en la zona es de 824 mm y la temperatura media anual es de 15.23 °C (Fig. 2). A lo largo del año la diferencia entre la temperatura máxima y mínima es de  $\pm 15$  °C (Fig. 3). Sin embargo, en las tres estaciones meteorológicas existen registros de temperaturas diarias mínimas de hasta  $-10$  °C en los meses de enero y febrero y temperaturas máximas de hasta 37 °C en abril y octubre.



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.

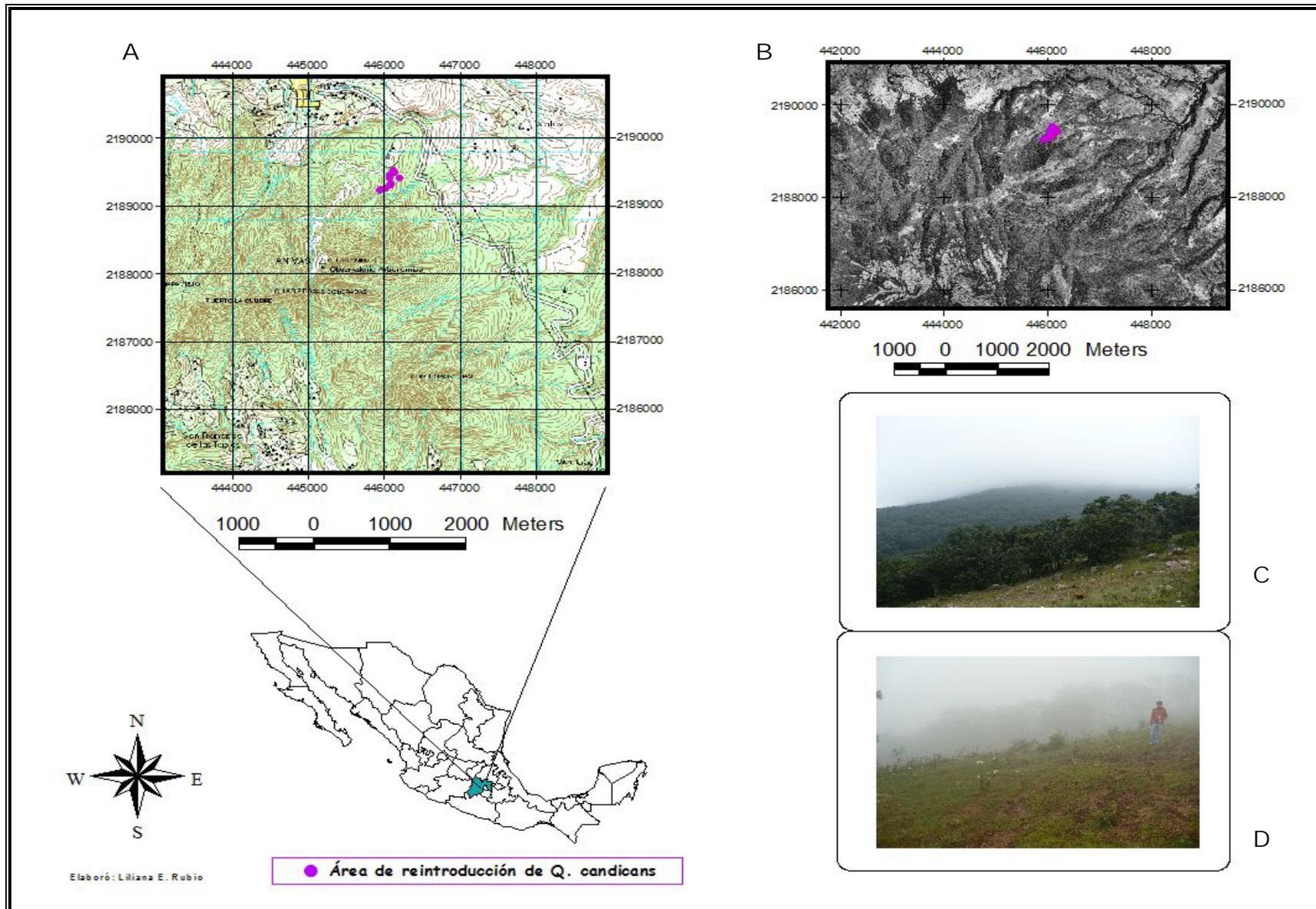


Figura 1. Localización geográfica del cerro “Las Ánimas” municipio Chapa de Mota, Estado de México. A. Vista topográfica. B. Vista aérea (ortofotografía). C. Vista del borde de bosque. D. Vista de la zona abierta.

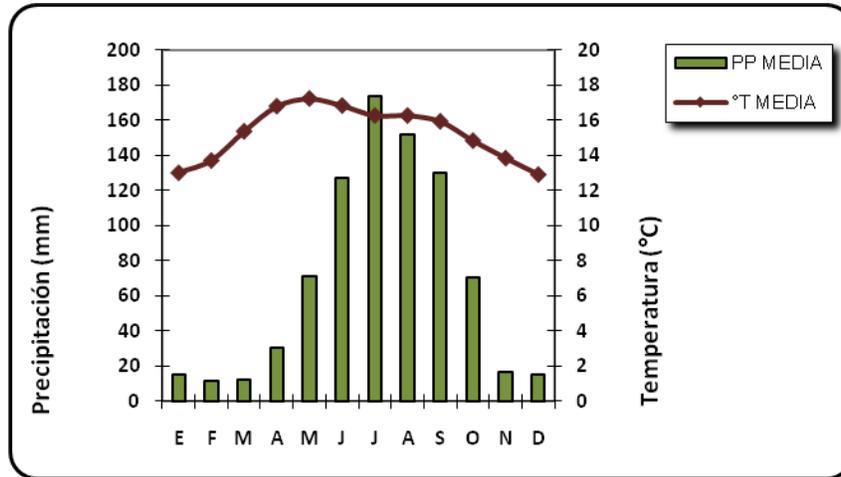


Figura 2. Diagrama ombrotérmico formado con los datos de las estaciones Chapa de Mota, Danxho y Jilotepec. PP= precipitación, °T= temperatura.

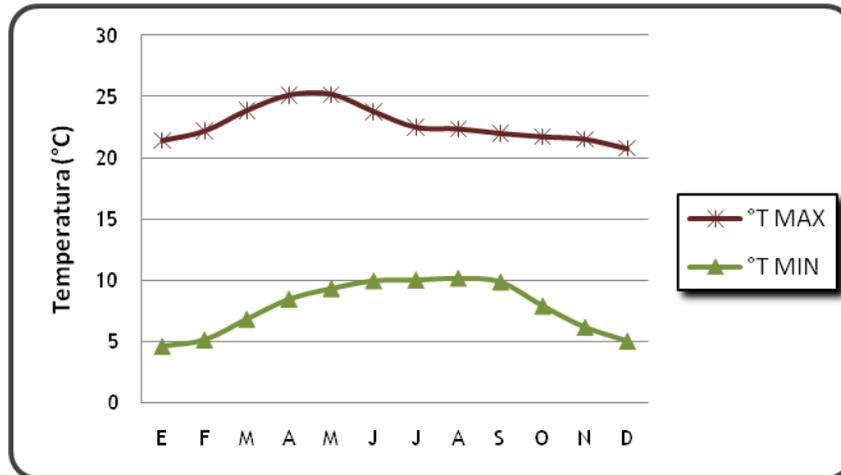


Figura 3. Temperatura promedio mínima y máxima de las estaciones Chapa de Mota, Danxho y Jilotepec. °T= temperatura.

En la zona se observa una marcada estacionalidad. La estación seca dura seis meses (noviembre a abril) con menos de 50 mm de precipitación; sin embargo entre julio y septiembre existe un balance hídrico positivo (la precipitación excede a la evaporación) (Fig. 4). La vegetación está sometida a estrés hídrico durante ocho meses al año (octubre a mayo). La frecuencia de granizadas es de 0 a 6 días al año. La presencia de neblina es muy variada, al año se registran de 15 a 90 días con niebla. En ninguna de las estaciones consultadas aparecen los registros de heladas, sin embargo según habitantes del lugar, son muy frecuentes entre los meses de noviembre y febrero.

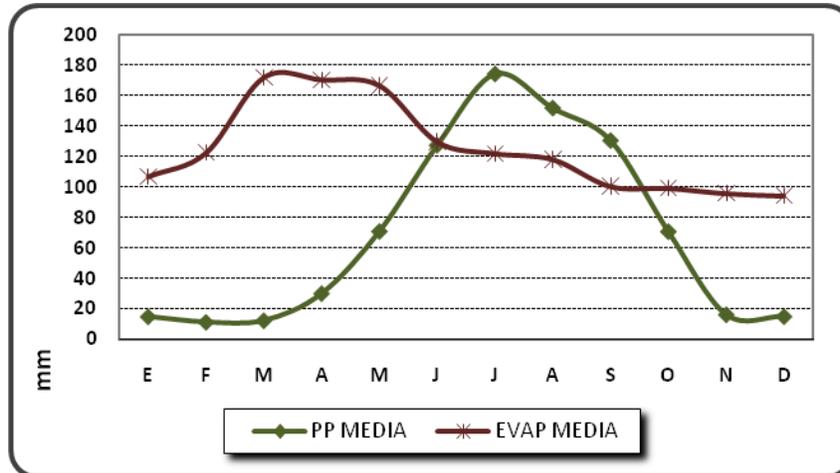


Figura 4. Balance hídrico de la zona. PP= precipitación, EVAP= evaporación.

La vegetación corresponde a un bosque de *Quercus* o bosque templado mediano de durifolios (clasificación propuesta por González-Medrano (2004)). En los bosques remanentes del cerro “Las Ánimas” se observó la presencia de siete especies de encino: *Q. candicans*, *Q. castanea*, *Q. crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. laurina*, *Q. mexicana* y *Q. obtusata*, las cuales conviven con árboles del género *Pinus*, *Arbutus*, *Garrya*, y *Prunus*. Hay presencia de individuos de *Cupressus*, los cuales fueron introducidos en un área como parte de una jornada de reforestación ejecutada por el Ejército Nacional. Las actividades de tala ilegal han producido un mosaico donde interactúa el bosque, áreas de vegetación secundaria (con predominancia de arbustos) y zonas de pastizal.

## LA ESPECIE DE ESTUDIO

*Quercus candicans* (Figura 5) es un encino que pertenece a la sección Lobatae (Nixon, 1993) o grupo de encinos rojos. Se distribuye en México y Guatemala por lo que puede considerarse una especie de amplia distribución. En el país se le encuentra presente de manera escasa o abundante en bosques de *Quercus*, *Quercus-Pinus* y bosque mesófilo de montaña en los estados de Chiapas, Chihuahua, Durango, Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Estado de México y Sinaloa. Es un árbol de hasta 15 m de alto y hasta 1 m de diámetro que se asocia con *Clethra* en altitudes entre 2000 y 2600 m (Romero *et al.*, 2002).

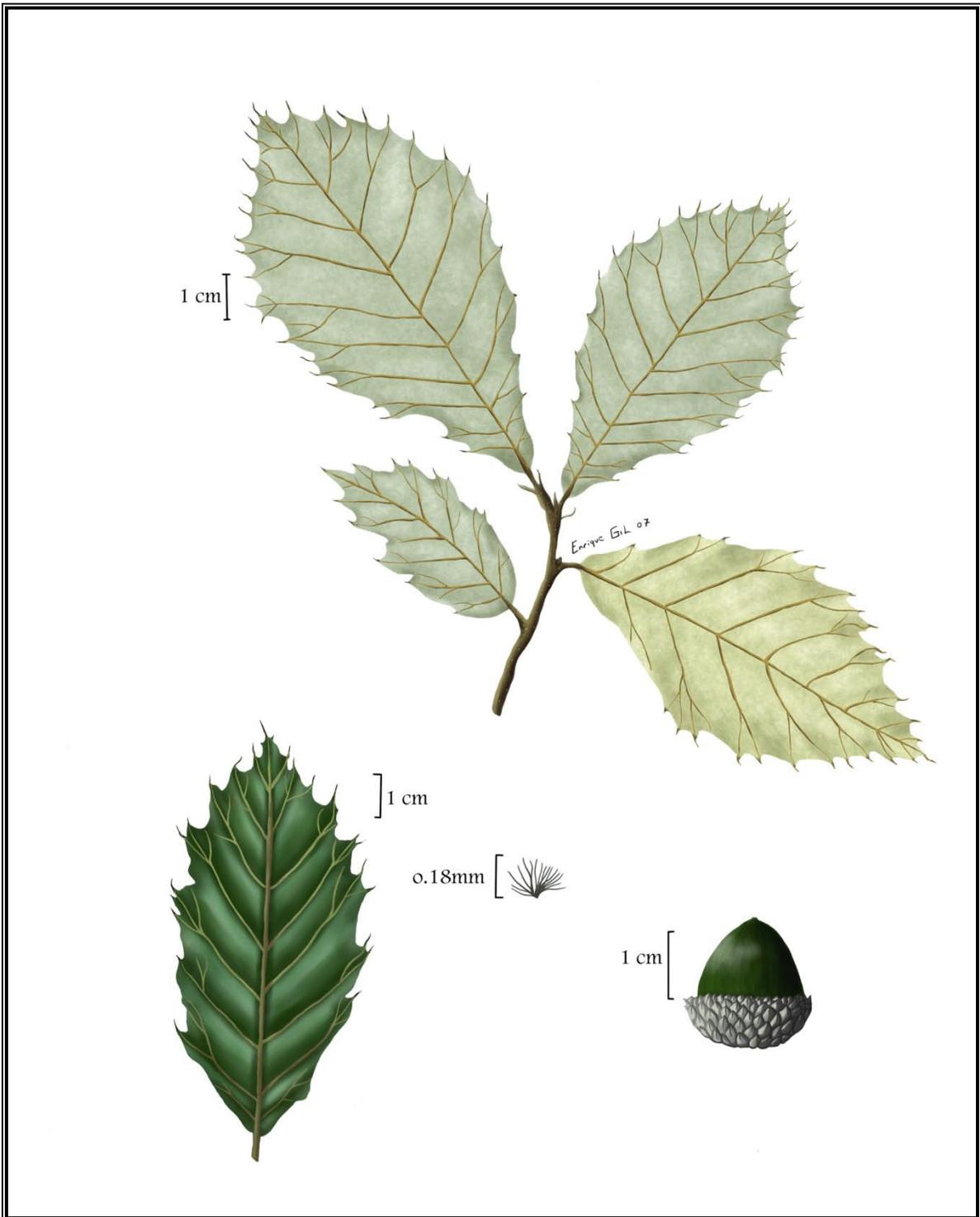


Figura 5. Morfología de *Quercus candicans*. A. Ramilla, B. Bellota (cúpula y nuez), C. Tricoma estrellado de brazos cortos, D. Hoja.

Se le conoce comúnmente como encino de asta, encino cenizo, encino papatla, encino blanco o ahuamextli. Sus frutos tienen un pericarpio grueso y responden bien a procedimientos de almacenamiento (viabilidad de semillas después de un año en refrigeración); las semillas presentan altos porcentajes de germinación (70 a 100%) y las plantas que se obtienen a partir de ellas muestran altos porcentajes de supervivencia en vivero (Rubio-Licona, 2006). Dicha especie fue propuesta en la lista de árboles y arbustos nativos para la restauración ecológica y reforestación publicada por la CONABIO (2001); sin embargo debido a la falta de información no se incluyó en las fichas técnicas de la publicación.

## DISEÑO EXPERIMENTAL

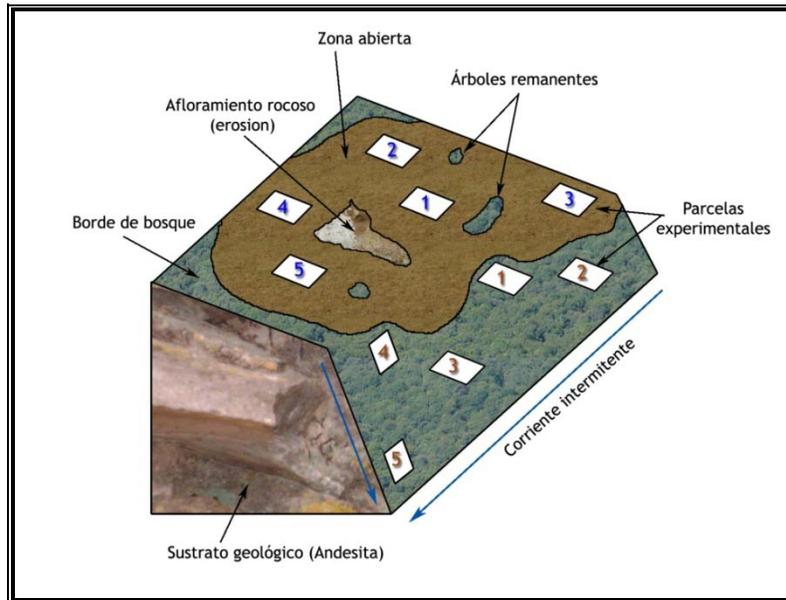


Fig. 6 Esquematación de la distribución de parcelas experimentales en los dos ambientes de perturbación.

El diseño experimental para la reintroducción de las plantas de dos años y la siembra de semillas germinadas de *Q. candicans* se basó en Álvarez-Aquino y cols. (2004), con algunas modificaciones. A partir de un recorrido previo en el cerro “Las Ánimas” en Chapa de Mota, Estado de México, se eligió un área en el piedemonte del cerro, donde estuvieron presentes los dos tipos de ambientes perturbados que eran de nuestro interés: el borde de bosque y una zona abierta. Se consideró como borde a la zona comprendida en los primeros treinta metros a partir de la orilla del bosque, la cual se define por el tronco del

primer árbol. Se consideró como zona abierta al área de pastizal (sin presencia de arbustos) y cuya distancia de la orilla del borde fuera de por lo menos 20 m.

En cada ambiente se delimitaron cinco parcelas de 24 x 12 m (Fig. 6), la distancia entre ellas fue de por lo menos 30 m, teniendo así un total de 10 parcelas experimentales. Cada parcela se subdividió en dos cuadros de 12 x 12 m; uno de ellos fue empleado para el experimento con las plantas de dos años de edad y el otro para el de la siembra de semillas germinadas. En el esquema presentado arriba (Fig. 6) se sobre-expresa la pendiente en el borde de bosque para denotar que dicha zona presenta más inclinación, en particular las parcelas cuatro y cinco. El intervalo de inclinación en la zona abierta es de 11° a 29°, mientras que en el borde es de 11° a 35°.

## CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

### 1. *Perfil bioclimático de las especies de Quercus presentes en el cerro “Las Ánimas”*

A partir del recorrido previo que se realizó en el cerro “Las Ánimas” para la elección de los sitios de reintroducción, se observaron siete especies de encino en los remanentes de bosque (*Q. candicans*, *Q. castanea*, *Q. crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. laurina*, *Q. mexicana* y *Q. obtusata*). Se observó también que la distribución de ellas a lo largo del intervalo altitudinal del cerro (2300 a 3100 m) no era uniforme; incluso la especie de nuestro interés, *Q. candicans*, fue observada sólo en algunos sitios.

Con el propósito de identificar los sitios de distribución potencial de las especies, se obtuvo el perfil bioclimático local de las siete especies de *Quercus* y los mapas de su distribución potencial en el cerro “Las Ánimas”, en Chapa de Mota, Estado de México.

Para ello se efectuó un recorrido de 5.81 km a lo largo de un camino que recorre las laderas noreste y suroeste del cerro en un intervalo altitudinal de 2600 a 3000 m. Cada 20 m de distancia se registraron las coordenadas, las especies de *Quercus* que estuvieron presentes y la altitud, con lo que se integró una base de datos.

La relación de coordenadas y especies presentes en cada una de ellas, funciona como una relación de datos de presencia y ausencia, de tal manera que no en todos los puntos geo-posicionados existe(n) la(s) misma(s) especie(s). A partir de valores mensuales promedio de temperatura y precipitación estimados de una red estándar de estaciones

meteorológicas, el programa BIOCLIM es capaz de obtener los valores de 19 parámetros climáticos (Cuadro 2) para cada uno de los puntos geo-posicionados, y por tanto para las especies que se encuentren en tales puntos. Posteriormente, el programa reúne toda la información climática para cada una de las especies y conforma así su perfil bioclimático; en dicho perfil se describen los límites de las condiciones climáticas de los sitios en los que se ha registrado a una especie.

El mismo programa (BIOCLIM) es capaz de generar las superficies climáticas de los 19 parámetros empleados para la elaboración de los perfiles bioclimáticos (Cuadro 2) (Téllez y Dávila, 2003).

Cuadro 2. Parámetros empleados para generar los perfiles bioclimáticos con BIOCLIM.

Número	Descripción y unidades
1	Temperatura promedio anual (°C)
2	Oscilación diurna de la temperatura (°C)
3	Isotermalidad (°C)
4	Estacionalidad de la Temperatura (C de V %)
5	Temperatura máxima del periodo más caliente (°C)
6	Temperatura mínima del periodo más frío(°C)
7	Oscilación anual de la temperatura (°C)
8	Temperatura promedio del trimestre más húmedo (°C)
9	Temperatura promedio del trimestre más seco (°C)
10	Temperatura promedio del trimestre más caliente (°C)
11	Temperatura promedio del trimestre más frío (°C)
12	Precipitación anual (mm)
13	Precipitación del periodo más húmedo (mm)
14	Precipitación del periodo más seco (mm)
15	Estacionalidad de la Precipitación (C de V %)
16	Precipitación del trimestre más húmedo (mm)
17	Precipitación del trimestre más seco (mm)
18	Precipitación del trimestre más caliente (mm)
19	Precipitación del trimestre más frío (mm)

Para cada una de las siete especies y con la ayuda del programa BIOMAP, se identificaron los sitios, en el municipio Chapa de Mota, que presentaron sus valores climáticos dentro de los límites del respectivo perfil bioclimático. Los archivos generados se representaron en mapas de celdas raster, con una resolución espacial de 50 x 50 m en

formato ARCINFO/ASCII/GRID; los cuales fueron procesados y editados con ayuda del SIG ArcView 3.2 (ESRI).

Los perfiles bioclimáticos de las siete especies de *Quercus* fueron clasificados usando el índice de similitud Gower (Faith *et al.*, 1987).

## 2. **Geomorfología y caracterización edáfica**

No existe información actual y particular que incluya al cerro “Las Ánimas”, por ello en esta fase del proyecto se generó una descripción local de la zona en la que se describe brevemente su geomorfología y los principales procesos de deterioro. Lo anterior se realizó a partir de recorridos en campo y del uso de Sistemas de Información Geográfica.

En cada parcela se realizó una caracterización edáfica la cual se llevó a cabo en dos fases. Primero con ayuda de una barrena se tomaron muestras de suelo compuestas,<sup>1</sup> a una profundidad de 5 a 10 cm, provenientes del muestreo en 10 puntos elegidos de forma sistemática. Posteriormente se llevó a cabo un análisis edafológico para evaluar la fertilidad del suelo de acuerdo con la propuesta de Muñoz, *et al.* (2000) (Cuadro 3).

La segunda fase consistió en la descripción de perfiles de suelo y la realización de las evaluaciones edafo-ecológicas según la metodología descrita por Siebe *et al.*, (1996). La clasificación de los suelos se realizó de acuerdo con la Base Mundial de Referencia del Recurso Suelo (IUSS, 2007).

Para decidir en donde realizar los perfiles, en cada parcela se introdujo una barrena de un metro, la cual es capaz de extraer una pequeña muestra de la columna de suelo. Esto permitió hacer una observación rápida de algunas propiedades edáficas y saber así que tanto variaban entre las parcelas y por tanto, cuántos perfiles era necesario realizar en cada zona y en dónde ubicarlos. Tanto en la zona abierta como en la de borde, dos de las cinco parcelas presentaron el mismo tipo de suelo por lo que se describieron cuatro perfiles en cada zona.

---

<sup>1</sup> Se le llama muestra compuesta a la mezcla del suelo proveniente de los diferentes puntos.

Cuadro 3. Propiedades evaluadas en el estudio de fertilidad del suelo.

<b>Propiedad evaluada. En el paréntesis se indica la técnica empleada. Tomado de Muñoz, <i>et al.</i>, 2000.</b>
1. Color en seco (técnica de comparación con tablas de color, desarrollada por Munsell, 1975).
2. Color en húmedo (técnica de comparación con tablas de color, desarrollada por Munsell 1975).
3. Porosidad total (Calculada a partir de la densidad real y aparente)
4. Clase textural (método del hidrómetro para determinar la textura de la fracción fina del suelo, desarrollada por Bouyoucos, 1962).
5. Estructura del suelo (método cualitativo, desarrollado por Cuanalo, 1981).
6. Humedad a capacidad de campo (método gravimétrico, tomado de Ortíz y Ortíz, 1980)
7. pH (método potenciométrico para determinar pH real, relación 1:2.5, en agua. Desarrollado por Bates, 1954; Willard, Merrit y Dean, 1958).
8. Materia orgánica (método de oxidación con ácido crómico y ácido sulfúrico, desarrollado por Walkley y Black, 1974).
9. Capacidad de intercambio catiónico total (método volumétrico del versenato, desarrollado por Shollenberger y Simon, 1945).
10. Calcio intercambiable (método volumétrico del versenato, desarrollado por Cheng y Bray, 1951; Cheng y Kurtz, 1960).
11. Magnesio intercambiable (método volumétrico del versenato, desarrollado por Cheng y Bray, 1951; Cheng y Kurtz, 1960).
12. Potasio intercambiable (método volumétrico del espectrofotómetro de flama, desarrollado por el US Salinity Laboratory Staff, 1954).
13. Fósforo asimilable ( $P_2O_5$ ) (Método de Bray I, desarrollado por Bray y Kurtz, 1945).
14. Nitrógeno total (Método micro-Kjeldahl, modificado por Bremner, 1965).

### 3. Registro de las variables micro-ambientales

A partir de enero de 2008, en cada parcela experimental se registró cada mes y durante un periodo de 24 horas: luminosidad, temperatura del aire y suelo, humedad relativa del aire y contenido de humedad del suelo. Todas las variables se midieron con sensores tipo Hobbo, excepto la humedad del suelo que se determinó por el método gravimétrico (Martínez, 1971). Además se instaló un equipo permanente de sensores en cada ambiente y en un punto intermedio entre las cinco parcelas, éstos registraban luminosidad, temperatura del aire y suelo y humedad relativa del aire cada hora. Los datos fueron descargados cada mes. La temperatura y humedad del suelo se tomó a una

profundidad de cinco a diez centímetros en el suelo mineral, mientras que los niveles de luminosidad, temperatura y humedad del aire se midieron a 50 cm del nivel del suelo.

#### **4. Caracterización florística**

Para la caracterización florística de las zonas se realizó un muestreo dirigido que consistió en coleccionar toda la flora presente en las 10 parcelas de estudio. La colecta se efectuó cada mes y durante un periodo de un año. Se realizó la determinación taxonómica con literatura especializada (Martínez y Matuda, 1979; Rzedowski y Rzedowski, 2005). Las especies determinadas fueron comparadas con las del herbario de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala-UNAM (IZTA), y con las del herbario virtual del Missouri Botanical Garden (Tropicos.org).

Con el propósito de saber si dentro de los sitios perturbados existía alguna especie bajo alguna categoría de riesgo, se consultó la NOM-059-SEMARNAT-2001, la lista roja de la IUCN 2008 y CITES 2008. Evidentemente, la probabilidad de encontrar especies en alguna de estas listas es mayor en el borde de bosque, debido a que presenta un grado menor de perturbación que la zona abierta. La presencia de alguna(s) especie(s) bajo categoría de riesgo incrementa el valor biológico de la comunidad.

### **REINTRODUCCIÓN DE PLANTAS Y SIEMBRA DE SEMILLAS GERMINADAS**

Se llevaron a cabo dos plantaciones de semillas germinadas y de plantas de *Q. candicans*. La primera se efectuó en octubre de 2007 y la segunda en junio de 2008. En ambas plantaciones se reintrodujeron 20 plantas y 20 semillas germinadas en cada parcela (5 por ambiente); la distancia entre individuos fue de dos metros (Suárez, 1998; Álvarez-Aquino, *et al.*, 2004).

Las plantas fueron donadas por el vivero del Laboratorio de Ecología y Taxonomía de Árboles y Arbustos de México de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala. De acuerdo a los datos proporcionados por el vivero, las semillas a partir de las cuales se obtuvieron las plantas donadas, provienen del municipio de Villa del Carbón que se localiza al este de Chapa de Mota en el Estado de México. La edad de las plantas fue de 2 años.

La plantación se hizo en cepas (hoyos) de aproximadamente 30 x 15 cm, de tal manera que su profundidad coincidió con la altura del cepellón de las plantas (Lilly, 1999). Al momento de hacer el transplante se puso particular atención en que al retirar la bolsa de la planta no se rompiera el cepellón y evitar así que se dañara el sistema radicular (Lilly, 1999). Una vez colocado el árbol en el centro de la cepa ésta fue rellenada con mantillo y suelo de bosque de la misma localidad para favorecer la retención de humedad.

En octubre de 2007 se colectaron bellotas de *Q. candicans* en el Parque Estatal Chapa de Mota, directamente del suelo y bajo la copa de distintos árboles. Se transportaron al laboratorio, se sometieron a prueba de flotación y se desecharon los frutos dañados (infestación por larvas, pudrición, frutos deshidratados, entre otros). Se lavaron con agua corriente y desinfectaron con una solución de hipoclorito de sodio al 15% durante 10 minutos (Rubio-Licona, 2006).

Se eligieron al azar 200 bellotas, y el resto de los frutos se almacenó en refrigeración dentro de bolsas de plástico hasta que se realizó la germinación de 200 semillas más para la siembra efectuada en junio de 2008. El tratamiento pre-germinativo de las 300 bellotas elegidas consistió en: remojo por 48 horas y escarificación manual (Rubio-Licona, 2006). Los frutos fueron medidos y pesados, una vez que se retiró el pericarpio, cada semilla fue numerada, medida y pesada. La germinación se llevó a cabo en cajas de plástico tipo domo y utilizando papel filtro como sustrato; se mantuvieron a imbibición con agua y a temperatura ambiente. La siembra de las semillas germinadas se llevó a cabo una semana después de haberlas puesto a germinar, cuando su radícula tenía una longitud de dos a tres centímetros. La siembra se hizo en cepas de 15 x 15 cm a una profundidad de cuatro a cinco cm y se rellenaron con suelo y mantillo de bosque.

El objetivo de la segunda plantación fue incrementar el porcentaje de supervivencia al re-introducir al inicio de la temporada de lluvias (junio de 2008); las plantas y semillas se sembraron a 20 cm de distancia de los individuos de la primera plantación (octubre de 2007).

Se monitoreó mensualmente la supervivencia y crecimiento de la plantas reintroducidas. En las semillas se hizo el monitoreo de la emergencia, supervivencia y crecimiento de las plántulas emergidas. En ambos casos, las variables de crecimiento consideradas fueron: diámetro a la base del tallo, altura total tomada desde la base del tallo

hasta la yema apical, número de hojas, número de rebrotes y cobertura. Esta última se calculó a partir de la siguiente fórmula:

$$C = \left[ \left( \frac{d1 + d2}{4} \right)^2 \right] \times \Pi$$

Donde **C**= cobertura total, **d1**= primer diámetro de la cobertura de hojas, **d2**= segundo diámetro de la cobertura de hojas y  $\Pi = 3.1426$ .

Los individuos de la primera plantación fueron monitoreados durante un año, mientras que para los de la segunda plantación se muestran los datos de seis meses, momento en el que se inició el análisis que aquí se presenta.

## ANÁLISIS

En las dos plantaciones realizadas se hizo el mismo tratamiento. El crecimiento de las plantas reintroducidas y de las plántulas emergidas fue evaluado a partir de la tasa de crecimiento relativo (TCR) para cada variable: diámetro, altura y cobertura (Harper, 1977). La fórmula usada para calcular la TCR fue la siguiente:

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

Donde TCR es la tasa de incremento y  $H_2$  y  $H_1$  es la variable de crecimiento (diámetro, altura, cobertura) evaluada a diferentes tiempos ( $t_2$  y  $t_1$ ).

Se utilizó una prueba de ANOVA (Zar, 1974; Sokal y Rohlf, 1994) para evaluar la influencia del ambiente (factor) en el crecimiento de las plantas de *Q. candicans*. Las variables de respuesta fueron el porcentaje de emergencia de plántulas a partir de las semillas germinadas, el porcentaje de supervivencia (de plantas y plántulas) y las medidas finales (diámetro, altura, cobertura y número de hojas) de las plantas que permanecieron vivas después de transcurrido el periodo de evaluación. Los porcentajes fueron normalizados con la transformación del arcoseno (Zar, 1974; Sokal y Rohlf, 1994). En el caso de las plantas de dos años, se incluyó como covariable a las medidas iniciales

(ANCOVA) para evaluar si en la talla final que se observó, existió un efecto de la talla inicial.

Se realizó un ANOVA factorial para evaluar las posibles diferencias de las variables micro-ambientales entre los dos ambientes: zona abierta y borde de bosque (Zar, 1974; Sokal y Rohlf, 1994).

Se usó el coeficiente de correlación de Pearson para relacionar las variables de crecimiento con las variables micro-ambientales (Zar, 1974; Sokal y Rohlf, 1994) y determinar cuáles son los principales factores ambientales que intervienen en el crecimiento de las plantas reintroducidas. También se hizo un análisis de correlación entre el tamaño y talla de las semillas con la talla inicial de las plántulas emergidas.

Las características físicas y químicas de los suelos fueron estudiadas con un análisis de conglomerados para analizar la similitud entre las características físico-químicas de los suelos, para tal fin se usó como índice el coeficiente de correlación de Pearson (Zar, 1974; Sokal y Rohlf, 1994). El mismo análisis se realizó para evaluar la similitud florística entre los ambientes, tomando en cuenta la presencia o ausencia de las especies, y como índice de similitud, se utilizó el porcentaje de concordancia (Zar, 1974; Sokal y Rohlf, 1994).

Todos los análisis fueron realizados con el paquete estadístico Excel Minitab versión 1.5.

# RESULTADOS

## CARACTERIZACIÓN AMBIENTAL

### 1. Perfil bioclimático de las especies de *Quercus* presentes en el cerro “Las Ánimas”

Las coberturas climáticas y de distribución potencial de las siete especies de *Quercus*, fueron generadas para toda el área que comprende la carta topográfica 1:50000 del INEGI, perteneciente al municipio Chapa de Mota. Sin embargo, sólo nos enfocamos en la descripción de los resultados obtenidos para el cerro “Las Ánimas”.

En el perfil bioclimático local de cada especie (Apéndice I), destaca que los valores promedio de los 19 parámetros, no difieren mucho entre los sitios donde se distribuye cada especie, por ejemplo, en el caso de la temperatura promedio anual, la diferencia es de 0.3 a 1.1 °C. El mayor contraste se observa en los valores máximos y mínimos (Apéndice I), de los 19 parámetros que conforman el perfil bioclimático de cada una de las especies.

En el análisis de similitud con el índice de Gower se conformaron cuatro grupos de especies (Fig. 7). Debido a que las características climáticas de los sitios donde se distribuyen *Q. candicans*, *Q. crassipes* y *Q. obtusata* son muy semejantes, formaron un grupo; lo mismo con *Q. castanea* y *Q. crassifolia*; mientras que los requerimientos climáticos de *Q. laurina* y *Q. mexicana* difieren más de los del resto de las especies.

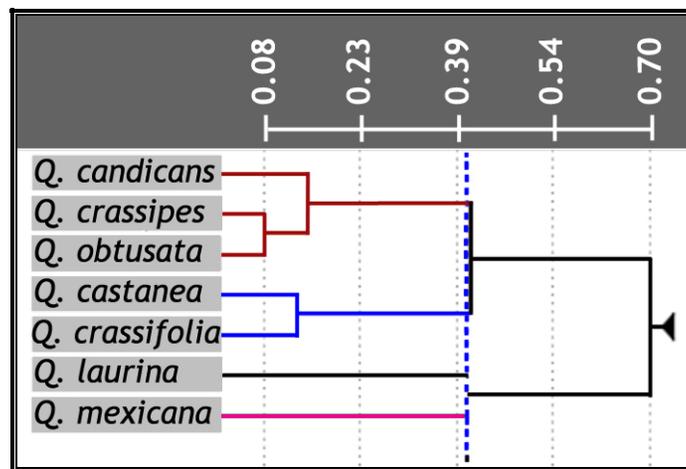


Figura 7. Diagrama de agrupamiento de las especies en el cerro “Las Ánimas”, con base en el índice de similitud de Gower. La línea punteada en azul indica el nivel de corte.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

Se identificaron los lugares que cumplen con los valores climáticos requeridos para la presencia de las especies, y con base en el perfil bioclimático de *Q. candicans* se pudo constatar que a pesar de que dicha especie, actualmente no está presente en los sitios donde se reintrodujeron los árboles y semillas de ella, los sitios reúnen las características climáticas necesarias para que la especie pueda prosperar (Figura 8).

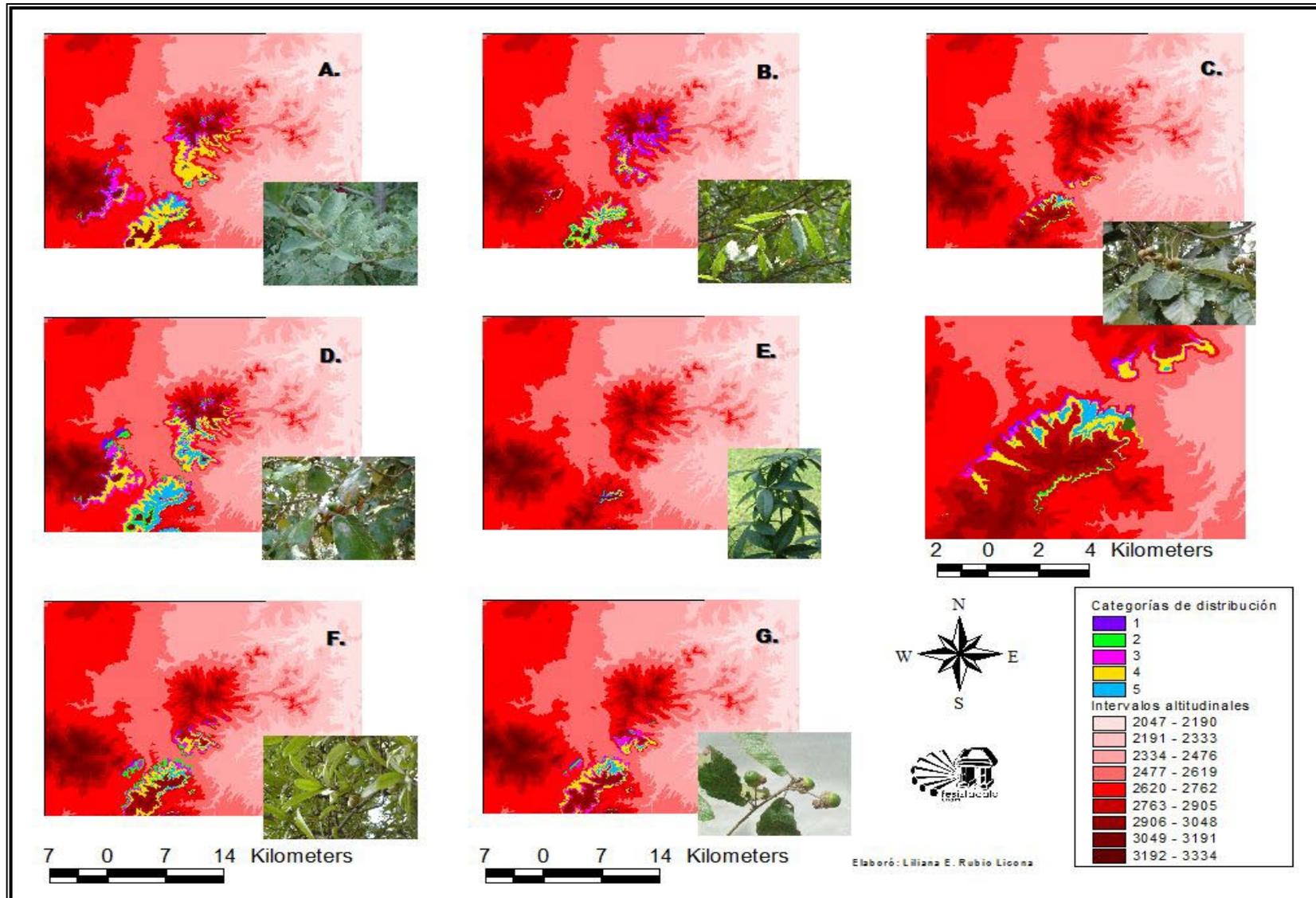


Figura 8. Distribución potencial de siete especies de encino en el C. "Las Ánimas" y zonas aledañas, en Chapa de Mota, Estado de México, México. A. *Q. castanea*, B. *Q. laurina*, C. *Q. candicans*, D. *Q. crassifolia*, E. *Q. mexicana*, F. *Q. crassipes*, G. *Q. obtusata*.

