



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

# POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE ECOLOGÍA

*“Restauración Ecológica de la Barranca de  
Tarango, D.F., mediante la reintroducción de  
la especie nativa Quercus rugosa Née.”*

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CON ORIENTACIÓN EN  
RESTAURACIÓN ECOLÓGICA**

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DRA. ANA ELENA MENDOZA OCHOA

COMITÉ TUTOR: DRA. CONSUELO BONFIL SANDERS  
DR. ANTONIO AZUELA DE LA CUEVA

MÉXICO, D.F.

ABRIL, 2011



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.





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

# POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS

INSTITUTO DE ECOLOGÍA

*“Restauración Ecológica de la Barranca de  
Tarango, D.F., mediante la reintroducción de  
la especie nativa Quercus rugosa Née.”*

# TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

**MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS  
CON ORIENTACIÓN EN  
RESTAURACIÓN ECOLÓGICA**

TUTOR PRINCIPAL DE TESIS: DRA. ANA ELENA MENDOZA OCHOA

COMITÉ TUTOR: DRA. CONSUELO BONFIL SANDERS  
DR. ANTONIO AZUELA DE LA CUEVA

MÉXICO, D.F.

ABRIL, 2011

**Dr. Isidro Ávila Martínez**  
**Director General de Administración Escolar, UNAM**  
**Presente**

Me permito informar a usted que en la reunión ordinaria del Comité Académico del Posgrado en Ciencias Biológicas, celebrada el día 24 de noviembre de 2008, se aprobó el siguiente jurado para el examen de grado de **MAESTRA EN CIENCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGÍA AMBIENTAL)** del (la) alumno (a) **HERNÁNDEZ GARCÍA CLAUDIA IVETTE** con número de cuenta **504008876** con la tesis titulada **“Restauración ecológica de la Barranca Tarango, mediante la reintroducción de la especie nativa *Quercus rugosa* Neé”**, realizada bajo la dirección del (la) **DRA. ANA ELENA MENDOZA OCHOA**:

Presidente: M. EN D. ANTONIO AZUELA DE LA CUEVA  
Vocal: DR. ARTURO FLORES MARTÍNEZ  
Secretario: DRA. ANA ELENA MENDOZA OCHOA  
Suplente: DR. EFRAIN TOVAR SÁNCHEZ  
Suplente: DRA. MA. DEL CONSUELO BONFIL SANDERS

Sin otro particular, me es grato enviarle un cordial saludo.

**Atentamente**  
**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”**  
Cd. Universitaria, D.F., a 02 de febrero de 2011.

*M. del Coro Arizmendi*  
**Dra. María del Coro Arizmendi Arriaga**  
**Coordinadora del Programa**

c.c.p. Expediente del (la) interesado (a)

## **AGRADECIMIENTOS**

### **POSGRADO EN CIENCIAS BIOLÓGICAS**

Al Posgrado y todo su personal les doy las gracias por haberme dado la oportunidad de continuar con mis estudios, por el apoyo que recibí en todo momento y por la calidez que me brindaron.

### **CONACYT**

Es indudable que sin el apoyo financiero que me han brindado me hubiera sido imposible continuar con mis estudios.

### **COMITÉ TUTORAL**

Les agradezco que hayan estado conmigo en cada paso de mi formación, orientándome, guiándome y brindándome toda su experiencia.

Al Maestro Azuela, por ser fuente inspiradora de la parte social y jurídica de mi trabajo, para usted todo mi cariño, respeto y admiración.

Al Dr. Arturo Flores, por ayudarme en los momentos más difíciles y confiar en mi, todo mi cariño y mi agradecimiento.

A la Dra. Bonfil, por sus seminarios y consejos, al Dr. Efraín Tovar por su confianza y apoyo y en especial a la Dra. Ana Mendoza agradezco por enseñarme a ser perseverante y no darme por vencida. ¡Mil gracias!

A Rocío Esteva por la ayuda en la parte operativa, pero sobre todo por las enseñanzas de vida que me deja sobre el significado de la amistad.

Al Ing. Alejandro Loera y personal de la Delegación Álvaro Obregón, que me apoyo para la plantación y el riego durante mi experimento.

Al vivero de Netzahualcóyotl que donó las plantas, ya que sin su valiosa colaboración no habría sido posible realizar este estudio.

Al Lic. Miguel Ángel Cancino quién me facilito los archivos necesarios para el análisis jurídico de la tenencia de la tierra.

## ÍNDICE

<b>I. RESUMEN.....</b>	<b>11</b>
<b>II. ABSTRACT.....</b>	<b>13</b>
<b>III. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>IV. OBJETIVOS.....</b>	<b>23</b>
II.1 General: .....	23
II.2 Particulares: .....	23
<b>V. MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
III.1. Descripción de la zona de estudio. ....	24
III.2. Características generales de los encinos.....	36
III.3. Descripción de la especie en estudio.....	39
III.4. Sitios de estudio.....	43
III.5. Diseño experimental. ....	48
<b>VI. RESULTADOS.....</b>	<b>53</b>
IV.1. Crecimiento.....	53
VI.1.1 Área basal.....	53
VI.1.2 Altura.....	54
VI.2 Supervivencia. ....	56
VI.3 Análisis de Suelos.....	58
VI.4 Evaluación de la situación jurídica de la Barranca de Tarango.....	59
<b>VII. DISCUSIÓN.....</b>	<b>71</b>
<b>VIII. CONCLUSIONES.....</b>	<b>90</b>
<b>IX. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>93</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

- Figura 1.** Vista aérea satelital del sistema de barrancas del poniente de la Ciudad de México, se señala con amarillo la ubicación de la Barranca de Tarango y con gris los límites del Distrito Federal. Imagen Modificada del Sistema de Información Satelital Google 2007.....**24**
- Figura 2.** Vista aérea de la Barranca de Tarango, se observan los desarrollos urbanos que la rodean .....**25**
- Figura 3.** Principales afluentes de la Delegación Álvaro Obregón, donde se muestra: 1. Desviaciones del cauce principal, 2. Corriente principal, 3. Cerros; modificado a partir del original que se encuentra en el Atlas del uso del suelo de la Republica Mexicana. Dirección General de Agricultura. Cartografía Sinóptica. SARH, 1980. ....**28**
- Figura 4.** Pastos amacollados de *Muhlenbergia* sp. que crecen en el sotobosque de los encinares en etapa sucesional; es posible observar algunos árboles maduros de encino intercalados con fresnos y eucaliptos. ....**30**
- Figura 5.** Vista panorámica de la Barranca de Tarango en la zona mejor conservada, donde se observan encinos de diversas especies. ....**33**
- Figura 6.** Fotografía panorámica del Parque Tarango; se marcan las coordenadas geográficas del parque. Imagen Modificada del Sistema de Información Satelital Google 2007 .....**35**
- Figura 7.** Sitios seleccionados con base en el grado de perturbación, en el parque Tarango.....**43**
- Figura 8.** Vista del área no perturbada, dentro del parque Tarango, en la Barranca de Tarango, Álvaro Obregón, D.F., México. ....**44**
- Figura 9.** Vista del área perturbada en el parque Tarango, dentro de la Barranca de Tarango, Álvaro Obregón, D.F., México. ....**45**

<b>Figura 10.</b> Sitios seleccionados con base en el grado de perturbación (en rojo); y las parcelas de trabajo que se establecieron para la reintroducción de plantas de <i>Quercus rugosa</i> (en amarillo). .....	<b>46</b>
<b>Figura 11.</b> Diseño experimental. En el primer nivel de color azul, se encuentran los sitios, en el segundo nivel en color blanco se anidan los micrositos a los sitios y en el tercer nivel de color verde, la edad de las plantas. ....	<b>48</b>
<b>Figura 12.</b> Incremento en área basal ( $x \pm 1$ e.e) de individuos sometidos a diferentes tratamientos un año después de haber sido plantados en la Barranca de Tarango. Letras diferentes muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), de acuerdo con la prueba de Tukey. P=sitio perturbado; NP=sitio no perturbado.....	<b>54</b>
<b>Figura 13.</b> Incremento en altura ( $x \pm 1$ e. e.) de individuos sometidos a diferentes tratamientos un año después de haber sido plantados en la Barranca de Tarango. Letras diferentes muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), de acuerdo con la prueba de Tukey. P=sitio perturbado; NP=sitio no perturbado.....	<b>55</b>
<b>Figura 14.</b> Supervivencia ( $x \pm 1$ e.e) de individuos sometidos a diferentes tratamientos un año después de haber sido plantados en la Barranca de Tarango. Letras diferentes muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), de acuerdo con la prueba de Tukey. P=sitio perturbado; NP=sitio no perturbado.....	<b>57</b>
<b>Figura 15.</b> Dependencia de gobierno con atribuciones legales sobre las Barrancas del Distrito Federal. Fuente SMA.....	<b>59</b>
<b>Figura 16.</b> Uso de suelo en la Barranca de Tarango de acuerdo al Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de 1997 vigente a la fecha. La zona que enmarca el óvalo es la Barranca de Tarango.....	<b>66</b>
<b>Figura 17.</b> Tipo de propiedad en la Barranca de Tarango según el Registro Público de la propiedad en 2005.....	<b>69</b>

# ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Características de las parcelas de estudio ubicadas en dos sitios con diferente grado de perturbación en la Barranca Tarango, Delegación Álvaro Obregón, D.F.....	<b>47</b>
<b>Cuadro 2.</b> Resultado del análisis de varianza del incremento en área basal como variable de respuesta.....	<b>53</b>
<b>Cuadro 3.</b> Resultado del análisis de varianza del incremento en altura como variable de respuesta.....	<b>55</b>
<b>Cuadro 4.</b> Resultado del análisis de varianza de la supervivencia como variable de respuesta.....	<b>56</b>
<b>Cuadro 5.</b> Propiedades físicas del suelo (pH = potencial de hidrógeno; CE = conductividad eléctrica) en los sitios de estudios de la Barranca Tarango.....	<b>58</b>
<b>Cuadro 6.</b> Uso de suelo en la Barranca de Tarango de acuerdo con el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de 1997 vigente a la fecha.....	<b>65</b>
<b>Cuadro 7.</b> Tipos de propiedad que prevalecen en la Barranca de Tarango. ....	<b>68</b>
<b>Cuadro 8.</b> Situación que prevalece en la Barranca de Tarango, con implicaciones jurídicas vigentes. ....	<b>70</b>

## I. RESUMEN

Las actividades humanas han generado una fuerte presión sobre los ecosistemas naturales, acabando con ellos o confinándolos a espacios reducidos; la Ciudad de México no escapa a esta problemática y requiere de soluciones integrales que le permitan seguir desarrollándose, sin descuidar las áreas de valor ambiental que existen en su territorio. Las barrancas del poniente del Distrito Federal albergan remanentes de bosques de pino-encino, por su ubicación brindan importantes servicios ambientales a la ciudad y han sido objeto de degradación. En especial la Barranca de Tarango que por su extensión y diversidad juega un papel importante en la protección, conservación y restauración del ambiente en el Distrito Federal. Ante este desafío, la restauración ecológica, surge como una opción, que puede resolver los problemas de degradación de la Barranca de Tarango.

Basados en estas premisas, se planeó un experimento en la Barranca de Tarango que permitiera proponer las mejores estrategias para su restauración, mediante la reintroducción de la especie nativa de encino *Quercus rugosa*, evaluando el efecto del sitio (perturbado y no perturbado), el micrositio (arbusto o pasto) y la edad de las plantas (uno y tres años) sobre su supervivencia y crecimiento (incremento en altura y en área basal). Así mismo se evaluó la situación jurídica de la barranca con respecto al uso de suelo y al régimen de propiedad. Se seleccionaron dos sitios (perturbado y no perturbado); en donde se sembró un total de 480 plantas, 240 en cada uno. Para ello, se establecieron 3 parcelas en cada sitio, en donde se sembraron 80 plantas, 40 correspondientes a plantas de un año de edad y 40 a plantas de tres años de edad. La mitad de las plantas de cada edad (20) se sembró bajo la sombra de arbustos y la otra mitad (20) bajo la sombra de pastos. Como resultado del experimento se observó que el crecimiento en área basal de los individuos sembrados en el Sitio Perturbado no difiere significativamente ni entre edades ni entre micrositios. Sin embargo, en el sitio No Perturbado, las plantas de un año de edad crecen significativamente más que las plantas de tres años plantadas bajo la sombra de pastos y de arbustos. De las interacciones de las variables, se observó un efecto significativo de la edad sobre el sitio, ya que el

crecimiento de las plantas de 1 año difiere significativamente en una zona no perturbada; al comparar las medias del crecimiento en función del área basal se observó que las plantas de 1 año en el sitio no perturbado crecieron significativamente más que el resto de las plantas en los diversos tratamientos. En el crecimiento en altura se encontró que los individuos en el sitio No perturbado presentan un crecimiento mayor que los del sitio Perturbado: el crecimiento en altura de los individuos plantados tanto en el Sitio Perturbado como en el No Perturbado difiere significativamente entre edades: las plantas de 1 año crecieron más que las plantas de 3 años, independientemente del sitio y del micrositio. De las interacciones de las variables, se observó un efecto significativo de la edad y de la edad sobre el sitio. La supervivencia de los individuos plantados en el Sitio Perturbado difiere significativamente de la de los del sitio No Perturbado, siendo mayor en el sitio perturbado; las plantas de un año presentaron una mayor supervivencia que las de 3 años, independientemente del micrositio. La interacción sitio x micrositio x edad resultó significativa, ya que el sitio perturbado con plantas de un año, creciendo bajo la sombra de pastos, es el tratamiento en el cual las plantas presentaron una supervivencia significativamente mayor que en el resto de los tratamientos.

En relación con los aspectos jurídicos se revisaron las leyes ambientales aplicables así como los registros públicos de la propiedad. Se detectó que uno de los problemas a los que se enfrenta la Barranca es la pobre legislación ambiental y urbana. Se encontró que los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico no son consistentes y uniformes en cuanto a la zonificación y los usos de suelo. Se reporta que en la Barranca de Tarango se presentan cuatro criterios de zonificación normativa: habitacional, de equipamiento, de espacios abiertos y áreas verdes de valor ambiental. Se concluye que la mayor parte del territorio de la Barranca es de propiedad privada mientras el resto es propiedad del Gobierno del Distrito Federal o se encuentra sin un dueño legal.

## II. ABSTRACT

Ecological restoration is a discipline that has recently been created as a proposal to address the problems of ecosystem degradation. Since ecological restoration poses restore conditions that were in a period of time, it is necessary to collect all possible information as a reference to the ecosystem to return to the state desired. (Márquez-Huitzil 1999).

For this work, we consider the reintroduction of a native species of oak, were proposed some indicators of success (the survival and growth), to issue recommendations for future restoration of the entire canyon and described the legal that apply to the preservation and sustainable use of the canyons, to ensure the success of restorative measures to be implemented.

Through the experiment sought to answer the following questions: 1) the ability of plants to survive is related to the degree of disturbance ", 2) contributes to the establishment and growth of plants the effect that a mother tree and or bush could provide?, 3) survival and development of plants is related to the age when they are reintroduced to their natural environment? and therefore 4) the parameters analyzed (disturbance, microsite and age) have some relation to one another, which is significantly favorable for the establishment and growth of the species *Quercus rugosa*?

We used a total of 480 plants, 240 were planted in the area undisturbed and 240 remaining in the disturbed area in each plot were planted 80 plants of different ages 2, 40 plants under 1 years old, and 40 to plants 3 years old, was planted half of the plants (20) of each age in the shade of bushes and the other half (20) under the shade of grass.

Of the interactions of variables, it was noted that there is an effect of age on the site, which significantly affects the growth rate of basal area. In the case of plant height of 1 years of age increased significantly over 3 years of the plants,

regardless of the site where they were planted. In the evaluation of survival was obtained for the case of the site, that survival is greater in the disturbed site compared with the undisturbed site, the age was observed for the plants to 1 year of age are more successful in terms of survival.

In relation to the legal sense that one of the main problems faced by the Barranca is a function of environmental law and urban programs in specific urban development and environmental management, are not consistent and uniform in the zoning and land uses.

### III. INTRODUCCIÓN

La restauración ecológica es una disciplina que se ha creado recientemente como una propuesta para atender los problemas de degradación de los ecosistemas. En 1985, de manera formal, se creó el término de restauración ecológica, refiriéndose a la aplicación de conceptos, principalmente ecológicos, a favor de la recuperación de los ecosistemas (Aber y Jordan 1985). Sin embargo, en Norteamérica se considera que los trabajos de restauración ecológica iniciaron con el trabajo de Leopold en 1935 (Jordan III *et al.* 1987), quién trató de recuperar la vegetación natural de una pradera; desde entonces, los trabajos en la materia se han ido perfeccionando, sin embargo, pocos científicos han utilizado la restauración ecológica en todo su potencial (Sánchez *et al.* 2005).

Partiendo del hecho que la restauración ecológica es una disciplina de reciente aparición, existen varias definiciones que intentan describir el quehacer de esta nueva ciencia, por ejemplo para Bradshaw 1987, Ewel 1987, Jordan III *et al.* 1987, Meffé *et al.* 1994 y para la Society for Ecological Restoration 2004, la restauración ecológica se define como la búsqueda de la recuperación de la estructura, función y autosuficiencia semejantes a las presentadas previamente en un ecosistema que ha sido degradado. De acuerdo con Parker y Pickett (1997), los ecosistemas, como sistemas dinámicos, se encuentran influenciados por factores externos que provocan que las características intrínsecas varíen dentro de un intervalo a lo largo del tiempo, por lo que la premisa básica para la restauración consiste en definir un punto en el tiempo y las características que en ese momento imperan, para tratar de restablecerlas. Aunque todas las definiciones conducen a la recuperación de los

ecosistemas, cada autor le da relevancia a un elemento (estructura, función, temporalidad, etc), por lo que el tema de la restauración se vuelve complejo.

Brown *et al.* (1986) mencionan que restaurar un ecosistema significa regresarlo al estado previo a su degradación, lo que puede requerir desde una ligera intervención, hasta tratar de reconstruir la estructura y funcionamiento de uno o varios de los componentes del sistema. En estos términos, es posible observar que el campo de acción de la restauración es muy amplio, y que el grado de intervención está directamente relacionado con la magnitud de la degradación. Sin embargo, el objetivo final que se persigue es crear un ecosistema autosuficiente que sea resistente a la perturbación sin ayuda adicional (Urbanska *et al.* 1997, SER 2004). Para el desarrollo de proyectos de este tipo, es necesario combinar los principios teóricos y experiencias de la ecología, con acciones prácticas que reestablezcan las condiciones previas a la degradación (Marquez-Huitzil 1999, Bradshaw 1987).