**2. Descripción geomorfológica y patrón de disturbio en el cerro “Las Ánimas”.**

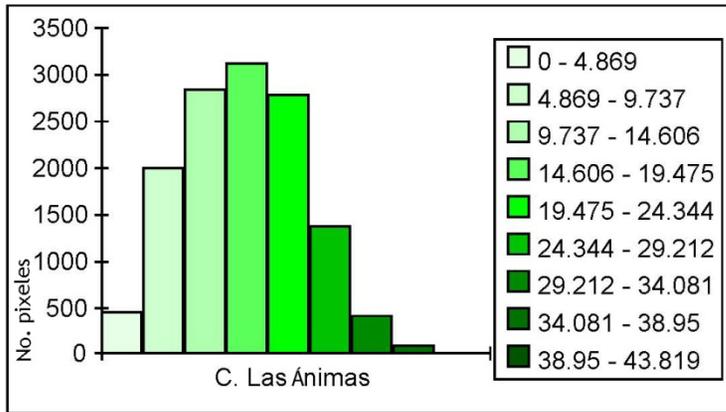


Figura 9. Histograma numérico de los porcentajes de inclinación en el C. “Las Ánimas”.

El cerro (C.) “Las Ánimas” es una zona agreste cuyas pendientes van de cuatro a 43%; la mayoría de las laderas poseen pendientes de 14 a 19% (Fig. 9). La cima de esta formación y las de los cerros Piedras Coloradas y Chapa Viejo conforman el parte-aguas de la cuenca abierta donde se

ubicaron las parcelas experimentales. Las diez parcelas experimentales están ubicadas justo en la transición del lomo de ladera al piedemonte, la pendiente va de 11° a 35° (Cuadro 4).

Durante el trimestre más húmedo del año (julio a septiembre) se precipita más del 60% del total anual (Fig.10) por lo que esta comunidad de bosque de encino presenta una marcada estacionalidad. De acuerdo con las coberturas generadas, las temperaturas en la zona son extremas con máximas cercanas a 30 °C y mínimas de 1.4 a 3.1 °C. El periodo más seco no necesariamente es el más caluroso, incluso sus temperaturas son semejantes a las del trimestre más húmedo (Fig. 11).

Cuadro 4. Descripción de las diez parcelas experimentales estudiadas en “Las Ánimas” Chapa de Mota, Estado de México, México. ZA= Zona abierta, B= Borde. Los números romanos indican el número de parcela.

PARCELA	LATITUD N	LONGITUD W	ALTITUD	ORIENTACIÓN	PENDIENTE
ZA I	19° 48' 5.9"	99° 30' 51.3"	2640	151° SSE	29°
ZA II	19° 48' 7.4"	99° 30' 52.2"	2680	109° ESE	11°
ZA III	19° 48' 3.4"	99° 30' 49.1"	2620	126° SE	13°
ZA IV	19° 48' 4.9"	99° 30' 53.5"	2660	110° ESE	12°
ZA V	19° 48' 4.2"	99° 30' 53.8"	2650	100° E	16°
B I	19° 48' 0.9"	99° 30' 52.9"	2650	162° SSE	28°
B II	19° 48' 0.3"	99° 30' 53"	2625	145° SE	11°
B III	19° 47' 58.8"	99° 30' 55.2"	2660	125° SE	22°
B IV	19° 47' 58.4"	99° 30' 57.6"	2687	160° SSE	33 - 34°
BV	19° 47' 57.6"	99° 30' 58.3"	2660	189° S	35°

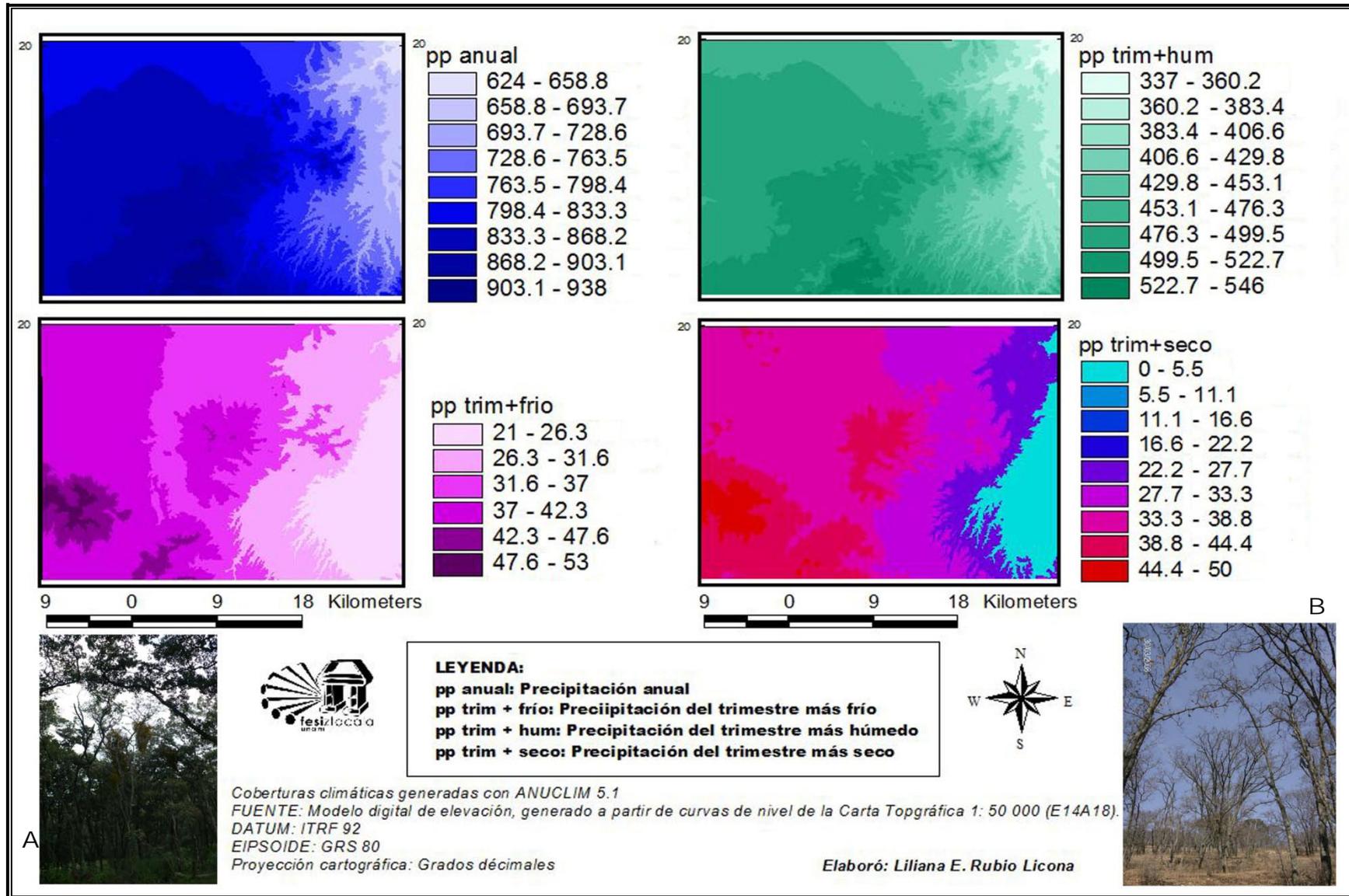


Figura 10. Distribución de la precipitación en Chapa de Mota, Estado de México, México. **A.** Vista del bosque en época de lluvias y **B.** en la época seca.

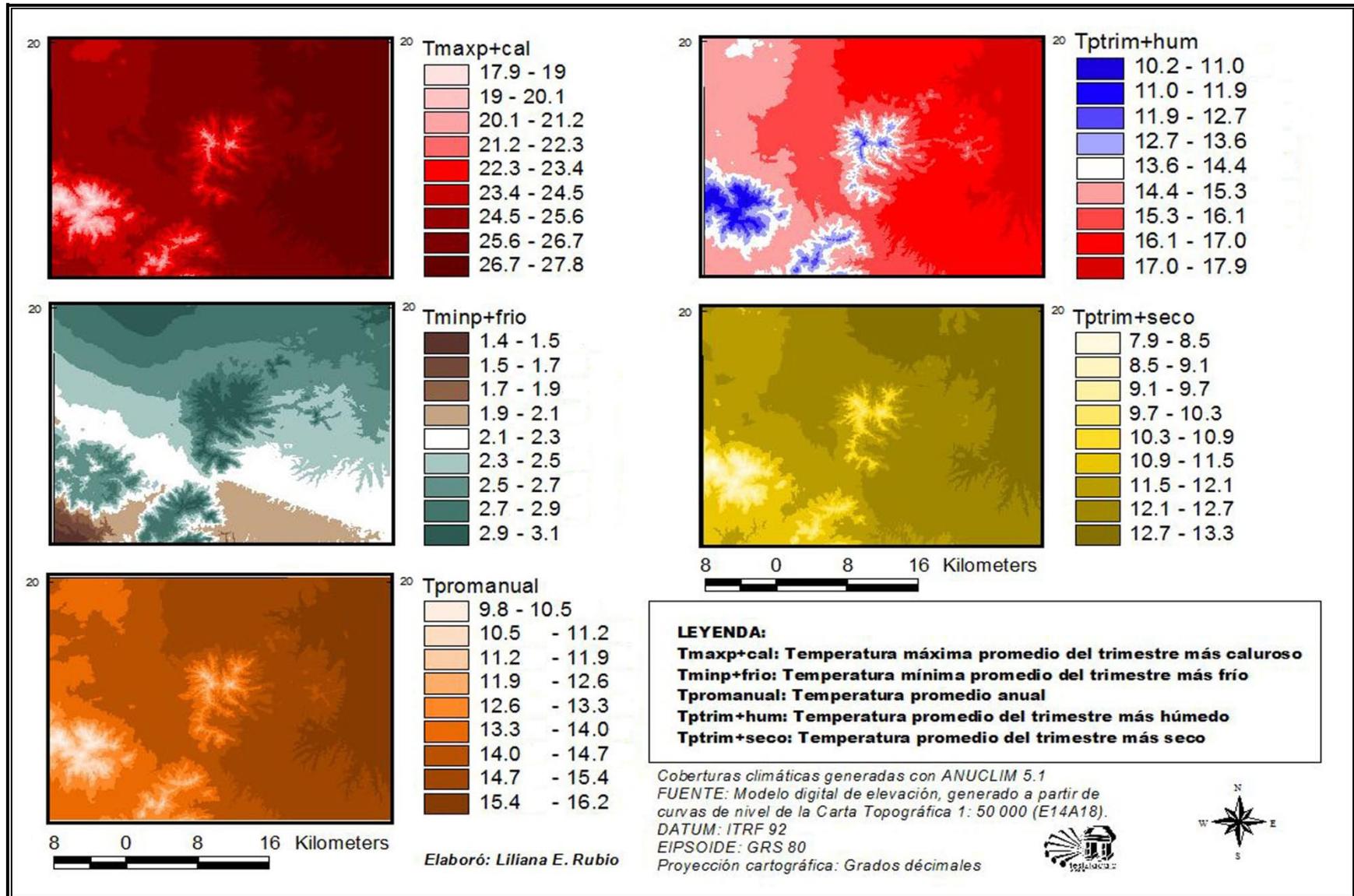


Figura 11. Distribución de la temperatura en Chapa de Mota, Estado de México, México.

Existen problemas de erosión en las zonas adyacentes a las parcelas experimentales de la zona abierta, como son: afloramientos rocosos, disminución del espesor del suelo, exposición de raíces y formación de cárcavas principalmente (Fig. 12). Las cárcavas se relacionan también con la fragilidad estructural en horizontes intermedios o profundos del suelo.



Figura 12. Evidencias de erosión hídrica: exposición de raíces (A), afloramientos rocosos (B y C) y disminución del espesor del suelo (D).

El instrumento que regula las actividades dentro de las Áreas Naturales Protegidas del Estado de México es el Código de Biodiversidad, el cual es ambiguo, ya que por un lado, señala que, dentro de los parques estatales, sólo podrá permitirse la realización de actividades relacionadas con la conservación, investigación y educación (Art. 2.96) y por otro indica que se permiten actividades de extracción siempre y cuando estén sujetas al plan de manejo correspondiente (Art.2.113) (GEM, 2006).

El Parque Estatal “Chapa de Mota” no cuenta con plan de manejo de tal manera que no existe regulación sobre cuántos y/o cuáles individuos se les permite retirar a los habitantes del lugar para la obtención de leña; tampoco existe la suficiente vigilancia, ya que los taladores clandestinos que entran al parque operan en las zonas altas del cerro y retiran árboles valiosos en grandes cantidades, ocasionando que se formen claros cuyo

tamaño se incrementa gradualmente. Los habitantes del lugar retiran árboles en las laderas bajas del cerro y en el piedemonte, de tal manera que ahí también existen zonas deforestadas que van creciendo de manera importante. Por ejemplo, en la figura 13 (C) se observa superficie arbolada en la zona abierta donde se ubican las parcelas; actualmente dicha zona se encuentra deforestada.

Este patrón de deforestación en las zonas altas e inclinadas incrementa la cantidad de sedimentos que llegan a las laderas bajas y al piedemonte del cerro, cuyo micro-relieve ocasiona la acumulación en algunas zonas y la erosión en otras. De igual manera la deforestación ladera arriba incrementa la velocidad y fuerza del agua que desciende y llega a las zonas bajas desprovistas de vegetación arbustiva y arbórea, erosionándolas, sobre todo aquéllas cuya cobertura herbácea es escasa. Durante la época de lluvia los habitantes del lugar introducen ganado en los pastizales naturales lo que ocasiona problemas de compactación del suelo.

Los afluentes intermitentes de la cuenca fluyen muy cerca de las parcelas experimentales de la zona abierta (Fig. 13); estos flujos de agua han sido alterados debido a la construcción de un “bordo” para la captación y almacenamiento de agua de lluvia, un par de cabañas y una bodega de almacenamiento de plástico (PET). En la figura 13 se observa que el flujo de agua afecta directamente a la parcela IV de la zona abierta. Sin embargo, actualmente existe afectación en cuatro de las cinco parcelas de esta zona. En las parcelas II y III de la zona abierta existe acumulación de sedimentos favorecido por el micro relieve, en la parcela I el paso del agua arrastra partículas del suelo. En la parcela II del borde y en la IV y V de la zona abierta hay encharcamiento hacia finales de la época de lluvias.

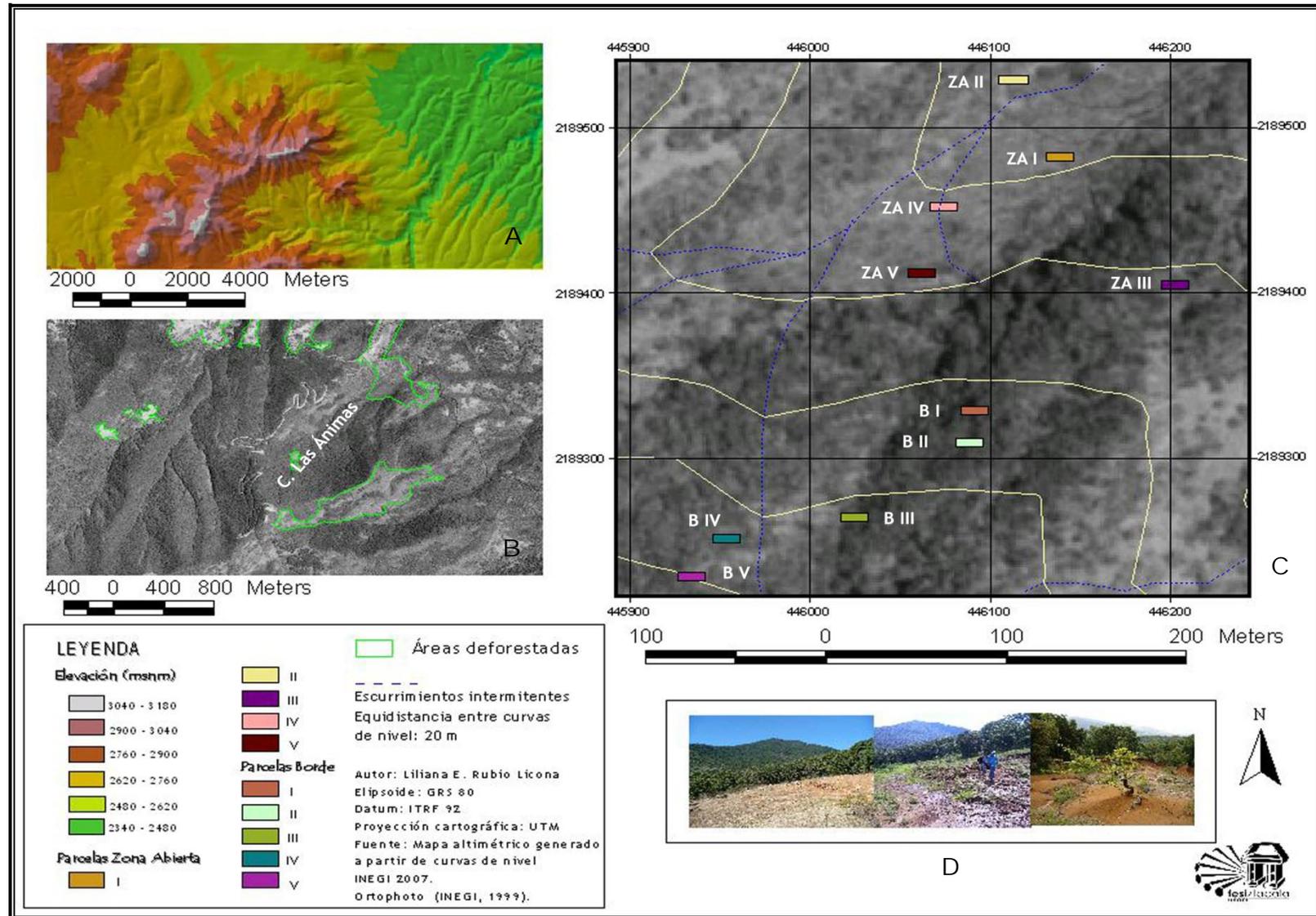


Figura 13. Caracterización física del terreno en el área de estudio. **A.** Modelo digital de elevación. **B.** Vista aérea del cerro “Las Ánimas”. **C.** Vista aérea de la transición del lomo de ladera a piedemonte, sitio donde se ubican las parcelas experimentales. **D.** Daños por erosión hídrica.

### 3. Caracterización edáfica

A partir del análisis físico y químico de las muestras compuestas se obtuvo lo siguiente: en la zona abierta el color en seco es predominantemente café amarillento y en el borde es color café. En ambas zonas el color en húmedo es café muy oscuro (Apéndice II, cuadro 1).

El desarrollo de estructura va de moderado a fuerte, lo que quiere decir que los agregados son duraderos, muy bien formados, que se distinguen con facilidad y son de alta estabilidad; en todos los casos la estructura es poliédrica sub-angular y en general los agregados son de mayor tamaño en los suelos de la zona abierta (Apéndice II, cuadro 2). A partir de la descripción de los perfiles se observó una disminución de la estabilidad de los agregados al aumentar la profundidad del suelo.

La capacidad de campo en los suelos de la zona abierta va de 65 a 81%, mientras que en la zona de borde el valor mínimo encontrado fue de 58% y el máximo de 64.7% (Apéndice II, cuadro 2). A partir de la capacidad de campo se calculó la humedad al punto de marchitez (HPM) (Muñoz *et al.*, 2000), en la zona abierta ésta oscila alrededor del 40% y en el borde va de 31 a 35% (Apéndice II, cuadro 2). La clase textural predominante en la zona abierta es la arcilla mientras que en el borde lo es la franco-arcillo-arenosa (Apéndice I, cuadro 1).

El contenido de materia orgánica fue superior en la zona de borde con un porcentaje relativamente similar en las parcelas; en la zona abierta este porcentaje es muy variable con suelos desde moderadamente pobres a ricos (Cuadro 5). El contenido de materia orgánica guarda relación con la cantidad de nitrógeno total, de tal manera que en el borde los suelos evaluados son extremadamente ricos en nitrógeno, mientras que en la zona abierta los hay desde extremadamente pobres hasta ricos.

En general el pH es fuertemente ácido, con algunas excepciones en la zona borde. La capacidad de intercambio catiónico está condicionada por el pH, la materia orgánica y el tipo de arcilla mineral; en los suelos evaluados dicha capacidad es media, sólo en una de las diez parcelas (ZA I, ZA II, B I y B II) es baja (Cuadro 5).

Cuadro 5. Evaluación de las variables químicas del suelo de acuerdo con Muñoz *et al.*, 2000. Md= moderadamente, MF= muy fuertemente, Med Pob= medianamente, Ex= extremadamente. ZA= Zona abierta, B= Borde. Los números romanos indican el número de parcela.

Parcela	M.O. (%)		pH		CIC cmol/Kg		N total (%)	
	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría
ZA I	5.682	Rico	5.05	MF ácido	19,805	Media	0.258	Rico
ZA II	1.624	Md Pobre	4.75	MF ácido	16,585	Media	0.088	Med Pobre
ZA III	4.329	Md Rico	5.01	MF ácido	16,829	Media	0.011	Ex Pobre
ZA IV	3.924	Md Rico	5.17	MF ácido	19,024	Media	0.185	Rico
ZA V	3.450	Md Rico	4.94	MF ácido	11,561	Baja	0.137	Med Rico
B I	11.703	Rico	4.74	MF ácido	25,463	Media	0.627	Ex Rico
B II	8.862	Rico	4.72	MF ácido	20,780	Media	0.482	Ex Rico
B III	8.059	Rico	4.49	Ex ácido	19,756	Media	0.319	Ex Rico
B IV	10.079	Rico	5.18	M F ácido	28,195	Media	0.498	Ex Rico
B V	10.079	Rico	5.35	F ácido	32,195	Media	0.504	Ex Rico

Las bases intercambiables evaluadas fueron el calcio, magnesio y potasio. Este último se encuentra en cantidades muy pobres en todos los suelos. El magnesio en general se encontró en cantidades muy altas a altas, sólo en una parcela (B I) es bajo. La cantidad de calcio en la mayoría de los suelos se encuentra en cantidades medianas (bajo ZAV, alto BV; ver cuadro 6). La alta acidez de los suelos compromete la disponibilidad de algunos minerales, especialmente el fósforo que está disponible en cantidades extremadamente pobres en todos los casos (Cuadro 6).

Cuadro 6. Evaluación de las variables químicas del suelo de acuerdo con Muñoz *et al.* 2000. M= muy, Ex= extremadamente. ZA= Zona abierta, B= Borde. Los números romanos indican el número de parcela.

Parcela	Ca Int. cmol/Kg		Mg Int. cmol/Kg		K Int. cmol/Kg		P disp.(ppm)	
	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría	Valor	Categoría
ZA I	9.024	Medio	3.171	Alto	1.918	M Pobre	0.09	Ex Pobre
ZA II	7.317	Medio	6.098	M alto	0.895	M Pobre	0.09	Ex Pobre
ZA III	4.878	Medio	5.366	M alto	1.790	M Pobre	0.09	Ex Pobre
ZA IV	3.902	Medio	8.293	M alto	1.918	M Pobre	0.09	Ex Pobre
ZA V	2.195	Bajo	4.390	M alto	1.151	M Pobre	0.09	Ex Pobre
B I	12.195	Medio	2.195	Bajo	4.987	M Pobre	0.1	Ex Pobre
B II	6.829	Medio	4.634	Alto	2.558	M Pobre	0.2	Ex Pobre
B III	2.927	Medio	4.634	Alto	3.581	M Pobre	0.1	Ex Pobre
B IV	2.659	Medio	11.707	M Alto	4.604	M Pobre	0.2	Ex Pobre
B V	3.902	Alto	13.171	M Alto	7.801	Pobre	0.5	Ex Pobre

Para facilitar la comparación de los suelos se realizó un análisis de conglomerados que evalúa su similitud a partir de los parámetros físicos y químicos. El análisis mostró que los suelos de los dos ambientes de perturbación difieren en un 20% de sus propiedades, sólo la parcela dos del borde mostró similitud con los suelos de la zona abierta (Fig. 14).

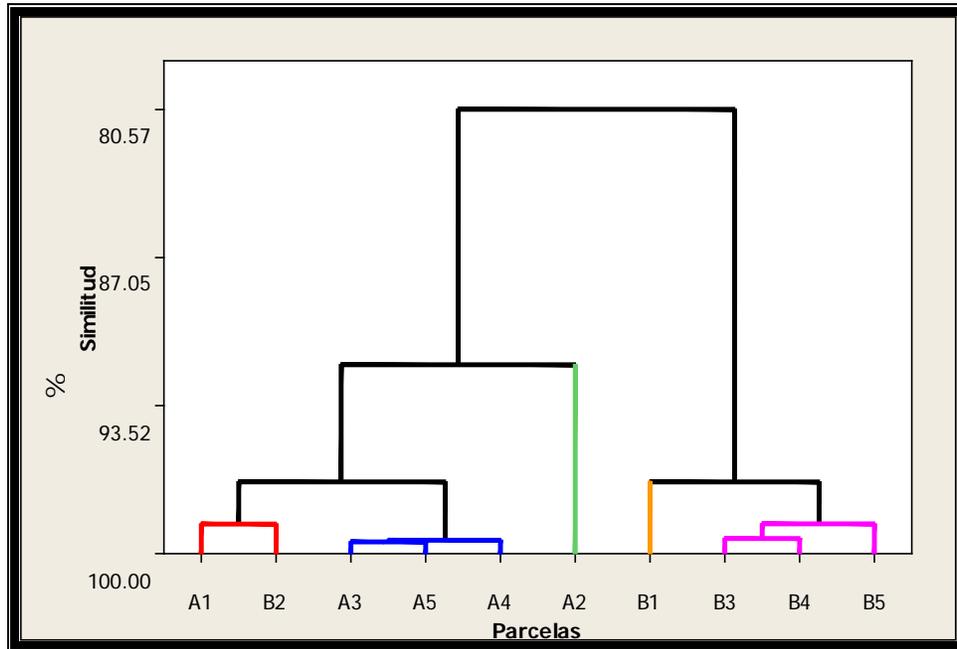


Figura 14. Diagrama de agrupamiento de las características edáficas, con base en el porcentaje de concordancia. A= Zona Abierta, B= Borde. Los tonos de color indican los distintos grupos formados.

La descripción de perfiles de suelo permitió observar otras propiedades edáficas que difieren entre ambientes y que pueden ser determinantes para el establecimiento y desarrollo de las plantas reintroducidas. A continuación se describen de manera general las características y procesos más importantes en la zona abierta y de borde; en el apéndice III se pueden consultar las descripciones edafo-ecológicas detalladas de los perfiles descritos.

En la zona de borde se observaron horizontes orgánicos (Oh-Ah), bien desarrollados, cuyo espesor promedio fue de 14.25 cm (13-22), el tipo de mantillo fue Moder de reacción ácida. En la zona abierta el tipo de mantillo fue Mull de reacción ácida y presenta un horizonte L (litter) directamente sobre el horizonte mineral (AC o Bw).

Todos los perfiles estuvieron ubicados en el área que comprende la transición entre ladera baja y piedemonte, por lo cual reciben un aporte continuo de material coluvial. En la

zona abierta esto se vio de dos maneras: 1) por la existencia de suelos enterrados y 2) por la presencia de material no consolidado de grano simple en los horizontes superficiales (horizontes AC) (Fig. 15). A pesar de que las parcelas del borde se ubican también en ladera baja y piedemonte no se observó acumulación reciente de material.

En la zona abierta todos los pedones descritos pertenecieron a diferente tipo de suelo, se describió un Umbrisol (parcela II), Luvisol (parcela I), Lixisol (parcela III) y un Vertisol (parcela IV y V) (Fig. 15). En la zona de borde se registraron tres tipos de suelo: Lixisol (parcela III), Cambisol (parcela II) y Leptosol (parcela I y IV) (Fig. 15).

Los procesos pedogenéticos comunes a los dos ambientes de perturbación son el intemperismo químico, la acumulación de materia orgánica, el desarrollo de estructura, y la neoformación de óxidos de hierro y arcillas. En el caso del Umbrisol y el Cambisol estos procesos son los únicos que se observaron y han dado origen a horizontes cámbicos.

En todos los horizontes descritos se encontraron valores de pH ácidos que oscilan entre 4.3 y 5.5; esto ha favorecido procesos como la iluviación de arcillas y la pérdida de bases por lixiviación durante el tiempo suficiente para originar la formación de horizontes árgicos. En este caso, este tipo de horizontes diagnóstico resultó en suelos del grupo Luvisol y Lixisol (Fig. 15). El proceso de iluviación de arcillas se observó a manera de cutanes y en un incremento de éstas a lo largo del perfil (Apéndice III).

Se observó que el incremento de arcillas (horizontes Bt) resulta también en un incremento de la densidad aparente y disminución del volumen total de poros, lo que fue más común en la zona abierta y a una menor profundidad que en el borde. En la zona abierta la compactación de horizontes superficiales a causa del peaje y pastoreo de ganado, fue también una causa de la alta densidad aparente. En general los suelos poseen buena profundidad de desarrollo ( $x= 107$  cm), sin embargo cuando se presentan horizontes con densidades aparentes altas disminuye la capacidad de campo. El Umbrisol (ZA II) y el Leptosol fueron los suelos menos desarrollados ( $\pm 50$  cm).

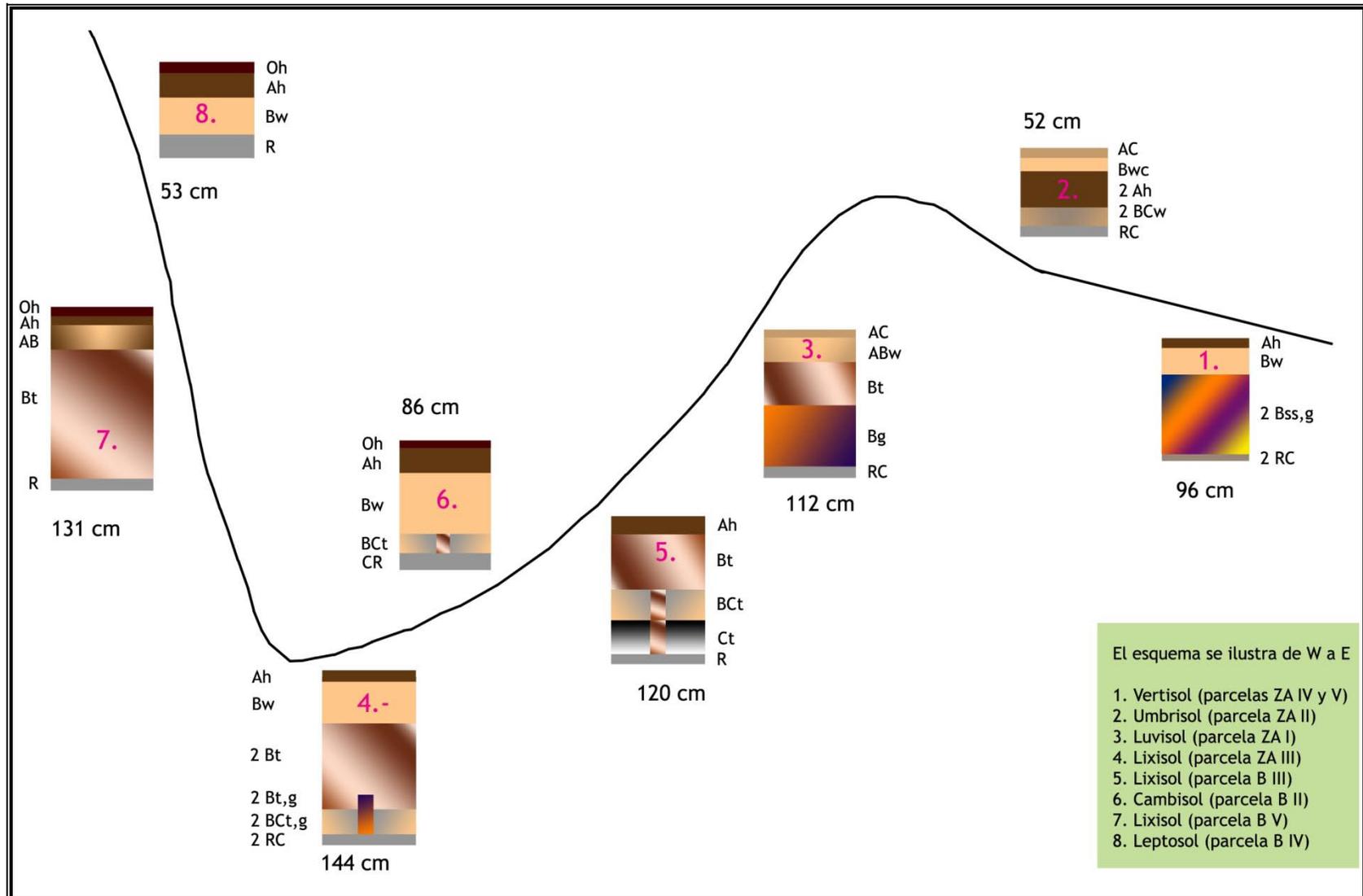


Fig. 15 Esquemización de los perfiles descritos en los dos ambientes de perturbación. A pesar de estar ubicados en la transición de ladera baja y piedemonte, el micro relieve del sitio les confiere diferencias notables en inclinación, las cuales se reflejan en la medida de lo posible dentro del esquema.

El horizonte vértico se reconoció a partir de facetas de fricción-presión o slickensides además de grietas y una macroestructura prismática; el proceso dominante en este tipo de suelo es la peloturbación (parcelas ZA IV y V). La clasificación del vertisol se basó en los horizontes sepultados pero es importante mencionar que en el suelo superficial existe un horizonte cámbico bien desarrollado (30 cm).

El Leptosol (parcelas B I y IV) está definido por altos porcentajes de pedregosidad (50 al 80%) que limitan la cantidad de nutrientes, la capacidad de campo y la profundidad fisiológica; este tipo de suelo presenta también una limitada profundidad (52 cm).

En algunos suelos de la zona abierta (Luvisol, Lixisol y Vertisol) se observaron procesos de reductomorfía como la gleyización y pseudogleyización a causa de un manto freático colgado o por la presencia de roca continua a poca profundidad, que impide el drenaje del agua. Esto genera condiciones de anoxia durante el periodo de mayor precipitación.

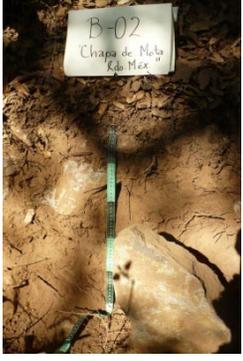
En el cuadro 7 se resumen las evaluaciones edafo-ecológicas de los sitios, tanto los suelos de la zona abierta como los del borde poseen una baja capacidad de aireación (CA); la capacidad de campo (CC) y de retención de agua disponible (dCC), así como la profundidad fisiológica y el drenaje natural, son muy variados en los dos ambientes.

Cuadro 7. Síntesis de la evaluación edafo-ecológica de los suelos descritos en la zona abierta (ZA) y en el borde de bosque (B) de acuerdo con Siebe *et al.*, 1996. CA= capacidad de aireación, dCC= capacidad de retención de agua disponible, CC= capacidad de campo.

PARCELA	PROF. FISIOLÓGICA	CA	dCC (L/m <sup>2</sup> )	CC (L/m <sup>2</sup> )	DRENAJE NATURAL
ZA I	40 cm / Somera	Baja	147.86 / Alta	384.63 / Baja	Moderado
ZA II	34 cm / Mediana	Baja	60.84 / Baja	150.04 / Baja	Bueno
ZA III	46 cm / Somera	Baja	141.47 / Alta	408.25 / Alta	Moderado
ZA IV y V	45 cm / Mediana	Baja	45.46 / Baja	157 / Baja	Moderado a deficiente
B I y IV	9 cm / Muy somera	Mediana	26.21 / Muy baja	61.86 / Muy baja	Excesivo
B II	7 cm / Muy somera	Baja	79.18 / Mediana	263.09 / Mediana	Deficiente
B III	70 cm / Profunda	Baja	149.05 / Alta	456.15 / Alta	Bueno
B V	66 cm / Mediana	Baja	119.56 / Mediana	414.8 / Alta	Bueno

La clasificación de los suelos de acuerdo con la Base Mundial de Referencia del Recurso Suelo (IUSS, 2007) fue diferente para los ocho pedones descritos (Cuadro 8; el orden en que se presentan los perfiles refleja su posición altitudinal en cada uno de los ambientes).

Cuadro 8. Clasificación WRB (2007) de los suelos descritos en la zona abierta y borde.

PERFIL (ZONA ABIERTA)	CLASIFICACIÓN	PERFIL (BORDE)	CLASIFICACIÓN
	<i>Epilleptic, mollic, cambic, UMBRISOL (clayinovic)</i>  Perfil parcela ZA II		<i>Mollic LEPTOSOL (epieutric, skeletal)</i>  Perfil parcelas B I y BIV
	<i>Endoleptic, endostagnic VERTISOL (mesotrophic, orthoeutric, novic)</i>  Perfil parcelas ZA IV y V		<i>Cutanic, endoleptic LIXISOL (hypereutric, profundic, endoclayic)</i>  Perfil parcela B III
	<i>Cutanic, endogleyic LUVISOL (hypereutric, epiclayic, novic)</i>  Perfil parcela ZA I		<i>Endoleptic, CAMBISOL (orthoeutric, densic, endoclayic)</i>  Perfil parcela B II
	<i>Cutanic, endogleyic, LIXISOL (hypereutric, profundic, densic, endoclayic, novic)</i>  Parcela ZA III		<i>Cutanic LIXISOL (hypereutric, profundic, endoclayic)</i>  Perfil parcela B V

#### 4. Descripción de las variables micro-ambientales

Las variables abióticas de los dos ambientes de perturbación estudiados difieren principalmente en los valores máximos que se registraron y que son superiores en la zona abierta. La diferencia de la temperatura máxima del aire, fue de 7 a 16 °C; sólo en el mes de febrero y marzo fue de 1 a 3 °C; la temperatura promedio difirió entre 1.3 y 3.4 °C a lo largo del año (Fig. 16). En la zona abierta hubo mayor frecuencia de temperaturas bajo cero (marzo, noviembre y diciembre) que en el borde (noviembre).

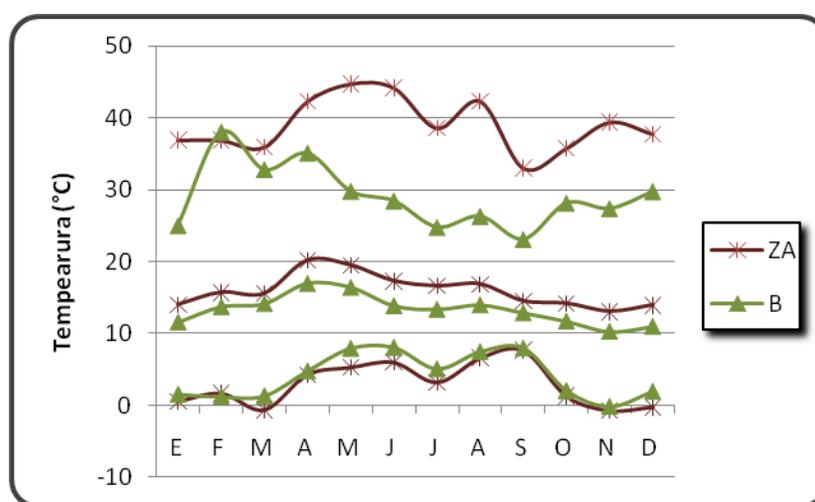


Figura 16. Temperatura del aire máxima, promedio y mínima en la zona abierta (ZA) y borde (B), en el Parque Estatal Chapa de Mota, Estado de México, México durante 2008.

Las máximas temperaturas del aire (>40 °C) en la zona abierta se registraron en los meses de abril, mayo, junio y agosto; mientras que en el borde fue en los meses de febrero, marzo y abril (>30 °C) (Fig. 16). Tales diferencias en la temperatura de la zona abierta y borde fueron estadísticamente significativas ( $F= 7.41$ ,  $P= 0.013$ ).

La temperatura del suelo (Fig. 17) presentó una mayor extremosidad en la zona abierta que en el borde y durante la época seca que en la de lluvia; en dicha zona la diferencia entre la temperatura mínima y máxima fue de 19 °C (agosto) a 42 °C (marzo), mientras que en el borde fue de 4 °C (marzo) a 20 °C (junio). La temperatura promedio de los ambientes difirió a lo largo del año entre 4 °C (septiembre y octubre) y 8 °C (marzo y abril). La temperatura más alta en la zona abierta (49 °C) se registró en el mes de marzo y

en el borde (28 °C) en el mes de agosto. La temperatura del suelo difirió significativamente entre los ambientes ( $F= 41.47$ ,  $P= <0.001$ ).