Algunos autores como Ewel (1987) y Brown (1986), consideran esencial tomar en cuenta parámetros ecológicos para desarrollar proyectos de restauración, entre los más importantes destacan la productividad, la retención de nutrientes, las características del suelo, el efecto de la orientación de la ladera y las interacciones biológicas (sucesión, herbivoría, competencia y nodricismo). Higgs (1990), menciona que una buena restauración necesita además de los aspectos ya planteados incluir, aspectos históricos, sociales, culturales, políticos, estéticos y morales; de tal forma que los proyectos de restauración contemplen no solo el contexto biológico, sino también el social.

Aunque no se cuenta con una metodología que nos indique paso a paso como resolver los problemas de restauración para cada ecosistema, sí existen algunos aspectos básicos comunes que deben considerarse en los proyectos de restauración ecológica (FISRWG 1998, Márquez-Huitzil 1999). Uno de ellos es identificar el o los factores que provocaron la degradación o disturbio (contaminación, invasión de especies, fragmentación, etc.) y en general es conveniente evaluar, a través de un grupo multidisciplinario, aquellos componentes del ecosistema (bióticos o abióticos) que hayan sido abatidos y planear conjuntamente la estrategia de restauración (Meffé y Carroll 1994), considerando las opiniones y preferencias de los dueños o usuarios de los terrenos.

Ya que la restauración ecológica plantea restablecer las condiciones que se encontraban en un periodo de tiempo determinado, es necesario recopilar toda la información posible que sirva de referencia para establecer el estado deseado (Márquez-Huitzil 1999). Esto es posible si se realiza una descripción detallada de la composición de especies y la estructura de la vegetación de las áreas mejor conservadas del ecosistema en cuestión. Resulta también muy útil identificar o proponer algunas variables indicadoras de la recuperación del ecosistema, de tal forma que sea posible evaluar el éxito del proyecto y decidir el momento donde ya se hace innecesaria la intervención del hombre (Meffé y Carroll 1994).

Algunas de las variables de éxito que se pueden analizar son: i) la sustentabilidad de la comunidad reconstruida, que indicaría la capacidad del ecosistema de producir nuevos individuos de las especies que se establezcan en el área restaurada, ii) la susceptibilidad del sitio de ser invadido por especies exóticas que

alteren la estructura del sistema, iii) la productividad de la comunidad antes y después de la restauración. Las interacciones biológicas también pueden ser evaluadas, ya que se espera que deben ser similares en la comunidad restaurada respecto a las del ecosistema antes de ser perturbado. La existencia y estabilidad de interacciones bióticas que puedan ser de gran importancia en el funcionamiento de algunos ecosistemas, como la polinización, la competencia, la herbivoría y el nodricismo, por mencionar algunas, también deben ser tomadas en cuenta (Aide y Cavelier 1994).

La aplicación del concepto de la restauración de los ecosistemas resulta complicado, sin embargo, es de gran utilidad en casos donde el deterioro ya es considerable y las opciones de conservación son escasas (DAO 2002). Tal es el caso de las grandes ciudades, como el Distrito Federal, con una problemática ambiental compleja, que requiere de soluciones integrales, y que bajo la perspectiva de la restauración ecológica, puede encontrar solución a algunos problemas de índole ambiental (DAO 2002). Las actividades que se realizan en la Ciudad de México (propias de la ciudad más importante del país) ejercen una gran presión sobre las áreas naturales, ya que no han sido planificadas; el abasto y los bienes y servicios en su mayoría dependen, en gran medida, de la producción que se genera en otras regiones. Ezcurra *et al.* 1990 plantean, que las pocas áreas naturales que tienen las grandes ciudades, adquieren un valor incalculable, ya que pueden brindar algunos servicios ambientales a las ciudades (recarga del acuífero, reservorios de flora y fauna y captura de carbono, entre otros) que no son autosuficientes, como la ciudad de México. Sin embargo, y de manera

contradictoria, estas zonas en general, se encuentran seriamente degradadas y presentan una visible alteración en sus procesos ecológicos (Moreno y Díaz-Betancourt 1989). Las barrancas de las zonas urbanas tienen una gran relevancia, ya que captan el agua de lluvia para la recarga del acuífero, regulan el clima y a su vez, son reservorios de flora y fauna. Sin embargo, la mayoría de las barrancas no han sido conservadas ni manejadas de forma adecuada; por el contrario, se han convertido en receptores de basura y de aguas negras generadas por los asentamientos humanos aledaños, así como de tiraderos de materiales de desecho de construcciones (DGBUyEA 2005).

La Ciudad de México posee un basto sistema de barrancas: uno de los más importantes es el Sistema de Barrancas del Poniente, que constituye un biotopo entre el Desierto de los Leones y las cañadas bajas de la cuenca del Distrito Federal. Aunque no forma parte del suelo de conservación del D.F., se ha convertido en uno de tantos ejemplos donde el mal uso de los recursos ha propiciado el deterioro ambiental (Ezcurra 1990), es por ello que el presente trabajo tiene como objetivo restaurar algunas de las zonas perturbadas de una de las Barrancas del Poniente del Distrito Federal (Barranca de Tarango), usando los principios de la restauración ecológica.

Es en este contexto que se plantea esta investigación, que pretende generar información básica para la restauración ecológica de un bosque de encinos establecido en un sistema de barrancas, atendiendo a la necesidad de recuperar estos valiosos ecosistemas.

Tomando en cuenta la riqueza biológica que representan los encinos para México, además de los servicios ambientales que ofrecen, tanto en el mundo como en nuestro país se han elaborado programas de mejoramiento de la cubierta forestal a partir de encinos, los cuales han evaluado el potencial de éstos de adaptarse a zonas degradadas y a su vez facilitan el reestablecimiento de la funciones ecosistémicas.

En el caso de *Quercus rugosa* existen algunos trabajos en donde se ha usado esta especie para reforestar como medida de rehabilitación o restauración. Entre los trabajos que dan sustento a este estudio se encuentran los realizados por Bonfil (1997, 1998 y 2003), que abordan temas como el efecto del micrositio sobre el crecimiento y la supervivencia, de *Quercus rugosa* bajo diferentes condiciones de perturbación y otros aspectos relacionados con la dinámica poblacional de la especie. Diferentes especies de encinos han sido usados como plantas que crean un micrositio benéfico a sus rebrotes o a plántulas de otras especies, protegiéndolos de estrés por calor, deficiencia de agua o nutrientes y herbivoría (Leirana y Parra 1999). También existen experimentos en los que se han encontrado micrositios favorables para la supervivencia y el crecimiento de las plántulas de algunas especies de encinos (Bonfil 2003).

El fenómeno de nodricismo ha sido descrito en varias regiones del mundo, para plantas anuales y perennes que se protegen a si mismas bajo un dosel de perennes. No obstante, el número de especies que tienden a establecerse de esta manera y las causas del proceso, no han sido estudiadas en profundidad. Algunas hipótesis han considerado la relevancia del micro hábitat bajo el dosel de plantas,

incluyendo las modificaciones producidas por los arbustos en el suelo (Castro *et al.* 2006).

Otras especies de encinos han sido utilizadas con fines de mejorar el funcionamiento y la estructura de los ecosistemas, tal es el caso de *Quercus falcata* y *Quercus alba*, especies propagadas por semillas donde se han encontrado tasas de supervivencia en plantas de hasta 95% (Cain *et al.* 2000). Existen además estudios que han demostrado la asociación de encinos como *Quercus rubra* con hongos ectomicorrizocos, dando como resultado una mejor adaptación al medio y presentando mayor supervivencia (Baxter *et al.* 1999). Se reportan también estudios más complejos, en los que se ha analizado la dinámica sucesional de bosques (pino-encino) después de varios años de haber reintroducido *Quercus gambelli* restaurándose la estructura y funcionamiento del bosque (Fule *et al.* 2002).

Con la información generada hasta el momento y mediante esta investigación, se pretende hacer un análisis detallado del comportamiento de *Quercus rugosa* en dos condiciones de perturbación diferente, en las cuales se evaluaron el crecimiento y la supervivencia de plantas de uno y tres años de edad; de manera simultánea se evaluó el efecto del micrositio sobre las mismas variables.

Mediante el experimento realizado se buscó responder a las siguientes preguntas:

1) ¿la capacidad de las plantas de sobrevivir ésta relacionada con el grado de perturbación?, 2) ¿contribuye al establecimiento y al crecimiento de las plantas el micrositio que algún árbol y/o arbusto pudiera proporcionar?, 3) ¿la supervivencia y

el establecimiento de las plantas está relacionada con su edad al ser reintroducidas a su medio natural? y en consecuencia, 4) ¿los parámetros analizados (perturbación, edad y micrositio) poseen alguna relación entre sí, que sea favorable para el establecimiento y crecimiento de los individuos de *Quercus rugosa*?

Finalmente, en virtud de los resultados obtenidos, se discuten algunas posibles prácticas de manejo para la restauración de la zona, que pueden ser aplicadas también en otras barrancas y bosques degradados en que domine *Quercus rugosa* en la cuenca de México.