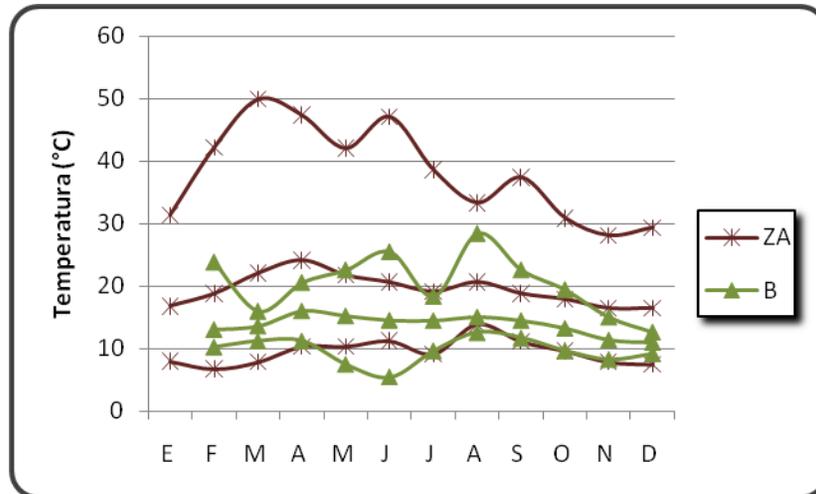


Figura 17. Temperatura del suelo máxima, promedio y mínima en la zona abierta (ZA) y borde (B), en el Parque Estatal Chapa de Mota, Estado de México, México durante 2008.

En la zona abierta se registraron tanto los valores más bajos de humedad del aire (Fig. 18), como los altos; en este ambiente la humedad relativa máxima fue muy constante a lo largo del año (94 a 100%), no así en el borde de bosque donde durante los meses de febrero y marzo la humedad máxima apenas superó el 60%. La humedad promedio fue muy semejante en los dos ambientes, cuya diferencia a lo largo del año fue de 1 a 5%. La diferencia entre los valores mínimos de humedad entre la zona abierta y el borde fue de 7 a 20%. En esta variable no se encontraron diferencias significativas entre la zona abierta y el borde ( $F= 0.04$ ,  $P= 0.834$ ).

Los niveles de luminosidad (Fig. 19) a lo largo del año fueron mayores en la zona abierta, la diferencia entre la luminosidad promedio de la zona abierta y el borde fue de 875 (junio) a 5867 (diciembre) lumix/pie, y entre la máxima de 512 (febrero) a 18816 (julio) lumix/pie. Durante la segunda mitad del año la luminosidad promedio de la zona abierta es similar a la luminosidad máxima que se registró en el borde. En la figura 25 no se muestra la luminosidad mínima ya que ésta siempre es igual a un lumix/pie. Estas diferencias de luminosidad entre los ambientes fueron estadísticamente significativas ( $F= 46.64$ ,  $P= <0.001$ ).

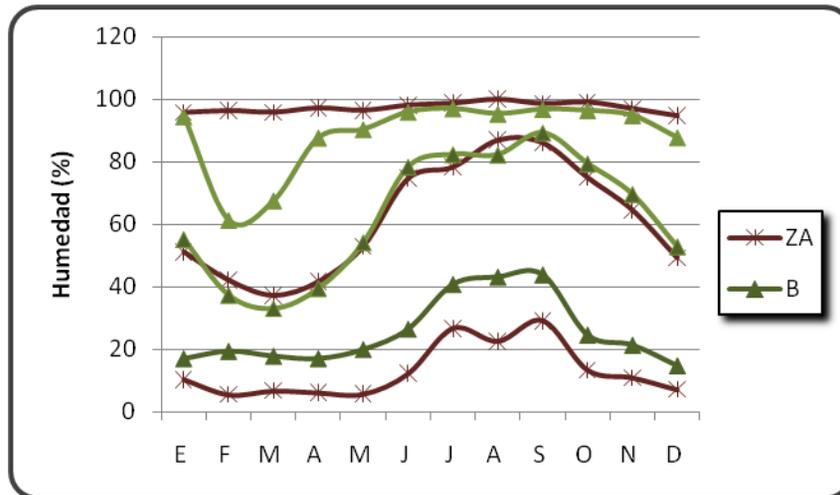


Figura 18. Humedad relativa del aire mínima, máxima y promedio del suelo, en la zona abierta (ZA) y borde de bosque (B), en el Parque Estatal Chapa de Mota, Estado de México, México durante el 2008.

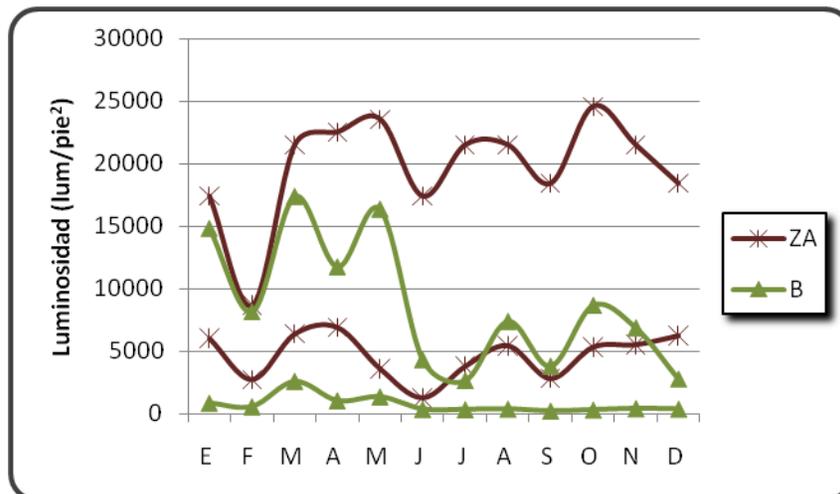


Figura 19. Niveles de luminosidad promedio y máxima, en la zona abierta (ZA) y borde de bosque (B), en el Parque estatal Chapa de Mota, Estado de México, México durante el 2008.

El contenido de humedad fue siempre mayor en el borde de bosque y la diferencia de la humedad relativa del suelo entre ambientes se acentuó en la temporada de lluvias (Fig. 20), ya que entre los meses de noviembre a mayo (época seca) la disimilitud entre zonas fue del 8 al 14% mientras que de junio a octubre es del 27 al 37%. Tales diferencias entre la zona abierta y el borde fueron estadísticamente significativas ( $F= 6.73, P= 0.017$ ).

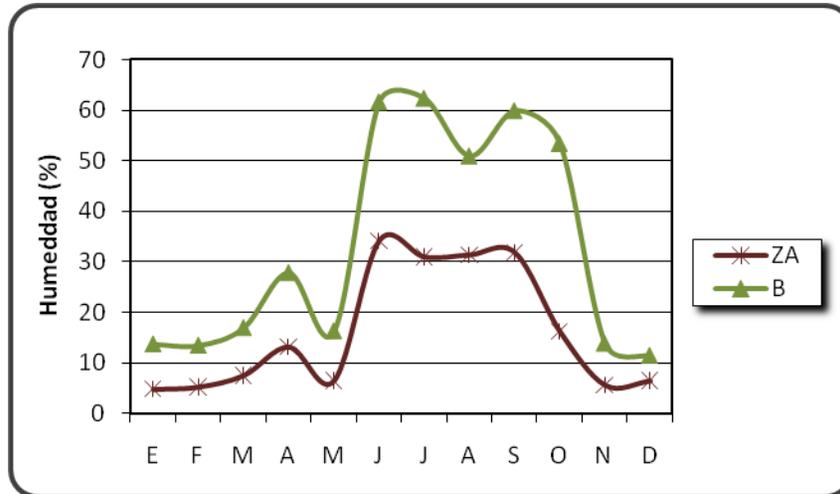


Figura 20. Humedad relativa promedio del suelo en la zona abierta (ZA) y borde de bosque (B), en el Parque Estatal Chapa de Mota, Estado de México, México durante 2008.

Los resultados de la prueba ANOVA (Cuadro 7) corresponden al periodo de monitoreo de la primera plantación (12 meses), sin embargo, al emplear los registros de los 6 meses que corresponden al periodo de monitoreo de la segunda plantación, se encontró el mismo resultado en todas las variables (Cuadro 8). En el cuadro 7 y 8 se muestra también el coeficiente de variación, el cual indica que en general existe mayor variabilidad ambiental en la zona abierta que en el borde.

Cuadro 9. Resultados de la prueba ANOVA para evaluar la diferencia, entre los ambientes, de las variables ambientales medidas durante un año (1ª plantación). SC= suma de cuadrados, g.l.= grados de libertad, CM= cuadrado medio, Coef. Var.= coeficiente de variación (abierto/borde).

VARIABLE	SC	g.l.	CM	F	P	Coef. Var.
Temp. aire (°C)	34.294	1	34.294	7.41	0.013*	14.11/15.16
Hum. del aire (%)	16.8	1	16.8	0.04	0.834	29.22/31.70
Temp. del suelo (°C)	180.98	1	180.98	41.47	<0.001*	12.55/11.63
Hum. del suelo (%)	2094.1	1	2094.1	6.73	0.017*	75.51/65.62
Luminosidad (lum/pie)	88869612	1	88869612	46.62	<0.001*	38.16/89.96

Cuadro 10. Resultados de la prueba ANOVA para evaluar la diferencia, entre los ambientes, de las variables ambientales medidas durante seis meses (2ª plantación). SC= suma de cuadrados, g.l.= grados de libertad, CM= cuadrado medio, Coef. Var.= coeficiente de varación (abierta/borde).

VARIABLE	SC	g.l.	CM	F	P	Coef. Var.
Temp. aire (°C)	26.394	1	26.394	10.66	0.007*	11.07/11.72
Hum. del aire (%)	25.6	1	25.6	0.693	0.693	17.80/15.62
Temp. del suelo (°C)	91.096	1	91.096	30.82	<0.001*	9.41/12.52
Hum. del suelo (%)	1759.4	1	1759.4	5.32	0.040*	56.21/50.03
Luminosidad (lum/pie)	55637034	1	55637034	34.21	<0.001*	41.45/17.51

### 5. Caracterización florística

La riqueza específica fue ligeramente mayor en la zona abierta que en el borde; en esta última se determinaron 83 especies distribuidas en 59 géneros y 26 familias; mientras que en la zona abierta se registraron un total de 91 especies, 69 géneros y 27 familias (Fig. 21).

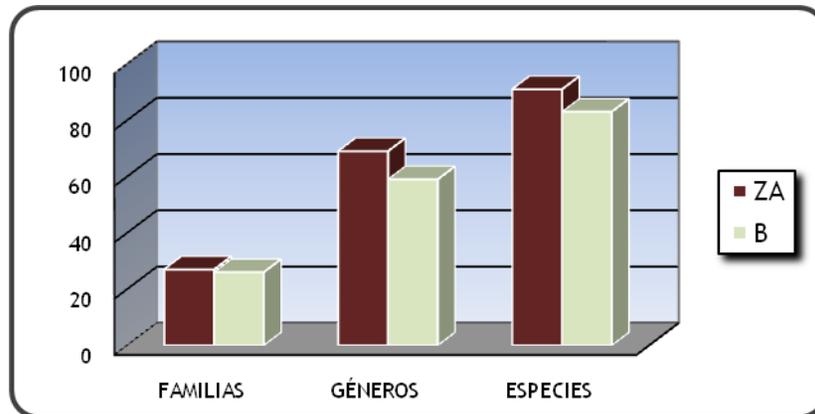


Figura 21. Número de familias, géneros y especies en los dos ambientes estudiados: Zona abierta (ZA) y borde de bosque (B).

En el borde de bosque las familias mejor representadas fueron la Asteraceae, Poaceae, Leguminosae y Rubiaceae (Fig. 22); en la zona abierta también encabezan la lista las familias Asteraceae y Poaceae seguidas de Rubiaceae y Cyperaceae (Fig. 23). En su respectivo ambiente estas cuatro familias concentran el 55% de las especies encontradas.

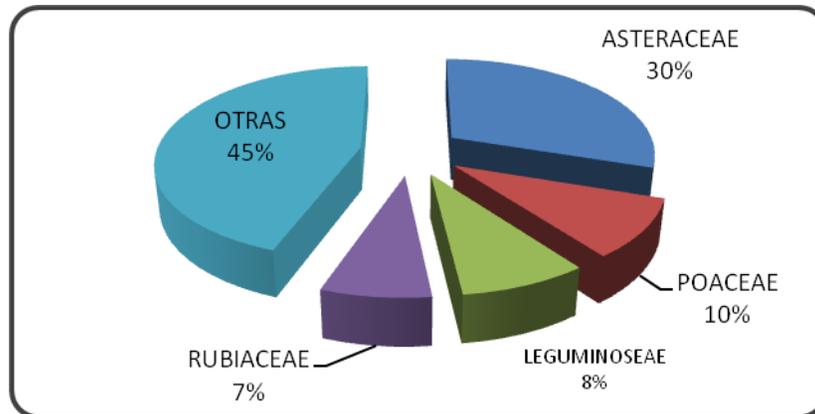


Figura 22. Familias con mayor representatividad en el borde.

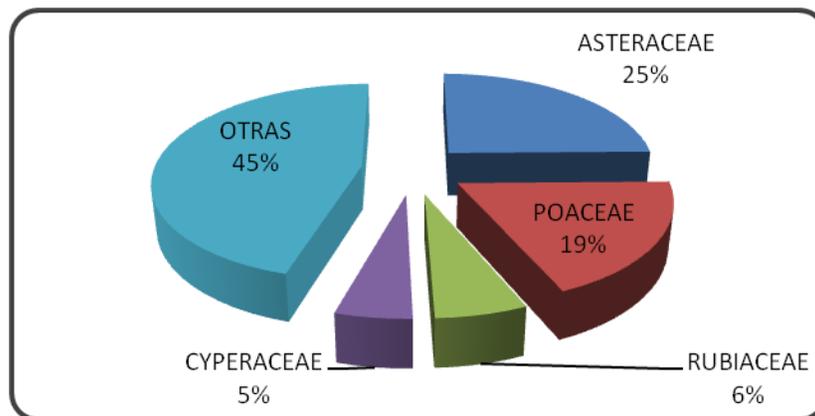


Figura 23. Principales tipos de vegetación en los que se han reportado las especies encontradas en los dos ambientes estudiados.

Los géneros mejor representados en las áreas desprovistas de árboles fueron: *Tagetes* con cuatro especies; *Oxalis* con tres; y con dos especies *Baccharis*, *Bidens*, *Cosmos*, *Gnaphalium*, *Stevia*, *Viguiera*, *Bulbostylis*, *Cyperus*, *Euphorbia*, *Lycurus*, *Muhlenbergia*, *Stipa*, *Crusea* *Eryngium* y *Verbena*. A su vez, los géneros mejor representados en el borde de bosque fueron *Stevia* con seis especies; *Quercus*, *Salvia* y *Desmodium* con cuatro; *Cosmos*, *Dahlia* y *Eupatorium* con tres; y con dos especies *Echeandia*, *Bidens*, *Arenaria*, *Carex*, *Arbutus*, *Muhlenbergia* y *Lopezia*.

La mayoría de las especies en la zona abierta fueron típicas de pastizal y/o de lugares perturbados, mientras que las del borde son propias de bosque de *Quercus* y pastizal, muy pocas de ellas son características de lugares con disturbio (Fig. 24). Lo anterior hace notar que hay especies cuya plasticidad les permite estar presentes en diversos tipos de vegetación clímax (bosque de encino y pastizal, e incluso en matorral xerófilo)

(Apéndice IV) lo que a su vez, les confiere ventaja para persistir y/o establecerse en sitios perturbados.

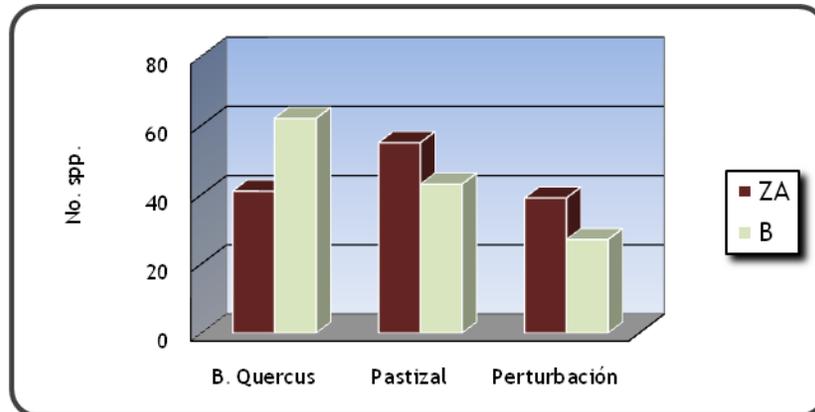


Figura 24. Principales tipos de vegetación a los que pertenecen las especies registradas en la zona abierta (ZA) y borde (B).

La zona abierta y el borde de bosque sólo comparten 14 especies, 21 géneros y 12 familias. Ninguna de estas especies es exclusiva de bosque de encino aunque algunas sí han sido reportadas en él; también se presentan en pastizal y la mayoría son indicadoras de perturbación al presentarse en orillas y claros en medio del bosque, o bien, en caminos o campos de cultivo (maleza arvense o ruderal) (Cuadro 9).

Las especies del borde que son exclusivas de bosque de *Quercus* son: *Salvia patens*, *Lopezia miniata*, *Desmodium uncinatum*, *Bletia reflexa* y *Viola grahamii*. En este mismo ambiente las especies típicas de bosques templados son: *Echeandia durangensis*, *Dahlia rudis*, *Eupatorium glabratum*, *E. ramirezorium*, *E. schaffnerii*, *Iostephane heterophylla*, *Alnus acuminata*, *Arbutus xalapensis*, *A. tessellata*, *Quercus candicans*, *Q. crassifolia*, *Garrya longifolia*, *Monnina ciliolata*, *Dydimaea alisinoides*, *Galium aschenbornii* y *Cestrum thyrsoideum*.

En la zona abierta sólo se encontraron tres especies típicas de bosque de encino (*Baccharis heterophylla*, *Chaptalia runcinata* y *Conyza gnaphaloides*) y una de bosques templados (*Hypericum silenoides*). *Salvia lavanduloides* y *Tigridia alpestris* son especies asociadas a zonas rocosas en claros de bosque de encino, pino y abeto.

Cuadro 11. Especies que comparten los dos ambientes de perturbación (Rzedowski y Rzedowski, 2005).

ESPECIE	TIPO DE VEGETACIÓN EN LOS QUE SE HAN REPORTADO
<i>Ageratum corymbosum</i> Zucc. ex Pers.	Pastizal, matorral
<i>Baccharis conferta</i> H.B.K.	Orillas y claros de bosque de encino, abeto y pino. Abunda en sitios deforestados
<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	Bosque de encino, pastizal y matorral xerófilo. Principalmente como maleza ruderal y arvense
<i>Stevia serrata</i> Cav.	Bosque de encino, pastizal. Frecuente en vegetación secundaria y matorrales.
<i>Tagetes lucida</i> Cav.	Bosque de encino, coníferas y pastizal. Preferentemente en lugares con disturbio
<i>Eragrostis intermedia</i> Hitch.	Pastizal. Claros en medio de bosque de pino y encino, a veces como maleza ruderal
<i>Muhlenbergia aff seatonii</i> Scribn.	Pastizal
<i>Stipa constricta</i> Hitch.	Pastizal y matorral xerófilo
<i>Tripsacum sp.</i>	
<i>Salvia lavanduloides</i> Benth.	Bosque de encino. Claros adyacentes en B. <i>Quercus-Pinus</i>
<i>Oxalis jacquiniana</i> H.B.K.	Bosque de encino, pino, abeto y pastizal
<i>Amelanchier denticulata</i> (H.B.K.) Koch.	Pastizal y matorral
<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav.) Schlecht.	Bosque de encino, matorral y pastizal. Preferentemente en lugares perturbados
<i>Crusea longiflora</i> (Willd. ex Roe. & Schult.) Anderson	Laderas de bosque de encino, pino y encino-pino, mesófilo de montaña y pastizal.

Evidentemente en la zona abierta, prácticamente todas las especies son herbáceas, sólo el 5% de ellas son taxas arbustivos. En el borde de bosque existe una buena representatividad de especies arbustivas (19%) y arbóreas, estas últimas a pesar de constituir sólo el 10% se consideran una proporción importante debido a que los bosques de encino son comúnmente monoespecíficos o bien asociaciones de dos especies de *Quercus*. En este caso hubo cuatro de ellas: *Q. candicans*, *Q. castanea*, *Q. crassifolia* y *Q. obtusata*. Las otras especies que componen el estrato arbóreo son: *Alnus acuminata*, *Arbutus xalapensis*, *A. tessellata*, *Crataegus mexicana* y *Prunus serotina*. Al parecer los efectos del disturbio en el borde se han reflejado principalmente en cambios de la abundancia y distribución espacial de las propias especies del bosque de encino, mientras que la zona abierta ha experimentado desde cambios estructurales, hasta los de abundancia, composición y riqueza.

El análisis de similitud corrobora que efectivamente, la zona abierta y el borde de bosque son unidades completamente separadas ya que su flora sólo comparte un 34% de especies. Por otra parte, debido al carácter fino del análisis (nivel específico), en la zona

abierta se forman dos sub-grupos bien definidos, lo mismo que en la zona de borde (Fig. 25). Las parcelas que conforman cada uno de estos sub-grupos comparten alrededor del 65 y 70% de las especies.

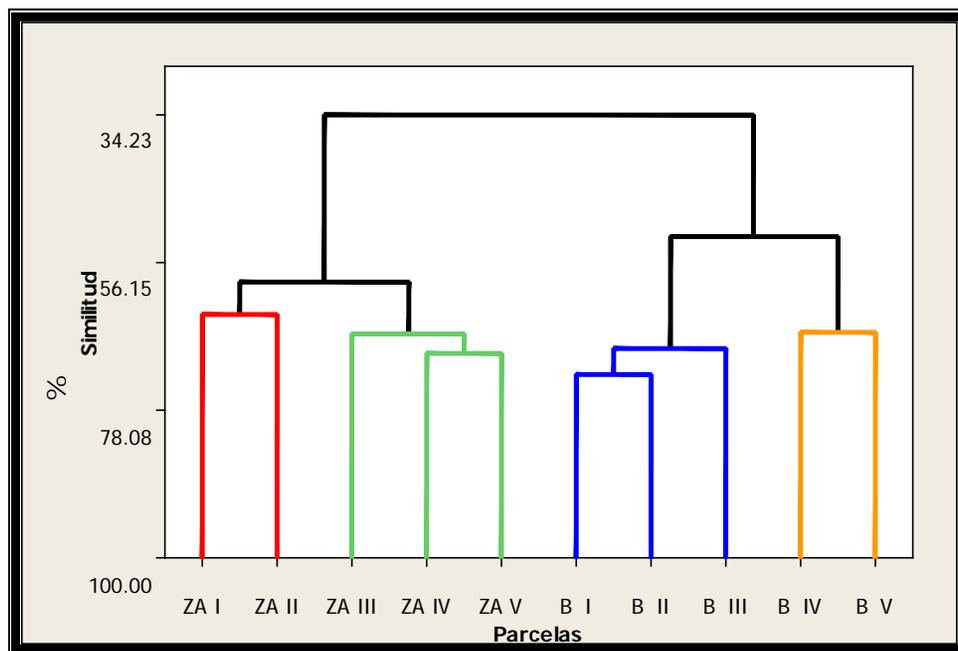


Figura 25. Diagrama de agrupamiento de las parcelas experimentales con base en el porcentaje de concordancia. ZA= Zona Abierta, B= Borde. Los tonos de color indican los distintos grupos formados.

En las parcelas cuatro y cinco de la zona abierta se encontró el mayor número de gramíneas, entre ellas un pasto que resultó funcionar como indicador de encharcamiento de agua durante la época de lluvias: *Paspalum postratum* (Fig. 26).

Ninguna de las 160 especies determinadas en este estudio se encuentra dentro de la NOM-059-2001. En la lista roja de la IUCN (2008) aparecen *Alnus acuminata* (Betulaceae) y *Arbutus xalapensis* (Ericaceae) como especies de riesgo bajo de preocupación menor; en la localidad estas especies, particularmente el “aile” (*A. acuminata*), son de distribución escasa, se presentan como árboles aislados dentro del bosque. El “madroño” (*A. xalapensis*) llega a formar grupos de dos o tres árboles relativamente cercanos. En CITES (2008) se encuentran las tres especies de orquídeas encontradas: *Bletia reflexa*, *Govenia liliacea* y *Malaxis fastigiata*. Finalmente cabe mencionar que *Lobelia schmitzii* es una especie endémica del Estado de México y del Distrito Federal (Rzedowski y Rzedowski, 2005).



Figura 26. *Paspalum postratum*, gramínea indicadora de encharcamiento de agua.

## SIEMBRA DE SEMILLAS GERMINADAS

### 1. Características de los frutos y semillas de *Q. candicans*

El peso promedio de los frutos empleados en la primera y segunda siembra de las semillas germinadas fue de 3.78 g, al retirar el pericarpio el peso promedio de la semillas fue de 1.67 g. Tanto los frutos como las semillas tienen una forma anchamente ovoide, por lo que su largo y ancho fueron muy semejantes (Cuadro 10).

Cuadro 12. Peso promedio  $\pm$  desviación estándar, de los frutos y semillas empleados en las dos siembras de semillas germinadas.

Variable	Fruto (con pericarpio)	Semilla (sin pericarpio)
Largo (cm)	1.90 $\pm$ 0.227	1.52 $\pm$ 0.164
Ancho (cm)	1.88 $\pm$ 0.182	1.46 $\pm$ 0.144
Peso (gr)	3.78 $\pm$ 0.798	1.67 $\pm$ 0.428

### 2. Emergencia y supervivencia

La primera siembra de semillas germinadas de *Q. candicans* se efectuó en octubre de 2007, un mes después se obtuvo el 40% de emergencia en la zona abierta y un 30% en el borde de bosque, la cual fue la emergencia máxima. La supervivencia de las plántulas emergidas decayó rápidamente en la zona abierta. Después de 5 meses la supervivencia fue del 0 y 6.6% en la zona abierta y borde, respectivamente (Cuadro 11). La siembra de las semillas germinadas se realizó fuera de la temporada de lluvias, por lo tanto las plántulas emergidas tuvieron que enfrentar la época más desfavorable del año: el invierno y la primavera. Debido a la rápida declinación de las plantas establecidas no se realizó un análisis estadístico detallado.

Cuadro 13. Porcentaje de emergencia y supervivencia de plántulas establecidas a partir de semillas germinadas, sembradas en noviembre de 2007 y junio de 2008. El porcentaje de supervivencia se estimó a partir del total de plántulas emergidas. \* indica diferencias significativas entre los ambientes ( $P < 0.05$ ).

Fecha de la siembra	Ambiente	Emergencia total (%)	Supervivencia total* (%)
octubre 2007	Zona Abierta	40	0
	Borde	30	6.6
junio 2008	Zona Abierta	70*	60
	Borde	23*	60

Se realizó una nueva siembra en el mes de junio de 2008 con semillas procedentes de la misma colecta y almacenadas en refrigeración.

La emergencia de plántulas requirió más tiempo que el observado en la primera siembra de semillas germinadas. Tres meses después de la siembra se registró un 70 y 19% de emergencia en la zona abierta y borde, respectivamente. El porcentaje máximo de emergencia fue del 75 y 25% en cada zona (Fig. 27) y se alcanzó hasta el quinto mes después de la siembra; dichos porcentajes fueron significativamente diferentes ( $F= 12.98$ ,  $P= 0.005$ ). Al final de la evaluación (seis meses), el porcentaje de supervivencia fue de 60% en los dos ambientes (Cuadro 11).

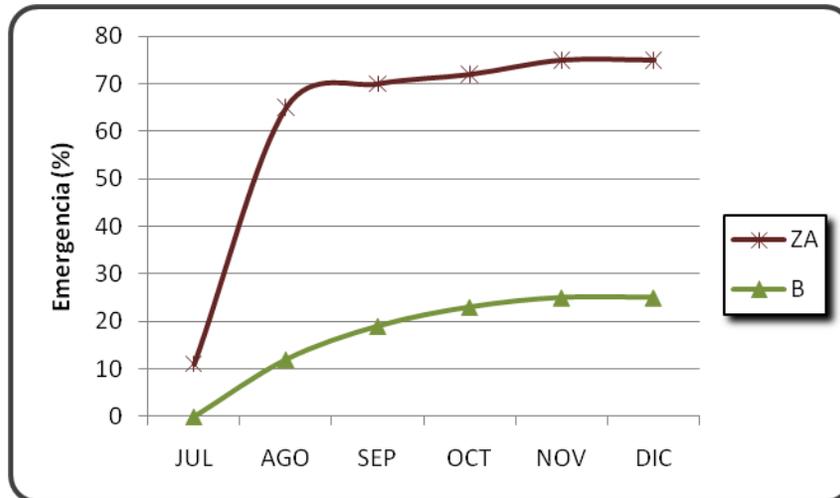


Figura 27. Emergencia acumulada en la zona abierta (ZA) y borde (B) durante los seis meses de monitoreo de la segunda siembra de semillas (junio 2008).

### 3. Crecimiento

Se realizó una prueba ANOVA con las medidas de las plántulas vivas en el sexto mes después de haber sembrado las semillas germinadas (segunda siembra), es decir que en este análisis no se consideró el tiempo en el que emergieron dichas plántulas, sino que sólo se analizó la diferencia de la talla en las plántulas emergidas en la zona abierta contra las que emergieron en el borde. Sólo se encontró diferencia significativa en el número de hojas de

las plántulas (Cuadro 12), cuyo número promedio en la zona abierta fue ocho y en el borde cuatro (Fig. 28).

Cuadro 14. Resultados de la prueba ANOVA para evaluar el efecto del ambiente en la talla final de las plántulas emergidas. \* indica diferencia significativa ( $P < 0.001$ ).

Variable	SC	g.l.	CM	F	P
Diámetro (cm)	0.014	1	0.014	1.78	0.081
Altura (cm)	102.162	1	102.162	2.31	0.135
Número hojas	76.377	1	76.377	12.74	0.001*
Cobertura (cm <sup>2</sup> )	14970	1	14970	2.94	0.092

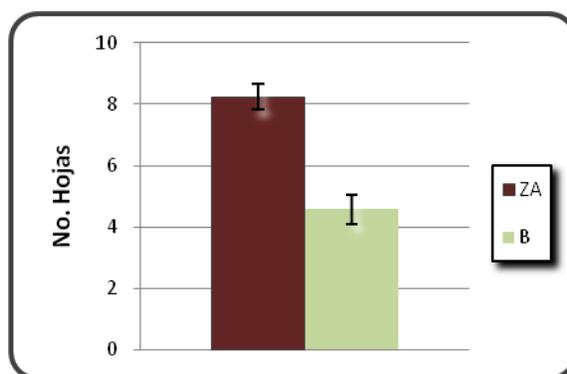


Figura 28. Número promedio de hojas  $\pm$  error estándar en la zona abierta (ZA) y borde (B).

Debido a que en el análisis anterior, no se consideró el tiempo en el que habían emergido las plántulas, se realizó un análisis de crecimiento en función de la TRC; para ello se tomaron los datos de las plántulas emergidas al segundo mes después de la siembra y que permanecieron vivas hasta el final de la evaluación (N= 44 y N= 7 en la zona abierta y borde, respectivamente); en el cuadro 13 se muestra la talla promedio de dichas plántulas. A este tiempo, tanto la altura como el diámetro fueron muy similares, mientras que el número de hojas y la cobertura de las plántulas fueron mayores en la zona abierta.

Cuadro 15. Talla de las plántulas que habían emergido dos meses después de la siembra de semillas germinadas en los dos ambientes.

AMBIENTE	ALTURA (cm)	DIÁMETRO (cm)	No. HOJAS	COBERTURA (cm <sup>2</sup> )
Zona Abierta	6.16 $\pm$ 0.046	0.22 $\pm$ 0.056	7.81 $\pm$ 0.063	54.10 $\pm$ 0.811
Borde	7.94 $\pm$ 0.25	0.17 $\pm$ 0.007	4.57 $\pm$ 0.284	19.66 $\pm$ 1.805

El análisis de la TCR muestra que al final de la evaluación (cuatro meses después), las plántulas que se establecieron en la zona abierta tuvieron un crecimiento en diámetro notablemente mayor que las establecidas en el borde de bosque (Fig 29), el crecimiento en altura fue ligeramente mayor en la zona abierta y sólo el crecimiento en la cobertura de las plántulas fue notablemente superior en el borde (Fig. 29-31).

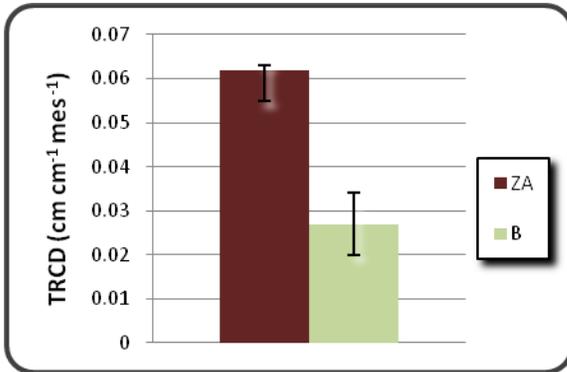


Figura 29. Tasa relativa de crecimiento del diámetro (TRCD)  $\pm$  error estándar en la zona abierta (ZA) y borde (B).

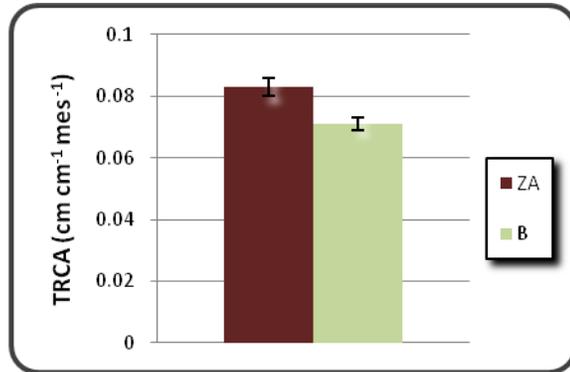


Figura 30. Tasa relativa de crecimiento en altura (TRCA)  $\pm$  error estándar en la zona abierta (ZA) y borde (B).

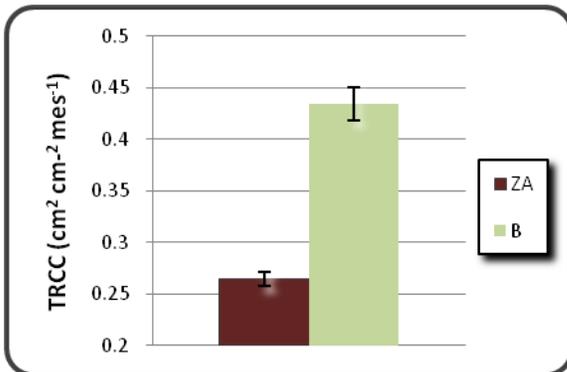


Figura 31. Tasa relativa de crecimiento en cobertura (TRCC)  $\pm$  error estándar en la zona abierta (ZA) y borde (B).

Estas tendencias preliminares del crecimiento de las plántulas establecidas a partir de semillas germinadas, en la zona abierta y borde, deberán ser re-evaluadas una vez que transcurra un periodo mayor evaluación.

En la zona abierta se observó que la principal causa de muerte fue la herbivoría de raíz, sin embargo, también hubo plántulas muertas por estrés hídrico (Fig. 32); esta última fue la única causa de muerte observada en el borde.

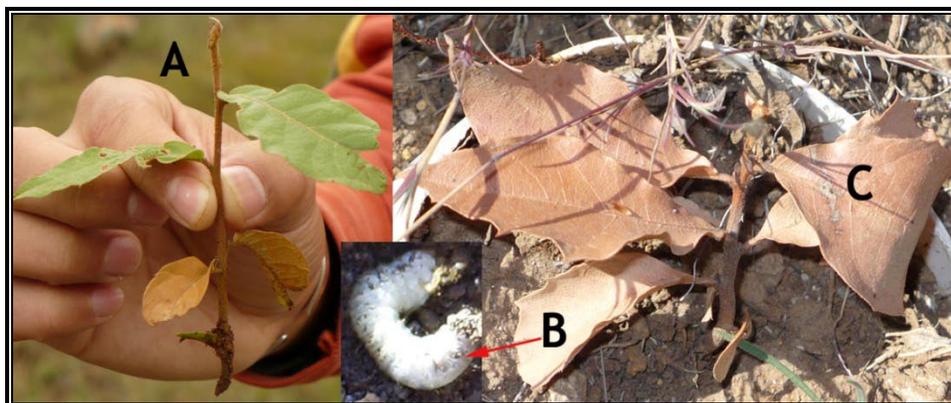


Figura 32. Hervivoría en raíz y cotiledones (A), por larvas del género *Phyllophaga* (B) y estrés hídrico (C), en plántulas de *Q. candicans*.

El análisis de correlación de Pearson (segunda siembra), mostró que el número de meses que permanecieron vivas las plántulas se relacionó con el diámetro ( $r= 0.753$ ,  $P= 0.049$ ) y altura ( $r= 0.76$ ,  $P= 0.017$ ) a la que emergieron las plántulas (talla inicial); de tal manera que, mientras mayor sea la talla inicial a la que se establecen las plántulas, mayor será su probabilidad de supervivencia. Por último, la altura inicial a la que emergieron las plántulas mostró una clara relación con el peso de la semilla ( $r= 0.67$ ,  $P= 0.017$ ).

## REINTRODUCCIÓN DE PLANTAS DE DOS AÑOS DE EDAD

### 1. Características de las plantas reintroducidas

La talla de las plantas reintroducidas en los dos ambientes, tanto en la siembra de octubre de 2007 (1ª plantación) como en la de junio de 2008 (2ª plantación), fueron muy semejantes (Cuadro 14). El diámetro promedio de las plantas reintroducidas en la zona abierta fue entre dos y tres centésimas de centímetro mayor que las del borde; el número promedio de hojas fue prácticamente el mismo y la altura sólo difirió entre uno y tres centímetros (Cuadro 14). La cobertura promedio fue la variable que más difirió entre las plantas reintroducidas en los dos ambientes (Cuadro 14).

Cuadro 16. Talla inicial de las plantas reintroducidas en la zona abierta y borde.

Plantación	Ambiente	Diámetro (cm)	Altura (cm)	No. Hojas	Cobertura (cm <sup>2</sup> )
1ª plantación	Zona abierta	0.45 ± 0.0007	31.01 ± 0.085	10.58 ± 0.039	410.10 ± 1.37
	Borde	0.43 ± 0.0007	27.96 ± 0.072	9.17 ± 0.047	374.09 ± 1.43
2ª plantación	Zona abierta	0.53 ± 0.0007	26.73 ± 0.061	10.24 ± 0.040	386.40 ± 1.18
	Borde	0.50 ± 0.0009	27.66 ± 0.061	10.53 ± 0.052	403.61 ± 1.50

### 2. Supervivencia

**Primera plantación.** Dos meses después de haber efectuado la plantación, la supervivencia de *Q. candicans* fue muy alta (98 y 100% en zona abierta y borde, respectivamente), por lo que se descarta que haya existido algún tipo de estrés post trasplante (Fig. 33). En la zona abierta hubo un descenso gradual en el número de plantas vivas a partir de enero (tercer mes) y se observa un descenso importante entre el mes de mayo y junio; en el borde de bosque no se registraron plantas muertas hasta este mismo periodo. A partir del mes de julio el número de plantas vivas permaneció estable en las dos zonas. El ascenso que se observa en la curva (zona abierta) entre el mes de junio y julio se debió a que algunos individuos rebrotaron durante la época de lluvia. La supervivencia a un año de la reintroducción fue de 16% en la zona abierta y de 20% en el borde (Fig. 39) sin diferencia significativa entre ambientes ( $F= 0.29$ ,  $P=0.598$ ).

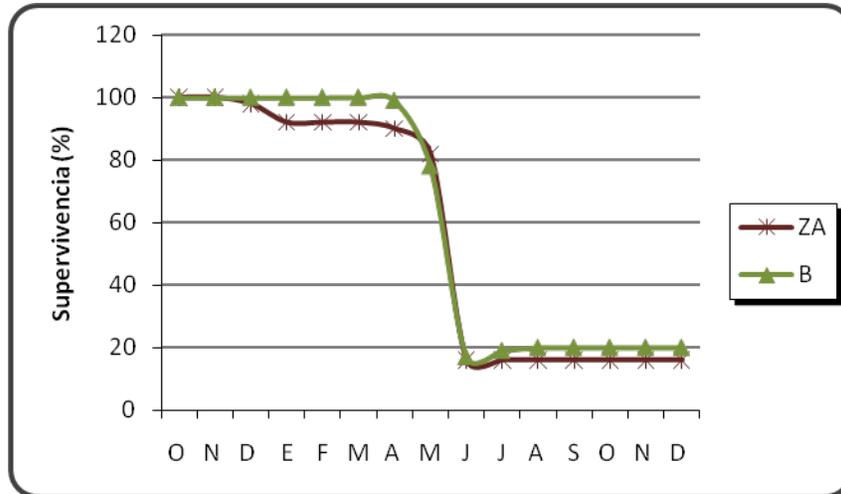


Figura 33. Primera plantación (octubre 2007). Porcentaje de supervivencia de *Q. candicans* en la zona abierta (ZA) y borde (B).

**Segunda plantación.** La supervivencia de las plantas reintroducidas en junio 2008 mostraron durante los seis meses de monitoreo un comportamiento similar al de la primera plantación (Fig. 34); en el mes de diciembre en la zona de borde se registró un 2% de mortalidad, mientras que en la zona abierta se observó un descenso importante en la supervivencia de las plantas (91 a 67%) durante noviembre y diciembre. No se encontró diferencia significativa entre ambientes ( $F= 1.49, P=0.246$ ). Tampoco se encontró diferencia significativa de la supervivencia entre las plantaciones ( $F= 0.04, P=0.84$ ).