#### IV. OBJETIVOS

**General:**

- Promover la restauración ecológica de una zona de la Barranca de Tarango, México, D.F., mediante la reintroducción de la especie nativa *Quercus rugosa* Née.

**Particulares:**

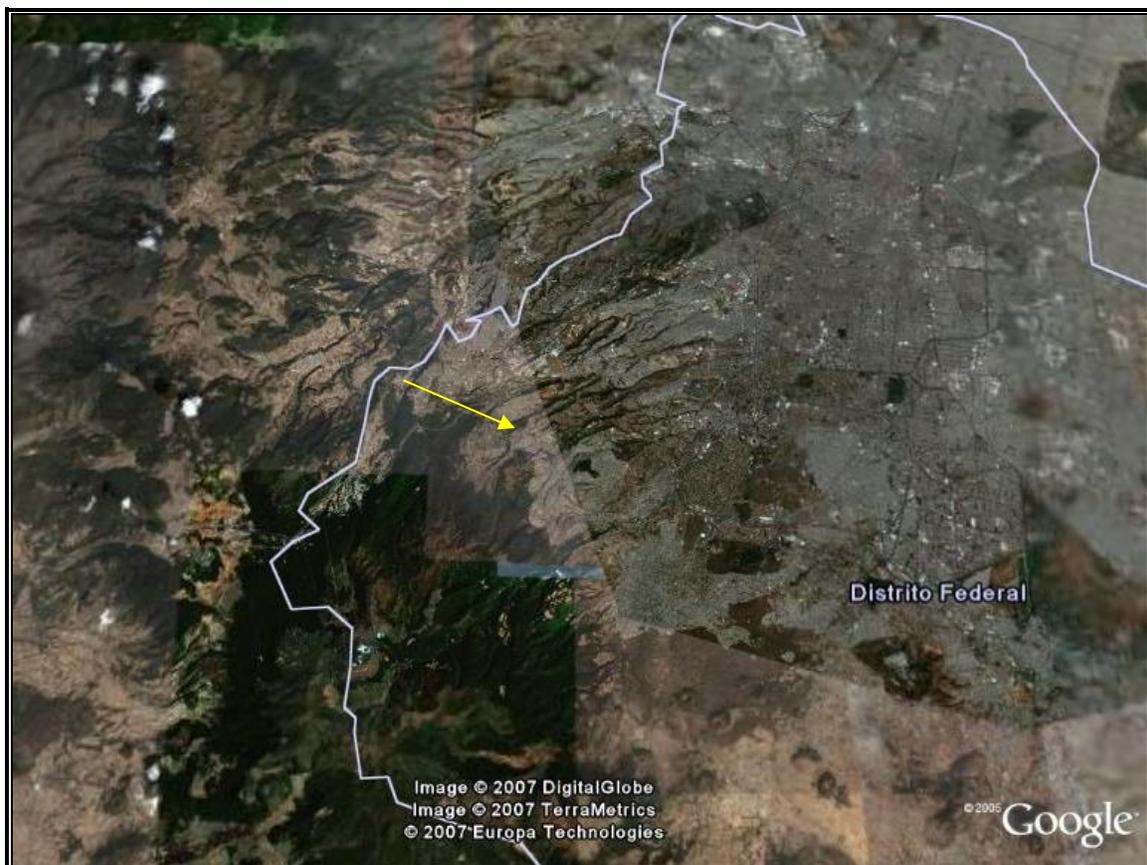
- Evaluar el efecto de la perturbación, el micrositio y la edad de las plantas de *Quercus rugosa* Née. reintroducidas en la Barranca de Tarango, sobre la supervivencia y el crecimiento de las mismas.
- Hacer una evaluación de la situación jurídica de la Barranca de Tarango, con el fin de promover el cumplimiento de las leyes existentes y de ser necesario, elaborar propuestas para mejorar la normatividad al respecto.
- Proponer algunas recomendaciones para la posible restauración de toda la Barranca de Tarango.

## V. MÉTODOS

### III.1. Descripción de la zona de estudio.

La Barranca de Tarango forma parte de un importante sistema de barrancas ubicadas al poniente de la ciudad de México (

Figura 18). Se ubica en la Delegación Álvaro Obregón, entre la Av. Centenario y la Calzada de las Águilas (DGBU y EA 2005).



**Figura 18.** Vista aérea satelital del sistema de barrancas del poniente de la Ciudad de México, se señala con amarillo la ubicación de la Barranca de Tarango y con gris los límites del Distrito Federal. Imagen Modificada del Sistema de Información Satelital Google 2007.

La barranca se extiende sobre una superficie aproximada de 280.34 ha, en una longitud de 5 km; se sitúa entre las coordenadas 19° 14' -19° 25' N y 99° 10' - 99° 20' W (Figura 19) (DGBU y EA 2005).



**Figura 19.** Vista aérea de la Barranca de Tarango, se observan los desarrollos urbanos que la rodean.

Este sitio se localiza en el poniente de la Ciudad de México, posee gran importancia para la captación e infiltración de agua de los mantos acuíferos de la ciudad (DGBU y EA 2005). Dadas sus características, alberga flora y fauna de gran importancia, pues funciona como corredor biológico entre el Desierto de los Leones y las zonas de las cañadas bajas de la cuenca (DGBU y EA 2005). La barranca y los arroyos que la limitan presentan problemas de deterioro ecológico por contaminación de suelo y agua, procesos erosivos, cambios en el uso del suelo y deforestación. Sin embargo, sus condiciones actuales hacen evidente el enorme potencial de restauración que aún conserva la zona (DGBU y EA 2005).

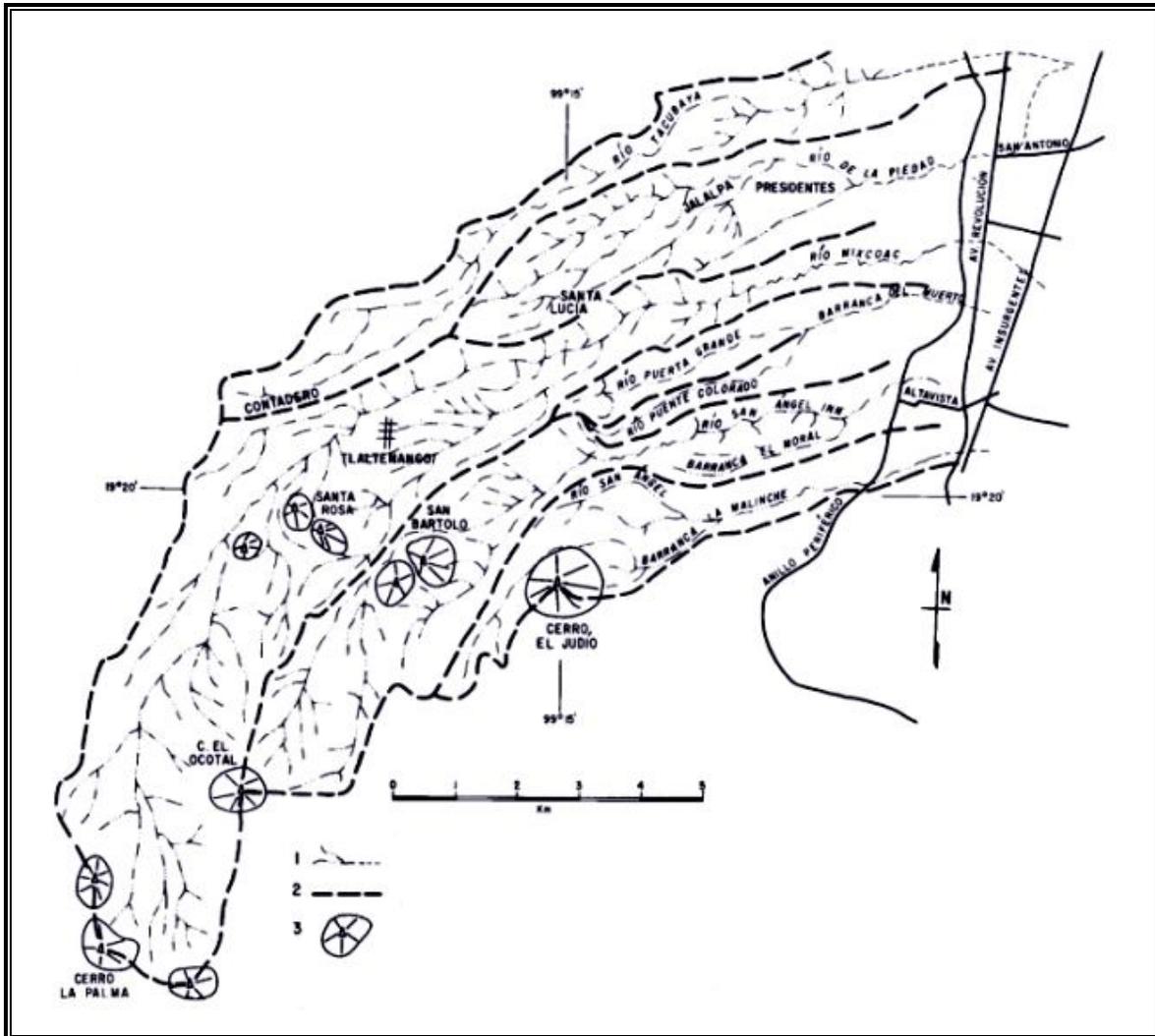
Aquí se desarrollan comunidades estables de bosque, matorral y pastizal, por lo que existe una alta biodiversidad. Ésta y las condiciones favorables del hábitat, permiten que las especies de fauna (en especial las aves) tengan buenos índices de reproducción (DAO 2004). La dinámica de los procesos regenerativos en la zona es sobresaliente a pesar de que continuamente han incidido sobre el área impactos humanos (DAO 2004). Desde el punto de vista social, existe una gran presión sobre el ecosistema, ya que colinda con áreas altamente urbanizadas (DAO 2004). Del total de la superficie de la barranca (280.34 has) aproximadamente 195 has son de propiedad privada, el resto son propiedad del Gobierno del Distrito Federal, particularmente de la Delegación Álvaro Obregón. (DAO 2002).

El clima en la barranca es templado, con temperatura media anual de 15.5° C y máxima de 17° C en los meses de abril a junio; las temperaturas mínimas se presentan de diciembre a febrero y alcanzan 13.2° C. La precipitación anual promedio es 1,100 mm, y se concentra en los meses de junio a septiembre (DAO 2002). En la zona que comprende a la barranca, se presentan dos tipos de suelo, los litosoles háplicos y los regosoles éutricos. Los primeros son de origen volcánico, presentan un espesor máximo de 30 cm y se localizan entre 2,300 y 2,500 m s.n.m.. (DAO 2002). Los segundos son de origen volcánico y de procesos de acumulación eólica, poco compactos, con un espesor máximo de 30 cm. de profundidad; textura gruesa y color café, presenta una permeabilidad rápida a moderada, pH ligeramente ácido (6.2 - 6.8), con concentraciones bajas o extremadamente bajas de potasio (menos del 1%), las concentraciones de

nitrógeno (aproximadamente del 3.5%) y fósforo (aproximadamente del 2%) son de moderadas a buenas (DAO 2002). La Barranca de Tarango se encuentra enclavada en la Sierra de las Cruces, con pendientes entre 4° - 8° en las lomas llegando hasta los 45° en los cauces donde se encuentran depresiones de hasta de 100 m de profundidad (DGBU y EA 2005).

El sistema hidrológico de la barranca (Figura 20) proviene de la Sierra de las Cruces y de una erosión remontante que se inicia en la ribera lacustre y corre en dos cauces paralelos, uno ubicado en Puente Colorado y el otro en Puerta Grande, ambos cauces se juntan en la Presa de Tarango y drenan sus aguas en dirección SW-NE, hacia el colector Barranca del Muerto. La subcuenca del río Tarango tiene una topografía accidentada y una longitud aproximada de 2 km, lo que propicia que la velocidad del escurrimiento sea muy fuerte (DGBU y EA.2005).

La vegetación natural de la Barranca de Tarango (Figura 22), correspondía originalmente, en casi toda su extensión, a bosque de encino. Derivado de distintos impactos humanos, la cubierta vegetal ha sido modificada en su mayor parte y en la actualidad el bosque de encino solo se presenta en las partes superiores de las cañadas del Arroyo Puente Colorado y Puerta Grande (DGBU y EA 2005).



**Figura 20.** Principales afluentes de la Delegación Álvaro Obregón, donde se muestra: 1. Desviaciones del cauce principal, 2. Corriente principal, 3. Cerros; modificado a partir del original que se encuentra en el Atlas del uso del suelo de la República Mexicana. Dirección General de Agricultura. Cartografía Sinóptica. SARH, 1980.

Con base en un estudio de campo realizado por personal de la Delegación Álvaro Obregón en el año 2000, se determinó que en la actualidad existen seis tipos principales de vegetación en la Barranca: Bosque de encino, Matorral subinérme, Pastizal (entendiéndose como una etapa sucesional del encinar en el cual dominan

los pastos y no como una comunidad de pastizal verdadera), Bosque de galería de tepozán, áreas de reforestaciones y vegetación secundaria de perturbación (DGBU y EA 2005). En esta zona resalta la presencia de especies propias de regiones muy húmedas de los géneros *Garrya*, *Cornus*, *Rubus* y diversas especies de epífitas y helechos (DGBU y EA 2005).

El bosque de encino constituye la vegetación primaria que, hasta antes de la Colonia, dominaba en toda la barranca. Actualmente se localiza principalmente en la porción oeste de la barranca, conformando bosques densos con coberturas que van del 60% al 100%. Las especies dominantes en la zona de influencia de Arroyo Puerta Grande son: *Quercus obtusata*, *Q. castanea*, *Q. crassipes* y *Arbutus glandulosa*, mientras que en la zona de influencia de Arroyo Puente Colorado se presentan frecuentemente *Quercus mexicana*, *Q. rugosa*, *Q. obtusata*, *Arbutus xalapensis* y *A. glandulosa*. En el estrato arbustivo se presentan elementos de los géneros *Buddleia*, *Berberis*, *Senecio* y *Eupatorium*, entre otros (DGBU y EA 2005). El matorral subinnerme se sitúa en los márgenes del encinar, conformando franjas que pueden ir desde los 5 hasta los 60 m de ancho. Las especies predominantes que lo integran son, por un lado, especies propias del matorral xerófilo, como la acacia (*Acacia shaffneri*), el palo dulce (*Eysenharda polystachya*), el huizache (*Pithecellobium leptophyllum*) y el mezquite (*Prosopis laevigata*), y por otro, especies características de los bordes y claros del encinar, como la espinosilla (*Loeselia mexicana*), el membrillo cimarrón (*Amelanchier denticulata*), el gordolobo (*Gnaphalium sarmentosum*), el limpia tunas (*Senecio angustifolius*), el teclacote (*Verbesina virgata*), así como diversas especies del género *Eupatorium*, entre otras

(DGBU y EA 2005). Los encinares en etapa sucesional (pastizales) presentes en la barranca (Figura 21) constituyen también comunidades secundarias que corresponden, en su mayoría, a pastos que predominan en el sotobosque. Actualmente este tipo de vegetación se ubica en las partes más expuestas de la barranca. Las gramíneas que dominan son los pastos amacollados del género *Muhlenbergia* (*M. virletii* y *M. robusta*) (DGBU y EA 2005).



**Figura 21.** Pastos amacollados de *Muhlenbergia* sp. que crecen en el sotobosque de los encinares en etapa sucesional; es posible observar algunos árboles maduros de encino intercalados con fresnos y eucaliptos.

Los bosques de galería de tepozán se presentan en los afluentes secundarios de los Arroyos Puente Colorado y Puerta Grande, así como en la porción oriente de estos (DGBU y EA 2005). Los bosques de galería de tepozán, al igual que el matorral y el pastizal forman parte del proceso de sucesión natural del encinar. Las especies de tepozán que dominan son: *Buddleia cordata* y *B. parviflora*, y en las áreas que colindan con la zona urbana se presenta, además, *B. sessiliflora*. Otros elementos que acompañan al tepozán son el fresno (*Fraxinus uhdei*), el pirul (*Schinus molle*) y el eucalipto (*Eucaliptus globulus* y *E. macrocarpa*), entre otros, los cuales probablemente han sido introducidos por medio de plantaciones (DGBU y EA 2005). La vegetación secundaria se sitúa en la porción este de la barranca, en las zonas con menor pendiente y por lo tanto, más accesibles y propensas a los disturbios realizados por el hombre. Por esta razón, las especies que predominan como la gualda (*Reseda luteola*), el acahual (*Tithonia tubiformis*), el tabaquillo (*Wigandia urens*), la higuera (*Ricinus communis*), el duraznillo (*Solanum rostratum*) y el pasto quicuyo (*Pennisetum clandestinum*), son especies indicadoras de perturbación (DGBU y EA 2005). Las reforestaciones se localizan principalmente en tres sitios de la barranca; al oeste, en la zona del Parque Tarango, en el suroeste del predio “Los Alamos” y, al oeste, a la altura de la Presa Tarango y del predio 5 de Mayo (DGBU y EA 2005). Las especies que integran la comunidad reforestada son el eucalipto (*Eucaliptus globulus* y *E. macrocarpa*), la acacia (*Acacia retinoides*), la casuarina (*Casuarina equisetifolia*), el cedro (*Cupressus lindleyi*), el pino (*Pinus teocote* y *P. pringlei*), el fresno (*Fraxinus sp.*) y el encino (*Quercus rugosa*) (DGBU y EA 2005).

La fauna en la barranca es todavía diversa, aunque las comunidades de mamíferos se encuentran muy disminuidas es posible encontrar al tlacuache (*Didelphis virginiana*), armadillo (*Dasybus novemcinctus*), musaraña (*Cryptotis sp.*), conejo (*Sylvilagus sp.*) ardilla arbórea (*Sciurus sp.*), ardillón (*Spermophilus variegatus*), ardilla terrestre (*Sciurus aureogaster*), tusas (*Cratogeomys merriami*), ratones (*Peromyscus sp.*), murciélago (*Eptesicus fuscus*) y zorrillo (*Mephitis macroura*) En cuanto a las aves, en esta región predominan gorrionetes (*Xenospiza baileyi*), golondrinas (*Hirundo rustica*), coquitas (*Columba inca*), colibríes (*Cynanthus latirostris*), saltaparedes (*Certhia americana*), primavera (*Turdus migratorius*) y durazneros entre otros (DGBU y EA 2005). En relación con los reptiles encontramos: lagartijas (*Sceloporus sp.*), algunas víboras cascabel (*Crotalus triseriatus*) y culebras (*Storeria storerioides* y *Thamnophis scaliger*), sobre todo en las zonas de los pedregales. Entre los anfibios, los más comunes son las salamandras (*Chiropetrotriton orculus*) que habitan en los troncos de los árboles y las ranas (*Hyla sp.*) (DGBU y EA 2005).