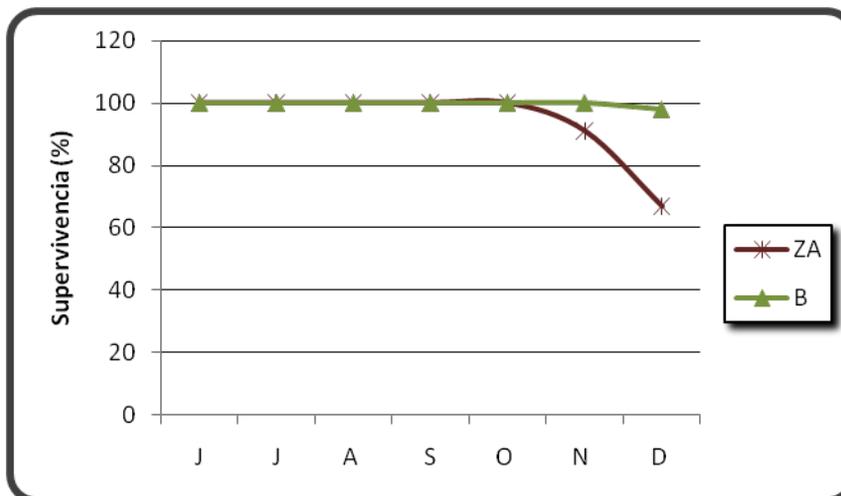


Figura 34. Supervivencia (%) de *Q. candicans* en los dos ambientes estudiados.

**Causas de muerte.** La causa predominante de muerte en los dos ambientes fue el estrés hídrico (Fig. 35). En la zona abierta se registró un porcentaje importante (20%) de muerte por herbivoría de raíz a causa de larvas del género *Phyllophaga*, mejor conocidas como “gallina ciega”. En las dos zonas hubo plantas que fueron removidas de su sitio lo que se categorizó como vandalismo. Las plantas de la zona abierta que murieron a causa de vandalismo o herbivoría también presentaron signos de estrés hídrico. En las plantas vivas se registraron eventos de herbivoría en hojas y tallos (Fig. 36).

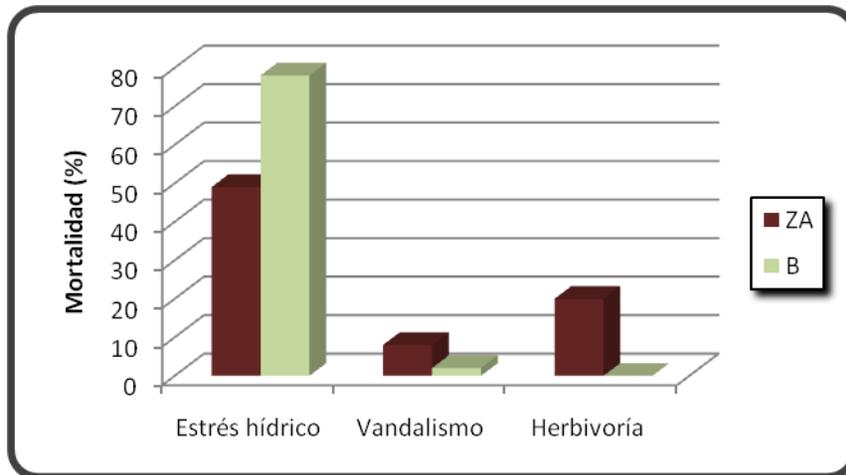


Figura 35. Causas de muerte en plantas de *Q. candicans* (primera plantación).



Figura 36. Daño por herbivoría foliar y de tallo en plantas de *Q. candicans*.

### 3. Crecimiento

**Primera plantación.** El crecimiento promedio a lo largo del año, fue mayor en la zona abierta (Fig. 37-40). Durante algunos meses de la temporada seca (noviembre a mayo) ocurrió la ruptura de tallos motivo por el cual se observan descensos en la curva de altura (Fig. 38) tanto en la zona abierta como en el borde; en este mismo periodo las plantas de la zona abierta disminuyeron rápidamente su cobertura y en mayor proporción que las del borde (Fig. 39). En los dos ambientes las plantas crecieron más en los meses de julio a noviembre, periodo en el que hay elongación del tallo, se desarrollan hojas nuevas y las plantas incrementan su cobertura, sin embargo al final del periodo de medición, la cobertura fue menor a la inicial (Fig. 39). A pesar de que la cobertura de las plantas fue similar a lo largo del año en los dos ambientes, a partir del mes de junio hay un incremento notable en el número de hojas de las plantas de la zona abierta. Al final de la evaluación el número de hojas en las plantas del borde fue menor al número inicial, mientras que en la zona abierta fue mucho mayor (Fig. 40). En la zona abierta a partir del mes de junio hubo también un incremento importante del diámetro de las plantas (Fig. 37).

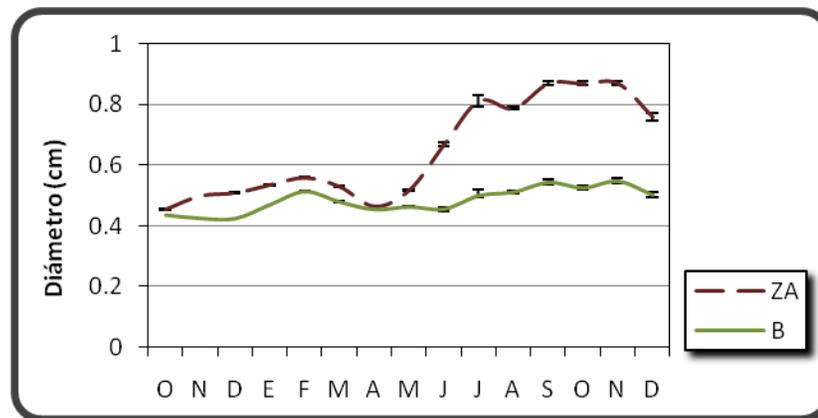


Figura 37. Diámetro promedio  $\pm$  error estándar, de plantas de *Q. candicans* en la zona abierta (ZA) y borde (B).

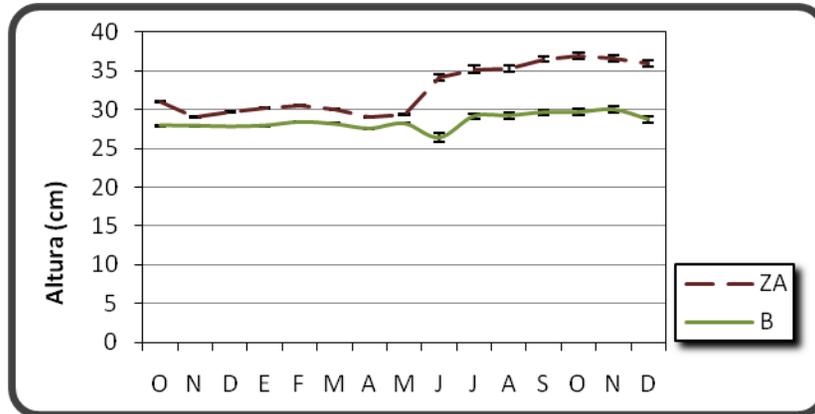


Figura 38. Altura promedio  $\pm$  error estándar, de plantas de *Q. candicans* en la zona abierta (ZA) y borde (B).

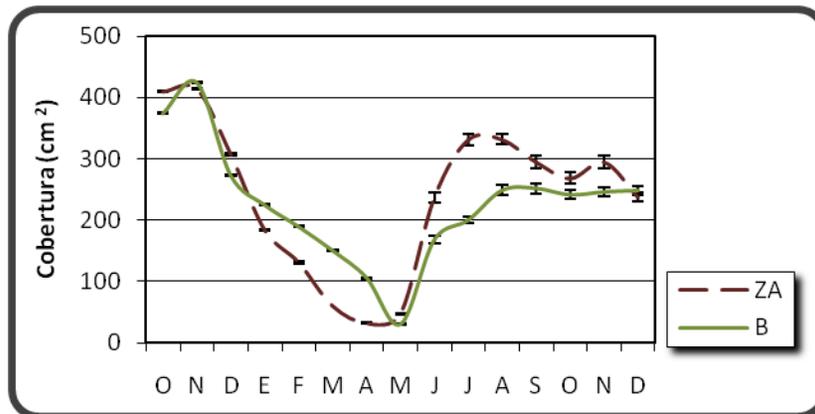


Figura 39. Cobertura promedio  $\pm$  error estándar, de plantas de *Q. candicans* en la zona abierta (ZA) y borde (B).

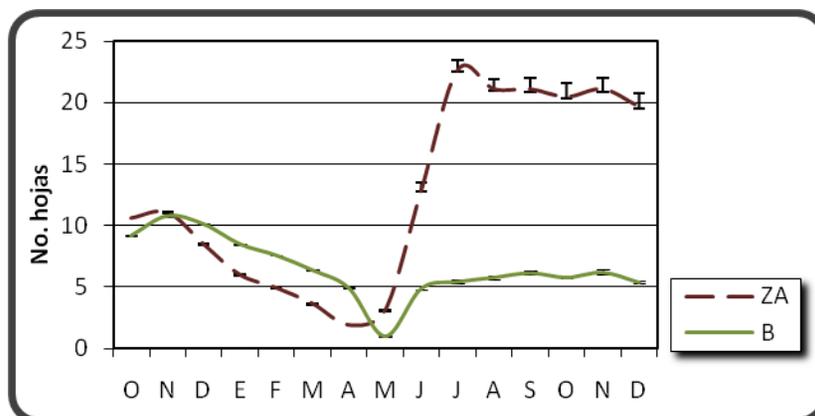


Figura 40. Número de hojas promedio  $\pm$  error estándar, de plantas de *Q. candicans* en la zona abierta (ZA) y borde (B) octubre 2007- Diciembre 2008.

Al final del periodo de monitoreo, la TCR del diámetro fue mayor en la zona abierta (Fig. 41), la TCR de la variable altura fue ligeramente menor en el borde (Fig. 42) y la TRC de la cobertura de las plantas fue negativa en los dos ambientes (Fig. 43), sin embargo, en el borde hubo una mayor disminución de la cobertura de las plantas.

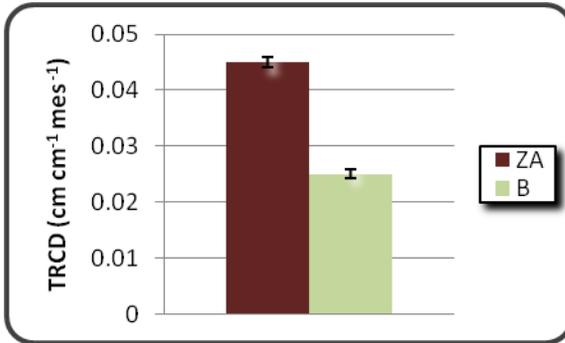


Figura 41. Tasa relativa de crecimiento del diámetro (TRCD)  $\pm$  error estándar en la zona abierta (ZA) y borde (B).

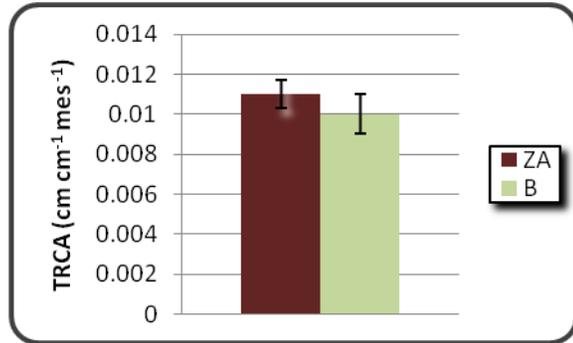


Figura 42. Tasa relativa de crecimiento en altura (TRCA)  $\pm$  error estándar en la zona abierta (ZA) y borde (B).

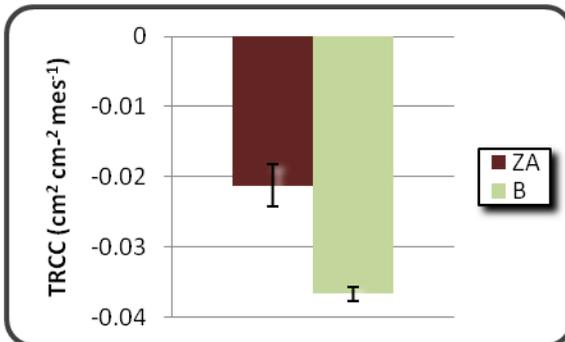


Figura 43. Tasa relativa de crecimiento en cobertura (TRCC)  $\pm$  error estándar en la zona abierta (ZA) y borde (B).

El resultado de la prueba ANCOVA (Cuadro 15) indicó que el tipo de ambiente (zona abierta o borde) afectó significativamente el diámetro final de las plantas ( $F= 1.96$ ,  $P<0.001$ ) y que en esta variable no hubo un efecto significativo del diámetro inicial ( $F= 1.96$ ,  $P= 0.171$ ). De la misma manera, se encontró un efecto significativo del ambiente en el número final de hojas ( $F= 10.45$ ,  $P= 0.003$ ), sin que haya habido algún efecto importante del número inicial de hojas ( $F= 0.14$ ,  $P= 0.715$ ). A pesar de que el tipo de ambiente afectó el número final de hojas, éste no tuvo un efecto significativo en la cobertura de las plantas

( $F= 0.23$ ,  $P= 0.636$ ) ni en la altura ( $F= 0.17$ ,  $P= 0.684$ ). En el caso de la altura final, sí hubo un efecto significativo de la medida inicial de las plantas.

Cuadro 17. Resultados de la prueba ANCOVA para evaluar el efecto del ambiente y de la talla inicial sobre la talla final de las plantas (diámetro, altura, cobertura, y número hojas) reintroducidas en octubre de 2007, un año después de su reintroducción.

	SC	g.l.	CM	F	P
<i>Diámetro final (cm)</i>					
<b>Ambiente</b>	0.029	1	0.029	40.96	<b>&lt;0.001</b>
<b>Diámetro inicial</b>	0.607	1	0.607	1.96	0.171
<i>Altura final (cm)</i>					
<b>Ambiente</b>	6.62	1	6.62	0.17	0.684
<b>Altura inicial</b>	493.01	1	493.01	12.54	<b>0.001</b>
<i>Cobertura final (cm<sup>2</sup>)</i>					
<b>Ambiente</b>	5376	1	5376	0.23	0.636
<b>Cobertura inicial</b>	3829	1	3829	0.16	0.689
<i>Número final de hojas</i>					
<b>Ambiente</b>	1303.3	1	1303.3	10.45	<b>0.003</b>
<b>Número inicial de hojas</b>	16.9	1	16.9	0.14	0.715

**Segunda plantación.** Seis meses después de la segunda plantación de *Q. candicans* se corroboró la tendencia de un mayor crecimiento de las plantas en la zona abierta, tanto en el diámetro (Fig. 44) como en la altura (Fig. 45). A este tiempo fueron las plantas de la zona abierta las que mostraron pérdida de hojas y disminución de su cobertura (Fig. 46). Al final del periodo de evaluación (seis meses) el tipo de ambiente sólo tuvo un efecto significativo en el diámetro final de las plantas (Cuadro 16). En este análisis, se encontró para todas las variables, un efecto de la talla inicial de las plantas en la talla observada, después de seis meses de su reintroducción en los dos ambientes (Cuadro 16).

Al comparar el crecimiento a seis meses, de las plantas reintroducidas en octubre de 2007 (1a plantación) y las sembradas en junio de 2008 (segunda plantación) se observa que estas últimas crecieron más en diámetro (Fig. 44). Es imposible comparar el crecimiento en altura debido a que en los individuos de la primera plantación hubo una disminución de la altura debida a la herbivoría y ruptura de tallos (-TCRA) (Fig. 45). En la zona abierta la disminución de la cobertura fue mayor en las plantas sembradas en octubre de 2007, mientras que las plantas reintroducidas en junio de 2008 en el borde, fueron las únicas que incrementaron su cobertura después de seis meses de haber sido sembradas (Fig. 46).

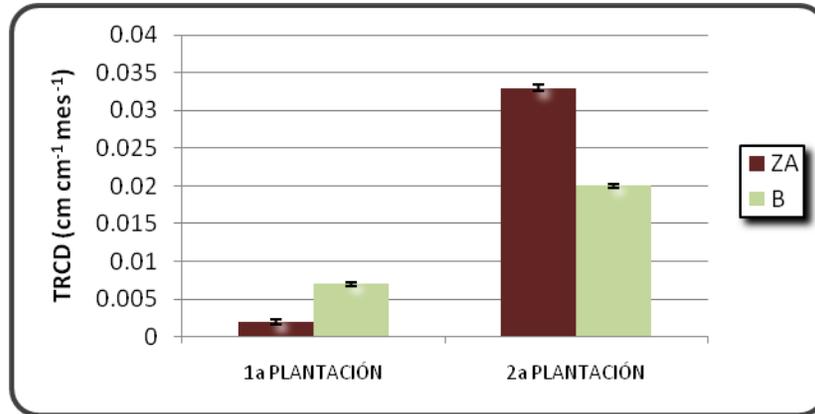


Figura 44. Tasa relativa de crecimiento en diámetro (TRCD)  $\pm$  error estándar en la zona abierta (ZA) y borde (B), seis meses después de la reintroducción.

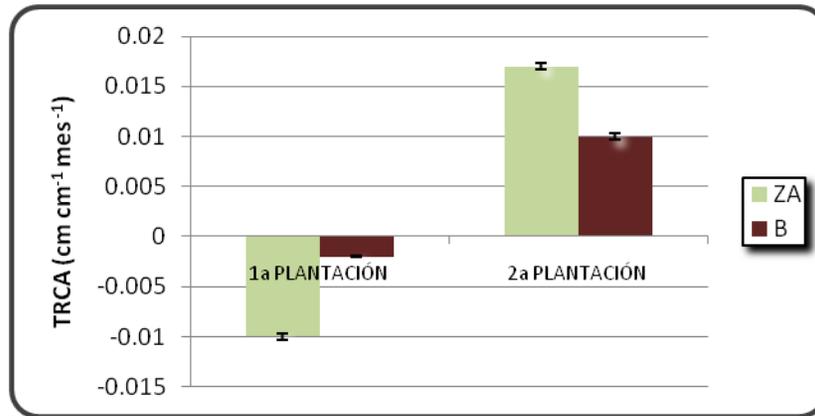


Figura 45. Tasa relativa de crecimiento en altura (TRCA)  $\pm$  error estándar en la zona abierta (ZA) y borde (B), seis meses después de la reintroducción.

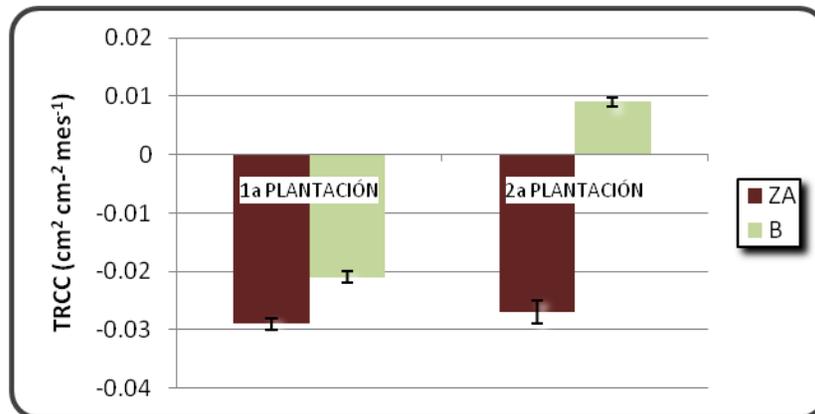


Figura 46. Tasa relativa de crecimiento en cobertura (TRCC)  $\pm$  error estándar en la zona abierta (ZA) y borde (B), seis meses después de la reintroducción.

Cuadro 18. Resultados de la prueba ANCOVA para evaluar el efecto del ambiente y de la talla inicial sobre la talla final de las plantas (diámetro, altura, cobertura, y número hojas), después de seis meses de su reintroducción.

	SC	g.l.	CM	F	P
<i>Diámetro final (cm)</i>					
<b>Ambiente</b>	0.131	1	0.131	14.63	<b>&lt;0.001</b>
<b>Diámetro inicial</b>	1.022	1	1.022	113.63	<b>&lt;0.001</b>
<i>Altura final (cm)</i>					
<b>Ambiente</b>	27.1	1	27.1	1.56	0.213
<b>Altura inicial</b>	6112	1	6112	351.84	<b>&lt;0.001</b>
<i>Cobertura final (cm<sup>2</sup>)</i>					
<b>Ambiente</b>	125669	1	125669	2.84	0.094
<b>Cobertura inicial</b>	993351	1	993351	22.47	<b>&lt;0.001</b>
<i>Número final de hojas</i>					
<b>Ambiente</b>	47.54	1	47.54	1.50	0.223
<b>Número inicial de hojas</b>	655.04	1	655.04	20.62	<b>&lt;0.001</b>

Estos resultados indican que a pesar de que la duración del periodo de lluvias posterior a la reintroducción no impactó directamente en la supervivencia de las plantas, sí lo hizo en el crecimiento de las mismas; de tal manera que al reintroducir las plantas en junio, tiempo en el que las plantas contaron con por lo menos tres meses más de lluvia respecto a las reintroducidas en octubre, la TCR del diámetro fue mucho mayor en los dos ambientes.

***Relación entre la supervivencia y crecimiento de *Q. candicans* y las características micro-ambientales.*** El análisis de correlación entre las variables de crecimiento y las micro-ambientales, se efectuó con los datos del monitoreo anual de las plantas sembradas en octubre de 2007.

A partir del coeficiente de correlación de Pearson se encontró que en la zona abierta (Cuadro 17), la humedad es el principal factor que determina el crecimiento de las plantas de *Q. candicans*, ya que la humedad relativa del suelo (HRS) y del aire (HRA) se relacionaron directamente con el diámetro (D) de las plantas. La humedad relativa del aire (HRA) también se relacionó directamente con el número de hojas (NH). Es importante recordar que estas dos variables de crecimiento (diámetro y número de hojas) fueron las únicas en las que se encontró un efecto significativo del ambiente. La humedad relativa del aire se relacionó también con la cobertura total (CT) y número de rebrotes (NR).

Cuadro 19. Matriz de correlación de las variables de crecimiento y micro-ambientales en la zona abierta. D= diámetro, A= altura, CT= cobertura total, NH= número de hojas, NR= número de rebrotes, S= supervivencia, TA= temperatura del aire, HRA= humedad relativa del aire, HRS= humedad relativa del suelo, TS= temperatura del suelo, HRS= humedad relativa del suelo y L= luminosidad. \*P< 0.05, \*\*P< 0.01, \*\*\*P< 0.001.

	D	A	CT	NH	NR	S	TA	HRA	TS	HRS
A	<b>0.756**</b>									
CT	<b>0.934***</b>	0.625*								
NH	<b>0.979***</b>	0.662**	<b>0.957***</b>							
NR	<b>0.907***</b>	<b>0.79**</b>	<b>0.872***</b>	<b>0.902***</b>						
S	<b>0.933***</b>	-0.67**	-0.504*	<b>0.954***</b>	<b>0.962***</b>					
TA	-0.599*	-0.664**	-0.616*	-0.552	-0.468	0.375				
HRA	<b>0.788**</b>	0.36	<b>0.816***</b>	<b>0.804**</b>	<b>0.738**</b>	-0.626***	-0.161			
TS	-0.597*	-0.616*	-0.67	-0.582*	-0.501	0.434	<b>0.886***</b>	-0.218		
HRS	<b>0.875**</b>	0.087	0.541	0.525	0.562*	<b>0.821*</b>	0.187	<b>0.833***</b>	0.192	
L	-0.176	-0.135	-0.209	-0.124	-0.338	0.242	-0.133	-0.415	0.009	-0.507

Cuadro 20. Matriz de correlación de las variables de crecimiento y micro-ambientales en el borde. D= diámetro, A= altura, CT= cobertura total, NH= número de hojas, NR= número de rebrotes, S= supervivencia, TA= temperatura del aire, HRA= humedad relativa del aire, HRS= humedad relativa del suelo, TS= temperatura del suelo, HRS= humedad relativa del suelo y L= luminosidad. \*P< 0.05, \*\*P< 0.01, \*\*\*P< 0.001.

	D	A	CT	NH	NR	S	TA	HRA	TS	HRS
A	-0.142									
CT	0.56	-0.502								
NH	0.475	-0.046	<b>0.828***</b>							
NR	-0.127	0.022	0.231	0.375						
S	-0.171	<b>0.964***</b>	-0.401	0.069	-0.033					
TA	-0.532	0.508	<b>-0.809***</b>	<b>-0.787**</b>	0.053	0.482				
HRA	0.138	<b>-0.791**</b>	0.378	0.029	0.321	<b>-0.86***</b>	-0.334			
TS	-0.528	0.301	-0.544	-0.358	0.372	0.287	<b>0.865***</b>	0.095		
HRS	0.092	0.504	0.164	0.018	0.559*	<b>0.635*</b>	0.07	<b>0.813***</b>	0.462	
L	-0.273	<b>0.703**</b>	-0.502	-0.186	-0.224	<b>0.7**</b>	0.436	<b>-0.703**</b>	0.18	-0.477

Se encontraron numerosas correlaciones directas entre las variables de crecimiento: el diámetro (D) se correlacionó con todas las variables de crecimiento (altura, cobertura, número de hojas y número de rebrotes). La altura (A) se correlacionó también con el número de rebrotes (NR); la cobertura (CT) a su vez se correlacionó tanto con el número de hojas (NH) como con el número de rebrotes (NR); por último el número de hojas (NH) se correlacionó con el número de rebrotes (NR).

Las variables micro-ambientales también se correlacionaron entre sí, la temperatura del aire (TA) y suelo (TS) se relacionaron directamente al igual que la humedad relativa del aire (HRA) y suelo (HRS). A medida que los niveles de luminosidad (L) se incrementan, disminuye la humedad relativa del aire (HRA).

Finalmente, se encontró una correlación inversa de la supervivencia (S) con la humedad relativa del suelo (HRS).

En el borde de bosque (Cuadro 18), la temperatura del aire (TA) se relacionó inversamente con el número de hojas (NH) y con la cobertura de las plántulas (CT). La altura de las plantas mostró una correlación inversa con la humedad relativa del aire (HRA) y positiva con la luminosidad (L). La supervivencia (S) se relacionó directamente con la altura (A) de las plantas y con la humedad relativa del suelo (HRS).

En este ambiente, las únicas variables de crecimiento que se correlacionaron entre sí fueron la cobertura (CT) y el número de hojas (NH). La humedad del aire (HRA) se relacionó directamente con la humedad del suelo (HRS) y ocurrió lo mismo con la temperatura de ambos. Por último, en el borde se encontró una relación inversa entre la humedad relativa del aire (HRA) y la luminosidad (L).

***Heterogeneidad en la zona abierta y borde.*** Al final de la evaluación se observó que las plantas vivas estuvieron concentradas sólo en algunas de las parcelas delimitadas, de tal manera que en los dos ambientes hubo parcelas cuya mortalidad de plantas fue del 100% (Cuadro 19).

En el cuadro 19, se resumen las características ambientales de cada parcela y sus porcentajes de supervivencia de plantas y emergencia de plántulas. En él se puede observar que a pesar de que las características micro-ambientales (humedad, luz y temperatura), son

semejantes entre sí, su pequeña variación e interrelación con otras características, como el suelo y la flora, fueron determinantes para el establecimiento de *Q. candicans*.

En la zona abierta, las parcelas con el mayor porcentaje de supervivencia y emergencia de plántulas (ZA IV y ZA V), presentaron el más alto contenido de humedad en suelo y aire; así como el mayor número de especies de flora. El horizonte superficial de los Vertisoles en dichas parcelas, es un horizonte cámbico de por lo menos 30 cm de grosor con características favorables para las plantas, tales como: densidad aparente mediana, buena estructura, baja pedregosidad y porosidad alta (62.37%). Por otro lado, el suelo de las parcelas en las que la supervivencia fue del 0% (ZA I y ZA III), presentó compactación (sufijo *densic*) y el menor contenido de humedad. En estas parcelas se concentró el mayor número de especies de herbáceas, debido a lo cual también presentaron mayores cantidades de nitrógeno total.

En el borde de bosque, las parcelas en las que se registró una mortalidad del 95 y 100% (B II y B IV), presentaron los niveles más altos de luminosidad y temperatura del suelo. Por el contrario, las parcelas con el mayor porcentaje de supervivencia de plantas y emergencia de plántulas (B III y B V), tuvieron los niveles más bajos de luz y temperatura del suelo. Además, presentaron características edáficas favorables como buen drenaje natural, mediana conductividad hidráulica, buen desarrollo de estructura y alta capacidad de campo y de retención de agua. En el caso del contenido de humedad del suelo no se muestra una tendencia clara, ya que las parcelas con el mayor contenido de ésta (B I, B II, y B IV), presentaron la menor supervivencia de plantas y emergencia de plántulas. Esto pudo deberse a que en tales sitios, el suelo tuvo características limitantes como alta pedregosidad (70%) y mediana profundidad de desarrollo (Leptosoles), o bien, alta densidad aparente (sufijo *densic*).

Cuadro 21. Relación del porcentaje anual de supervivencia (1ª plantación) y emergencia de plántulas (2ª siembra) en las parcelas de la zona abierta y borde, y sus características ambientales. Los valores de las variables micro-ambientales pertenecen al promedio anual. HRA= humedad relativa del aire, HRS= humedad relativa del suelo, TA= temperatura del aire, TS= temperatura del suelo y L= luminosidad.

Parcela	Supervivencia / Emergencia (%)	HRA (%)	HRS (%)	TA (°C)	TS (°C)	L (lum/pie <sup>2</sup> )	Suelo (WRB)	No. Especies
<b>ZA I</b>	<b>0 / 45</b>	52.44	11.79	15.44	19.84	3885.73	Cutanic, endogleyic, LUVISOL (hypereutric, densic, epiclayic, novic)	33
<b>ZA II</b>	<b>5 / 70</b>	52.77	16.31	15.21	18.37	4042.89	Epillicptic, mollic, cambic, UMBRISOL (clayinovic)	35
<b>ZA III</b>	<b>0 / 70</b>	60.27	12.97	15.23	18.63	3863.78	Cutanic, endogleyic, LIXISOL (hypereutric, profundic, densic, endoclayic, novic)	28
<b>ZA IV</b>	<b>35 / 95</b>	62.89	18.08	15.28	19.35	4776.95	Endoleptic, endostagnic, VERTISOL (mesotrophic, orthoeutric, novic)	41
<b>ZA V</b>	<b>40 / 95</b>	62.25	17.82	14.84	18.36	3672.85	Endoleptic, endostagnic, VERTISOL (mesotrophic, orthoeutric, novic)	45
<b>B I</b>	<b>15 / 0</b>	52.28	34.45	13.40	12.89	646.20	Mollic LEPTOSOL (epieutric, skeletic)	32
<b>B II</b>	<b>5 / 10</b>	66.37	34.53	13.30	15.85	948.49	Endoleptic, CAMBISOL (orthoeutric, densic, endoclayic)	29
<b>B III</b>	<b>40 / 60</b>	60.94	31.09	13.44	13.80	556.64	Cutanic, endoleptic, LIXISOL (hypereutric, profundic, endoclayic)	22
<b>B IV</b>	<b>0 / 15</b>	58.17	35.43	13.79	16.10	1035.78	Mollic LEPTOSOL (epieutric, skeletic)	37
<b>B V</b>	<b>40 / 40</b>	65.34	31.97	13.15	13.04	564.78	Cutanic LIXISOL (hypereutric, profundic, endoclayic)	32

## **DISCUSIÓN**

### ***ESTABLECIMIENTO DE PLÁNTULAS A PARTIR DE SEMILLAS***

El establecimiento de las plantas es una fase crítica en los proyectos de restauración (Vallejo-Calzada, 2002) por lo que es necesario identificar los factores que afectan el establecimiento de nuevos individuos de las especies que conforman, o conformaron, el dosel (Ramírez-Marcial *et al.*, 2006). El establecimiento de las plántulas puede enfrentar diversas barreras como la disponibilidad de semillas, depredación, competencia y la falta de micrositios adecuados (Borchert *et al.*, 1989; Callaway, 1992; Schupp, 1995; Davis *et al.*, 1998; López-Barrera, 1998; Figueroa-Rangel y Olvera-Vargas, 2000; Gordon y Rice, 2000; Hernández *et al.*, 2000; Pulido, 2002; Asbjornsen *et al.*, 2004; Sun *et al.*, 2004). En este trabajo nos enfocamos en las características del sitio como una barrera potencial para el establecimiento de plántulas de *Q. candicans* en ambientes de borde y pastizal. Los resultados de este estudio mostraron que la emergencia de las plántulas está relacionada con las características micro-ambientales, las cuales sorprendentemente fueron más favorables en las áreas de pastizal, donde el porcentaje de emergencia fue generalmente mayor que en el borde. Esta tendencia de un mayor establecimiento de plántulas en áreas abiertas respecto a los bordes o interior del bosque fue reportada en Los Altos Chiapas (López-Barrera y Newton, 2005), donde tales resultados estuvieron fuertemente relacionados con las condiciones para la germinación, ya que las bellotas en el borde de bosque fueron susceptibles de ser atacadas por hongos e insectos, disminuyendo el porcentaje de establecimiento; mientras que en las zonas de pastizal hubo un efecto facilitador de herbáceas que amortiguaron las fluctuaciones ambientales.

En este trabajo se sembraron semillas germinadas cuya longitud de raíz fue de dos o tres centímetros y en ninguno de los ambientes se observó remoción de las semillas. El mayor porcentaje de emergencia de plántulas en la zona abierta fue el resultado del efecto combinado de la disponibilidad de humedad en el suelo (siembra en el mes de junio) y una mayor temperatura edáfica que en el borde; así como de la técnica empleada en la siembra. Es bien sabido que la temperatura y humedad del suelo así como la cantidad y calidad de luz son los principales factores que determinan la emergencia de plántulas (Forcella *et al.*,



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.

2000; Khurana y Singh, 2001); esto ha sido documentado en *Q. ilex* (Marañón *et al.* 2004a).

En ambientes templados la temperatura del suelo puede ser un factor determinante de la emergencia de plántulas (Forcella *et al.*, 2000). Al relacionar el porcentaje mensual de emergencia de plántulas y la temperatura promedio del suelo (Fig. 46) se observa que en los dos ambientes considerados, el mayor establecimiento se registró en el mes de mayor temperatura promedio.

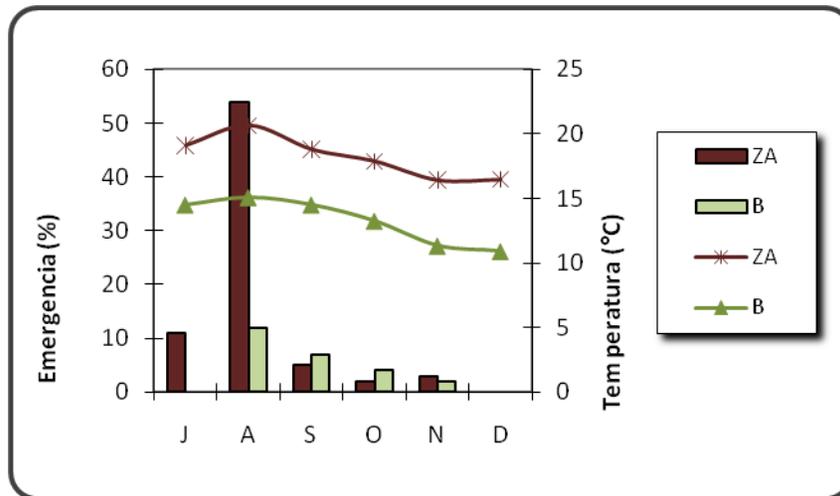


Figura 46. Relación entre el porcentaje de emergencia de plántulas (barras) y la temperatura del suelo (líneas), en el Parque Estatal Chapa de Mota, Estado de México, México. ZA= zona abierta, B= borde.

Asimismo fue en agosto donde se registró, para el caso del borde, la mayor temperatura máxima y la menor temperatura mínima; mientras que en la zona abierta se presentó también la menor temperatura mínima; es decir que en este mes se presentaron condiciones de temperatura del suelo que pudieron favorecer la emergencia de las plántulas. En la zona abierta la temperatura promedio del suelo y el aire fue cercana a 20 °C, mientras que en el borde fue apenas de 12 °C; López-Barrera y Newton (2005) encontraron también una mayor emergencia y establecimiento de plántulas de *Q. crassifolia* y *Q. rugosa* en sitios con temperatura promedio de 22 °C.

La importancia de los niveles de luz sobre la emergencia y establecimiento de plántulas de *Quercus* ha sido reportada en diversos trabajos (Camacho *et al.*, 2000; Figueroa-Rangel y Olvera-Vargas, 2000; Marañón *et al.*, 2004; Quero *et al.*, 2007); y discutida en función de los requerimientos para la germinación, más que como un factor que estimule la elongación del epicotilo (emergencia). Un efecto de los niveles altos de radiación en la zona abierta, respecto al borde, pudo ser una mayor evaporación de la humedad del suelo y la deshidratación de las semillas, sin embargo al realizar la siembra a principios de la época de lluvias se garantiza una humedad del suelo. En las cepas se colocó suelo y mantillo colectado en el interior del bosque y todas las semillas fueron sembradas a una profundidad de  $\pm 3$  cm, lo que pudo proteger a las semillas de las fluctuaciones de temperatura y humedad en la zona abierta. Al sembrar las semillas en cepas y rellenarlas de mantillo se disminuyen los problemas de compactación y aireación del suelo (comunes en la zona abierta), los cuales también pueden afectar la emergencia de las plántulas (Forcella *et al.*, 2000).

La colocación de suelo y mantillo de bosque en las cepas también incrementa las posibilidades de que ocurra inoculación por hongos micorrizógenos, que pueden ayudar a la planta a capturar agua y nutrimentos en ambientes limitados como los estudiados; esto es particularmente importante en la zona abierta donde no existen árboles en pie que puedan funcionar como fuente de inóculo (Dickie *et al.*; 2002) para las plantas reintroducidas. El mantillo de encinos favorece el establecimiento temprano de plántulas de diversos árboles como *Q. laurina*, *Ternstroemia lineata*, *Cornus excelsa* y *Liquidambar styraciflua*, entre otros (Camacho *et al.*, 2000; Camacho-Cruz y González-Espinosa, 2002).

En el borde de bosque se observó acumulación de hojarasca sobre los sitios en los que se realizó la siembra, por lo que a pesar de que las semillas se sembraron a la misma profundidad que en la zona abierta, permanecieron relativamente más enterradas, lo que pudo ser un motivo de la menor emergencia observada. El nivel de entierro de las semillas es crucial debido a que puede ser benéfico en sitios como la zona abierta, donde puede disminuir la probabilidad de deshidratación de las semillas; o bien, perjudicial al no permitir que la energía que provee la semilla para el crecimiento inicial de la plántula sea suficiente para que la plántula alcance a emerger del suelo; además a mayor profundidad del suelo pueden disminuir las fluctuaciones de temperatura que muchas veces promueven

la germinación de semillas (Forcella et al., 2000; Khurana y Singh, 2001; López-Barrera y Newton, 2005).

Las reservas de la semilla proveen la única fuente de energía disponible para la emergencia de la plántula (Zavala y García, 1996; Bonfil, 1998; Forcella *et al.*, 2000; Bonner y Vozzo 1987; Seiwa, 2000; Iakovoglou *et al.*, 2007; Quero *et al.*, 2007). A su vez la masa de la semilla es un buen indicador de la cantidad de reservas disponibles para el crecimiento inicial (Longe y Jones, 1996; Bonfil, 1998; Seiwa, 2000; Beon y Bartsch, 2003), de tal manera que esto explica la correlación encontrada entre el peso de la semilla y la talla inicial de las plántulas.

Esta relación entre la masa de la semilla y la talla inicial es importante debido a que a su vez el diámetro y altura inicial se correlacionaron positivamente con el tiempo que permanecieron vivas las plántulas. Se ha reportado antes que las plántulas de mayor vigor (diámetro y altura) tienen más posibilidades de sobrevivir. En un estudio con *Q. mongólica*, Seiwa (2000) reporta que las plántulas con menor altura inicial muestran una mayor mortalidad. En ambientes estacionales como el que predomina en el Parque Estatal Chapa de Mota en el estado de México, las plántulas más grandes pueden poseer mayor probabilidad de sobrevivir, ya que tienen raíces más profundas y extensas capaces de capturar más humedad durante la época seca (Poorter y Hayashida-Oliver, 2000; Villar *et al.*, 2004); dicha relación entre el tamaño de la semilla y la supervivencia de las plántulas ya ha sido reportada en *Q. rugosa* (Bonfil, 1998; Bonfil y Soberón 1999).

La estratificación de las semillas al parecer no tuvo ningún efecto en el porcentaje de plántulas que se establecieron en los dos ambientes, ya que en el borde de bosque el porcentaje de plántulas emergidas a partir de semillas recién colectadas y de semillas almacenadas durante ocho meses, fue muy similar. La estratificación en semillas de *Q. candicans* ya ha sido estudiada (Rubio-Licona, 2006) y su principal efecto consiste en acelerar e incrementar el porcentaje de germinación. En condiciones naturales, las semillas de esta especie son dispersadas entre septiembre y octubre (Romero *et al.*, 2002) y germinan hasta la primavera siguiente, por lo que el periodo invernal puede ocasionar una estratificación natural que incremente las posibilidades de establecimiento de plántulas.

El daño de plántulas por herbivoría fue más alto en la zona abierta que en el borde. La herbivoría de raíz fue letal, pero puesto que destruye el principal órgano de soporte de la

plántula, también se registraron eventos de herbivoría en hojas y tallo; sin embargo en estos casos las plántulas fueron capaces de rebrotar posteriormente; los individuos cuyos tallos habían sido rotos o deshidratados por lo general desarrollaron un nuevo brote. Este tipo de respuesta en plántulas de *Quercus* se debe a que los cotiledones y la raíz de las plántulas funcionan como órganos de almacenamiento de carbohidratos, los cuales pueden ser utilizados para producir nuevos brotes en caso que la parte aérea de la plántula haya sido destruida (Bonfil, 1998; Bonfil y Soberón, 1999; Kabeya y Sakai, 2003). La cantidad de reservas en los cotiledones de las semillas parece ser más importante en condiciones de sombra, donde la plántula tiene tasas bajas de fotosíntesis y depende más de las reservas de la semilla para su crecimiento. En condiciones de mayor exposición a la luz la plántula llega a ser más autotrófica (Kabeya y Sakai, 2003; Quero *et al.*, 2007) y puede almacenar sus reservas para responder ante algún factor de estrés (“estrategia de prevención de riesgos”) (Kabeya y Sakai, 2003), como la herbivoría que se presentó con mayor frecuencia en la zona abierta.

Resulta poco conveniente comparar la emergencia de plántulas con lo reportado en otros trabajos, ya que en todos ellos, la evaluación se realiza a partir de la siembra de bellotas y no de semillas germinadas, que fue la técnica empleada en este trabajo.

Las implicaciones prácticas de estos resultados para la restauración de los bosques de encino, consisten en recomendar la siembra de las semillas germinadas de *Q. candicans* en las zonas abiertas y no en el borde; dicha siembra debe realizarse al inicio de la temporada de lluvias y en cepas grandes (20 x 20 cm o más) rellenas con suelo y mantillo de bosque (o tierra negra con hojarasca); las semillas deben estar a una profundidad no mayor a 5 cm. El éxito de este tipo de siembra puede incrementarse si se aplicara algún tipo de tratamiento que elimine a los herbívoros de raíz, en este caso, a las larvas del género *Phyllophaga* (“gallinas ciegas”).

## ***SUPERVIVENCIA Y CRECIMIENTO***

A pesar de que el borde produce ambientes físicos que difieren substancialmente de las áreas abiertas de pastizal (Chen *et al.*; 1995) y potencialmente proveen una calidad intermedia de hábitat (*i.e.* irradiación intermedia y humedad disponible durante los meses secos), lo que favorece un mayor establecimiento de plántulas de *Quercus* (Bonfil y

Soberón, 1999; Asbjornsen *et al.*, 2004; Pedraza-Pérez y Williams-Linera, 2005; López-Barrera *et al.*, 2006), en este estudio la supervivencia de *Q. candicans* fue muy similar en los dos ambientes. La supervivencia de las plantas de dos años de edad fue baja tanto en el borde como en la zona abierta (20 y 16%, respectivamente), mientras que en las plántulas establecidas a partir de semillas germinadas fue de 65% en los dos ambientes (calculado a partir del total de plántulas emergidas). Nuestros resultados parecen indicar que el ambiente tuvo un efecto en el establecimiento de las plantas a nivel de crecimiento pero no de supervivencia (no se encontraron diferencias significativas entre ambientes en ninguna de las plantaciones).

En otros trabajos en que se ha evaluado el éxito de plantas de *Quercus* en áreas abiertas versus borde o algún otro tratamiento donde se provea sombra (Ramírez-Marcial *et al.*, 1996; Bonfil y Soberón, 1999; Asbjornsen *et al.*, 2004; Pedraza-Pérez y Williams-Linera, 2005; Asbjornsen, 2006; López-Barrera *et al.* 2006; Badano *et al.*; 2009), generalmente se encuentra una supervivencia mucho menor de las plantas en las áreas abiertas. Los resultados de Álvarez-Aquino y cols. (2004) concuerdan con los nuestros al reportar una diferencia del 3 al 5% en plantas de *Q. acutifolia* reintroducidas dentro y fuera del bosque.

Esta diferencia en los resultados parece ser consecuencia de diversos factores, por ejemplo, el tipo de borde, que es un factor importante en el establecimiento de encinos a lo largo de gradientes interior-borde-exterior; su influencia es tal que incluso puede provocar un mayor establecimiento de plántulas en las zonas de pastizal respecto al borde e interior (López-Barrera *et al.*, 2006). No obstante, el principal factor modelador de la supervivencia y crecimiento de plántulas y brinzales es el ambiente, cuyos efectos y variaciones pueden ser detectados en distintas escalas espacio-temporales. Por ejemplo, en bosques subhúmedos como los de Chapa de Mota, Estado de México, el patrón estacional de las lluvias que a su vez determina la disponibilidad de agua en el suelo, es con frecuencia el factor más importante que controla el establecimiento de las plantas (Bonfil y Soberón, 1999; Khurana y Singh, 2000; Asbjornsen, 2004; Asbjornsen, 2006; Badano *et al.*, 2009).

Durante el periodo de noviembre a mayo, las plantas reintroducidas en octubre de 2007 estuvieron sometidas a un periodo prolongado (diciembre a mayo) de baja humedad del suelo, lo que ocasionó una alta mortalidad justo antes del inicio de la temporada de

lluvias. El porcentaje de supervivencia similar, en los dos ambientes, puede atribuirse a la poca diferencia en el contenido de humedad del suelo durante diciembre a mayo (diferencia promedio del 9%). Esta hipótesis parece ser apoyada por el hecho de una alta proporción de las plantas de *Q. candicans* que se establecieron en el borde de bosque lo hicieron en los suelos cuya capacidad de campo y de retención de agua fue de media a alta, y también en la zona abierta, el establecimiento se presentó en los suelos con el mayor contenido de humedad a lo largo del año.

Al reintroducir las plantas al inicio de la temporada de lluvias (segunda plantación), se observó una mayor mortalidad en la zona abierta. Durante la época de lluvia, la diferencia en el contenido de humedad en los dos ambientes se acentúa, siendo mucho mayor en el borde de bosque (diferencia promedio del 28.8%), por lo que después de seis meses, hubo una mortalidad superior en la zona abierta que en el borde (33 y 2%, respectivamente). Durante el mismo periodo (junio a diciembre), también hubo una marcada diferencia en los niveles máximos de luminosidad, los cuales fueron muy superiores en la zona abierta lo que pudo representar mayor evaporación. Es por ello que no se descartan las propiedades amortiguadoras del borde de bosque. La supervivencia anual de las plantas introducidas en junio de 2008 (datos no incluidos) podrá indicar si la falta de agua durante la época seca es tan fuerte que dispersa el efecto amortiguador del borde, como parece haber ocurrido en la primera plantación.

La mayor precipitación que se presenta en los bosques húmedos de los Altos Chiapas (1100-1200 mm anuales) puede explicar que la supervivencia total de plantas de *Q. candicans* reintroducidas en gradientes interior-borde-pastizal, sea muy superior (65%, 34 meses después de su reintroducción; López Barrera *et al.*, 2006) a la reportada en este trabajo (16 y 20%; 824 mm precipitación anual). Es probable que en Los Altos Chiapas, la disponibilidad hídrica no sea una limitante severa, sobre todo porque emplearon plantas de menor talla (seis meses de edad), las cuales presentan mayor susceptibilidad al estrés hídrico (Ramírez-Contreras y Rodríguez-Trejo, 2004). Además, las propiedades edáficas pueden ser determinantes también en la menor supervivencia de *Q. candicans* encontrada en este trabajo, ya que por ejemplo, en el Luvisol que se describió en la zona abierta, hubo, a partir de los 25 cm de profundidad, una densidad aparente muy alta (1.4 a 1.6 kg/m<sup>3</sup>) que limita la capacidad de aireación y de retención de agua disponible, así como la

penetrabilidad de las raíces y la infiltración del agua; mientras que en los pastizales de Los Altos Chiapas donde también predominan los Luvisoles la densidad aparente no es tan alta (Mendoza-Vega *et al.*, 2003).

La supervivencia anual de las plantas reintroducidas en octubre de 2007, es menor a la que se ha reportado en otras especies mexicanas como *Q. cripipilis*, *Q. crassifolia*, *Q. rugosa*, *Q. laurina*, *Q. acutifolia*, *Q. xalapensis*, *Q. germana* y *Q. segoviensis* (Quintana-Ascencio *et al.*, 1992; Ramírez-Marcial *et al.*, 1996; Álvarez-Aquino *et al.*, 2004; Ramírez-Contreras y Rodríguez-Trejo, 2004; López-Barrera, *et al.*, 2006); todos estos trabajos se han desarrollado en regiones húmedas de México (Los Altos, Chiapas y Las Cañadas, Veracruz) en donde especies como *Q. germana* y *Q. acutifolia* establecidas en áreas abiertas o de pastizal presentaron un alto porcentaje de supervivencia (>80%), probablemente debido a que en estos ambientes la humedad no es limitante y las plantas se benefician de los altos niveles de radiación (Johnson *et al.*, 2002). Respecto a los trabajos realizados en bosques subhúmedos de México, *Q. candicans* mostró en áreas abiertas un porcentaje de supervivencia superior al de otras especies como *Q. rugosa* y *Q. castanea* (Cabrera-García, *et al.*, 1998; Bonfil y Soberón, 1999; Bonfil *et al.*, 2000; Asbjornsen *et al.*, 2004; Ramírez-Contreras y Rodríguez-Trejo, 2004) y ligeramente menor (4%) al de *Q. acutifolia* (Asbjornsen *et al.*, 2004).

Resulta difícil comparar la supervivencia de las plántulas debido a las diferencias metodológicas para evaluar esta variable en plantas establecidas a partir de semillas germinadas, ya que la emergencia no es un evento único y uniforme, sino que generalmente hay un pico en el cual emerge un mayor número de plántulas, pero que puede prolongarse durante varios meses, como ocurrió en este y otros trabajos (Bonfil y Soberón, 1999; Seiwa, 2000). Además éste parece ser el primer trabajo en el que se evalúa el establecimiento de plántulas a partir de semillas germinadas y no de la siembra directa de bellotas, lo cual resultó ser una buena estrategia para la introducción de la especie en áreas de pastizal.

Al reintroducir plantas crecidas en contenedores existe la posibilidad de que no cuenten con un buen sistema radicular, debido a la falta de espacio para crear raíces profundas; dichas plantas con frecuencia crecen en tierra negra como substrato que al parecer limita el crecimiento radicular (Arcos, 2009). Los encinos tienen una raíz

axonomorfa, cuyo eje principal tiende a elongarse con la profundidad; plántulas de *Q. crassipes* establecidas a partir de semillas germinadas, pueden alcanzar hasta 50 cm de longitud 15 semanas después de su siembra (Arcos, 2009). Al sembrar semillas en suelos profundos y de densidad aparente media o baja, la plántula puede establecer un sistema radicular profundo capaz de aprovechar la humedad disponible en los horizontes profundos del suelo durante la época seca (Danner y Knapp, 2001; Asbjornsen *et al.*, 2006). La profundidad de la raíz puede también incrementar la posibilidad de que las plantas cuya parte aérea haya muerto durante la época de estiaje puedan rebrotar en la época de lluvia, tal como se observó en el Ajusco, D. F. (Bonfil *et al.*, 2000).

Como ocurre en la mayoría de estudios con encinos, se observó un mayor crecimiento de las plantas y plántulas establecidas en la zona abierta. Diversos trabajos han reportado que aunque llegan a establecerse pocos individuos en sitios totalmente abiertos (o en condiciones de gran luminosidad en invernadero), crecen mucho más que los establecidos en condiciones de sombra (Quintana-Ascencio, 1992; Bonfil y Soberón, 1999; Álvarez-Aquino *et al.*, 2004; Asbjornsen *et al.*, 2004; Pedraza-Pérez y Williams-Linera, 2005; Marañón *et al.*, 2004; Asbjornsen *et al.*, 2006; López-Barrera *et al.*, 2006; Ramírez-Marcial *et al.*, 2006; Quero *et al.*, 2007; Badano *et al.*, 2009).

A pesar del corto periodo de monitoreo de las plántulas, se observó una tendencia clara hacia un menor crecimiento en diámetro de las plántulas establecidas en el borde; no obstante la única variable en la que se observó un efecto significativo del ambiente fue el número de hojas -que fue mayor en la zona abierta a pesar de que el incremento en cobertura fue mucho mayor en el borde-. Esta misma tendencia fue observada en las plantas de dos años de edad, sólo que a un año de su reintroducción, la cobertura final fue muy semejante en los dos ambientes, pero en ninguno de ellos se alcanzó una cobertura similar o superior a la inicial. Este tipo de respuesta estructural en plantas jóvenes de encino, que a su vez se relaciona con una serie de adaptaciones fisiológicas, parece ser el resultado del efecto combinado de los niveles de luz y contenido de humedad del suelo en cada uno de los ambientes.

Las adaptaciones de las especies de *Quercus* a diversas condiciones de luz y humedad varían (Fotelli *et al.*, 2000); sin embargo existen algunos patrones que parecen ser generales en plantas que crecen bajo condiciones de sequía. El primero consiste en asignar

una mayor cantidad de carbono a la porción subterránea de la planta, que permite incrementar la superficie de absorción a través de una producción mayor de raíces finas (Fotelli *et al.*, 2000; Khurana y Singh, 2001; Villar *et al.*, 2004; Asbjornsen, 2004, 2006; Dillaway *et al.*, 2007). El incremento en la biomasa radicular puede acompañarse de una alta concentración de carbohidratos no solubles (Dillaway *et al.*, 2007), los cuales, además de funcionar como un protector osmótico ante la falta de agua (Villar *et al.*, 2004), también pueden ser la principal reserva de energía para la producción de biomasa aérea durante la época de lluvia (Dillaway *et al.*, 2007) o después que la planta ha sufrido algún daño como la pérdida parcial o total de las hojas por herbivoría, (Villar *et al.*; 2004). Un estudio en plantas de *Q. suber* demostró que en ambientes con alta disponibilidad de luz las plantas suelen asignar mayor cantidad de biomasa a la raíz y que ésta se duplica cuando se reduce el riego (Marañón *et al.*, 2004b).

Tales estrategias conservativas que se presentan en las plantas de encino durante la época seca (Tasa de Crecimiento Relativo (TCR) baja y mayor asignación de biomasa a la raíz) son importantes para la supervivencia cuando recursos como el agua son limitados, pero cambian una vez que llega la época de lluvias (Asbjornsen, 2004; Dillaway *et al.*, 2007), teniendo TCR mucho mayores; por ello la mayor tasa de crecimiento en las plantas se dio durante los meses de junio a noviembre. En las plantas reintroducidas en octubre de 2007, la tasa de crecimiento relativo en diámetro (TCRD) que se dio durante los seis primeros meses (noviembre a abril) fue muy semejante en los dos ambientes, e incluso ligeramente mayor en el borde (donde también hubo un poco más de humedad en el suelo). En realidad, la tendencia observada de una mayor TCRD que se presentó al concluir el año de evaluación es el resultado del crecimiento que coincide con una marcada estacionalidad (Hanson *et al.*, 1986 citado por Jiménez, 1997), ya que durante la época de lluvia el contenido de humedad en el suelo ya no representa una limitante y es muy probable que el nivel superior de luminosidad en la zona abierta favoreciera una mayor tasa fotosintética en, lo que se tradujo en un crecimiento diferencial de las plantas (principalmente en diámetro). Esta hipótesis es apoyada por el hecho de que las plantas reintroducidas al inicio de la temporada de lluvia y las plántulas que se establecieron a partir de semillas, presentaron un mayor incremento en diámetro, altura y número de hojas en la zona abierta seis meses después de su reintroducción. Estas interrelaciones entre la luminosidad y

humedad explican las correlaciones encontradas de la humedad relativa del suelo y aire (HRS, HRA) y el diámetro (D) de las plantas en la zona abierta.

Por otra parte, en el borde se encontró una correlación positiva entre la altura (A) y la luminosidad (L), esto parece indicar que el crecimiento -por lo menos en altura- está limitado por la cantidad de luz que llega al piso forestal. Sin embargo, esto puede ser el resultado del azar al momento de distribuir las plantas en las parcelas experimentales, ya que la altura inicial de las plantas estuvo fuertemente correlacionada con la altura final; es decir, que es probable que las plantas de mayor altura hayan sido reintroducidas en las parcelas con mayor disponibilidad de luz.

La producción de hojas fue mayor en la zona abierta, lo que puede estar relacionado con los niveles altos de luminosidad tal y como se ha reportado en otros trabajos (Quintana-Ascencio, 1992; Alvarez-Aquino, 2004; Asbjornsen *et al.*, 2004). Las diferencias encontradas en las características foliares de las plantas en los dos ambientes también se mostraron en su talla, de tal manera que en la zona abierta hubo una gran producción de hojas pequeñas, mientras que en el borde las plantas presentaron pocas hojas de gran tamaño. Es por ello que se encontró un efecto del ambiente en el número de hojas pero no en la cobertura de las plantas.

El efecto combinado de los niveles altos de luminosidad con niveles bajos de humedad resultan en la producción de un gran número de hojas pequeñas (Fotelli *et al.*, 2000; Beon y Bartsch, 2003). Tales condiciones son semejantes a las que prevalecen en la zona abierta mientras que en el borde, los menores niveles de luz pueden inducir un incremento en la superficie foliar de las hojas, como se ha reportado en otras especies de *Quercus* (Beon y Bartsch, 2003; Guevara y Hernández, 2005; Quero *et al.*, 2007). Es importante mencionar que en *Q. serrata* y *Q. crispula* el incremento en el número de hojas fue también una respuesta de la herbivoría foliar, lo cual fue un evento frecuente en la zona abierta (Mizumachi *et al.*, 2004).

La relación encontrada entre la humedad relativa del aire del aire (HRA) y el número de hojas y la cobertura puede explicarse tanto por el crecimiento estacional -ya que los niveles más altos de HRA se presentaron durante la época de lluvia que es cuando se desarrollaron hojas nuevas-, como por la estrategia de tolerancia a la sequía, en la que el mayor número de hojas pequeñas se acompaña de una alta conductancia estomática y

niveles bajos de potencial hídrico en las hojas (Fotelli *et al.*, 2000), ya que para que las plantas puedan mantener la apertura de sus estomas es necesario que exista cierto nivel de humedad en el aire.

En el borde de bosque se encontró una correlación inversa entre la temperatura del aire (TA) y el número de hojas (NH) y la cobertura de las plantas (CT); esto también puede explicarse porque los valores más altos de TA se registran en el periodo seco del año, tiempo en el cual las plantas (de hábito caducifolio) pierden sus hojas.

El crecimiento estacional de las plantas es favorecido por el contenido de humedad en el suelo, ya que no sólo evita que las plantas se deshidraten y puedan crecer, sino que también influye en la disponibilidad de nutrientes tales como el nitrógeno y fósforo (Evans y Ehleringer, 1994; Sardans y Peñuelas, 2005) necesarios para el crecimiento de las plantas.

El crecimiento en altura de las plántulas de *Q. candicans* es similar al obtenido en *Q. acutifolia* (Suárez, 1998) y mayor al reportado en plántulas de *Q. rugosa* y *Q. laurina* (Bonfil, 1998); tales diferencias entre especies puede ser el resultado del efecto combinado del ambiente y las diferencias en el tamaño de las semillas (Bonfil, 1998; Seiwa, 2000; Meruani, 2001; Iakovoglou *et al.*, 2007; Quero *et al.*, 2007).

Respecto a los trabajos que se han realizado en México con especies de encino podemos decir que sólo el crecimiento que se obtuvo en la zona abierta, pero no el del borde, supera al reportado en otros sitios y especies (*Q. rugosa* y *Q. castanea*) en los cuales la humedad del suelo durante la época seca fue también una limitante (Bonfil y Soberón, 1999; Bonfil *et al.*, 2000). Del mismo modo es inferior al que se ha reportado en especies como *Q. germana*, *Q. acutifolia* y *Q. xalapensis* en ambientes húmedos (Ramírez-Bamonde, 2005; Alvarez-Aquino *et al.*, 2004; López-Barrera *et al.*; 2006).

## **DETERIORO AMBIENTAL**

El análisis edáfico y florístico indica que en la comunidad estudiada existen diversos procesos de deterioro ambiental, los cuales son el resultado de las actividades humanas que se realizan dentro del Parque estatal Chapa de Mota, en el Estado de México. Bajo estas condiciones, es probable que la reintroducción extensiva de *Q. candicans* en las áreas perturbadas no sea la estrategia más conveniente, debido a que se observó una gran heterogeneidad espacial (particularmente en la zona abierta) que a su vez resulta en una

variedad de micrositios. Tal como se discutió en los apartados anteriores, el establecimiento de *Q. candicans* estuvo muy relacionado con la presencia de lo que podrían llamarse “micrositios seguros”, los cuales son el producto de la interrelación de diversas variables ambientales.

La heterogeneidad ambiental es con frecuencia una propiedad de los ecosistemas que parece ser poco atendida en el campo de la Ecología, y más recientemente en el de la Restauración Ambiental (Vega y Peters, 2007). Dicha heterogeneidad espacial y temporal determinó fuertemente el establecimiento de *Q. candicans* y es probable que ocurra lo mismo si se reintroducen las otras especies de encino (*Q. candicans*, *Q. castanea*, *Q. crassifolia*, *Q. crassipes*, *Q. laurina*, *Q. mexicana* y *Q. obtusata*) presentes en los remantes del bosque. Esto deberá considerarse dentro de un marco de restauración, ya que no sólo será necesario recuperar la cobertura forestal, sino también la estructura y composición del bosque.

El uso de los perfiles bioclimáticos de las especies puede ser útil para planear qué especies reintroducir y en qué sitios. Por ejemplo en este caso, dado que la respuesta a largo plazo de *Q. candicans* parece ser desfavorable, sería conveniente probar algunas especies cuyos requerimientos climáticos fueron diferentes, tales como *Q. castanea* y *Q. crassifolia* (Fig. 7); esta última ha sido reportada como una especie poco tolerante a la sombra lo que supone cierta resistencia a niveles mayores de luz (López-Barrera *et al.*, 2006).

El principal factor que limitó la supervivencia de las plantas fue el contenido de humedad en el suelo, lo que estuvo relacionado con el grado de compactación del mismo. La compactación es un problema común en proyectos de restauración (Ramírez-Marcial, 1996), y más aún si se combina con procesos de erosión hídrica, los cuales son muy frecuentes en la zona de estudio. Las terracetas, pináculos, exposición de raíces y cárcavas, son indicadores del deterioro (Siebe *et al.*, 2006; Cotler, 2007) causado por el cambio de uso del suelo, el cual altera fuertemente algunas propiedades importantes para el establecimiento de las plantas, tales como la cantidad de nutrientes y de carbono orgánico en el suelo mineral y en raíces finas (Gaertig *et al.*, 2002; Bautista *et al.*, 2003; Mendoza-Vega *et al.*, 2003). Con base en Muñoz y cols. (2002) todos los suelos descritos son poco fértiles. Los encinos deben poseer cierta tolerancia a la falta de algunos nutrimentos, ya que crecen naturalmente en suelos con pH ácido (Luvisoles, Lixisoles y Acrisoles, ver Cotler,

2007) que limita la disponibilidad de nutrientes. Sin embargo, el deterioro de los suelos puede sobrepasar los umbrales permisibles para algunas especies de *Quercus*. Más aún, la compactación afecta fuertemente la aireación del suelo, ocasionando un decremento significativo en la densidad de raíces (Gaertig *et al.*, 2002). En Europa, donde los encinos son empleados frecuentemente en proyectos de restauración (Vallejo-Calzada, 2002), de tal manera que se reintroducen en suelos pobremente drenados y mal aireados, un estudio reveló que la compactación es la principal causa de la declinación de diversas plantaciones de *Q. robur* y *Q. petraea* (Gaertig *et al.*, 2002).

Parece evidente que si el cambio de uso de suelo produce un cambio de las propiedades edáficas, éstas a su vez ejerzan una influencia importante en la composición y estructura de la vegetación a lo largo de la sucesión secundaria (Bautista y cols. 2003; García-Fayos, 2004). Es por ello que una de las acciones primarias en los proyectos de restauración forestal deberá ser evaluar el estado en el que se encuentran los suelos, ya que pueden determinar la trayectoria del sistema hacia un nuevo estado de equilibrio, el cual puede no ser compatible con las metas de restauración. Por ello, la restauración de suelos parece ser uno de los principales ejes en la recuperación de la cobertura forestal, el cual es muchas veces inadvertido.

En este caso, a pesar de que las plantas de *Q. candicans* mostraron tolerancia ante la gama de condiciones ambientales que se presentaron en el sitio (tanto en la zona abierta como en el borde), son necesarias ciertas acciones para mejorar algunas propiedades edáficas e incrementar la probabilidad de supervivencia de las plantas. Ante la marcada estacionalidad del sistema, es necesario estabilizar las cárcavas y promover la cobertura de herbáceas y arbustivas en las zonas de suelo desnudo (zona abierta), con el fin de disminuir el efecto de la erosión hídrica. También puede ser necesario mejorar el drenaje de los suelos, ya que en varios de ellos se observaron evidencias de oxido-reducción a causa del estancamiento del agua, lo que representa condiciones de anoxia para las plantas, y si se presenta por periodos prolongados puede ocasionar su muerte.

La regeneración de las plantas del sotobosque podría centrarse en las 40 especies de la zona abierta que han sido reportadas en bosques de encino (Rzedowski y Rzedowski, 2005), las cuales deben ser tolerantes al estado actual de deterioro del sitio. Dentro de este

grupo de especies existen algunas leguminosas que pueden promover el enriquecimiento del suelo (Khurana y Singh, 2001).

A causa de los procesos de sucesión, en la zona abierta existen arbustos aislados de *Baccharis conferta* y *B. heterophylla*; podría ser conveniente propagar estas especies y realizar algunos diseños de reintroducción mixta de especies arbóreas con arbustivas (procesos de facilitación). Sin embargo, debido a que tanto en el borde como en la zona abierta se presentó una gran mortalidad de plantas durante la época seca, es muy probable que los procesos de facilitación no sean suficientes, como lo reportan Badano y cols. (2009), quienes concluyeron que el riego es necesario para lograr el establecimiento a largo plazo de las plantas de encino. La mortalidad de *Q. candicans* se acentúa hacia el final de la época seca del año, después que las plantas habían pasado por un periodo largo sin suministro de agua, por lo que es probable que el riego durante algunos meses de la época seca aumente la supervivencia.

## LITERATURA CITADA

- Abrams, M.** 2003. Where has all the oak White gone? *BioScience* 53: 927-939.
- Álvarez-Aquino, C., G. Williams-Linera y A. C. Newton.** 2004. Experimental native tree seedling establishment for the restoration of a Mexican cloud forest. *Restoration Ecology* 12: 412-418.
- Arcos, J.** 2009. *Crecimiento de Quercus crassipes en diferentes sustratos forestales*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. México. 70 pp.
- Asbjornsen, H., K.A. Vogt y M.S. Ashton.** 2004. Synergistic response of oak, pine and shrub seedlings to edge environments and drought in a fragmented tropical highland oak forest, Oaxaca, México. *Forest Ecology and Management* 192: 313-334.
- Asbjornsen, H., K.A. Vogt y M.S. Ashton.** 2006. Growth and physiological responses of oak, pine and shrub seedlings to edge gradients in a fragmented Mexican Montane Oak Forest. En: M. Kappelle (ed.) *Ecological Studies. Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forest*. Verlag Berlin Heidelberg. Alemania. 185: 245-257.
- Badano, E.I., D. Pérez y C.H. Vergara.** 2009. Love of nurse plants is not enough for restoring oak forests in a seasonally dry tropical environmental. *Restoration Ecology* 17: 571-576.
- Balaguer, L.** 2002. Las limitaciones de la restauración de la cubierta vegetal. *Ecosistemas* 11: 72-82.
- Bautista, C.A., R.F. del Castillo y C. Gutiérrez.** 2003. Patrones de desarrollo del suelo asociados con sucesión secundaria en un área originalmente ocupada por bosque mesófilo de montaña. *Ecosistemas* 2003/3. (URL: <http://www.aet.org/ecosistemas/033/investigación1.html>).
- Beon, M-S., y N. Bartsch.** 2003. Early seedling growth of pine (*Pinus densiflora*) and oaks (*Q. serrata*, *Q. mongolica*, *Q. variabilis*) in response to light intensity and soil moisture. *Plant Ecology* 167: 97-105.
- Bonfil, C.** 1998. The effects of the seed size, cotyledon reserves, and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Quercus laurina* (Fagaceae). *American Journal of Botany* 85: 79-87.
- Bonfil, C.** 2006. Regeneration and populations dynamics of *Quercus rugosa* at the Ajusco volcano, México. En: M. Kappelle (ed.) *Ecological Studies. Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forest*. Verlag Berlin Heidelberg. Alemania. 185: 155-163.



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

- Bonfil, C. y J. Soberón.** 1999. *Quercus rugosa* seedling dynamics in relation to its re-introduction in a disturbed Mexican landscape. *Applied Vegetation Science* 2: 189-200.
- Bonfil, C., H. Rodríguez y V. Peña R.** 2000. Evaluación del efecto de las plantas nodrizas en el establecimiento de un plantación de *Quercus* L. *Ciencia Forestal en México* 25: 59-73.
- Bonner, F.T y J.A. Vozzo.** 1987. Seed biology and technology of *Quercus*. U.S. Department of Agriculture, *Southern Forest Experiment Station*. 21 pp.
- Borchert, M.I., F.W. Davis, J. Michaelsen y L.D. Oyler.** 1989. Interactions of factors affecting seedling recruitment of blue oak (*Quercus douglasii*) in California. *Ecology* 70: 389-404.
- Brothers, T.S. y A. Springarn.** 1992. Forest fragmentation and alien plant invasion of central Indiana old-growth forests. *Conservation Biology* 6: 91-100.
- Cabrera-García, L., P. E. Mendoza-Hernández, V. Peña-Flores, C. Bonfil-Sanders y J. Soberón-Mainero.** 1998. Evaluación de una plantación de encinos (*Quercus rugosa* Née) en el Ajusco Medio, Distrito federal. *Agrociencia* 32: 149-156.
- Callaway, R.M.** 1992. Effects of shrubs on recruitment of *Quercus douglasii* and *Quercus lobata* in California. *Ecology* 73: 2118-2128.
- Camacho, A., M. González, J.H.D. Wolf y B.H.J. De Jong.** 2000. Germination and survival of tree species in disturbed forest of the highlands of Chiapas México. *Canadian Journal of Botany* 78: 1309-1318.
- Camacho-Cruz, A. y González-Espinosa, M.** 2002. Establecimiento temprano de árboles nativos en bosques perturbados de Los Altos, Chiapas, México. *Ecosistemas* 11: 43-51.
- Challenger, A.** 2007. Conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña de México y su estado de conservación. P. 17-44. En: O. Sánchez, E. Vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis (eds.). *Conservación de Ecosistemas Templados de Montaña en México*. INE-SEMARNAT. México, D.F. 1a. reimp.
- Chen, J., J.F. Franklin y T.A. Spies.** 1992. Vegetation responses to edge environments in old-growth Douglas-fir forests. *Ecological Applications* 2: 387-396.
- Chen, J., J.F. Franklin y T.A. Spies.** 1995. Growing-season microclimatic gradients from clear-cut edges into old-growth Douglas-fir forests. *Ecological Applications* 5: 74-86.
- CITES** (Convenio sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestre). 2008: <http://www.cites.org>

- Collet, C.** y H. Frochot. 1996. Effects competition on periodic shoot elongation in oak seedling. *Canadian Journal Forest Research* 26: 1934-1942.
- CONABIO.** 2001. Lista de árboles y arbustos nativos para la restauración ecológica y reforestación. Comisión nacional para el conocimiento y uso de la biodiversidad. En: [http://www.conabio.gob.mx/remib/cgi-bin/remib\\_checklist.cgi?nombres](http://www.conabio.gob.mx/remib/cgi-bin/remib_checklist.cgi?nombres)
- Cotler, H.** 2007. Características y manejo de suelos en ecosistemas templados de montaña. P.153-162. En: O. Sánchez, E. Vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis (eds.). *Conservación de Ecosistemas Templados de Montaña en México*. INE-SEMARNAT. México, D.F. 1a. reimp.
- Danner, B.T.** y A.K. **Knapp.** 2001. Growth dynamics of oak seedlings (*Quercus macrocarpa* Michx. and *Quercus muhlenbergii* Engelm.) from gallery forests: implications for forest expansion into grasslands. *Trees* 15: 271-277.
- Davidson, E.A.,** C.J. Reis de Carvalho, A.M. Figueira, F.Y. Ishida, J.P.H.B. Ometto, G.B. Nardoto, R.T. Saba, S.N. Hayashi, E.C. Leal, I.C. Vieira y L.A. Martinelli. 2007. Recuperation of nitrogen cycling in Amazonian forests following agricultural abandonment. 2007. *Nature* 449: 1000-1001.
- Davis, M.A;** K.J. Wrage y P.B. Reich. 1998. Competition between tree seedlings and herbaceous vegetation: support for a theory of resource supply and demand. *Journal of Ecology* 86: 652-661.
- Dickie, I.A;** R.T. Koide y K.C. Steiner. 2002. Influence of established trees on mycorrhizas, nutrition, and growth of *Quercus rubra* seedling. *Ecological Monographs*. 72(4): 505-521.
- Dillaway, D.N.,** J.W. Stringer y L.K. Rieske. 2007. Light availability influences root carbohydrates, and potentially vigor, in white oak advance regeneration. *Forest Ecology* 250: 227-233.
- Espelta M.,** J.M., C. Bonfil y J. Retana A. 2007. Respuesta a la reiteración de perturbaciones del monte bajo de encina y roble y posibles tratamientos de mejora. *Cuadernos de la Sociedad Española de ciencias Forestales* 21: 37-42.
- Espejel, M.L.,** N. Santacruz y M. Sánchez. 1999, El uso de los encinos en la región de la Malinche, Estado de Tlaxcala, México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 64: 35-39.
- Evans, R.D.** y J.R. **Ehleringer.** 1994. Water and dynamics in arid woodlan. *Oecología*. 99: 233-242.
- Faith, D.P.,** P.R. Minchin y L. Belbin. 1987. Compositional dissimilarity as a robust measure of ecological distance. *Vegetation* 69: 57-68.

- Figueroa**, B.L., S. Moreno y M. Olvera. 1995. Fenología de cuatro especies de encino en Cerro Grande, Reserva de la Biosfera Sierra e Manantlán, Jalisco. *Memorias del III Seminario sobre utilización de encinos*. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Reporte científico especial No. 15, Tomo I. P. 137-147.
- Figueroa-Rangel**, B.L y M. **Olvera-Vargas**. 2000 (a). Regeneration patterns in relation to canopy species composition and site variables in mixed oaks forest in the Sierra Manantlán Biosphere Reserve, México. *Ecological Research* 15: 249-261.
- Forcella**, F., R.L. Benech-Arnold, R. Sánchez y C.M. Ghersa. 2000. Modeling seedling emergence. *Field Crops Research* 67: 123-139.
- Fotelli**, M.N., K.M. Radoglou y H.-I. A. Constantinidou. 2000. Water stress responses of seedlings of four Mediterranean oak species. *Tree Physiology* 20: 1065-1075.
- Fraver**, S. 1994. Vegetation responses along edge-to-interior gradients in the mixed hardwood forests of the Roanoke River Basin, North Carolina. *Conservation Biology* 8: 822-832.
- Gaertig**, T., H. Schack-Kirchner, E.E. Hildebrand y K.v. Wilpert. 2002. The impact of soil aeration on oak decline in southwestern Germany. *Forest Ecology and Management* 159: 15-25.
- García-Fayos**, P. 2004. Interacciones entre la vegetación y la erosión hídrica. P. 309-334. En: F. Valladares (ed.). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8.
- Garrido**, M.V., J.M. del Arco y A. Escudero. 1989. Ciclo de nutrientes: Fenología de la abscisión y dinámica de la descomposición en distintas especies caducifolias y perennifolias. *Options Méditerranéennes* 3: 163-166.
- GEM**. 1999. *Programa de ordenamiento ecológico del territorio del Estado de México*. Secretaria de Ecología, Toluca, Estado de México. [cd room].
- GEM**. 2006. Código para la Biodiversidad del Estado de México. *Gaceta oficial del Gobierno del Estado de México*.
- González-Espinosa**, M., N. Ramírez-Marcial, A. Camacho-Cruz, S.C. Holz, J.M. Rey-Benayas y M.R. Parra-Vázquez. 2007. Restauración de bosques en territorios indígenas de Chiapas: modelos ecológicos y estrategias de acción. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 80: 11-23.
- González-Medrano**, F. 2004. Las comunidades vegetales de México. 2 ed. INE-SEMARNAT. México, D.F. 82 pp.

- Gordon, D.R. y K.J. Rice.** 2000. Competitive suppression of *Quercus douglasii* (Fagaceae) seedling emergence and growth. *American Journal of Botany* 87: 986-994.
- Govarts, R. y Frodin, D.G.** 1998. *World Checklist and Bibliography of Fagales (Betulaceae, Corylaceae, Fagaceae and Ticodendraceae)*. Royal Botanical Gardens, Kew.
- Greene, D.F. y E.A. Johnson.** 1994. Estimating the mean annual seed production of trees. *Ecology* 75: 636-644.
- Guevara-Ortiz, M. y R. Henández-Cruz.** 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 tamaños de semillas*. Tesis de Lic. Biol. FES-Zaragoza, UNAM. México. 70 pp.
- Harper, J.L.** 1977. *Population Biology of plants*. Academic Press. London. 892 pp.
- Hernández, G., L.R. Sánchez, Th. Carmona, M.R. Pineda y R. Cuevas.** 2000. Efecto de la ganadería extensiva sobre la regeneración arbórea de los bosques de la Sierra de Manantlán. *Madera y Bosques* 6: 13-28.
- Herrera-Legarreta, A., L. Villers-Ruíz y C. Serranía-Soto.** 2009. El ambiente natural de los otomíes en la provincia tributaria de Jilotepec. *Dimensión Antropológica* Vol. 10. Revista en línea. En: <http://www.dimensionantropologica.inah.gob.mx/>
- Herrerías, D.Y. y J. Benítez-Malvido.** 2008. Consecuencias de la fragmentación de los ecosistemas. P. 113-126. En: O. Sánchez, E. Peters, R. Márquez-Huitzil, E. Vega, G. Portales, M. Valdez y D. Azuara (eds.). *Temas sobre Restauración Ecológica*. INE-SEMARNAT. México, D. F. 1a. reimp.
- Holl, K.D., M.E. Loik, E.H.V. Lin y I.A. Samuels.** 2000. Tropical montane forest restoration in Costa Rica: overcoming barriers to dispersal and establishment. *Restoration Ecology* 8: 339-349.
- Iakovoglou V., M.K. Misra, R.B. Hall y A.D. Knapp.** 2007. The effect of seed size and parent tree on seed variables and seedling growth of *Quercus macrocarpa* and *Q. alba*. *Seed Science and Technology* 35: 771-777.
- INEGI.** 1987. *Síntesis geográfica, nomenclátor y anexo cartográfico del Estado de México*. Instituto Nacional de estadística geográfica e Informática. México. 223 pp.
- INEGI.** 1999. *Carta topográfica*, 1: 50,000.
- INEGI.** 2005a. *Información Forestal: Comunidades primarias y secundarias*. En: <http://www.inegi.org.mx>

- INEGI.** 2005b. *Conteo de Población y Vivienda del Estado de México*. En: <http://www.inegi.org.mx>
- IUCN** (Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y Recursos Naturales). 2008. Lista Roja de especies: <http://www.iucnredlist.org/>
- IUSS** Grupo de Trabajo WRB. 2007. Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. Primera actualización 2007. Informes sobre Recursos Mundiales de Suelos No. 103. FAO, Roma.
- Jardel**, E.J. 1985. Bases ecológicas para la silvicultura de bosque de pino-encino. *Memorias de II seminario sobre utilización de encinos*. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Reporte científico especial No. 15, Tomo I. P. 162-168.
- Jardel**, E.J., A.L. Santiago y M.E. Muñoz. 1995. Conservación y manejo de los encinos en el Bosque Mesófilo de Montaña de la Sierra de Manantlán, Jalisco y Colima. *Memorias del III Seminario sobre utilización de encinos*. Facultad de Ciencias Forestales. UANL. Reporte científico especial No. 15, Tomo I. P. 285-300.
- Jarquín**, M.T. y C. **Herrejón** P., 2002. *Breve Historia del Estado de México*. 1ª ed. 4ª reimp. Fondo de Cultura Económica. México D.F. 219 pp.
- Jiménez**, R.A. 1997. Germinación y crecimiento de plántulas de cuatro especies de encinos del Ajusco, Distrito Federal. Efecto del tamaño de las semillas. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM. 74 pp.
- Johnson**, P.S., S.R. Shifley y R. Rogers. 2002. *The ecology and silviculture of Oaks*. CABI Publishing, New York, Estados Unidos, P. 217-223.
- Jordano**, P., R. Zamora, T. Marañón y J. Arroyo. 2002. Claves ecológicas para la restauración del bosque mediterráneo. Aspectos demográficos, ecofisiológicos y genéticos. *Ecosistemas* 2002/1 (URL: <http://www.aet.org/ecosistemas>).
- Kabeja**, D. y S. **Sakai**. 2003. The role of roots and cotyledons as storage organs in early stages of establishment in *Quercus crispula*: a quantitative analysis of the nonstructural carbohydrate in cotyledons and roots. *Annals of Botany* 92: 1-9.
- Kapos**, V. 1989. Effects of isolation on the water status of forest patches in the Brazilian Amazon. *Journal of Tropical Ecology* 5: 173-185.
- Kauffman**, M.R., R.T. Graham, D.A. Boyce Jr., W.H. Moir, L. Perry, R.T. Reynolds, R.L. Bassett, P. Mehlhop, C.B. Edminster, W.M. Block y P.S. Corn. 1994. An ecological basis for ecosystem management. Gen. Tech. Rep. RM-246. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station.