**Figura 22.** Vista panorámica de la Barranca de Tarango en la zona mejor conservada, donde se observan encinos de diversas especies.

Actualmente la explotación de bancos de material se encuentra cancelada, sin embargo los efectos de esta actividad en la barranca son muy visibles, por ejemplo, en los taludes inestables, zonas de erosión y zonas desprovistas de vegetación (PAOT 2003). El entorno socioeconómico en que se ubica la Barranca de Tarango es, en parte, responsable del deterioro ambiental. En el predio de la barranca se encuentran localizadas aproximadamente 48 viviendas y una población de 240 habitantes con una densidad domiciliaria de 5 habitantes / vivienda. (PAOT 2003). El 80% de dichas construcciones están hechas con materiales permanentes, el

nivel económico de esta población es medio - alto, mientras que el 20% restante corresponde a viviendas construidas con materiales permanentes pero con techos de lámina de asbesto o cartón. La tenencia de la tierra es poco clara en la Barranca de Tarango (PAOT 2003).

Este trabajo se realizó en el Parque Tarango, que forma parte de la Barranca de Tarango. Tiene una superficie de 14.20 ha, y se localiza en la parte noroeste de la barranca, en la poligonal formada por las coordenadas 19° 20' 51"N y 99° 15'12"W; 19° 15' 11"N y 99° 15'12"W; 19° 20' 57"N y 99° 14' 38"W; 19° 20' 51"N y 99° 14'36"W. Presenta una longitud de 1.12 Km de largo y 0.4 Km de ancho y su altitud va desde 2523 m s.n.m. hasta 2577 m s.n.m. **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** (DGBU y EA. 2005).



**Figura 23.** Fotografía panorámica del Parque Tarango; se marcan las coordenadas geográficas del parque.

Imagen Modificada del Sistema de Información Satelital Google 2007.

### **III.2. Características generales de los encinos.**

La familia Fagaceae es uno de los grupos más importantes por su enorme diversidad. Cuenta con ocho géneros y 600 especies (Valencia 1989) que se distribuyen principalmente en las regiones templadas y subtropicales del hemisferio norte (Zavala 1990). Nixon en 1993 reportó 87 especies para Estados Unidos y Canadá y se calcula que poco más de un tercio del total de las especies registradas en el mundo se encuentran en México (González Rivera 1993), por lo que es considerado uno de los países con mayor representación de este taxa (Rzedowski 1979). Standley en 1936 señaló que México es un centro de la diversidad de las especies del género *Quercus*, mientras que Rzedowski (1979), años más tarde, respaldó esta teoría afirmando que nuestro país ha sido el centro de una importante radiación evolutiva del género.

Los encinos son considerados un grupo taxonómicamente difícil de abordar, por la enorme variabilidad que una misma especie presenta, por lo que no resulta raro que se haya descrito más de una vez la misma especie bajo diferentes nombres (Muller y Mc Vaugh 1972). Este fenómeno de alta variabilidad ha tratado de ser explicado por varios autores a través de teorías como la hibridación introgresiva entre especies (Tucker 1974), la plasticidad fenotípica (Cristofolini 1985), y las influencias ambientales (Pavlik *et al.* 1991) pero, a pesar de estos esfuerzos, la filogenia del grupo permanece incierta y numerosas especies descritas deben ser revisadas.

En México los encinos se localizan principalmente en las zonas templadas y subhúmedas (González 1986), cubriendo una extensión de 7,839,227 ha (Inventario Forestal Nacional y de Suelos 2007). Se caracterizan por tener como hábitat zonas montañosas; no obstante, existen algunos encinares que se encuentran a nivel del mar o en zonas de poca altitud (Cerde 1999). Los bosques de encinos pueden formar masas puras o combinadas con otras especies de *Quercus* y *Pinus*. En general en los bosques de encinos hay relaciones micorrizicas ectotróficas (Zavala 2000).

Los encinos se desarrollan entre los 1200 y 2800 ms.n.m., pero pueden llegar a encontrarse hasta los 3100 ms.n.m. (Cerde 1999). Con excepción de Yucatán y Quintana Roo existen, de manera natural, encinares en todos los estados de la Republica Mexicana (Rzedowski 1981). Generalmente se distribuyen mezclados con diversas especies de *Pinus*, *Cupressus* y *Juniperus* con los cuales comparten afinidades ecológicas (Cerde 1999). Los encinos se desarrollan sobre rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, en suelos profundos de terrenos aluviales planos. En general son poco tolerantes a las deficiencias de drenaje, aunque pueden crecer en suelos permanentemente húmedos y suelos rocosos (Zavala 2000). Crecen a alturas que van desde 5 m hasta 30 m, pueden encontrarse especies caducifolias o totalmente perennifolias, son buenos hospederos de epífitas, de líquenes, musgos y orquídeas (Zavala 2000). Se ha observado que el clima controla la formación y desarrollo de las flores; el viento, las heladas, la lluvia prolongada, la humedad y la temperatura afectan la apertura o cierre de las anteras y diseminación del polen (Zavala 2000).

Dada la gran diversidad de encinos que prosperan en México, es posible encontrar especies primarias que se asocian a condiciones relativamente estables y propias de la dinámica de las comunidades, así como especies secundarias, que se favorecen con la presencia de disturbios (Zavala 2000). Las especies de encinos, en general, responden de manera diferente a los disturbios, en razón de las estrategias que tienen para adaptarse a su medio. Se ha observado que frente al estrés generado por los disturbios, utilizan diversas estrategias como los rebrotes o la producción de semillas (Sousa 1980, Savage 1994, Bonfil et al. 2004). Cuando el disturbio es consecuencia de una actividad humana, es común que se produzca fragmentación del hábitat, interrumpiéndose los procesos naturales que se llevan a cabo en las comunidades. En estas situaciones, se generan dos condiciones; las de borde, donde las especies están en contacto directo con el disturbio y por lo tanto modifican algunas de sus características para lograr adaptarse; y las internas, donde el efecto del disturbio es menos intenso y en general los procesos no se ven tan alterados (Zavala 2000). En el caso de los encinos, este efecto de borde disminuye su capacidad de propagarse de manera sexual (vía semillas), y de manera alterna se favorece su regeneración a través de rebrotes (asexual) (Zavala 2000).

### **III.3. Descripción de la especie en estudio.**

*Quercus rugosa* se extiende desde el oeste de Texas y sur de Arizona en Estados Unidos, hasta México (Nixon 1993). Está ampliamente distribuida en las regiones montañosas de Sonora, Chihuahua, Coahuila y Veracruz, pero es particularmente abundante en el centro del país, donde forma extensos bosques (Romero 1993). Prospera en laderas de cerros, barrancas y cañadas húmedas, en terrenos planos y en lugares secos o muy húmedos. Se desarrolla en climas templados fríos y semifríos, entre los 2350 y 2500 m s n.m. (Valencia 1998), las temperatura en la que se desarrolla de manera más exitosa se encuentra entre 12 y 13 ° C (media anual), mientras que necesita de precipitaciones anuales de entre 1,540 y 1,619 mm (Bello 1987), aunque en la cuenca de México prolifera desde los 1000 mm.

Se le encuentra en suelos someros o profundos, (rojizo-arenoso, blanco calizo, somero pardo), roca basáltica, migajón arenoso, rocas volcánicas, delgados, ácidos, secos o húmedos, en pocas ocasiones rocosos y pedregosos (Bello 1987). Parsons (1998), menciona que el suelo juega un papel importante en el desarrollo y establecimiento de ésta y otras especies de encinos, ya que provee soporte a los árboles, y dadas, sus características existe una estrecha relación con las funciones vitales de los encinos. La textura y permeabilidad afectan el aporte de agua necesaria para las funciones de la planta, el pH facilita o dificulta, según el caso, el intercambio catiónico de algunos iones necesarios para la fotosíntesis (Zamacona *et. al.* 2007), la composición y compactación (los horizontes del suelo junto con una deficiente infiltración y aireación) pueden ser responsables de un crecimiento pobre a nivel de raíz (Sánchez *et al.* 2005).

*Quercus rugosa* se ha sugerido como especie clave en la rehabilitación y restauración de bosques, pues aunque no se considera una especie pionera, puede reclutarse en etapas tempranas de la sucesión secundaria (Bonfil 1998). Esta especie es de fácil adaptación una vez establecida, se estima que vive de 100 a 150 años en suelos rocosos y delgados. Su tasa de crecimiento inicial (primeras 6 semanas) es de 0.0034 cm/día y en general presenta tasas bajas de crecimiento (Bonfil 1998).