- Kaul**, R.B. 1985. Reproductive morphology of *Quercus* (Fagaceae). *American Journal Botany* 72: 1962-1977.
- Khurana**, E. y J.S. Singh. 2001. Ecology of seed and seedling growth for conservation and restoration of tropical dry forest: a review. *Environmental Conservation* 28: 39-52.
- Lilly**, S.J. 1999. Instalación y establecimiento del árbol. P. 7.1-7.13. En: A. Chacalo (ed.). *Manual de arboricultura. Guía de estudio para la certificación del arborista*. ISA-UAM, México, D.F.
- Longe**, T.J. y R.H. **Jones**. 1996. Seedling growth strategies and seed size effects in fourteen oak species native to different soil moisture habitats. *Trees* 11:1-8.
- 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. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 71 pp.
- López-Barrera**, F. 1998. *Germinación y establecimiento temprano de Quercus rugosa y sus implicaciones en la rehabilitación de los hábitats pinarizados en los Altos Chiapas, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 89 pp.
- López-Barrera**, F. 2004. Estructura y función en bordes de bosques. *Ecosistemas* 2004/1. (URL: <http://www.aeet.org/ecosistemas/041/revision1.htm>).
- López-Barrera**, F. y A. **Newton**. 2005. Edge type effect on germination oak tree species in the Highlands of Chiapas, México. *Forest Ecology and Management* 217: 67-79.
- López-Barrera**, F., R.H. **Manson**, M. **González-Espinosa** y A.C. **Newton**. 2006. Effects of the type of montane forest edge on oak seedling establishment along forest-edge-exterior gradients. *Forest Ecology and Management* 225: 234-244.
- Luna**, M. 2008. *Aspectos ecológicos del encino Q. frutex Trel. (Fagaceae) en tres localidades del Estado de México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. México. 128 pp.
- Luna-José**, A.L., L. **Montalvo-Espinosa** y B. **Rendón-Aguilar**. 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 72: 107-117.
- Marañón**, T., J.J. **Camarero**, J. **Castro**, M. **Díaz**, J. M. **Espelta**, A. **Hampe**, P. **Jordano**, F. **Valladares**, M. **Verdú** y R. **Zamora**. 2004a. P. 69-99. En: F. **Valladares** (ed.). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8.
- Marañón**, T., R. **Villar**, J.L. **Quero** y I.M. **Pérez-Ramos**. 2004b. Análisis del crecimiento de plántulas de *Quercus suber* y *Q. canariensis*: experimentos de campo y de invernadero. *Cuadernos de la Sociedad Española de Ciencias Forestales* 20: 87-92.

- Martínez, M.** 1971. *Calibración y comparación de algunos métodos para la determinación de humedad del suelo*. Tesis de Maestría en Ciencias. Colegio de Postgraduados, Chapingo, México.
- Martínez, M. y E. Matuda.** 1979. Flora del Estado de México. Biblioteca Enciclopédica del Estado de México. México. Tomo I a III.
- Maunder, M.** 1992. Plant reintroduction: an overview. *Biodiversity and Conservation*. 1: 51-61.
- Mendoza-Vega, J., E. Karlton y M. Olsson.** 2003. Estimations of amounts of soil organic carbón and fine root carbon in land use and land cover classes, and soil types of Chiapas highlands, México. *Forest Ecology and Management* 177: 191-206.
- Meruani, H., C. Branco, M.H. Almeida y J.S. Pereira.** 2001. Effects of acorn storage duration and parental tree on emergence and physiological status of Cork oak (*Quercus suber* L.) seedlings. *Annals of Forest Science* 58: 543-554.
- Mittermeier, R.A. y C. Goettsch de Mittermeier.** 1995. La importancia de la diversidad biológica en México. *Medio Ambiente y Biodiversidad* 52: 3-16.
- Mizumachi, E., N. Osawa, R. Akiyama y N. Tokuchi.** 2004. The effects of herbivory and soil fertility on the growth patterns of *Quercus serrata* and *Q. crispula* saplings at the shoot and individual levels. *Population Ecology* 46: 203-211.
- Muñoz, D., A. Mendoza, F. López-Galindo, A. Soler y M.M. Hernández.** 2000. *Edafología. Manual de métodos de análisis de suelo*. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México, D.F., 82 pp.
- Mur, P.** 2003. *Patrones de distribución geográfica de especies del género Quercus y de algunos de sus insectos formadores de agallas en el estado de Michoacán, México*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 58 pp.
- Morán-Villaseñor, J.A.** 2002. *Causas económicas e incidencia del comercio internacional en la deforestación en México*. Centro Mexicano de Derecho Ambiental A.C. México, D.F. 50 pp.
- Nixon, K.C.** 1998. El género *Quercus* en México. P. 435-447. En: Ramammoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot, J. Fa. (eds.) *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM, México D.F.
- NOM-059-SEMARNAT-2001.** *Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo*. Diario Oficial de la Federación. Miércoles 6 de Marzo de 2002.

- Oosting, H. y P.J. Kramer.** 1946. Water and light in relation on t opine reproduction. *Ecology* 27: 47-53.
- Pedraza-Pérez, R.A. y G. Williams-Linera.** 2005. Condiciones de microhábitat para la germinación y establecimiento de dos especies de árboles del bosque mesófilo de montaña en México. *Agrociencia* 39: 457-467.
- Peña-Ramírez, V.M. y C. Bonfil.** 2003. Efecto en la estructura poblacional y regeneración de dos especies de encino (*Quercus liebmanii* Oerts. y *Quercus magnoliifolia* Née) en la región de la montaña (Guerrero), México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 72: 5-20.
- Pérez S., D.R.** 2008. La restauración en relación con el uso extractivo de los recursos bióticos. P. 79-97. En: O. Sánchez, E. Peters, R. Márquez-Huitzil, E. Vega, G. Portales, M. Valdez y D. Azuara (eds.). *Temas sobre Restauración Ecológica*. INE-SEMARNAT. México, D. F. 1a. reimp.
- Pickett S., T.A. y P.S. White (eds.).** 1985. *The Ecology of Natural Disturbance and Patch Dynamics*. Academic Press, EE.UU., 472 pp.
- Pineda-Jaimes, N.B., J. Bosque-Sendra, M. Gómez-Delgado y W. Plata-Rocha.** 2009. Análisis de cambio del uso del 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* 69: 33-52.
- Poorter L. y Y. Hayashida-Oliver.** 2000. Effects of seasonal drought on gap and understory seedlings in a Bolivian moist forest. *Journal of Tropical Ecology* 16: 481-498.
- Pulido, F.J.** 2002. Biología reproductiva y conservación: el caso de la regeneración de bosques templados y subtropicales de robles (*Quercus spp*). *Revista Chilena de Historia Natural* 75: 5-15.
- Quero, J.L; R. Villar, T. Marañón, R. Zamora, L. Poorter.** 2007. Seed-mass effects in four Mediterranean *Quercus* species (Fagaceae) growing in contrasting light environments. *American Journal Botany* 94: 1795-1803.
- Quintana-Ascencio, P.F., M. González-Espinosa y N. Ramírez-Marcial.** 1992. Acorn removal, seedling survivorship, and seedling growth of *Quercus crispipilis* in successional forests of the highlands of Chiapas, México. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 119: 6-18.
- Ramírez-Bamonde, E.S, L.R. Sánchez-Velásquez y A. Andrade-Torres.** 2005. Seedling survival and growth of three species of mountain cloud forest in Mexico, under different canopy treatments. *New Forest* 30: 95-101.

- Ramírez-Contreras**, A. y D.A. Rodríguez-Trejo. 2004. Efecto de la calidad de planta, exposición y micrositio en una plantación de *Quercus rugosa*. *Revista Chapingo. Series Forestales y del Ambiente* 10: 5-11.
- Ramírez-Marcial**, N. 2003. Survival and growth of tree seedlings in antropogenically disturbed Mexican montane rain forests. *Journal of Vegetation Science* 14: 881-890.
- Ramírez-Marcial**, N., A. Camacho-Cruz, M. González-Espinosa y F. López-Barrera. 2006. Establishment, survival and growth of tree seedlings under successional Montane Oak Forests in Chiapas, México. En: M. Kappelle (ed.) *Ecological Studies. Ecology and Conservation of Neotropical Montane Oak Forest*. Verlag Berlin Heidelberg. Alemania. 185: 177-189.
- Ramírez-Marcial**, N., M. González-Espinosa y E. García-Moya. 1996. Establecimiento de *Pinus* spp. y *Quercus* spp. en matorrales y pastizales de los Altos Chiapas, México. *Agrociencia* 30: 249-257.
- Rogers**, R y P.S. **Johnson**. 1998. Approaches to modeling natural regeneration in oak-dominated forests. *Forest Ecology and Management* 106: 45-54.
- Romero**, S., C. Rojas y M.L. Aguilar. 2002. El género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de México. *Annals of Missouri Botanical Garden* 89: 551-593.
- Rubio-Licon**, L.E. 2006. *Estudio ecológico de Quercus crassifolia Humb. & Bonpl. y Quercus candicans Néé en bosques de encino del Estado de México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. México. 155 pp.
- Rzedowski**, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa. México. 478 pp.
- Rzedowski**, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana* 14: 13-21.
- Rzedowski**, J., G.C. de **Rzedowski** y cols. 2005. *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2ª ed. 1ª reimp. Instituto de Ecología y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Pátzcuaro (Michoacán). 1406 pp.
- Sánchez**, O. 2008a. Introducción. P. 11-12. P. 113-126. En: O. Sánchez, E. Peters, R. Márquez-Huitzil, E. Vega, G. Portales, M. Valdez y D. Azuara (eds.). *Temas sobre Restauración Ecológica*. INE-SEMARNAT. México, D. F. 1a. reimp.
- Sánchez**, O. 2008b. Introducción. P. 15-29. P. 113-126. En: O. Sánchez, E. Peters, R. Márquez-Huitzil, E. Vega, G. Portales, M. Valdez y D. Azuara (eds.). *Temas sobre Restauración Ecológica*. INE-SEMARNAT. México, D. F. 1a. reimp.

- Santos, T. y J.L. Tellería.** 2006. Pérdida y fragmentación del hábitat: efecto sobre la conservación de las especies. *Ecosistemas* 15: 3-12. (URL: <http://www.revistaecosistemas.net/articulo.asp?id=423>).
- Sardans, J. y J. Peñuelas.** 2005. Disponibilidad y uso del fósforo en los ecosistemas terrestres mediterráneos. La inspiración de Margalef. *Ecosistemas XIV*: 1697-2473.
- Saunders, D.A., R.J. Hobbs y C.R. Margules.** 1991. Biological consequences of ecosystem fragmentation: A review. *Conservation Biology* 5: 18-32.
- Schumann, M.E., A.S. White y J.W. Witham.** 2003. The effects of harvest-created gaps on plants species diversity, composition and abundance in a Maine oak-pine forest. *Forest Ecology and Management* 176: 543-561.
- Schupp, E.W.** 1995. Seed-seedling conflicts, habitat choice, and patterns of plant recruitment. *American Journal of Botany* 82: 399-403.
- Seiwa, K.** 2000. Effects of seed size and emergence time on tree seedling establishment: importance of developmental constraints. *Oecología* 123: 208-215.
- SEMARNAT-CONAFOR.** 2009. *Sistema Nacional de Información Forestal: Inventario Nacional Forestal y de Suelos 2004-2009*. En: <http://148.223.105.184/infys/>
- SMN.** 2009. Servicio Meteorológico Nacional. En <http://smn.cna.gob.mx/>
- SER.** 2004. *The SER international primer on Ecological Restoration*. Society for Ecological Restoration International. Science and Policy Working Group. 13 pp.
- Siebe, C., J. Reinhold y K. Stahr.** 2006. *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo*. Publicación especial No. 10. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. México, D.F. 71 pp.
- Sokal R., G.P. y F.J. Rohlf.** 1994. *Biometry: The principles and practices of statistics in biological research*. 3a ed. W.F. Freeman Company. USA. 880 pp.
- Sork, V.L. y J. Bramble.** 1993. Ecology of Mast-Fruiting in three species of North American deciduous oaks. *Ecology* 74: 528-541.
- Stanturf, J.A.** 2005. What is forest restoration? P. 3-11. En: J. A. Stanturf y P. Madsen (eds.). *Restoration of Boreal and Temperate Forest*. CRC Press. Florida, U.S. p. 3-1.
- Suárez, A.I.** 1998. *Germinación y crecimiento de encinos en ambientes inducidos por la fragmentación del bosque mesófilo en Veracruz*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 87 pp.

- Sun, Sh., X. Gao y L. Chen.** 2004. High acorn predation prevents the regeneration of *Quercus liautungensis* in the Dongling mountain region of north China. *Restoration Ecology* 12: 335-342.
- Téllez V., O y P. Dávila A.** 2003. Protected areas and climatic change: a case study of the cacti in the Tehuacán-Cuicatlán Biosphere Reserve, México. *Conservation Biology* 17: 846-853.
- Toledo, V.M., J. Carabias, C. Toledo y C. González-Pacheco.** 1989. *La producción rural de México: alternativas ecológicas*. Colección Medio Ambiente. No 6. Fundación Universo Veintiuno, México.
- Toledo, V.M. y M. Ordoñez.** 1993. El panorama de la biodiversidad de México: una revisión de los hábitats terrestres. P. 739-757. En: Ramammoorthy, T.P., R. Bye, A. Lot, J. Fa. (eds.) *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. Instituto de Biología, UNAM, México D.F.
- Tripathi, R.S. y M.L. Khan.** 1990. Effects of seed weight and microsite characteristics on seed germination and seedling fitness in two species of *Quercus* in a subtropical wet hill forest. *Oikos* 57: 289-296.
- Trópicos.org.** 2008, 2009. *Missouri Botanical Garden*. (URL: <http://tropic.org>).
- Valencia, S.** 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 33-53.
- Vallejo-Calzada, R.** 2002. Utilización de leñosas autóctonas en la restauración forestal. *Ecosistemas* 1: 2-3.
- Vargas, O. y F. Mora.** 2007. La Restauración ecológica. Su contexto, definiciones y dimensiones. P. 14-32. En: O. Vargas (ed). *Estrategias para la restauración del bosque altoandino*. Universidad Nacional de Colombia –Colcienias-.
- Vega, E. y E. Peters.** 2007. Conceptos generales sobre el disturbio y sus efectos en los ecosistemas. P.137-150. En: O. Sánchez, E. Vega, E. Peters y O. Monroy-Vilchis (eds.). *Conservación de Ecosistemas Templados de Montaña en México*. INE-SEMARNAT. México, D. F. 1a. reimp.
- Villar, R., J. Ruíz-Robledo, J.L. Quero, H. Poorter, F. Valladares y T. Marañón.** 2004. Tasas de crecimiento en especies leñosas: aspectos funcionales e implicaciones ecológicas. P. 191-227. En: F. Valladares (ed.). *Ecología del bosque mediterráneo en un mundo cambiante*. Ministerio de Medio Ambiente, EGRAF, S. A., Madrid. ISBN: 84-8014-552-8.
- Williams-Linera, G.** 1990. Vegetation structure and environmental conditions of forest edges in Panama. *Journal of Ecology* 78: 356-373.

- Zar, J.H.** 1974. *Bioestatistical analysis*. Prentice-Hall Inc. USA. 960 pp.
- Zavala, F.** 1995. Consideraciones ecológicas de los encinos en la vegetación del Parque nacional “El Chico”, Hgo. *Memorias del III Seminario sobre utilización de encinos*. Facultad de Ciencias Forestales, UANL. Reporte científico especial No. 15, Tomo I. P. 98-111.
- Zavala, F.** 1995. *Encinos Hidalguenses*. México, Universidad Autónoma de Chapingo. México. 135 pp.
- Zavala, F.** 1996. *Repoblación natural de encinos en la sierra de Pachuca, Hidalgo*. Tesis de Doctorado. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México. 148 pp.
- Zavala, F.** 2004. Desección de bellotas y su relación con la viabilidad y germinación en nueve especies de encinos mexicanos. *Ciencia ergo sum* 11: 177-185.
- Zavala, F.** y E. **García.** 1996. *Frutos y semillas de encinos*. Universidad Autónoma de Chapingo, México. 56 pp.

**APÉNDICE I: PERFILES BIOCLIMÁTICOS DE LAS ESPECIES DE *Quercus* L.**

PROM= promedio, DE= desviación estándar, MAX= Máximo, MIN= mínimo

PARÁMETRO	<i>Q. castanea</i>				<i>Q. crassifolia</i>			
	PROM	DE	MAX	MIN	PROM	DE	MAX	MIN
1 Temperatura promedio anual (°C)	13.4	0.78	14.1	11.7	13.1	0.76	14.2	11.7
2 Oscilación diurna de la temperatura (°C)	14.5	1.24	15.5	11.9	13.9	1.21	15.7	11.9
3 Isotermalidad (°C)	0.68	0.01	0.69	0.66	0.68	0.01	0.69	0.66
4 Estacionalidad de la Temperatura (C de V %)	0.58	0.03	0.61	0.52	0.56	0.03	0.62	0.52
5 Temperatura máxima del periodo más caliente (°C)	23.8	1.39	25	20.8	23.2	1.36	25.2	20.8
6 Temperatura mínima del periodo más frío(°C)	2.7	0.23	3	2.4	2.8	0.23	3	2.3
7 Oscilación anual de la temperatura (°C)	21.2	1.6	22.6	17.9	20.4	1.57	22.9	17.9
8 Temperatura promedio del cuarto más húmedo (°C)	14.4	0.98	15.2	12.3	13.9	0.95	15.4	12.3
9 Temperatura promedio del cuarto más seco (°C)	11.4	0.71	11.9	9.8	11.1	0.71	12	9.8
10 Temperatura promedio del cuarto más caliente (°C)	15.4	0.83	16.1	13.6	15	0.81	16.2	13.6
11 Temperatura promedio del cuarto más frío (°C)	11.2	0.62	11.7	9.7	10.9	0.6	11.7	9.7
12 Precipitación anual (mm)	897	15.18	908	863	890	16	908	863
13 Precipitación del periodo más húmedo (mm)	48	1.14	48	45	47	1.17	48	45
15 Estacionalidad de la Precipitación (C de V %)	91	1.13	91	88	90	1.13	92	88
16 Precipitación del cuarto más húmedo (mm)	517	12.86	525	488	511	13.24	525	488
17 Precipitación del cuarto más seco (mm)	39	2.28	43	37	41	2.25	44	36
18 Precipitación del cuarto más caliente (mm)	253	18.98	263	214	245	20.7	263	214
19 Precipitación del cuarto más frío (mm)	40	2.21	44	37	41	2.2	44	37

PROM= promedio, DE= desviación estándar, MAX= Máximo, MIN= mínimo

PARÁMETRO	<i>Q. crassipes</i>				<i>Q. laurina</i>			
	PROM	DE	MAX	MIN	PROM	DE	MAX	MIN
1 Temperatura promedio anual (°C)	13.4	0.37	14.2	12.8	12.5	0.7	17.1	11.7
2 Oscilación diurna de la temperatura (°C)	14.3	0.64	15.8	13.3	12.8	0.94	14.8	7.3
3 Isotermalidad (°C)	0.68	0	0.69	0.68	0.67	0.02	0.69	0.49
4 Estacionalidad de la Temperatura (C de V %)	0.57	0.02	0.62	0.54	0.54	0.02	0.71	0.52
5 Temperatura máxima del periodo más caliente (°C)	23.7	0.68	25.3	22.7	22.1	0.9	24.5	20.8
6 Temperatura mínima del periodo más frío(°C)	2.8	0.18	3	2.3	3	0.7	9.5	2.7
7 Oscilación anual de la temperatura (°C)	20.9	0.85	23	19.7	19.1	1.01	21.5	15.1
8 Temperatura promedio del cuarto más húmedo (°C)	14.2	0.49	15.4	13.5	13.2	0.79	18.1	12.3
9 Temperatura promedio del cuarto más seco (°C)	11.4	0.34	12	10.7	10.5	0.65	14.5	9.8
10 Temperatura promedio del cuarto más caliente (°C)	15.3	0.4	16.3	14.7	14.4	0.76	19.5	13.6
11 Temperatura promedio del cuarto más frío (°C)	11.1	0.27	11.7	10.7	10.5	0.59	14.2	9.7
12 Precipitación anual (mm)	900	7.33	908	885	879	13.79	931	863
13 Precipitación del periodo más húmedo (mm)	48	0.51	48	47	46	0.96	49	45
15 Estacionalidad de la Precipitación (C de V %)	90	0.54	92	90	89	1.25	99	88
16 Precipitación del cuarto más húmedo (mm)	518	5.91	525	507	501	10.84	539	488
17 Precipitación del cuarto más seco (mm)	40	1.45	42	36	42	1.95	44	27
18 Precipitación del cuarto más caliente (mm)	258	3.44	263	252	231	19.7	261	214
19 Precipitación del cuarto más frío (mm)	40	1.31	42	37	42	1.86	44	28



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

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

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

**PROM=** promedio, **DE=** desviación estándar, **MAX=** Máximo, **MIN=** mínimo

		<i>Q. mexicana</i>				<i>Q. obtusata</i>			
PARÁMETRO		PROM	DE	MAX	MIN	PROM	DE	MAX	MIN
1	Temperatura promedio anual (°C)	12.5	0.17	12.9	12.3	13.6	0.4	14.2	12.9
2	Oscilación diurna de la temperatura (°C)	12.9	0.25	13.5	12.5	14.6	0.7	15.8	13.5
3	Isotermalidad (°C)	0.67	0	0.68	0.67	0.68	0	0.69	0.68
4	Estacionalidad de la Temperatura (C de V %)	0.53	0	0.55	0.53	0.58	0.02	0.62	0.54
5	Temperatura máxima del periodo más caliente (°C)	22.2	0.29	22.8	21.7	24.1	0.75	25.3	22.8
6	Temperatura mínima del periodo más frío(°C)	3	0.01	3	3	2.7	0.21	3	2.3
7	Oscilación anual de la temperatura (°C)	19.2	0.3	19.8	18.7	21.4	0.96	23	19.8
8	Temperatura promedio del cuarto más húmedo (°C)	13.2	0.2	13.6	12.9	14.5	0.55	15.4	13.6
9	Temperatura promedio del cuarto más seco (°C)	10.5	0.14	10.8	10.3	11.5	0.34	12	10.8
10	Temperatura promedio del cuarto más caliente (°C)	14.4	0.18	14.8	14.1	15.5	0.44	16.3	14.8
11	Temperatura promedio del cuarto más frío (°C)	10.5	0.14	10.8	10.2	11.3	0.29	11.7	10.8
12	Precipitación anual (mm)	878	4.44	887	871	901	5.96	908	887
13	Precipitación del periodo más húmedo (mm)	46	0.32	47	46	48	0.4	48	47
15	Estacionalidad de la Precipitación (C de V %)	89	0.26	90	89	91	0.56	92	90
16	Precipitación del cuarto más húmedo (mm)	501	3.53	509	495	520	4.77	525	508
17	Precipitación del cuarto más seco (mm)	42	0.26	43	42	39	1.73	42	36
18	Precipitación del cuarto más caliente (mm)	232	17.64	253	215	260	3.09	263	253
19	Precipitación del cuarto más frío (mm)	43	0.34	43	42	40	1.59	42	37

**PROM=** promedio, **DE=** desviación estándar, **MAX=** Máximo, **MIN=** mínimo

		<i>Q. candidans</i>			
PARÁMETRO		PROM	DE	MAX	MIN
1	Temperatura promedio anual (°C)	13.7	0.38	14.2	13.2
2	Oscilación diurna de la temperatura (°C)	14.9	0.67	15.8	14
3	Isotermalidad (°C)	0.69	0	0.69	0.68
4	Estacionalidad de la Temperatura (C de V %)	0.59	0.02	0.62	0.56
5	Temperatura máxima del periodo más caliente (°C)	24.3	0.72	25.3	23.4
6	Temperatura mínima del periodo más frío(°C)	2.6	0.23	2.9	2.3
7	Oscilación anual de la temperatura (°C)	21.7	0.94	23	20.5
8	Temperatura promedio del cuarto más húmedo (°C)	14.7	0.53	15.4	14
9	Temperatura promedio del cuarto más seco (°C)	11.6	0.27	12	11.3
10	Temperatura promedio del cuarto más caliente (°C)	15.7	0.41	16.2	15.2
11	Temperatura promedio del cuarto más frío (°C)	11.4	0.26	11.7	11
12	Precipitación anual (mm)	902	3.82	908	896
13	Precipitación del periodo más húmedo (mm)	48	0.19	48	48
15	Estacionalidad de la Precipitación (C de V %)	91	0.5	92	90
16	Precipitación del cuarto más húmedo (mm)	522	2.18	525	517
17	Precipitación del cuarto más seco (mm)	39	1.8	41	36
18	Precipitación del cuarto más caliente (mm)	260	1.93	263	257
19	Precipitación del cuarto más frío (mm)	39	1.68	41	37

## APÉNDICE II: ANÁLISIS FÍSICOS DE LAS MUESTRAS COMPUESTAS DE SUELO

**CUADRO 1. EVALUACIÓN DEL COLOR EN SECO Y HÚMEDO, PORCENTAJE DE ARENAS, LIMOS Y ARCILLAS, CLASE TEXTURAL Y DENSIDAD REAL Y APARENTE, EN MUESTRAS COMPUESTAS TOMADAS A UNA PROFUNDIDAD DE 5 a 10 cm.**

ACOTACIONES: **CT**= clase textural, **D.A.**= densidad aparente; **D.R.**= densidad real **D.R.**= densidad real; color según Munsell.

Parcela	Color Seco	Color Húmedo	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	CT	D. R. (Kg/m <sup>3</sup> )	D. A. (Kg/m <sup>3</sup> )
ZA I	10YR 4/4 Café amarillento oscuro	10YR 2/2 Café muy oscuro	33.6	24	42.4	Arcilla	2,488	0.936
ZA II	10YR 4/4 Café amarillento oscuro	7.5YR 3/3 Café oscuro	23.6	18	58.4	Arcilla	2,336	1,146
ZA III	10YR 5/4 Café amarillento	7.5YR 2,5/2 Café muy oscuro	29.6	30	40.4	Arcilla	2,703	1,046
ZA IV	10YR 5/4 Café amarillento	7.5YR 2,5/2 Café muy oscuro	27.6	26	46.4	Arcilla	2,538	0.976
ZA V	10YR 5/3 Café	10YR 3/3 Café oscuro	35.6	28	36.4	Franco arcilloso	2,732	1,056
B I	10YR 5/3 Café	7.5YR 2.5/2 Café muy oscuro	51.6	20	28.4	Franco arcillo arenoso	2,193	0.796
B II	10YR 4/3 Café	10YR 2/2 Café muy oscuro	49.6	24	26.4	Franco arcillo arenoso	2,165	0.956
B III	10YR 5/3 Café	7.5YR 2.5/3 Café muy oscuro	49.6	20	30.4	Franco arcillo arenoso	2,183	0.856
B IV	10YR/ 5/4 Café amarillento	7.5YR 2.5/2 Café muy oscuro	45.6	26	28.4	Franco arcilloso	2,174	0.846
B-V	10YR 4/3 Café	10YR 2/1 Café	53.6	20	26.4	Franco arcillo arenoso	2,618	0.816

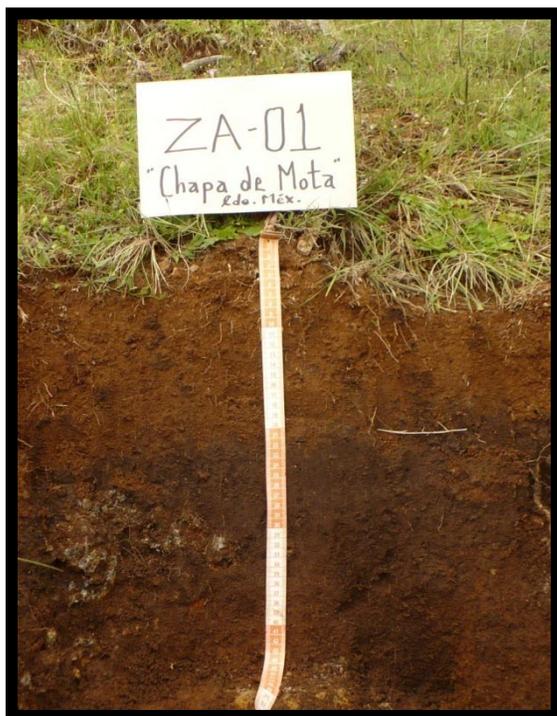
**CUADRO 2. EVALUACIÓN, POROSIDAD, HUMEDAD A CAPACIDAD DE CAMPO, HUMEDAD AL PUNTO DE MARCHITÉZ Y ESTRUCTURA.**

ACOTACIONES: **HPM**= humedad al punto de marchitez, **HCC**= humedad a capacidad de campo; **R.T.A.**= rango de tamaño; **P.S.**= Poliédrica subangular

Parcela	HPM (%)	Porosidad (%)	HCC (%)	R. T. A. gdes (cm)	R. T. A. med (cm)	R. T. A. peq (cm)	Estructura, clase y grado de desarrollo
ZA-I	43.99	62.37	80.94	4.0 a 3.0	2.9 a 2.0	1.9 a 0.8	P. S. fuertemente desarrollada
ZA-II	44.06	50.95	81.08	3.4 a 2.4	2.3 a 1.5	1.4 a 0.4	P. S. moderadamente desarrollada
ZA-III	40.65	61.29	74.79	5.5 a 3.2	3.1 a 1.5	1.4 a 0.8	P. S. fuertemente desarrollada
ZA-IV	44.06	61.54	81.08	5.0 a 2.5	2.4 a 2.0	1.9 a 0.5	P. S. moderadamente desarrollada
ZA-V	35.62	61.35	65.55	5.2 a 3.5	3.4 a 1.5	1.4 a 0.5	P. S. fuertemente desarrollada
B-I	60.57	33.36	61.4	4.5 a 2.5	2.4 a 1.2	1.1 a 0.6	P. S. moderadamente desarrollada
B-II	50.72	34.07	62.7	2.5 a 2.0	1.9 a 0.9	0.8 a 0.1	P. S. moderadamente desarrollada
B-III	56.04	34.02	62.6	3.5 a 2.5	2.4 a 0.6	0.5 a 0.2	P. S. moderadamente desarrollada
B-IV	61.10	35.16	64.7	2.4 a 1.7	1.6 a 1.0	0.9 a 0.4	P. S. fuertemente desarrollada
B-V	52.77	31.68	58.3	2.5 a 1.9	1.8 a 1.0	0.9 a 0.5	P. S. moderadamente desarrollada

## APÉNDICE III: DESCRIPCIÓN EDAFO-ECOLÓGICA

### DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ZA - 01



**Fecha de descripción:** 19 de Septiembre del 2008.

**Localización:** Parque Estatal Chapa de Mota, a unos 100 m sobre el camino frente a la zona de campamentos. Parcela experimental ZA II. X: 446138 Y: 2189482 UTM

**Altitud:** 2680 msnm.

**Relieve:** ladera de piedemonte, forma recta-cóncava.

**Pendiente:** 11°, exposición 109° ESE.

**Vegetación y uso de suelo:** zonas abiertas en bosque de *Quercus*, producto de tala. Actualmente es un pastizal con arbustos aislados; dominan las gramíneas y *Stevia spp.*

**Clasificación WRB:** Epillic, mollic, cambic, UMBRISOL (clayinovic).

**Material parental:** El suelo se desarrolló aparentemente "in situ" a partir de riolita; sin embargo ha habido aporte de material coluvial (rocas y sedimentos).

**Condiciones de humedad del perfil:**

húmedo.

**Evidencia de erosión:** erosión hídrica por flujo laminar, splash, pedregosidad superficial, terracetos, pináculos, pie de vaca y peaje.

**Influencia humana:** suelo muy compactado por el ganado y peaje, la vegetación actual es producto de la tala, existen tocones viejos como evidencia además de árboles aislados algunos de los cuales son rebrotes a partir de tocón. Recientemente han introducido maquinaria.

### DESCRIPCIÓN DEL PEDÓN

Perfil mediano con buen drenaje, de color café rojizo a café oscuro. Se reconocieron 5 horizontes sobre roca continua (AC-Bwc-2Ah<sub>1</sub>-2Ah<sub>2</sub>-2BCw-CR), el límite entre ellos es abrupto-ondulado, abrupto-uniforme, abrupto-ondulado, gradual-irregular y abrupto-irregular en orden descendente. La pedregosidad es baja (<2%) en los primeros 20 cm donde sólo se presentan cantos y gravas de tamaño fino (2 a 6.3 mm); el porcentaje se incrementa (10 a 15%) en los 2 horizontes subyacentes (20 a 54 cm) donde predominan las gravas gruesas, cantos medios, cantos gruesos y piedras. El desarrollo de estructura es moderadamente fuerte a fuerte, con excepción del horizonte 2BCw donde es moderadamente débil; la estabilidad de agregados es moderada y de tipo migajón en los primeros 5 cm; en el resto del perfil es alta y del tipo subangular en bloques. La distribución de raíces es irregular, la mayor abundancia de ellas se encuentra entre los 10 a

20 cm de profundidad. La densidad aparente también es irregular, en los horizontes Bwc y 2BCw es alta mientras que en los demás es media.

### **Procesos pedogenéticos dominantes**

El material parental muestra evidencias de intemperismo, los colores rojizos pueden indicar formación de óxidos de hierro, lo que es muy claro en el horizonte 2BC donde se observaron muy pocas manchas rojas en paredes de agregados, rocas y canales de raíces. En la zona hay depositación continua reciente de material coluvial a partir del cual se está desarrollando un nuevo suelo. El aporte continuo de material es el motivo por el que el color del perfil va de café rojizo a café oscuro; es decir, los horizontes con acumulación de materia orgánica y texturas francas están sepultados por un horizonte cámbico en el que predomina el desarrollo de estructura y la neoformación de arcillas, y por un horizonte AC de textura arcillosa e incipiente acumulación de materia orgánica. El tipo de humus es Mull. El examen cuidadoso permite reconocer en los horizontes Bwc y 2Ah, muy pocas (<1%) concreciones negras, esféricas, pequeñas y suaves, probablemente de Fe-Mn. La clasificación como Epilleptic, mollic, cambic, UMBRISOL (clayinovic) se basó principalmente en el color, saturación de bases superior al 50%, texturas francas, desarrollo de estructura, profundidad del perfil y depositación reciente de material coluvial arcilloso, por encima del grupo de referencia que se está clasificando.

### **Características ecológicas**

El suelo tiene una conductividad hidráulica mediana y un buen drenaje. No obstante la compactación que existe en el sitio y que se refleja en la alta densidad aparente del horizonte Bwc (4/5 a 9/10 cm), así como en la baja porosidad y capacidad de aireación del suelo; ocasiona que gran parte del agua de lluvia escurra antes de infiltrarse; una vez que se ha infiltrado, éstas características pueden causar estancamiento de agua y pudrición de raíces. La capacidad de campo y la capacidad de retención de agua son bajas. La pedregosidad sin llegar a ser alta se incrementa con la profundidad, lo que restringe la disponibilidad de nutrientes por m<sup>2</sup>, que de por sí presenta limitaciones en N y P; hay una disponibilidad mediana de bases intercambiables. La zona en general es un suelo muy irregular en cuanto a profundidad de desarrollo. Todo ello limita el desarrollo de la vegetación y por lo pronto sólo existe vegetación herbácea y arbustos someros. Esto dificulta las actividades de restauración del estrato arbóreo, la penetrabilidad de raíces experimenta diversas limitantes; la poca disponibilidad de agua debida a las características del suelo como a la estacionalidad de las lluvias que sólo se presentan durante poco más de 3 meses, es otra fuerte restricción.

Debe restaurarse el régimen hídrico de la zona que ha sido alterado por la apertura de caminos y la creación de bordos para la captación de agua de lluvia, cuya capacidad es insuficiente y generalmente se desbordan durante la época de lluvias.

Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	Color (húmedo)	pH (CaCl <sub>2</sub> 0.01M/agua destilada)	Conductividad eléctrica $\mu\text{s}/\text{cm}^2$	Densidad aparente
AC	0 – 4/5	RL	5YR 3/3	5 / 4.96	80.2	1.4
Bwc	4/5 – 9/10	CRL	7.5 YR 4/4	6 / 4.77	71.4	1.6
2Ah <sub>1</sub>	9/10 – 19/20	RL – R	7.5 YR 3/4	5 / 4.82	64.98	1.5
2Ah <sub>2</sub>	19/20 – 30/34	CLf	10YR 2/2	6 / 5.39	62.7	1.3
2BCw	30/34 – 40/52	CR	7.5 YR 3/3	6 / 5.57	61.8	1.7
RC	52 - 54					

### DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ZA – 02



**Fecha de descripción:** 28 de Septiembre del 2008.

**Localización:** Parque Estatal Chapa de Mota, ladera inferior a unos 100 m sobre el camino frente a la zona de campamentos. Parcela experimental ZA I.

X: 446112 Y: 2189529UTM

**Altitud:** 2640 msnm.

**Relieve:** ladera de piedemonte, forma convexa-cóncava.

**Pendiente:** 29°, exposición 151° SSE.

**Vegetación y uso de suelo:** zonas abiertas en bosque de *Quercus*, producto de tala. Actualmente es un pastizal con arbustos aislados; dominan las gramíneas y *Stevia spp.*

**Clasificación WRB:** Cutanic, endogleyic, LUVISOL (hypereutric, epiclayic, novic).

**Material parental:** El suelo se desarrolló aparentemente “in situ” a partir de riolita; sin embargo ha habido aporte de material coluvial (rocas y sedimentos).

**Condiciones de humedad del perfil:** húmedo.

**Evidencia de erosión:** erosión hídrica, hay

hojarasca proveniente de las zonas altas, flujo laminar, pináculos, pedestales, pie de vaca, peaje y cárcavas. Existen zonas con roca continua expuesta.

**Influencia humana:** suelo muy compactado por el ganado y peaje, la vegetación actual es producto de la tala, existen tocones viejos como evidencia además de árboles aislados algunos de los cuales son rebrotes a partir de tocón.

## DESCRIPCIÓN DEL PEDÓN

Perfil profundo con drenaje moderado, de color uniforme con tonos café rojizo y café oscuro. Se reconocieron 6 horizontes sobre roca continua (AC-ABw-Bt<sub>1</sub>-Bt<sub>2</sub>-Bg<sub>1</sub>-Bg<sub>2</sub>-RC), el límite entre ellos es abrupto-uniforme, excepto entre los horizontes Bt donde es de tipo abrupto-ondulado. La pedregosidad es baja (<2%) en todo el perfil donde sólo se encontraron cantos y gravas de tamaño fino (2 a 6.3 mm). En los horizontes AC (0-5 cm) y Bg<sub>1</sub> (62 a 90 cm) el desarrollo de estructura es moderada, en el Bg<sub>2</sub> (90 a 110 cm) es fuerte y en los horizontes intermedios es moderadamente débil. La estabilidad de agregados disminuye con la profundidad, de tal manera que es muy alta a alta en los primeros 46 cm, mediana de los 46 a 62 cm y baja a muy baja de los 62 a 110 cm. La distribución de raíces es normal, ya que la densidad de ellas disminuye con la profundidad; en los horizontes AC y ABw la densidad de raíces es muy alta, en los horizontes Bt es media y en los Bg es muy baja. Esto se relaciona inversamente con la densidad aparente de tal manera que en los horizontes A y Bt la densidad aparente es media y en los horizontes Bg es muy alta.

## Procesos pedogenéticos dominantes

El material parental muestra evidencias de intemperismo, los colores rojizos indican formación de óxidos de hierro, también existe neoformación de arcillas. En la zona ha habido y hay depositación de material, principalmente sedimentos provenientes de las zonas altas durante la época lluviosa, a la vez que existen evidencias de erosión hídrica. El proceso dominante en el perfil es la iluviación de arcillas favorecida por el pH ácido y la presencia de arcillas 1:1 como la caolinita, las evidencias más claras son el incremento de arcillas en los horizontes Bt y los cutanes de arcilla en caras verticales y horizontales de los agregados. El pH ácido, favorece también la pérdida de bases por lixiviación. En los horizontes profundos del perfil se observó el proceso de gleyización que indica condiciones reductoras (reacción al  $\alpha$ -dipiridilo) producto de un manto freático colgado; además de un alto porcentaje (>80%) de manchas gris y naranja (5 YR 4/2, 5 YR 4/6, 5 YR 4/1, 5 YR 5/8) dentro y fuera de los agregados; el examen cuidadoso de estos horizontes permitió observar pocas (<5%) concreciones negras, esféricas, pequeñas y suaves, probablemente de Fe-Mn. El tipo de humus es Mull.

La clasificación cutanic, endogleyic, LUVISOL (hypereutric, epiclayic, novic), destaca principalmente el proceso de iluviación de arcillas en los horizonte Bt, saturación de bases mayor al 50% y CIC de 24 cmol/kg de arcilla; en la nomenclatura se destaca también el proceso de gleyización. Cabe mencionar que debido a que no se realizaron pruebas de laboratorio para conocer el tipo de arcilla dominante los cálculos para la CIC de acuerdo a lo propuesto por Siebe y Kart (2006), se efectuaron considerando una mezcla de arcillas; si se opta por pensar que dominan las arcillas 1:1 como la caolinita, lo cual es muy probable, las clasificación del suelo sería cutanic, endogleyic, LIXISOL (hypereutric, epiclayic, novic); donde la principal diferencia radicaría en la CIC (<24 cmol/kg).

## Características ecológicas

El suelo es profundo y bien desarrollado, esto facilitaría el establecimiento de especies vegetales arbóreas cuyo sistema radicular sea ampliamente penetrante. Sin embargo, existe una limitación importante y es su drenaje natural moderado a deficiente, que aunado a la presencia de un manto freático colgado se generan condiciones anóxicas para las plantas a partir de los 60 cm de profundidad, especialmente en la época de lluvias. El volumen de poros hasta los 60 cm de profundidad es medio, a partir de ahí es bajo lo que

se debe principalmente al incremento en la densidad aparente. La capacidad de aireación es baja en todo el perfil al igual que la capacidad de campo limitadas por las texturas predominantemente arcillosas, y densidades aparentes medias a altas. La disponibilidad de nutrientes como N y P es baja y las bases intercambiables están en cantidades medianas. La vegetación actual es pastizal, que puede continuar sin problemas, si se continua con el uso actual de forrajeo deberá ponerse atención en la compactación que pueda provocar un alto número de animales ya que las texturas arcillosas y baja estabilidad de agregados son factores de susceptibilidad a la compactación. Debe restaurarse el régimen hídrico de la zona que ha sido alterado por la apertura de caminos y la creación de bordos para la captación de agua de lluvia, cuya capacidad es insuficiente y generalmente se desbordan durante la época de lluvias.

Pensando en actividades de restauración de la vegetación original (bosque de *Quercus*), podrían introducirse especies arbustivas y/o arbóreas cuyo sistema radicular no sea muy profundo para evitar que lleguen a la zona con influencia del manto freático colgado. Antes de ello deben corregirse algunos problemas como la baja disponibilidad de nutrientes, capacidad de aireación capacidad de campo y drenaje.

Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	Color (húmedo)	pH (CaCl <sub>2</sub> 0.01M/agua destilada)	Conductividad eléctrica $\mu\text{s}/\text{cm}^2$	Densidad aparente
AC	0 – 5/7	CR	5YR 3/3	6 / 4.37	104.7	1.3
ABw	5/7 – 25/27	CRL	5 YR 4/4	6 / 4.57	57.6	1.4
Bt <sub>1</sub>	25/27 – 40/46	RL	7.5 YR 3/4	6 / 4.86	20.8	1.2
Bt <sub>2</sub>	40/46 – 62	RL	5YR 4/4	6 / 5.14	18.6	1.2
Bg <sub>1</sub>	62 – 90	CR	7.5 YR 4/4	5 / 5.51	20.2	1.6
Bg <sub>2</sub>	90 – 110	CRL	7.5 YR 4/6	5 / 5.19	22.8	1.6
RC	110 - 112					

## DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ZA - 03



**Fecha de descripción:** 29 de Diciembre del 2008.

**Localización:** Parque Estatal Chapa de Mota. Parcela experimental ZA III.

X: 446202 Y: 2189405UTM

**Altitud:** 2620 msnm.

**Relieve:** ladera de pie de monte, forma recta-cóncava.

**Pendiente:** 13°, exposición 126° SE.

**Vegetación y uso de suelo:** zonas abiertas en bosque de *Quercus*, producto de tala. Actualmente es un pastizal con arbustos aislados; dominan las gramíneas.

**Clasificación WRB:** Cutanic, endogleyic, LIXISOL (hypereutric, profundic, densic, endoclayic, novic).

**Material parental:** El suelo se desarrolló aparentemente "in situ" a partir de riolita; sin embargo ha habido aporte de material coluvial (rocas y sedimentos), ya que a pesar de ser ladera hay un cambio de pendiente y esta es una zona de acumulación.

**Condiciones de humedad del perfil:** muy

seco (0-24 cm), seco (24-46, 110-140 cm) y fresco (46-100 cm).

**Evidencia de erosión:** erosión hídrica, hay hojarasca proveniente de las zonas altas, flujo laminar, pináculos, pedestales, pie de vaca, peaje y cárcavas.

**Influencia humana:** suelo muy compactado por el ganado y peaje, la vegetación actual es producto de la tala, existen tocones viejos como evidencia además de manchones de árboles muy cercanos al claro.

## DESCRIPCIÓN DEL PEDÓN

Perfil profundo con buen drenaje, de color más o menos uniforme que va de café rojizo a café. Se reconocieron 7 horizontes sobre roca continua (Ah-Bwc<sub>1</sub>-Bwc<sub>2</sub>-2Bt<sub>1</sub>-2Bt<sub>2</sub>-2Bt<sub>3</sub>-2BCtg-RC), el límite entre ellos es: abrupto-ondulado, claro-ondulado, gradual-irregular, gradual-irregular, abrupto-uniforme y abrupto-uniforme, en orden descendente. La pedregosidad es baja en prácticamente todo el perfil (0-100 cm) donde predominan las gravas finas y medias; asciende a 20% en el horizonte más profundo donde además de gravas finas y medias hay cantos medios y piedras. El desarrollo de estructura es de grado fuerte exceptuando en los horizontes intermedios (24-100 cm) donde es de grado moderado a débil. En el horizonte superficial el tipo de estructura dominante es migajón, en los horizontes subyacentes dominan los agregados subangulares en bloques; en los dos últimos horizontes (100-140 cm) parece haber una macro estructura laminar. La distribución de raíces es irregular; en los primeros 5 cm es muy alta, en los subsiguientes 20 cm es baja, después se vuelve a incrementar (21-46 cm) siendo muy alta, para nuevamente a partir de

los 46 y hasta los 110 cm ser baja, ya en el último horizonte (110-140 cm) la densidad de raíces es muy baja. De igual manera la densidad aparente es irregular a lo largo del perfil; en los primeros 5 cm es baja, de 5 a 21 cm y de 110 a 140 es alta, mientras que en los horizontes intermedios (21-110 cm) la densidad aparente es media.

### **Procesos pedogenéticos dominantes**

El material parental muestra evidencias de intemperismo. En la zona ha habido depositación de material coluvial proveniente de las zonas altas durante la época lluviosa; en esta zona a pesar de ser parte de una ladera, hay un cambio de pendiente que ocasiona dicha acumulación. La evidencia más clara de ello es la existencia de un suelo sepultado a 40 cm; en el suelo superficial los procesos dominantes son la acumulación de materia orgánica en el horizonte Ah y la formación de óxidos de hierro y neoformación de arcillas en los horizontes B cámbicos. El tipo de humus es Mull pero se ha ido transformando y acumulando en el horizonte Ah.

En el suelo sepultado el proceso pedogenético dominante es la iluviación de arcillas, favorecida por el pH ácido y la presencia de arcillas 1:1 como la caolinita, las evidencias más claras son el incremento de arcillas en los horizontes Bt respecto a los horizontes superiores, además de cutanes en caras verticales y horizontales de los agregados, probablemente de arcillas y óxidos de Fe; los cutanes son predominantemente de arcilla sin embargo probablemente contengan materia orgánica ya que presentaron coloraciones cafés. De ser así, la materia orgánica del suelo enterrado se ha estado iluviando junto con las arcillas. En los horizontes profundos (100-110 cm) se observó el proceso de gleyización que indica condiciones reductoras (reacción al  $\alpha$ -dipiridilo) producto de un manto freático colgado; además de un alto porcentaje (>50%) de manchas anaranjadas y algunas grises (5 YR 4/6, 5 YR 5/8, 7.5 YR 5/8, 10 YR 8/8) dentro y fuera de los agregados que indican eventos de oxidación-reducción; el examen cuidadoso de estos horizontes permitió observar pocas (<2%) concreciones naranjas, esféricas, pequeñas y suaves, probablemente originadas por la acumulación de Fe. El pH ácido a lo largo del perfil favorece la pérdida de bases por lixiviación.

La clasificación de cutanic, endogleyic, LIXISOL (hypereutric, profundic, densic, endoclayic, novic), destaca principalmente la iluviación de arcillas en los horizontes Bt, cuya saturación de bases es superior al 50% y su CIC es de 24 cmol/kg, o más; en la nomenclatura se destaca también proceso de gleyización, la profundidad del perfil, la existencia de una capa con densidad aparente muy alta, la predominancia de texturas arcillosas y la depositación de nuevo material por encima del grupo de referencia que se está clasificando. Esta clasificación corresponde a las características del suelo enterrado; no obstante en el nuevo suelo existe ya un horizonte cámbico bien desarrollado. Es importante mencionar que en este perfil la clasificación del suelo no cambia si los cálculos de la CIC se efectúan considerando una mezcla de arcillas o caolinita.

### **Características ecológicas**

Es un suelo profundo con drenaje natural bueno a moderado. Presenta deficiencias en la capacidad de aireación y en la disponibilidad de N y P. En general la conductividad hidráulica es mediana en la mayor parte del perfil al igual que el porcentaje de poros. La profundidad de desarrollo y la baja pedregosidad contribuyen a una alta capacidad de campo y de retención de agua. No obstante para que la vegetación pueda acceder a tales características favorables del suelo, debe vencer primero la limitante de un horizonte

altamente compactado que impide la penetrabilidad de raíces. Esta puede ser la causa por la que a pesar de la cercanía con remanentes de bosque sólo existen algunas gramíneas y se observan zonas totalmente desprovistas de vegetación. El uso actual de pastoreo sólo agudizará el problema de compactación, lo que pone en riesgo, otros usos potenciales del suelo. Es poco probable que de re-establecer la vegetación original del sitio (bosque de *Quercus*), los árboles introducidos se vieran perjudicados por los procesos de gleyización que se llevan a cabo en los horizontes profundos del suelo, sin embargo se deben tener presentes ya que representan condiciones anóxicas, especialmente en la época de lluvias.

Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	Color (húmedo)	pH (CaCl <sub>2</sub> 0.01M/agua destilada)	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Densidad aparente
Ah	0 – 3/5	C	5YR 2.5/2	5 / 5.5	141.4	0.9
BwC <sub>1</sub>	3/5 – 21/24	RA	5 YR 3/3	5 / 4.77	62	1.6
BwC <sub>2</sub>	21/24 – 40/46	CR	5 YR 4/3	5 / 4.76	71.8	1.4
2Bt <sub>1</sub>	40/46 – 74/78	CRL	7.5YR 4/3	5 / 5.27	32.6	1.4
2Bt <sub>2</sub>	74/78 – 100	RL	7.5 YR 4/6	5 / 5.43	27.6	1.4
2Bt <sub>3, g</sub>	100 – 110	RL	7.5 YR 4/4	6 / 5.58	23.5	1.4
2BCt, g	110 – 140	RL – R	7.5 YR 4/4 7.5 YR 2.5/1 5 YR 4/6 5 YR 4/2 2.5 YR 8/1	5 / 5.36	25.5	1.6
RC	140 - 144					

## DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ZA - 04



**Fecha de descripción:** 09 de Enero del 2009.  
**Localización:** Parque Estatal Chapa de Mota. Cárcava entre las parcelas experimentales ZA IV y ZA V.  
**X:** 446068 **Y:** 2189432 UTM  
**Altitud:** 2655 msnm.  
**Relieve:** ladera de piedemonte, forma convexa-cóncava.  
**Pendiente:** 12°, exposición 110° ESE.  
**Vegetación y uso de suelo:** zonas abiertas en bosque de *Quercus*, producto de tala. Actualmente es un pastizal con arbustos aislados; dominan las gramíneas, en particular *Paspalum postratum* y algunos arbustos dispersos de *Baccharis spp.*  
**Clasificación WRB:** Endoleptic, endostagnic, VERTISOL (mesotrophic, orthoeutric, novic).  
**Material parental:** El suelo se desarrolló aparentemente “in situ” a partir de riolita; sin embargo ha habido aporte de material coluvial (rocas y sedimentos).  
**Condiciones de humedad del perfil:** muy seco en los primeros 30 cm y fresco en los

horizontes profundos (30-94 cm).

**Evidencia de erosión:** erosión hídrica, hay hojarasca proveniente de las zonas altas, formación de cárcavas, afloramientos rocosos, pie de vaca y peaje.

**Influencia humana:** suelo compactado por el ganado y peaje, aparentemente la vegetación actual es producto de la tala, existen árboles aislados y manchones de árboles como evidencia.

## DESCRIPCIÓN DEL PEDÓN

Perfil profundo con drenaje moderado a deficiente, se observan diferencias en color de tal manera que se alternan los colores café, café pálido, café amarillento y café grisáceo. Se reconocieron 6 horizontes sobre roca continua (Ah-Bw<sub>1</sub>-Bw<sub>2</sub>-2Bss<sub>1,g1</sub>-2Bss<sub>2,g2</sub>-2Bss<sub>3,g3</sub>-RC), el límite entre ellos es abrupto-quebrado, gradual-ondulado, gradual-regular, difuso-uniforme, difuso-uniforme y claro-uniforme en orden descendente. La pedregosidad es del 10% en los primeros 20 cm donde se hallaron desde gravas finas y medias hasta bloques; en el resto del perfil es muy baja (<2%) e incluso nula. El desarrollo de estructura es de grado fuerte en toda la pared descrita, el tipo de estructura dominante es la subangular en bloques de tamaño grueso que rompen a subangulares medios; en los horizontes profundos (44-94 cm) se observó una macro estructura prismática. La distribución de raíces es normal siendo muy alta en los primeros 30 cm y mediana en los siguientes 15 cm. Esto se relaciona inversamente con la densidad aparente, la cual es mediana en los primeros 30 cm del suelo y alta en los horizontes subyacentes.

### **Procesos pedogenéticos dominantes**

El material parental muestra evidencias de intemperismo. En la zona ha habido depositación reciente de material coluvial; la evidencia más clara de ello y de la inestabilidad de la zona es la existencia de un suelo sepultado a 30 cm; en el suelo más reciente los procesos dominantes son la acumulación de materia orgánica en el horizonte Ah y la formación de óxidos de hierro y neoformación de arcillas en los horizontes B cámbicos, favorecidos por el pH ácido. El tipo de humus es Mull.

En el suelo sepultado los procesos dominantes son también la neoformación de arcillas y óxidos de hierro, pero también la peloturbación asociada a la propiedad de las arcillas esmectíticas 2:1, de expansión-contracción. Esta propiedad de las arcillas se observó en forma de facetas de fricción-presión o slicken-sides, además de grietas y una macroestructura prismática. En estos mismos horizontes se observó también reacción al FeCNK, lo que indica condiciones reductoras. Se observaron manchas (5YR 4/6, 5 YR 5/8 y 5 YR 5/6) en prácticamente todo el perfil, los horizontes en los cuales no hubo presencia de ellas son el Ah (0-5 cm) y Bw<sub>2</sub> (18-30 cm). En los horizontes Bt se encontró presencia de cutanes de arcilla, muy delgados, no continuos e incipientes motivo por el cual no fueron reflejados en la nomenclatura de horizontes.

La clasificación de endoleptic, endostagnic, VERTISOL (mesotrophic, orthoeutric, novic), destaca principalmente las propiedades vérticas, la profundidad de desarrollo, las condiciones reductoras a las que está sometido, las diferencias en saturación de bases a lo largo del perfil y la depositación de nuevo material por encima del grupo de referencia que se está clasificando. Esta clasificación corresponde a las características del suelo enterrado no obstante, en el nuevo suelo existe ya un horizonte cámbico bien desarrollado.

### **Características ecológicas**

Es un suelo profundo con drenaje moderado a deficiente, lo que significa condiciones de anoxia para las plantas que ahí se establezcan. Este suelo presenta diversas limitantes para la vegetación; es un suelo Vertisol que representa una marcada estacionalidad y además éstos horizontes contribuyen a que en la época de lluvias los horizontes superficiales puedan saturarse de agua fácilmente y permanecer así por varios días; sobre todo porque el volumen de poros es mediano a muy bajo. En los horizontes profundos se encontraron condiciones reductoras, lo que es una limitante más para el desarrollo de plantas con sistema radicular profundo. En este caso tales condiciones se deben a la roca continua que impide el drenaje del agua. El suelo posee una conductividad hidráulica mediana a baja, capacidad de campo baja y capacidad de retención de agua muy baja; esto representa estrés hídrico para las plantas durante la época seca del año. La cantidad de bases intercambiables es alta.

Es un suelo con grandes deficiencias, las especies vegetales que ahí se establezcan deben tolerar condiciones anóxicas y a la vez resistir periodos largos de sequía.

Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	Color (húmedo)	pH (CaCl <sub>2</sub> 0.01M/agua destilada)	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Densidad aparente
Ah	0 – 3/5	CRL	10YR 3/2	5 / 5.37	123.7	1.4
Bw <sub>1</sub>	0/5 – 18/21	CR	7.5 YR 4/3	5 / 5.18	70.4	1.3
Bw <sub>2</sub>	18/21 – 30	RL	7.5 YR 4/3	5 / 5.42	44.9	1.2
2Bss <sub>1,g1</sub>	30 – 44/45	RL – R	10YR 5/4	5 / 5	75.2	1.6
2Bss <sub>2,g2</sub>	44/45 – 57/60	RL – R	10 YR 5/3	4.5 / 4.72	73.9	1.7
2Bss <sub>3,g3</sub>	57/60 – 94	R	10 YR 5/3 10 YR 6/3	4.5 / 4.77	42.9	1.85
RC	94 – 96					

### DESCRIPCIÓN DEL PERFIL B – 01



**Fecha de descripción:** 21 de Septiembre del 2008.

**Localización:** Parque Estatal Chapa de Mota. 1000 m sobre el camino frente a la zona de campamentos. Parcela experimental B III. X: 446024 Y: 2189264 UTM

**Altitud:** 2660 msnm.

**Relieve:** ladera de piedemonte, forma convexa-cóncava.

**Pendiente:** 22°, exposición 125° SE.

**Vegetación y uso de suelo:** Bosque de *Quercus*, área de borde de bosque; estrato herbáceo, arbustivo y arbóreo bien desarrollado.

**Clasificación WRB:** Cutanic, endoleptic, LIXISOL (hypereutric, endoclayic).

**Material parental:** El suelo se desarrolló aparentemente “in situ” a partir de riolita.

**Condiciones de humedad del perfil:** mojado.

**Evidencia de erosión:** erosión hídrica, arrastre de hojarasca, a menos de 1 m existe un camino que ha provocado un poco de compactación en el suelo a causa del peaje.

**Influencia humana:** suelo un poco compactado por el peaje, actualmente existe extracción de madera por lo que poco a poco se van creando claros cada vez más grandes y se incrementan las zonas de borde. También se efectúa recolección de hongos durante la época de lluvias.

## **DESCRIPCIÓN DEL PEDÓN**

Perfil profundo con drenaje natural bueno. Se observan diferencias claras en color de tal manera que dominan los cafés oscuros y muy oscuros en los primeros 30 cm para dar paso a los cafés rojizos. Se describieron 7 horizontes sobre roca continua (Ah-Ah<sub>2</sub>-Bt<sub>1</sub>-Bt<sub>2</sub>-Bt<sub>3</sub>-BCt-Ct-R), el límite entre ellos es abrupto-ondulado, claro-ondulado, claro-uniforme, claro-ondulado, gradual-irregular y gradual-uniforme en orden descendente. Presenta alta pedregosidad en la superficie con un 10 a 25% de cantos gruesos y piedras, desciende a menos del 2% de gravas finas en prácticamente todo el perfil, excepto en el horizonte Bt<sub>2</sub> (30-46 cm) donde hay hasta un 15% de piedras y bloques. El desarrollo de estructura es fuerte en prácticamente todo el perfil, sólo en los horizontes profundos (BCt, Ct) es moderada; el tipo de estructura dominante es la subangular en bloques de tamaño medio, en los primeros 5 cm existe estructura de tipo migajón y en el horizonte más profundo se observó una estructura masiva que rompe a subangular en bloques. La estabilidad de los agregados es alta en todo el perfil, excepto en los horizontes Bt<sub>2</sub> y Ct donde es mediana. La distribución de raíces es normal, cuya densidad es alta en los primeros 30 cm, muy baja en los subsiguientes 15 cm y nula en el resto del perfil. La densidad aparente es media en toda la pared descrita.

## **Procesos pedogenéticos dominantes**

El material parental muestra evidencias de intemperismo químico, se observaron manchas (2.5 YR 4/6) de oxidación en los horizontes BCt y Ct. Existe buena acumulación de materia orgánica, el mantillo es tipo Moder y tiene un espesor de 10 cm. El pH ácido favorece la neoformación de arcillas y óxidos de hierro por lo que se observan colores rojizos. El principal proceso pedogenético es la iluviación de arcillas, favorecida también por el pH ácido y por la presencia de arcillas 1:1 como la caolinita, las evidencias de este proceso fueron un incremento en la cantidad de arcillas y la presencia de cutanes en las caras verticales y horizontales de los agregados; en el horizonte Bt<sub>1</sub> los cutanes sólo se presentaron en caras verticales y su grosor es delgado lo que los hacía poco visibles. El pH ácido favorece también la pérdida de bases por lixiviación.

La clasificación de Cutanic, endoleptic, LIXISOL (hypereutric, endoclayic) destaca principalmente el proceso de iluviación de arcillas y formación de cutanes en los horizontes Bt, cuya saturación de bases es superior al 50% y su CIC es de 24 cmol/kg, o más; también denota la profundidad de desarrollo y la predominancia de texturas arcillosas en los horizontes más profundos del perfil. Es importante mencionar que al igual que en perfil ZA-03, la clasificación no cambia si los cálculos de la CIC se efectúan considerando una mezcla de arcillas o caolinita.

## **Características ecológicas**

Es un suelo profundo con buen drenaje natural, mediano volumen de poros y mediana conductividad hidráulica; además presenta un buen desarrollo de estructura. Todo ello evita que existan problemas de anoxia para las plantas a pesar de que su capacidad de aireación es mediana a baja. Tampoco existen condiciones de estrés hídrico, ya que el suelo posee una alta capacidad de campo y de retención de agua.

Las limitantes más fuertes que presenta el sitio son la baja disponibilidad de N y P; pueden no serlo para las especies que crecen naturalmente y que están adaptadas a esto. Las bases intercambiables están en cantidades altas.

El uso de suelo actual ha contribuido a mantener las características favorables de este suelo; es importante evitar la compactación del sitio a causa de peaje excesivo y/o la extracción desmedida de los árboles, lo que pondría en riesgo una actividad ancestral en la zona: la recolección de hongos, durante la época de lluvias.

Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	Color húmedo	pH (CaCl <sub>2</sub> 0.01M/agua destilada)	Conductividad eléctrica $\mu\text{s}/\text{cm}^2$	Densidad aparente
Ah	0 – 4/5	Clf	7.5YR 2.5/2	5 / 4.41	160.5	1.3
Ah <sub>2</sub>	4/5 – 13/16	C	7.5 YR 3/3	5 / 3.98	55.6	1.4
Bt <sub>1</sub>	13/16 – 30	CRL	7.5 YR 3/4	5 / 4.33	63.5	1.5
Bt <sub>2</sub>	30 – 46	RL	5 YR 4/4	6 / 4.67	49.7	1.4
Bt <sub>3</sub>	46 – 60/67	RL – R	5 YR 4/4	5 / 4.86	49.4	1.3
BC <sub>1</sub>	60/67 – 93	R	5 YR 4/4	5 / 5.11	37.9	1.3
Ct	93 – 117	R	7.5 YR 4/6	5 / 4.92	40	1.2
R	117 – 120					

#### DESCRIPCIÓN DEL PERFIL B – 02



**Fecha de descripción:** 10 de Enero del 2009.  
**Localización:** Parque Estatal Chapa de Mota. 700 m sobre el camino frente a la zona de campamentos. Parcela experimental B I. X: 446091 Y: 2189329 UTM  
**Altitud:** 2650 msnm.  
**Relieve:** ladera convexa-recta.  
**Pendiente:** 28°, exposición 162° SSE.  
**Vegetación y uso de suelo:** Bosque de *Quercus*, área de borde de bosque; estrato herbáceo, arbustivo y arbóreo bien desarrollado.  
**Clasificación WRB:** Mollic LEPTOSOL (epieutric, skeletal).  
**Material parental:** El suelo se desarrolló aparentemente “in situ” a partir de riolita.  
**Condiciones de humedad del perfil:** muy seco.  
**Evidencia de erosión:** arrastre de hojarasca; en una zona clareada por tala se encontraron afloramientos rocosos.

**Influencia humana:** Existe extracción de madera por lo que poco a poco se van creando claros cada vez más grandes y cercanos al área de borde. También se efectúa recolección de hongos durante la época de lluvias.

### **DESCRIPCIÓN DEL PEDÓN**

Perfil somero con drenaje natural bueno. Se observaron diferencias claras en color, en los primeros 9 cm encontramos colores negro y café oscuro; el resto del perfil es de color café rojizo. Se describieron 5 horizontes sobre roca (Ah<sub>1</sub>-Ah<sub>2</sub>-Ah<sub>3</sub>-Bw<sub>1</sub>-Bw<sub>2</sub>-R), el límite entre ellos es abrupto uniforme. Es un perfil con alta pedregosidad, en el horizonte superficial se encontró un 50% de piedras y bloques, en el resto del perfil hay 70 a 80% de piedras, bloques, cantos gruesos, gravas gruesas y gravas medias. El desarrollo de estructura es moderada en los primeros 22 cm; en los dos últimos horizontes es moderadamente débil a débil. El tipo de estructura dominante es la subangular en bloques de tamaño medio excepto en el horizonte Ah<sub>1</sub> donde hay estructura tipo migajón. La estabilidad de los agregados es alta hasta los 22 cm de profundidad y baja en el resto del perfil. La distribución de raíces es muy alta en los horizontes superficiales (0-22 cm) y media a baja en los horizontes profundos (22-52 cm). La densidad aparente es media en todo el perfil.

### **Procesos pedogenéticos**

El material parental, así como los bloques y piedras encontrados, muestran evidencias de intemperismo. Los procesos pedogenéticos dominantes son la neoformación de arcillas y óxidos de hierro, favorecidos por el pH ácido, evidencias de ello son los colores rojizos observados en los horizontes Bw. Existe acumulación de materia orgánica. El tipo de mantillo es Moder, cuyo grosor es de 12 cm, tan sólo el horizonte Oh es de 4 cm de espesor.

La clasificación de Mollic, LEPTOSOL, (epieutric, skeletal) se basó en la profundidad de desarrollo de apenas 50 cm sobre roca continua, la acumulación de materia orgánica, saturación de bases superior al 50% y el alto porcentaje de pedregosidad.

### **Características ecológicas**

Es un suelo muy somero que presenta variadas limitaciones. Posee baja disponibilidad de N y P, porcentajes mayores al 70% de pedregosidad lo que limita aún más la cantidad de nutrientes disponibles por unidad de área. Su mediana profundidad de desarrollo repercute en la capacidad de campo y de retención de agua, las cuales son muy bajas.

Sus características favorables son el porcentaje alto a mediano de poros, su mediana capacidad de aireación y alta conductividad hidráulica.

Este es un tipo de suelo cuyas posibilidades de uso no son muy variadas por lo que es de suma importancia que se conserve la cobertura vegetal propia del lugar, ya que a pesar de las limitantes del sitio existen árboles, arbustos y herbáceas adaptados a estas condiciones. Si se continúa con la tala de árboles en esta zona, los arbustos y herbáceas establecidos bajo este dosel seguramente se verán afectados y disminuirá su presencia; al desprever de vegetación a este suelo, las lluvias intensas rápidamente expondrán las piedras y bloques presentes en el suelo. La mayor cantidad de materia orgánica es aportada por *Quercus castanea*, la gran mayoría de herbáceas y arbustos son anuales o bien geofitas anuales.

Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	Color (húmedo)	pH (CaCl <sub>2</sub> 0.01M/agua destilada)	Conductividad eléctrica $\mu\text{s}/\text{cm}^2$	Densidad aparente
Oh	-4 - 0	C	2.5 YR 2.5/1	5 / 5.68	212	0.9
Ah <sub>1</sub>	0 - 4	C	5 YR 2.5/2	5 / 5.08	155.9	0.9
Ah <sub>2</sub>	4 - 9	CRL	7.5 YR 3/2	5 / 4.49	127.2	1.2
Ah <sub>3</sub>	9 - 19/22	CRL	5 YR 4/3	5 / 3.91	106.5	1.2
Bw <sub>1</sub>	19/22 - 33	CRL	5YR 4/3	5 / 4.61	54.1	1.4
Bw <sub>2</sub>	33 - 33/52	RA	5 YR 4/4	5 / 4.83	45.8	1.4
R	33/54 - 53					

## DESCRIPCIÓN DEL PERFIL B - 03



**Fecha de descripción:** 10 de Enero del 2009.  
**Localización:** Parque Estatal Chapa de Mota. Parcela experimental B II.  
 X: 446024 Y: 2189264 UTM  
**Altitud:** 2625 msnm.  
**Relieve:** ladera de piedemonte, forma recta-cóncava.  
**Pendiente:** 11°, exposición 145° SE.  
**Vegetación y uso de suelo:** Bosque de *Quercus*, área de borde de bosque; estratos arbóreo y herbáceo bien desarrollados; éste último dominado por *Salvia lavanduloides* y *S. mexicana*.  
**Clasificación WRB:** Endoleptic CAMBISOL (orthoetric, densic, endoclayic).  
**Material parental:** El suelo se desarrolló aparentemente "in situ" a partir de riolita; sin embargo también ha habido aporte de material coluvial (rocas y sedimentos).  
**Condiciones de humedad del perfil:** muy seco.  
**Evidencia de erosión:** arrastre de hojarasca y flujo laminar.

**Influencia humana:** Es un suelo muy compactado por el peaje de personas que se dedican a la recolección de hongos y a la extracción de madera; ésta última ha provocado la creación y crecimiento de claros en el bosque. Se hallaron restos de carbón e indicios de quema de madera.

## DESCRIPCIÓN DEL PEDÓN

Perfil medianamente profundo, con drenaje natural deficiente. El perfil presenta diferencias en color, los primeros 20 cm son de color negro rojizo, los siguientes 18 cm son de color café rojizo y el resto del perfil (48 – 84 cm) es café. Se describieron 5 horizontes sobre roca continua (Ah<sub>1</sub>-Ah<sub>2</sub>-Bw<sub>1</sub>-Bw<sub>2</sub>-BCt-CR), el límite entre ellos es abrupto-uniforme. La pedregosidad se incrementa con la profundidad, de tal manera que en el horizonte Ah<sub>1</sub> hay un 2% de gravas finas, en el Ah<sub>2</sub> hay un 15% de gravas finas, cantos medios y piedras, finalmente en el horizonte Bw<sub>1</sub> hay un 40% de piedras y cantos finos, medios y gruesos. El desarrollo de estructura es débil en el horizonte superficial y moderado en el resto del perfil; el tipo de estructura dominante es la subangular en bloques excepto en el horizonte superficial (tipo migajón) y en los dos horizontes profundos, los cuales presentan una estructura masiva que rompe a subangular en bloques de tamaño grueso. La estabilidad de agregados es mediana en los primeros 20 cm y baja en el resto del perfil. La distribución de raíces está limitada a los primeros 7 cm de profundidad donde es alta, en los subsiguientes 13 cm es baja y en el resto del perfil es nula. La densidad aparente tiene una relación inversa con la distribución de raíces, de tal manera que el horizonte superficial la densidad aparente es baja, en los horizontes intermedios es media alta (7–48 cm) y alta en los profundos (48–84 cm).

## Procesos pedogenéticos dominantes

En la zona existe depositación reciente de sedimentos, observándose material de grano simple en la superficie del suelo. Los procesos pedogenéticos dominantes son: la acumulación de materia orgánica mineralizada en los horizontes Ah (mantillo tipo Moder, grosor 7 cm), la neoformación de arcillas y óxidos de hierro en los horizontes B cámbicos, así como el desarrollo de estructura. Se observaron también evidencias de iluviación, tales como un incremento en la cantidad de arcillas y cutanes de grosor moderado en caras verticales y horizontales de los agregados en el horizonte BCt.

La clasificación de Endoleptic, CAMBISOL (orthoeutric, densic, endoclayic) se basó en la profundidad de desarrollo, el desarrollo de estructura, baja pedregosidad, saturación de bases superior al 50%, horizontes cuya densidad impide la penetrabilidad de raíces y la presencia de texturas arcillosas.

## Características ecológicas

Es un suelo medianamente profundo cuya principal limitante es que presenta horizontes con una alta densidad aparente a partir de los 7 cm. Esto genera un drenaje deficiente que además le confiere mediana capacidad de campo y de retención de agua. Este suelo también posee baja conductividad hidráulica, baja capacidad de aireación y bajo porcentaje de poros. La densidad aparente alta también impide la penetrabilidad de raíces por lo que su profundidad fisiológica es muy somera. También es un suelo cuya disponibilidad de N y P es muy baja. La cantidad de bases intercambiables es mediana.

Esta zona de borde de bosque es una de las que contienen menor densidad de individuos de *Quercus* y sigue disminuyendo debido a la continua extracción de madera. El peaje de personas y animales de carga agudiza el problema de compactación de este suelo. Dicho problema debe corregirse antes de la reintroducción de especies arbóreas ya que este suelo tiene buena profundidad de desarrollo y sus principales limitantes son originadas por la alta densidad aparente.

Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	Color (húmedo)	pH (CaCl <sub>2</sub> 0.01M/agua destilada)	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Densidad aparente
Oh	-2 - 0	CRL	5 YR 2.5/1	5.5 / 5.49	108.7	1.1
ACh <sub>1</sub>	0 - 7	C	2.5 YR 2.5/1	5 / 5.26	77.3	0.9
Ah	7 - 20	CLf	2.5 YR 2.5/1	4.5 / 5.01	38.9	1.5
Bw <sub>1</sub>	20 - 48	CR	5YR 4/3	4.5 / 4.88	45.1	1.5
Bw <sub>2</sub>	48 - 77	RL	7.5 YR 4/4	5 / 5.25	60.03	1.7
BCt	77 - 84	RL	7.5 YR 4/4	5 / 5.25	60	1.7
CR	84 - 86					

### DESCRIPCIÓN DEL PERFIL B - 04



**Fecha de descripción:** 10 de Enero del 2009.

**Localización:** Parque Estatal Chapa de Mota. Parcela experimental B V.

X: 445934 Y: 2189228 UTM

**Altitud:** 2660 msnm.

**Relieve:** ladera convexa-recta

**Pendiente:** 35°, exposición 189° S.

**Vegetación y uso de suelo:** Bosque de *Quercus*, área de borde de bosque; estratos arbóreo, arbustivo y herbáceo bien desarrollados.

**Clasificación WRB:** Cutanic LIXISOL (hypereutric, profundic, endoclayic).

**Material parental:** El suelo se desarrolló aparentemente "in situ" a partir de riolita.

**Condiciones de humedad del perfil:** muy seco en los primeros 5 cm, seco en los subsiguientes 15 cm y fresco en el resto del perfil.

**Evidencia de erosión:** arrastre de hojarasca, algunos afloramientos rocosos.

**Influencia humana:** Debido a la pendiente y a la irregularidad del terreno no se observan

indicios de influencia humana, sin embargo existe una zona adyacente sin presencia de árboles. Al parecer son pocos los árboles que se han extraído para la obtención de madera.

## **DESCRIPCIÓN DEL PEDÓN**

Perfil profundo con drenaje natural bueno y color café rojizo en toda la pared a excepción de los primeros 5 cm cuyo color es café oscuro. Se describieron 5 horizontes sobre roca continua (Ah-AB-Bt<sub>1</sub>-Bt<sub>2</sub>-Bt<sub>3</sub>-R), el límite entre ellos es abrupto uniforme en prácticamente todo el perfil, solo el límite entre los horizontes Bt<sub>1</sub> y Bt<sub>2</sub> es gradual uniforme. La pedregosidad es baja (2-5%) en los horizontes Ah y Bt<sub>3</sub>, alta (60%) en el AB y del 10% en los horizontes intermedios (Bt<sub>1</sub> y Bt<sub>2</sub>); en general dominan las gravas de todos los tamaños aunque también hubo presencia de piedras, cantos medios y bloques, sobre todo en el horizonte de mayor pedregosidad. El desarrollo de estructura es moderado a moderadamente fuerte en los primeros 30 cm de profundidad y fuerte en el resto del perfil. El tipo de estructura dominante es la subangular en bloques de tamaño grueso y medio, en los horizontes profundos (66-130 cm) se observó una estructura masiva que rompe a subangular en bloques; la estabilidad de los agregados fue alta a moderada en los horizontes superficiales (0-30 cm) y baja en los horizontes subyacentes. La distribución de la raíces es normal, hay una densidad de ellas muy alta a mediana en los primeros 30 cm de profundidad, a partir de ahí disminuye notablemente (densidad baja a muy baja). La densidad aparente es media en prácticamente todo el perfil, sólo en el horizonte superficial y en el más profundo fue alta.

### **Procesos pedogenéticos dominantes**

En los afloramientos rocosos cercanos y en las rocas del perfil se observaron evidencias de intemperismo. Los procesos pedogenéticos dominantes son acumulación de materia orgánica en los horizontes Ah, el desarrollo de estructura en todo el perfil y la neoformación de arcillas y óxidos de hierro en los horizontes B, estos últimos procesos son los responsables de los colores rojizos en la mayor parte del perfil y están favorecidos por el pH ácido del suelo el cual también favorece a la iluviación de arcillas y la pérdida de bases por lixiviación. El proceso de iluviación se observó en forma de cutanes de arcilla y óxidos de hierro en caras verticales y horizontales de los agregados, su grosor es predominantemente moderado.

La clasificación de Cutanic, LIXISOL (hypereutric, profundic, densic, endoclayic) destaca principalmente la iluviación de arcillas que conlleva a la formación de cutanes, saturación de bases superior al 50%, CIC menor a 24 cmol/kg de arcilla, la existencia de por lo menos un horizonte con un 80% de saturación de bases, la predominancia de texturas arcillosas a profundidad y la presencia de por lo menos un horizonte con densidad aparente alta.

### **Características ecológicas**

Es un perfil con buena profundidad de desarrollo y bien drenado, sin embargo la profundidad fisiológica es mediana, ya que a partir de los 26 cm la densidad de raíces se ve muy disminuida. Además tiene altos porcentajes de pedregosidad a poca profundidad; lo que limita la disponibilidad de nutrientes por unidad de área. Las cantidades de N y P disponibles son bajas. Tanto el volumen de poros como la conductividad hidráulica son medianos, en general se puede decir que la vegetación podría no estar sometida a estrés por condiciones anóxicas; esto a pesar de que la capacidad de aireación es baja. Al parecer no existen condiciones de estrés por falta de agua ya que el suelo posee una alta capacidad de campo y mediana capacidad de retención de agua disponible.

Esta es una zona muy irregular, donde la profundidad de desarrollo es muy heterogénea, habiendo desde afloramientos rocosos hasta suelos como el descrito. Es muy importante conservar la vegetación del sitio, la cual está en buenas condiciones a pesar de la extracción de madera, ya que la estabilidad de los agregados es baja en prácticamente todo el perfil y el suelo puede ser rápidamente destruido por la precipitación fuerte del lugar.