La regeneración natural de esta especie es buena en los sitios que presentan condiciones adecuadas de suelo y luminosidad. La falta de sitios sombreados y húmedos impide la germinación de una alta proporción de bellotas. El reclutamiento se favorece en lugares méxicos, los cuales se encuentran generalmente en los bordes o límites de los bosques donde se reduce la competencia con las herbáceas (Bonfil, 1997). El establecimiento se facilita en ciertos sitios donde las plantas jóvenes están protegidas de factores abióticos. La supervivencia y el crecimiento aumentan cuando las plantas se encuentran bajo la copa de un árbol o arbusto ya establecido que mitiga el efecto de algunas condiciones ambientales como la alta radiación y evaporación del agua del suelo (Bonfil 2003). López-Barrera (2006) menciona que los bordes en los bosques pueden ejercer un control significativo sobre los procesos de regeneración debido a cambios espaciales y temporales en el microclima, en diversos estudios que ha realizado en encinos, incluyendo *Quercus rugosa* reporta diferencias en el crecimiento y la supervivencia debido al efecto de borde en comparación con las plántulas que crecen en el interior del

bosque, debido a la protección que encuentran a la irradiación solar, encontrando en estas áreas un nivel de luz intermedio que resulta óptimo para los encinos.

*Quercus rugosa* pertenece al subgénero *Leucobalanus* (encino blanco), se considera un árbol que, de acuerdo con las condiciones ambientales, puede ser perennifolio o subcaducifolio, puede llegar a medir hasta 30 m de altura, pero es más común encontrar especímenes de entre 3 y 8 m, el diámetro a la altura del pecho (DAP) fluctúa entre los 50 cm hasta y 1.2 m, la corteza presenta fisuras profundas color café oscuro.

En la etapa adulta presenta una copa amplia y redondeada que proporciona una sombra densa, posee hojas ovadas a elíptico-obovadas o casi suborbiculares, de 8 a 15 cm de largo, por 3 a 8 cm de ancho, al madurar son gruesas y rígidas, notablemente cóncavas por el envés y muy rugosas; el haz es lustroso y glabro, el envés es de color ámbar o rojizo. Florece de marzo a junio y fructifica de octubre a febrero, tienen una marcada estacionalidad y presentan una polinización de tipo anemócora (viento). Las flores masculinas son amentos, miden de 3 a 7 cm de largo, son tomentosas y periantosésiles; las flores femeninas miden de 5 a 30 cm, y están distribuidas a lo largo de un pedúnculo delgado y pubescente. El fruto es anual, crece solitario o en grupos de 2 o 3, mide de 15 a 25 mm de largo y de 8 a 12 mm de diámetro, una tercera parte o la mitad de su largo está incluida en una cúpula hemisférica con escamas café-pubescentes, las bellotas son ovoides, angostas y puntiagudas, se encuentran envueltas por una cubierta rígida. Las semillas son recalcitrantes, presentan gran variación en tamaño y peso fresco, se ha visto que esto tiene un claro efecto sobre la supervivencia y establecimiento de

las plántulas, (Bonfil 1998, Batis 1999) observo que al ser deshidratadas o almacenadas a bajas temperaturas, pierden viabilidad rápidamente.

El peso fresco de las semillas es un buen indicador de la cantidad de reservas disponibles para las plantas. Las semillas grandes se producen en menor número y frecuentemente se diseminan a distancias más cortas, pero cuentan con mayor cantidad de recursos para iniciar su crecimiento y establecimiento en lugares con escasez de recursos, por ejemplo en la sombra de los bosques, ya que producen plántulas más grandes y resistentes, con mayor superficie de raíces y de hojas (Vásquez, 1997), y con mayor capacidad de recuperarse de disturbios como la herbivoría (Bonfil 1998b).

La flotación en agua es un método adecuado para evaluar la viabilidad, las semillas que flotan se consideran no viables (Batis 1999). No requiere tratamiento pregerminativo (Batis 1999), aunque se recomienda remojar las bellotas en agua por 48 hrs (López 1998).

La variación en el tamaño de las semillas le confiere a *Q. rugosa* la habilidad para establecerse en un mosaico de micrositios con diferentes condiciones físicas y bióticas, ampliándose su nicho de regeneración. La germinación se completa entre las 3 y 5 semanas y el tiempo en que alcanza el 50 % de germinación acumulada es de 15 días, el porcentaje de germinación varia entre el 50 y 93 % (Robledo 1997).

### **III.4. Sitios de estudio.**

Para seleccionar el área de estudio se utilizaron fotografías aéreas, a partir de las cuales se seleccionaron algunas zonas para ser visitadas y hacer un reconocimiento. Se escogieron dos grandes áreas, una poco perturbada y otra francamente perturbada, con el fin de comparar el comportamiento de las plantas introducidas bajo diferentes condiciones (Figura 24).



**Figura 24.** Sitios seleccionados con base en el grado de perturbación, en el parque Tarango.

La condición de poco perturbada o no perturbada, se definió, para fines de este trabajo, como un área que presenta una cobertura vegetal densa, que no ha sido intervenida por el hombre y que en términos generales conserva la estructura del bosque de encino descrita con anterioridad (ver página 15). En esta área es posible encontrar una vegetación cerrada conformada por árboles maduros de entre 5 y 7 m de altura de diferentes especies como *Quercus obtusata*, *Q. castanea* y *Q. crassipes*, conviviendo con arbustos de hasta 3 m de *Buddleia* sp. (Figura 25).



**Figura 25.** Vista del área no perturbada, dentro del parque Tarango, en la Barranca de Tarango, Álvaro Obregón, D.F., México.

El área perturbada está representada por una zona que fue desmontada de su vegetación original y ha sido reforestada años atrás con especies como *Eucaliptus globulus*, *E. macrocarpa*, *Acacia retinoides*, *Casuarina equisetifolia*, *Cupressus lindleyi*, *Pinus teocote*, *P. pringue* y *Quercus rugosa*. Es de fácil acceso y en pequeñas porciones ha perdido su cubierta de suelo fértil (Figura 26).



**Figura 26.** Vista del área perturbada en el parque Tarango, dentro de la Barranca de Tarango, Álvaro Obregón, D.F., México.

En cada área se establecieron tres parcelas de trabajo, las parcelas 1, 2 y 3 representan el área perturbada, mientras que las parcelas 4, 5 y 6 representan el área no perturbada (Figura 27).



**Figura 27.** Sitios seleccionados con base en el grado de perturbación (en rojo); y las parcelas de trabajo que se establecieron para la reintroducción de plantas de *Quercus rugosa* (en amarillo).

Las dimensiones y ubicación de las parcelas se presentan en el Cuadro 9.

**Cuadro 9.** Características de las parcelas de estudio ubicadas en dos sitios con diferente grado de perturbación en la Parque Tarango, Delegación Álvaro Obregón, D.F.

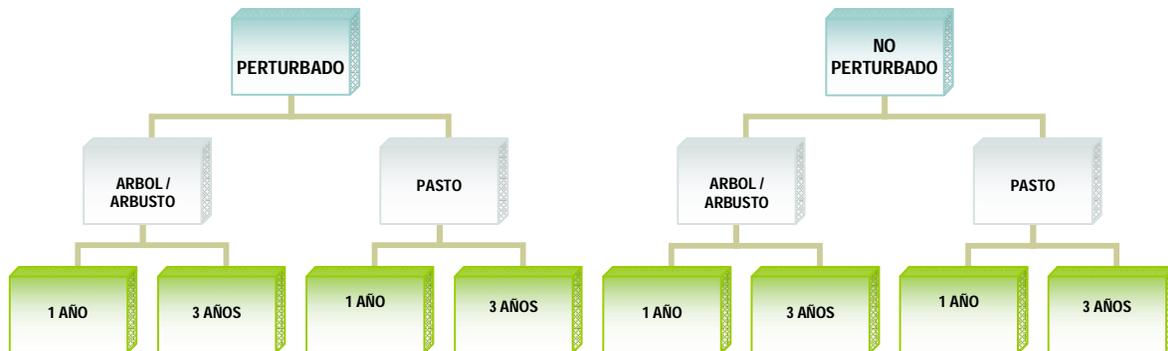
CARACTERÍSTICAS DE LAS PARCELAS					
Grado de perturbación	No. de parcela	Ubicación (Polígonos)	Altitud ms.n.m.	Pendiente (°)	Superficie (m <sup>2</sup> )
Perturbado	1	19° 20' 50"N - 99° 14' 55"E; 19° 20' 51"N - 99° 14' 53"E; 19° 20' 54"N - 99° 14' 55"E; 19° 20' 54"N - 99° 14' 54"E.	2575	4	4781
	2	19° 20' 51"N - 99° 14' 53"E; 19° 20' 51"N - 99° 14' 51"E; 19° 20' 54"N - 99° 14' 51"E; 19° 20' 54"N - 99° 14' 53"E.	2574	4	5525
	3	19° 20' 50"N - 99° 14' 50"E; 19° 20' 51"N - 99° 14' 48"E; 19° 20' 54"N - 99° 14' 50"E; 19° 20' 54"N - 99° 14' 48"E.	2560	4	5106
Poco perturbado	4	19° 20' 51"N - 99° 14' 44"E; 19° 20' 53"N - 99° 14' 46"E; 19° 20' 54"N - 99° 14' 42"E; 19° 20' 51"N - 99° 14' 42"E.	2545	5	4251
	5	19° 20' 49"N - 99° 14' 45"E; 19° 20' 51"N - 99° 14' 45"E; 19° 20' 51"N - 99° 14' 40"E; 19° 20' 50"N - 99° 14' 40"E.	2540	5	4969
	6	19° 20' 48"N - 99° 14' 45"E; 19° 20' 49"N - 99° 14' 46"E; 19° 20' 50"N - 99° 14' 41"E; 19° 20' 48"N - 99° 14' 41"E.	2537	5	5726

Como es posible observar en el cuadro anterior, las parcelas no poseen las mismas dimensiones, ya que para poder analizar el efecto del micrositio, era necesario sembrar las plantas bajo la sombra de algún árbol o pasto, por lo que la distancia de siembra estuvo en función de la disposición de árboles y pastos.