Horizonte	Profundidad (cm)	Textura	Color (húmedo)	pH (CaCl <sub>2</sub> 0.01M/agua destilada)	Conductividad eléctrica $\mu\text{S}/\text{cm}^2$	Densidad aparente
Oh	-2.5 – 0	CRL	5 YR 2.5/2	5.5 / 6.47	417	1.0
Ah	0 – 5	CRL	7.5 YR 3/2	5.5 / 6.45	236	1.6
AB	5 – 26/30	RA	5 YR 4/3	6 / 6.13	70.5	1.4
Bt <sub>1</sub>	26/30 – 66	RL	5YR 4/4	5.5 / 5.52	61.5	1.4
Bt <sub>2</sub>	66 – 100	CR	5 YR 4/4	5.5 / 5.63	68.3	1.4
Bt <sub>3</sub>	100 – 130	RL	5 YR 4/4	5.5 / 5.66	62.8	1.6
R	130 - 131					

## APÉNDICE IV: LISTAS FLORÍSTICAS

### CUADRO 1. INVENTARIO FLORÍSTICO DE LA ZONA ABIERTA

ESTRATO: **H**= herbáceo, **Ar**= arbustivo. HÁBITO: **P**= perenne, **A**= anual. TIPO DE VEGETACIÓN: **BQ**= bosque de *Quercus*, **cBQ**= claros en bosque de *Quercus*, **BQp**= bosque de *Quercus* perturbado, **BQP**= bosque de *Quercus-Pinus*, **BP**= bosque de *Pinus*, **cBP**= claros en bosque de *Pinus*, **BA**= bosque de *Abies*, **cBA**= claros en bosque de *Abies*, **BJ**= Bosque de *Juniperus*, **BMM**= bosque mesófilo de montaña, **P**= pastizal, **Pa**= Pastizal alpino y subalpino, **M**= matorral, **MX**= matorral xerófilo, **SP**= sitios perturbados, **SD**= sitios deforestados, **VS**= vegetación secundaria, **TSH**= terrenos con suelos húmedos.

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	DESCRIPTOR	ESTRATO	HÁBITO	TIPO DE VEGETACIÓN
ALLIACEAE	<i>Allium</i>	<i>glandulosum</i>	Link & Otto	H		BQ, P, M
ALLIACEAE	<i>Milla</i>	<i>biflora</i>	Cav.	H		BQ, P, M
ASCLEPIADACEAE	<i>Asclepias</i>	<i>linaria</i>	Cav.	H		P, M
ASTERACEAE	<i>Ageratum</i>	<i>corymbosum</i>	Zucc. ex Pers.	H, Ar	P	P, M
ASTERACEAE	<i>Aster</i>	<i>moranensis</i>	H.B.K.	H	P	BQ, P, MX
ASTERACEAE	<i>Baccharis</i>	<i>conferta</i>	H.B.K.	Ar		cBQ cBA, cBP, SD
ASTERACEAE	<i>Baccharis</i>	<i>heterophylla</i>	H.B.K.	Ar	P	BQ
ASTERACEAE	<i>Bidens</i>	<i>odorata</i>	Cav.	H	A	VS, SP
ASTERACEAE	<i>Bidens*</i>	<i>aurea*</i>	(Ait.) Sherff	H	P	SP, TSH
ASTERACEAE	<i>Chaptalia</i>	<i>runcinata</i>	H.B.K.	H	P	BQ, cBA
ASTERACEAE	<i>Conyza</i>	<i>filaginoides</i>	(DC.) Hieron.	H	A	BQ, BJ, BP, P, M, SP
ASTERACEAE	<i>Conyza</i>	<i>gnaphalioides</i>	H.B.K.	H	A	BQ
ASTERACEAE	<i>Cosmos</i>	<i>bippinatus</i>	Cav.	H	A	BQ, P, MX, SP
ASTERACEAE	<i>Cosmos</i>	<i>parviflorus</i>	(Jacq.) H.B.K.	H	H	BQ, BP, BJ, P, SP
ASTERACEAE	<i>Gnaphalium*</i>	<i>sp 1*</i>		H		
ASTERACEAE	<i>Gnaphalium*</i>	<i>sp 2*</i>		H		
ASTERACEAE	<i>Heterosperma</i>	<i>pinnatum</i>	Cav.	H	A	BQ, BJ, P, M, SP
ASTERACEAE	<i>Lasianthae*</i>	<i>aurea*</i>	(D. Don) Becker	H		
ASTERACEAE	<i>Schkuhria</i>	<i>pinnata</i>	(Lam.) Kuntze	H	A	P, M, SP
ASTERACEAE	<i>Senecio*</i>	<i>mulgediifolius*</i>	Schauer	H		
ASTERACEAE	<i>Stevia</i>	<i>serrata</i>	Cav.	H	P	BQ, P, M, VS

## CUADRO 1. CONTINUACIÓN

ESTRATO: **H**= herbáceo, **Ar**= arbustivo. HÁBITO: **P**= perenne, **A**= anual. TIPO DE VEGETACIÓN: **BQ**= bosque de *Quercus*, **cBQ**= claros en bosque de *Quercus*, **BQP**= bosque de *Quercus* perturbado, **BQP**= bosque de *Quercus-Pinus*, **BP**= bosque de *Pinus*, **cBP**= claros en bosque de *Pinus*, **BA**= bosque de *Abies*, **cBA**= claros en bosque de *Abies*, **BJ**= Bosque de *Juniperus*, **BMM**= bosque mesófilo de montaña, **P**= pastizal, **Pa**= Pastizal alpino y subalpino, **M**= matorral, **MX**= matorral xerófilo, **SP**= sitios perturbados, **SD**= sitios deforestados, **VS**= vegetación secundaria, **TSH**= terrenos con suelos húmedos.

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	DESCRIPTOR	ESTRATO	HÁBITO	TIPO DE VEGETACIÓN
ASTERACEAE	<i>Stevia</i> *	<i>iltisiana</i> *	Grasshoff.	H	P	BQ, BP, P
ASTERACEAE	<i>Tagetes</i>	<i>lucida</i>	Cav.	H	P	BQ, BP, P, SP
ASTERACEAE	<i>Tagetes</i>	<i>lunulata</i>	Ort.	H	A	BQ, BJ, P, M, SP
ASTERACEAE	<i>Tagetes</i>	<i>micrantha</i>	Cav.	H	A	BQ, BJ, BP, P, M, SP
ASTERACEAE	<i>Tagetes</i> *	<i>sp</i> *				
ASTERACEAE	<i>Viguiera</i> *	<i>dentata</i> *		H		
ASTERACEAE	<i>Viguiera</i> *	<i>sp</i>		H		
BOGONIACEAE	<i>Begonia</i>	<i>gracilis</i>	H.B.K.	H		BQ, P
CALOCHORTACEAE	<i>Calochortus</i>	<i>barbatus</i>	(H.B.K.) Painter	H		BQ, BPQ, P, M, SP
CAMPANULACEAE	<i>Diastatea</i>	<i>tenera</i>	(A. Gray) McVaugh	H		BQ, P, M, TSH
CAMPANULACEAE	<i>Lobelia</i>	<i>schmitzii</i>	E. Wimmer	H	A	BA
CISTACEAE	<i>Helianthemum</i>	<i>glomeratum</i>	(Lag.) Lag.	H	P	BQ, BP, P, M, SP
COMMELINACEAE	<i>Tripogandra</i>	<i>disgrega</i>	(Schauer) Handlos.	H		
CONVOLVULACEAE	<i>Evolvulus</i>	<i>postratus</i>	Rob.	H	P	BQ, P, M
CONVOLVULACEAE	<i>Ipomea</i>	<i>capillaceae</i>	(H.B.K.) G. Don	H	P	P, MX
CYPERACEAE	<i>Bulbostylis</i>	<i>arenaria</i>				
CYPERACEAE	<i>Bulbostylis</i>	<i>juncoides</i>	(Vahl) Kükenthal	H	P	BQ, BP, BJ, P, M
CYPERACEAE	<i>Carex</i> *	<i>sp 1</i> *		H		
CYPERACEAE	<i>Cyperus</i>	<i>flavscens</i>	(Liebm.) Fern.	H	A	BQ, P, M, TSH
CYPERACEAE	<i>Cyperus</i>	<i>seslerioides</i>	H.B.K.	H	P	BQ, BPQ, BP, P, MX
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i>	<i>dentata</i>	Michx.	H	A	P, M, SP
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i>	<i>indivisa</i>	(Engelm.) Tidestr.	H	A	SP
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i> *	<i>misella</i> *	S. Wats.	H		

**CUADRO 1. CONTINUACIÓN**

ESTRATO: **H**= herbáceo, **Ar**= arbustivo. HÁBITO: **P**= perenne, **A**= anual. TIPO DE VEGETACIÓN: **BQ**= bosque de *Quercus*, **cBQ**= claros en bosque de *Quercus*, **BQp**= bosque de *Quercus* perturbado, **BQP**= bosque de *Quercus-Pinus*, **BP**= bosque de *Pinus*, **cBP**= claros en bosque de *Pinus*, **BA**= bosque de *Abies*, **cBA**= claros en bosque de *Abies*, **BJ**= Bosque de *Juniperus*, **BMM**= bosque mesófilo de montaña, **P**= pastizal, **Pa**= Pastizal alpino y subalpino, **M**= matorral, **MX**= matorral xerófilo, **SP**= sitios perturbados, **SD**= sitios deforestados, **VS**= vegetación secundaria, **TSH**= terrenos con suelos húmedos.

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	DESCRIPTOR	ESTRATO	HÁBITO	TIPO DE VEGETACIÓN
FABACEAE	<i>Macroptilium</i>	<i>gibbosifolium</i>	(Ort.) A. Delgado	H	P	P, M
FABACEAE	<i>Zornia</i>	<i>thymifolia</i>	H.B.K.	H	P	P
GENTIANACEAE	<i>Gentiana</i> *	<i>aff ovatiloba</i> *	Kusn.	H	P	TSH, Pa
GENTIANACEAE	<i>Gentianella</i> *	<i>amarella</i> *	(Benth.) Guillet	H		
GUTTIFERAE	<i>Hypericum</i>	<i>silenoides</i>	Juss.	H	A	BQ, BP, BJ
IRIDACEAE	<i>Sisyrinchium</i> *	<i>sp</i> *	Green. & Thomps.	H		
IRIDACEAE	<i>Tigridia</i>	<i>alpestris</i>	Molseed.	H	P	BQ, BQ, BP
JUNCACEAE	<i>Juncus</i>	<i>balticus</i>	(Willd.) Basler	H		
LABIATAE	<i>Salvia</i>	<i>lavanduloides</i>	Benth.	H	P	BQ, cBQ, BQP
OXALIDACEAE	<i>Oxalis</i>	<i>corniculata</i>	L.	H		BQ, BA, BP, P, M, SP
OXALIDACEAE	<i>Oxalis</i>	<i>jacquiniana</i>	H.B.K.	H		BQ, BP, BA, P
OXALIDACEAE	<i>Oxalis</i>	<i>latifolia</i>	H.B.K.	H		SP
PLANTAGINACEAE	<i>Plantago</i>	<i>nivea</i>	H.B.K.	H		BQ, BP, BMM, Pa, MX
POACEAE	<i>Andropogon</i>	<i>pringlei</i>	Scribn. & Merr.	H	P	BQp, Pp
POACEAE	<i>Aristida</i>	<i>schiedeana</i>	Trin. & Rupr.	H	P	BQ, BJ, BP, P, MX, SP
POACEAE	<i>Bouteloua</i>	<i>repens</i>	(H.B.K.) Scribn. & Merr.	H	P	P, MX
POACEAE	<i>Briza</i>	<i>subaristata</i>	Lam.	H	P	BQ, BP, M, P, VS
POACEAE	<i>Eragrostis</i>	<i>intermedia</i>	Hitch.	H	P	cBQ, cBP, P, MX
POACEAE	<i>Hilaria</i>	<i>cenchroides</i>	H.B.K.	H	P	P, M, SP
POACEAE	<i>Lycurus</i>	<i>phalaroides</i>	H.B.K.	H	P	cBQ, P, M, VS
POACEAE	<i>Lycurus</i>	<i>phleoides</i>	H.B.K.	H	P	cBQ, P, M
POACEAE	<i>Muhlenbergia</i>	<i>aff glabrata</i> *	(H.B.K.) Kunth	H	P	BA, BP, MX
POACEAE	<i>Muhlenbergia</i> *	<i>aff seatonii</i> *	Scribn.	H	P	

## CUADRO 1. CONTINUACIÓN

ESTRATO: **H**= herbáceo, **Ar**= arbustivo. HÁBITO: **P**= perenne, **A**= anual. TIPO DE VEGETACIÓN: **BQ**= bosque de *Quercus*, **cBQ**= claros en bosque de *Quercus*, **BQp**= bosque de *Quercus* perturbado, **BQP**= bosque de *Quercus-Pinus*, **BP**= bosque de *Pinus*, **cBP**= claros en bosque de *Pinus*, **BA**= bosque de *Abies*, **cBA**= claros en bosque de *Abies*, **BJ**= Bosque de *Juniperus*, **BMM**= bosque mesófilo de montaña, **P**= pastizal, **Pa**= Pastizal alpino y subalpino, **M**= matorral, **MX**= matorral xerófilo, **SP**= sitios perturbados, **SD**= sitios deforestados, **VS**= vegetación secundaria, **TSH**= terrenos con suelos húmedos.

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	DESCRIPTOR	ESTRATO	HÁBITO	TIPO DE VEGETACIÓN
POACEAE	<i>Panicum</i>	<i>obtusum</i>	H.B.K.	H	P	P, SP
POACEAE	<i>Paspalum</i>	<i>postratum</i>	Michx.	H	P	BQ, BP, BA, SP
POACEAE	<i>Penisetum</i>	<i>clandestinum</i>	Hotchst. ex Chioy	H	P	SP
POACEAE	<i>Poa</i> *	<i>sp</i> *		H		
POACEAE	<i>Rynchelytrum</i>	<i>repens</i>	(Willd.) Hubb.	H	P	VS, SP
POACEAE	<i>Setaria</i>	<i>parviflora</i>	(Poir.) Kerguélen	H	P	P, TSH
POACEAE	<i>Stipa</i>	<i>constricta</i>	Hitch.	H	P	P, MX
POACEAE	<i>Stipa</i>	<i>sp.</i>		H		
POACEAE	<i>Tripsacum</i>	<i>sp</i>		H		
ROSACEAE	<i>Amelanchier</i>	<i>denticulata</i>	(H.B.K.) Koch.	Ar	P	P, M
RUBIACEAE	<i>Borreria</i>	<i>verticillata</i>	(L.) G.F.W. Meyer	H	P	P, MX
RUBIACEAE	<i>Bouvardia</i>	<i>ternifolia</i>	(Cav.) Schlecht.	H, Ar	P	BQ, P, M, SP
RUBIACEAE	<i>Crusea</i>	<i>diversifolia</i>	(H.B.K.) Anderson	H		BQp, P, MX
RUBIACEAE	<i>Crusea</i>	<i>longiflora</i>	(Willd. ex Roe. & Schult.) Anderson	H	A	BQ, BPQ, BP, BMM, P, M
RUBIACEAE	<i>Hedyotis</i>	<i>pimaea</i>	Roe. & Schult.	H	P	cBQ, BQp
RUBIACEAE	<i>Richardia</i>	<i>tricocca</i>	(Mart. & Gal.) Lewis y Oliver	H	P	BQ, BP, P, MX
SCROPHULARIACEAE	<i>Buchnera</i>	<i>obliqua</i>	Benth.	H	P	P, MX, VS
SCROPHULARIACEAE	<i>Mercadonia</i>	<i>procumbens</i>	(Mill.) Small.	H	P	
SOLANACEAE	<i>Bouchetia</i>	<i>erecta</i>	DC.	H	P	BQp, P, M
SOLANACEAE	<i>Solanum</i>	<i>stoloniferum</i>	Schlecht.	H		BQ, BP, P, MX
UMBELLIFERAE	<i>Eryngium</i>	<i>carlinae</i>	Delar. f.	H	P	BQ, P, Pa, SP
UMBELLIFERAE	<i>Eryngium</i>	<i>serratum</i>	Cav.	H	P	P, M

**CUADRO 1. CONTINUACIÓN**

ESTRATO: **H**= herbáceo, **Ar**= arbustivo. HÁBITO: **P**= perenne, **A**= anual. TIPO DE VEGETACIÓN: **BQ**= bosque de *Quercus*, **cBQ**= claros en bosque de *Quercus*, **BQp**= bosque de *Quercus* perturbado, **BQP**= bosque de *Quercus-Pinus*, **BP**= bosque de *Pinus*, **cBP**= claros en bosque de *Pinus*, **BA**= bosque de *Abies*, **cBA**= claros en bosque de *Abies*, **BJ**= Bosque de *Juniperus*, **BMM**= bosque mesófilo de montaña, **P**= pastizal, **Pa**= Pastizal alpino y subalpino, **M**= matorral, **MX**= matorral xerófilo, **SP**= sitios perturbados, **SD**= sitios deforestados, **VS**= vegetación secundaria, **TSH**= terrenos con suelos húmedos.

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	DESCRIPTOR	ESTRATO	HÁBITO	TIPO DE VEGETACIÓN
VERBENACEAE	<i>Verbena</i>	<i>bipinnatifida</i>	Nutt.	H	P	BQ,
VERBENACEAE	<i>Verbena</i>	<i>teucrifolia</i>	Mart. & Gal.	H	P	BQ, BP, BA, P, Pa
	<i>Sellaginella</i>	<i>pubescens</i>		H		

**CUADRO 2. INVENTARIO FLORÍSTICO DE LA ZONA DE BORDE**

ESTRATO: **H**= herbáceo, **Ar**= arbustivo. HÁBITO: **P**= perenne, **A**= anual. TIPO DE VEGETACIÓN: **BQ**= bosque de *Quercus*, **cBQ**= claros en bosque de *Quercus*, **BQp**= bosque de *Quercus* perturbado, **BQP**= bosque de *Quercus-Pinus*, **BP**= bosque de *Pinus*, **cBP**= claros en bosque de *Pinus*, **BPp**= bosque de *Pinus* perturbado, **BA**= bosque de *Abies*, **cBA**= claros en bosque de *Abies*, **BJ**= Bosque de *Juniperus*, **BMM**= bosque mesófilo de montaña, **P**= pastizal, **Pa**= Pastizal alpino y subalpino, **Pp**= pastizal perturbado, **M**= matorral, **Ms**= matorral secundario, **MX**= matorral xerófilo, **SP**= sitios perturbados, **SD**= sitios deforestados, **VS**= vegetación secundaria, **TSH**= terrenos con suelos húmedos, **ZH**= zonas húmedas, **ZS**= zonas semiáridas, **PH**= praderas húmedas, **Pan**= pantano.

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	DESCRIPTOR	ESTRATO	HÁBITO	TIPO DE VEGETACIÓN
AMARYLLIDACEAE	<i>Spreckellia</i>	<i>formosissima</i>	(L.) Herb.	H		BQ, P
ANTHERICACEAE	<i>Echeandia</i>	<i>durangensis</i>	(Greenm.) Cruden	H		BPQ, BP
ANTHERICACEAE	<i>Echeandia</i>	<i>gracillis</i>	Cruden.	H		SP, BP
ASTERACEAE	<i>Ageratum</i>	<i>corymbosum</i>	Zucc. ex Pers.	H, Ab	P	P, MX
ASTERACEAE	<i>Baccharis</i>	<i>conferta</i>	H.B.K.	Ar		cBQ, SP, BA, BP
ASTERACEAE	<i>Bidens</i>	<i>ostruthioides</i>	(DC.) Sch. Bip.	H	P	BQ, BA, BMM, BP
ASTERACEAE	<i>Bidens*</i>	<i>bigelovii*</i>	A. Gray.	H	A	BQ, BP, P, SP
ASTERACEAE	<i>Brickellia</i>	<i>pendula</i>	(Schard.) A. Gray	Ab		BQ, BPQ, BMM, P
ASTERACEAE	<i>Cosmos</i>	<i>bipinnatus</i>	Cav.	H	A	BQ, P, MX, SP,

**CUADRO 2. INVENTARIO FLORÍSTICO DE LA ZONA DE BORDE**

ESTRATO: **H**= herbáceo, **Ar**= arbustivo. HÁBITO: **P**= perenne, **A**= anual. TIPO DE VEGETACIÓN: **BQ**= bosque de *Quercus*, **cBQ**= claros en bosque de *Quercus*, **BQp**= bosque de *Quercus* perturbado, **BQP**= bosque de *Quercus-Pinus*, **BP**= bosque de *Pinus*, **cBP**= claros en bosque de *Pinus*, **BPp**= bosque de *Pinus* perturbado, **BA**= bosque de *Abies*, **cBA**= claros en bosque de *Abies*, **BJ**= Bosque de *Juniperus*, **BMM**= bosque mesófilo de montaña, **P**= pastizal, **Pa**= Pastizal alpino y subalpino, **Pp**= pastizal perturbado, **M**= matorral, **Ms**= matorral secundario, **MX**= matorral xerófilo, **SP**= sitios perturbados, **SD**= sitios deforestados, **VS**= vegetación secundaria, **TSH**= terrenos con suelos húmedos, **ZH**= zonas húmedas, **ZS**= zonas semiáridas, **PH**= praderas húmedas, **Pan**= pantano.

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	DESCRIPTOR	ESTRATO	HÁBITO	TIPO DE VEGETACIÓN
ASTERACEAE	<i>Cosmos</i> *	<i>parviflorus</i> *	(Jacq.) H.B.K.	H	A	BQ, BP, BJ, P, SP
ASTERACEAE	<i>Cosmos</i> *	<i>sp</i> *		H		
ASTERACEAE	<i>Dahlia</i>	<i>coccinea</i>	Cav.	H		BQ, BP, P, MX
ASTERACEAE	<i>Dahlia</i>	<i>pinnata</i>	Cav.	H		BQp, BPp, P, MX
ASTERACEAE	<i>Dahlia</i>	<i>rudis</i>	Sorensen	H	P	BQ, Ms, BA, BMM, BP
ASTERACEAE	<i>Eupatorium</i>	<i>glabratum</i>	H.B.K.	Ab	P	BQ, BA, BMM
ASTERACEAE	<i>Eupatorium</i>	<i>ramirezorium</i>	Esp.	H	P	BQ, BMM
ASTERACEAE	<i>Eupatorium</i>	<i>schaffnerii</i>	Sch. Bip.	H	P	BQ, BPQ,
ASTERACEAE	<i>Gnaphalium</i>	<i>semiamplexicaule</i>	DC.	H	P	BQ, BP, SP
ASTERACEAE	<i>Iostephane</i>	<i>heterophylla</i>	(Cav.) Benth.	H	P	BQ, BJ, BP
ASTERACEAE	<i>Piqueria</i>	<i>trinervia</i>	Cav.	H	P	BPQ, P, M
ASTERACEAE	<i>Senecio</i> *	<i>sessilifolius</i> *	(Hook. & Arn.) Hemsl.	H		
ASTERACEAE	<i>Stevia</i>	<i>elatior</i>	H.B.K.	H	P	BQ, P, MX
ASTERACEAE	<i>Stevia</i>	<i>incognita</i>	Grashoff.	H	P	BP
ASTERACEAE	<i>Stevia</i>	<i>zorullensis</i>	H.B.K.	H	P	BQ, P, M
ASTERACEAE	<i>Stevia</i>	<i>ovata</i> var. <i>ovata</i>	Willd.	H	P	BQ, P, BP, MX
ASTERACEAE	<i>Stevia</i>	<i>salicifolia</i>	Cav.	Ab		ZS, ZH
ASTERACEAE	<i>Stevia</i>	<i>serrata</i>	Cav.	H	P	BQ, P, M, VS
ASTERACEAE	<i>Tagetes</i>	<i>lucida</i>	Cav.	H	P	BQ, P, MX, SP
BEGONIACEAE	<i>Begonia</i>	<i>gracilis</i>	H.B.K.	H		BQ, P
BETULACEAE	<i>Alnus</i>	<i>acuminata</i>	H.B.K.	AB	P	BQ, BP, BA, BMM
BUDDLEIACEAE	<i>Buddleia</i>	<i>sessiliflora</i>	H.B.K.	Ab	P	BP

**CUADRO 2. INVENTARIO FLORÍSTICO DE LA ZONA DE BORDE**

ESTRATO: **H**= herbáceo, **Ar**= arbustivo. HÁBITO: **P**= perenne, **A**= anual. TIPO DE VEGETACIÓN: **BQ**= bosque de *Quercus*, **cBQ**= claros en bosque de *Quercus*, **BQp**= bosque de *Quercus* perturbado, **BQP**= bosque de *Quercus-Pinus*, **BP**= bosque de *Pinus*, **cBP**= claros en bosque de *Pinus*, **BPp**= bosque de *Pinus* perturbado, **BA**= bosque de *Abies*, **cBA**= claros en bosque de *Abies*, **BJ**= Bosque de *Juniperus*, **BMM**= bosque mesófilo de montaña, **P**= pastizal, **Pa**= Pastizal alpino y subalpino, **Pp**= pastizal perturbado, **M**= matorral, **Ms**= matorral secundario, **MX**= matorral xerófilo, **SP**= sitios perturbados, **SD**= sitios deforestados, **VS**= vegetación secundaria, **TSH**= terrenos con suelos húmedos, **ZH**= zonas húmedas, **ZS**= zonas semiáridas, **PH**= praderas húmedas, **Pan**= pantano.

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	DESCRIPTOR	ESTRATO	HÁBITO	TIPO DE VEGETACIÓN
CAPRIFOLIACEAE	<i>Symphoricarpos</i>	<i>microphyllus</i>	H.B.K.	Ab	P	MX
CARYOPHYLLACEAE	<i>Arenaria</i>	<i>lanuginosa</i>	(Michx.) Rohrb. in Mart.	H	P	BQp
CARYOPHYLLACEAE	<i>Arenaria</i>	<i>paludicola</i>	Robins.	H	P	PH, Pan
CARYOPHYLLACEAE	<i>Minuartia</i>	<i>moehringioides</i>	(Moc. & Sessé ex Ser.) Mattf.	H	P	BPQ, P, M
CARYOPHYLLACEAE	<i>Stellaria</i>	<i>cuspidata</i>	Willd.	H	P	BQ, P, BP
CUCURBITACEAE	<i>Microsechium</i>	<i>helleri</i>	(Pey.) Cogn.	H		cBQ, BPp, P, MX, SP
CUCURBITACEAE	<i>Sicyos</i>	<i>parviflorus</i>	Willd.	H	A	Pp, SP
CYPERACEAE	<i>Carex</i>	<i>humboldtiana</i>	Steud.	H	P	BQp, P, M
CYPERACEAE	<i>Carex</i>	<i>sp 2*</i>		H		
ERICACEAE	<i>Arbutus</i>	<i>tessellata</i>	Sorensen	AB	P	BQ, BP
ERICACEAE	<i>Arbutus</i>	<i>xalapensis</i>	H.B.K.	AB	P	BQ, BP, BA
FABACEAE	<i>Calliandra</i>	<i>grandiflora</i>	(L'Hért.) Benth.	Ab	P	BQ, P, M
FABACEAE	<i>Cologania</i>	<i>biloba</i>	(Lindl.) Nich.	H		BQ, P, M
FABACEAE	<i>Desmodium</i>	<i>grahamii</i>	A. Gray.	H		BQ, BP, BJ, P, M
FABACEAE	<i>Desmodium</i>	<i>molliculum</i>	(H.B.K.) DC.	H	P	BQ, BP, P
FABACEAE	<i>Desmodium*</i>	<i>sp.*</i>		H		
FABACEAE	<i>Desmodium*</i>	<i>uncinatum*</i>	(Jacq.) DC.	H		BQ
FABACEAE	<i>Lotus</i>	<i>oroboides</i>	(H.B.K.) Kearney & Peebles	H	P	BPQ, BA, P, M
FAGACEAE	<i>Quercus</i>	<i>candicans</i>		AB		
FAGACEAE	<i>Quercus</i>	<i>castanea</i>		AB		
FAGACEAE	<i>Quercus</i>	<i>crassifolia</i>		AB		

**CUADRO 2. INVENTARIO FLORÍSTICO DE LA ZONA DE BORDE**

ESTRATO: **H**= herbáceo, **Ar**= arbustivo. HÁBITO: **P**= perenne, **A**= anual. TIPO DE VEGETACIÓN: **BQ**= bosque de *Quercus*, **cBQ**= claros en bosque de *Quercus*, **BQp**= bosque de *Quercus* perturbado, **BQP**= bosque de *Quercus-Pinus*, **BP**= bosque de *Pinus*, **cBP**= claros en bosque de *Pinus*, **BPp**= bosque de *Pinus* perturbado, **BA**= bosque de *Abies*, **cBA**= claros en bosque de *Abies*, **BJ**= Bosque de *Juniperus*, **BMM**= bosque mesófilo de montaña, **P**= pastizal, **Pa**= Pastizal alpino y subalpino, **Pp**= pastizal perturbado, **M**= matorral, **Ms**= matorral secundario, **MX**= matorral xerófilo, **SP**= sitios perturbados, **SD**= sitios deforestados, **VS**= vegetación secundaria, **TSH**= terrenos con suelos húmedos, **ZH**= zonas húmedas, **ZS**= zonas semiáridas, **PH**= praderas húmedas, **Pan**= pantano.

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	DESCRIPTOR	ESTRATO	HÁBITO	TIPO DE VEGETACIÓN
FAGACEAE	<i>Quercus</i>	<i>obtusata</i>		AB		
GARRYACEAE	<i>Garrya</i>	<i>longifolia</i>	Rose	Ab		
IRIDACEAE	<i>Tigridia</i>	<i>sp.</i>	OCT	H		
LABIATAE	<i>Salvia</i>	<i>laevis</i>	Benth.	H	P	BQ, P, MX
LABIATAE	<i>Salvia</i>	<i>lavanduloides</i>	Benth.	H	P	cBQ, BQ, BQP
LABIATAE	<i>Salvia</i>	<i>mexicana var mexicana</i>	L.	H, Ab	P	BQ, P
LABIATAE	<i>Salvia</i>	<i>patens</i>	Cav.	H	P	BQ
ONAGRACEAE	<i>Lopezia</i>	<i>miniata</i>	Lag. ex DC.	Ab	A, P	BQ
ONAGRACEAE	<i>Lopezia</i>	<i>racemosa</i>	Cav.	Ab	A, P	BQ, P, SP
ORCHIDACEAE	<i>Bletia</i>	<i>reflexa</i>	Lindl.	H		BQ,
ORCHIDACEAE	<i>Govenia</i>	<i>liliaceae</i>	(Lex.) Lindl.	H		
ORCHIDACEAE	<i>Malaxis</i>	<i>fastigiata</i>	(Reichb. f.) Kuntze	H	P	BQ, BP, P, M
OXALIDACEAE	<i>Oxalis</i>	<i>jacquiniana</i>	H.B.K.	H		BQ, BP, BA, P
PIPERACEAE	<i>Peperomia</i>	<i>campylotropa</i>	Hill.	H	P	BQ, BP, P, MX
POACEAE	<i>Aegopogon</i>	<i>cenchroides</i>	Humb. & Bonpl. ex Willd.	H	P	BQ, P, SP, SP
POACEAE	<i>Bromus</i>	<i>carinatus</i>	Hook. & Arn.	H	P	BQ, P, BP, M, SP,
POACEAE	<i>Eragrostis</i>	<i>intermedia</i>	Hitch.	H	P	cBQ,
POACEAE	<i>Muhlenbergia*</i>	<i>aff glauca*</i>	(Ness) Mez	H	P	
POACEAE	<i>Muhlenbergia*</i>	<i>aff seatoni*</i>	Scribn.	H	P	
POACEAE	<i>Panicum</i>	<i>bulbosum</i>	H.B.K.	H	P	BQP, P, M
POACEAE	<i>Stipa</i>	<i>constricta</i>	Hitch.	H	P	P, MX

**CUADRO 2. INVENTARIO FLORÍSTICO DE LA ZONA DE BORDE**

ESTRATO: **H**= herbáceo, **Ar**= arbustivo. HÁBITO: **P**= perenne, **A**= anual. TIPO DE VEGETACIÓN: **BQ**= bosque de *Quercus*, **cBQ**= claros en bosque de *Quercus*, **BQp**= bosque de *Quercus* perturbado, **BQP**= bosque de *Quercus-Pinus*, **BP**= bosque de *Pinus*, **cBP**= claros en bosque de *Pinus*, **BPp**= bosque de *Pinus* perturbado, **BA**= bosque de *Abies*, **cBA**= claros en bosque de *Abies*, **BJ**= Bosque de *Juniperus*, **BMM**= bosque mesófilo de montaña, **P**= pastizal, **Pa**= Pastizal alpino y subalpino, **Pp**= pastizal perturbado, **M**= matorral, **Ms**= matorral secundario, **MX**= matorral xerófilo, **SP**= sitios perturbados, **SD**= sitios deforestados, **VS**= vegetación secundaria, **TSH**= terrenos con suelos húmedos, **ZH**= zonas húmedas, **ZS**= zonas semiáridas, **PH**= praderas húmedas, **Pan**= pantano.

FAMILIA	GÉNERO	ESPECIE	DESCRIPTOR	ESTRATO	HÁBITO	TIPO DE VEGETACIÓN
POACEAE	<i>Tripsacum</i>	<i>sp.</i>	JUN	H		
POLEMONIACEAE	<i>Loeselia</i>	<i>mexicana</i>	(Lam.) Brand	Ab		BQp, BJ, P, M
POLYGALACEAE	<i>Monnina</i>	<i>ciliolata</i>	DC.	Ab	P	BQ, BP, BA, BMM
ROSACEAE	<i>Amelanchier</i>	<i>denticulata</i>	(H.B.K.) Koch.	Ab	P	BA, P, M
ROSACEAE	<i>Crataegus</i>	<i>mexicana</i>	Moc. & Sessé	AB	P	BQP, BA, VS
ROSACEAE	<i>Prunus</i>	<i>serotina</i>	Ehrh.	AB	P	BQ, BP, SP,
RUBIACEAE	<i>Bouvardia</i>	<i>ternifolia</i>	(Cav.) Schlecht.	H, Ab	P	BQ, BP, P, SP
RUBIACEAE	<i>Crusea</i>	<i>longiflora</i>	(Willd. ex Roe. & Schult.) Anderson	H	A	BQ, BPQ, BP, BMM, P, M
RUBIACEAE	<i>Didymaea</i>	<i>alisinoides</i>	(Schlecht. & Cham.) Standl.	H	P	BQ, BP
RUBIACEAE	<i>Galium</i>	<i>aschenbornii</i>	Schauer.	H	P	BQ, BP
SOLANACEAE	<i>Cestrum</i>	<i>thyrsoideum</i>	H.B.K.	Ab	P	BQ, BA
SOLANACEAE	<i>Physallis</i>	<i>orizabae</i>	Don	H	P	BQ, BP, P
SOLANACEAE	<i>Solanum</i>	<i>nigrescens</i>	Mart. & Gal.	H		BQ, P, M, VS
VERBENACEAE	<i>Verbesina</i>	<i>tetraptera</i>	(Ort.) A. Gray.	H	P	BQ, P, M, SP
VIOLACEAE	<i>Viola</i>	<i>grahamii</i>	Benth.	H		cBQ, SP

## APÉNDICE V: DESCRIPTORES ESTADÍSTICOS

**CUADRO 1. VARIABLES BIOLÓGICAS QUE SE REGISTRARON DURANTE EL AÑO DE MONITOREO DE LA PRIMERA PLANTACIÓN DE *Quercus candicans* Née.**

VARIABLES: **D**= diámetro, **A**= altura, **CT**= cobertura total, **NH**= número de hojas. ESTADÍSTICOS: **PROM**= promedio, **EE Med**= error estándar de la media, **DE**= desviación estándar, **Coef Var**= coeficiente de variación, **MIN**= Mínimo, **MDN**= mediana, **MAX**= máximo.

Variable	Ambiente	N	PROM	EE Med	CoefVar	MIN	MAX
A (cm)	Abierto	16	36.57	1.66	18.12	28	49.5
	Borde	20	30.65	1.73	25.17	22	46
CT (cm <sup>2</sup> )	Abierta	16	267.1	38	56.97	0	452.4
	Borde	20	248.6	33.7	60.65	63.6	683.5
D (cm)	Abierta	16	0.88	0.03	13.85	0.65	1.1
	Borde	20	0.56	0.02	22.15	0.4	0.85
NH	Abierta	16	4.71	0.74	62.82	0	13
	Borde	20	2.43	0.16	30.65	1.41	4.24

**CUADRO 2. VARIABLES BIOLÓGICAS QUE SE REGISTRARON DURANTE SEIS MESES DE MONITOREO DE LA SEGUNDA PLANTACIÓN DE *Quercus candicans* Née.**

VARIABLES: **D**= diámetro, **A**= altura, **CT**= cobertura total, **NH**= número de hojas. ESTADÍSTICOS: **PROM**= promedio, **EE Med**= error estándar de la media, **DE**= desviación estándar, **Coef Var**= coeficiente de variación, **MIN**= Mínimo, **MDN**= mediana, **MAX**= máximo.

Variable	Ambiente	N	PROM	EE Med	CoefVar	MIN	MAX
A (cm)	Abierto	67	29.57	0.83	23.16	17	49
	Borde	98	29.74	0.78	26.07	8	50
CT (cm <sup>2</sup> )	Abierta	67	377.3	28.7	62.23	0	1075.2
	Borde	98	442	21.8	48.83	0	1210
D (cm)	Abierta	67	0.66	0.01	19.75	0.3	1.1
	Borde	98	0.57	0.01	20.48	0.31	1
NH	Abierta	67	9.74	0.78	65.76	0	38
	Borde	98	10.89	0.57	51.8	0	31

**CUADRO 3. VARIABLES BIOLÓGICAS QUE SE REGISTRARON EN LAS PLÁNTULAS EMERGIDAS, DURANTE SEIS MESES DE MONITOREO DE LA SEGUNDA SIEMBRA DE SEMILLAS GERMINADAS DE *Quercus candicans* Née.**

VARIABLES: **D**= diámetro, **A**= altura, **CT**= cobertura total, **NH**= número de hojas. ESTADÍSTICOS: **PROM**= promedio, **EE Med**= error estándar de la media, **DE**= desviación estándar, **Coef Var**= coeficiente de variación, **MIN**= Mínimo, **MDN**= mediana, **MAX**= máximo.

Variable	Ambiente	N	PROM	EE Med	CoefVar	MIN	MAX
A (cm)	Abierto	45	6.827	0.272	26.76	3.5	10
	Borde	14	8.8	0.853	36.26	3	14
CT (cm <sup>2</sup> )	Abierta	45	85.05	5.31	41.87	9.62	165.13
	Borde	14	58.65	9.47	60.41	3.98	103.87
D (cm)	Abierta	45	0.28	0.009	21.97	0.17	0.46
	Borde	14	0.21	0.04	71.69	0.11	0.7
NH	Abierta	45	8.24	0.40	32.93	2	15
	Borde	14	4.57	0.48	39.98	1	8

**CUADRO 4. VARIABLES AMBIENTALES QUE SE REGISTRARON DURANTE EL AÑO DE MONITOREO DE LA PRIMERA PLANTACIÓN DE *Quercus candicans* Née.**

VARIABLES: **TA**= temperatura del aire, **HRA**= humedad relativa del aire, **TS**= temperatura del suelo, **HRS**= humedad relativa del aire, **L**= luminosidad. ESTADÍSTICOS: **PROM**= promedio, **EE Med**= error estándar de la media, **DE**= desviación estándar, **Coef Var**= coeficiente de variación, **MIN**= Mínimo, **MDN**= mediana, **MAX**= máximo.

Variable	AMBIENTE	N	PROM	EE Med	CoefVar	MIN	MAX
TA (°C)	Abierta	12	15.93	0.64	14.11	13.03	20.183
	Borde	12	13.33	0.58	15.16	10.28	16.964
HRA (%)	Abierta	12	61.71	5.2	29.22	37.34	86.96
	Borde	12	62.73	5.74	31.7	32.98	89.27
TS (°C)	Abierta	12	19.46	0.70	12.55	16.44	24.177
	Borde	11	13.85	0.48	11.63	10.92	16.096
HRS (%)	Abierta	12	16.2	3.53	75.51	4.83	34.2
	Borde	12	33.5	6.35	65.62	11.39	62.43
L (lum/pie <sup>2</sup> )	Abierta	12	4676	515	38.16	1257	6924
	Borde	12	751	195	89.96	238	2600

**CUADRO 5. VARIABLES AMBIENTALES QUE SE REGISTRARON DURANTE LOS SEIS MESES DE MONITOREO DE LA SEGUNDA PLANTACIÓN DE *Quercus candicans* Née.**

VARIABLES: **TA**= temperatura del aire, **HRA**= humedad relativa del aire, **TS**= temperatura del suelo, **HRS**= humedad relativa del aire, **L**= luminosidad. ESTADÍSTICOS: **PROM**= promedio, **EE Med**= error estándar de la media, **DE**= desviación estándar, **Coef Var**= coeficiente de variación, **MIN**= Mínimo, **MDN**= mediana, **MAX**= máximo.

Variable	AMBIENTE	N	PROM	EE Med	CoefVar	MIN	MAX
TA (°C)	Abierta	6	15.20	0.312	16.56	10.602	20.611
	Borde	6	13.42	0.292	17.56	8.905	18.646
HRA (%)	Abierta	6	58.12	2.08	28.81	32.55	96.06
	Borde	6	60.62	2.18	28.93	30.03	95.12
L (lum/pie <sup>2</sup> )	Abierta	6	5114	1211	189.39	17.9	78827
	Borde	6	739.6	72.7	78.63	10.1	3249.6
TS (°C)	Abierta	6	18.87	0.348	14.74	10.89	26.335
	Borde	6	13.59	0.242	14.16	9.65	19.207
HRS (%)	Abierta	6	16.2	1.62	77.59	2.19	44.17
	Borde	6	33.5	2.95	68.22	7.04	98.01