### III.5. Diseño experimental.

#### PLANTACIÓN

Se utilizaron, 480 plantas provenientes del vivero Netzahualcóyotl para su repoblación en mayo del 2004; 240 fueron plantadas en el área no perturbada y 240 en el área perturbada, en cada parcela se sembraron 80 plantas de 2 edades diferentes, 40 plantas de 1 año de edad y 40 plantas de 3 años de edad; se sembró la mitad de las plantas (20) de cada edad bajo la sombra de arbustos ( $x \pm 2.5$  m de altura) y la otra mitad (20) bajo la sombra de pastos ( $x \pm 50$  cm de altura). El diámetro basal promedio inicial fue de  $x \pm 8.95$  mm para las plantas de un año de edad y de  $x \pm 17.03$  mm para las de tres años de edad, la altura promedio inicial fue de  $x \pm 41.52$  cm y  $x \pm 79.75$  cm respectivamente (Figura 28).



**Figura 28.** Diseño experimental. En el primer nivel de color azul, se encuentran los sitios, en el segundo nivel en color blanco se anidan los micrositios a los sitios y en el tercer nivel de color verde, la edad de las plantas.

Para plantar, se cavaron cepas de aproximadamente 40 cm de profundidad y se retiró la maleza existente a medio metro de cada planta. La distancia mínima entre cada planta fue de 3 m. Se etiquetó de manera individual cada organismo con datos generales como: edad, micrositio y parcela. Cada planta se regó con 5 l de agua a intervalos de 7 días durante tres meses. La plantación se visitó cada dos meses de mayo de 2004 a mayo de 2005. Cada individuo fue medido (altura y diámetro) y registrado en una bitácora. El sitio específico que cada planta ocupó dentro de la parcela fue designado mediante un sistema aleatorio.

En cada parcela se tomaron 3 muestras de suelo, a dos diferentes profundidades (0 a 15 cm y de 15 a 30 cm). A cada muestra se le determinó pH, conductividad eléctrica, color y textura.

## TRATAMIENTO DE LOS DATOS

El crecimiento se evaluó como los incrementos en altura y en área basal de la planta, los cuales se consideraron como la diferencia en altura o área basal al principio y al final del experimento. El diámetro del tallo se transformó en área basal mediante la fórmula  $AB = \pi r^2$ , donde  $\pi=3.1416$  y  $r$  es el radio del tallo de la plántula  $\left( r = \frac{\text{diámetro}}{2} \right)$ . La supervivencia fue evaluada mediante el criterio de vivo o muerto, considerándose una planta muerta cuando no presentó rebrotes durante dos meses.

En el caso del crecimiento, los datos se transformaron a logaritmo natural ( $\ln$ ) para ajustarlos a la normalidad, (Zar, 1996). La supervivencia se estimó como el porcentaje de individuos que sobrevivieron un año después de haber sido introducidos en el área de estudio. Los porcentajes se transformaron al arco seno de la raíz de la proporción de sobrevivientes (Zar, 1996).

El crecimiento se analizó con el programa GLIM, ya que debido a la complejidad del diseño experimental, fue necesario usar modelos lineales generalizados. La supervivencia se analizó mediante una ANOVA con el paquete estadístico Statistica versión 8.

Para la construcción del modelo que permitiera analizar los datos de crecimiento, se consideró como factor a la característica que se pretendía analizar (sitio, micrositio y edad); al nivel como la modalidad o categoría estudiada del factor [sitio (perturbado/no perturbado), micrositio (árbol/pasto); edad (1 y 3 años)]; al tratamiento como la combinación de los niveles de los factores y a como variables de respuesta al crecimiento (altura y área basal) y a la supervivencia, estructurándose bloques completos balanceados y variables anidadas que responden de manera dependiente.

El diseño experimental consta de 3 factores, con 2 niveles por factor y 8 tratamientos distribuidos balanceadamente en dos bloques con variables de respuesta anidadas, lo que matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$Y_{ijk} = \mu + \tau_i + A_i + B_j + C_k + B_j(A_i) + C_k + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

$Y_{ij}$ = es la observación ij-ésima

$\mu$ = media global

$\tau_i$ = efecto del tratamiento i-ésimo

$A_i$ = sitio

$B_j$ = micrositio

$C_k$ = edad

$\varepsilon_{ij}$ = componente del error aleatorio que incorpora todas las demás fuentes de variabilidad del experimento, incluyendo las mediciones, la variabilidad que surge de factores no controlados, las diferencias entre las unidades experimentales a las que se aplican los tratamientos.

Cuando se encontraron diferencias significativas entre tratamientos, se aplicó una prueba de Tukey (Zar, 1996) con el propósito de averiguar el sentido de la diferencia.

De manera paralela se realizó una investigación de tipo documental sobre la situación jurídica que prevalece en la Barranca en función del régimen legal, la tenencia de la tierra y el uso del suelo.

Para el análisis del régimen legal se revisó la Constitución Política de los EUM., la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente y su reglamento, la Ley Ambiental del Distrito federal y su reglamento, la Ley de Aguas Nacionales y su reglamento, la Ley de Aguas del Distrito Federal y su reglamento, la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal y su reglamento, la Ley de Residuos sólidos del Distrito Federa y su reglamento, la Ley de Sanciones Penales para el Distrito Federal y su reglamento, la Ley General de Bienes Nacionales y su reglamento, la Ley orgánica de la Administración Publica del Distrito Federal y su reglamento, la Ley orgánica de la Procuraduría Ambiental de Ordenamiento Territorial (PAOT), la Ley de Protección civil del Distrito Federal y su reglamento, el Código Penal del Distrito Federal, el Programa de Desarrollo Urbano del Distrito Federal, el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano, el Programa General de Desarrollo Urbano del Distrito, el Programa General De Ordenamiento Ecológico 2000-2003 y Normas Oficiales. La tenencia de la tierra se analizó mediante la revisión de los archivos que obran en el registro público de la propiedad y entrevistas realizadas durante los meses de mayo del 2004 a julio del 2005 a funcionarios de diversas dependencias como la PAOT (Lic. Miguel Ángel Cancino) y la Dirección de Medio Ambiente de la Delegación Álvaro del D.F. (Ing. Alejandro Loera). El uso de suelo se analizó con base en el Programa General de Ordenamiento Ecológico 2000 - 2003.

## VI. RESULTADOS

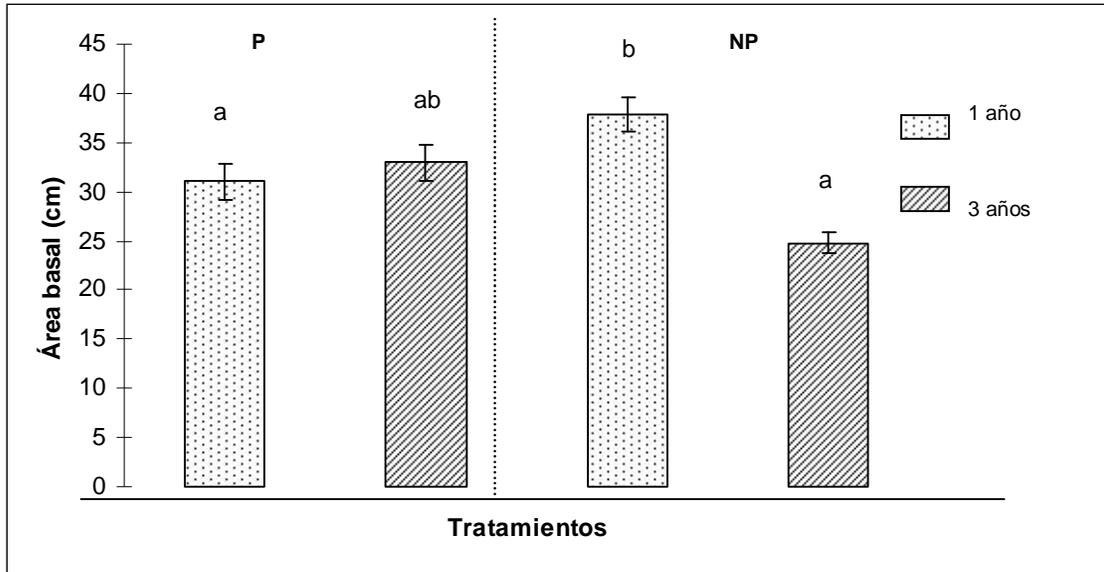
### IV.1. Crecimiento.

#### VI.1.1 Área basal

El resultado del análisis de varianza (Cuadro 10) mostró que la edad y la interacción de la edad y el sitio tuvieron un efecto significativo sobre el crecimiento en área basal de los individuos, mientras que el micrositio no mostró efecto significativo alguno. Los resultados de la prueba de Tukey muestran que las plantas de un año de edad plantadas en el sitio no perturbado (NP) crecieron más que las plantas de 3 años de edad plantadas en el mismo sitio y las plantas de uno y tres años de edad plantadas en el sitio perturbado (P) (Figura 29).

**Cuadro 10.** Resultado del análisis de varianza del incremento en área basal como variable de respuesta.

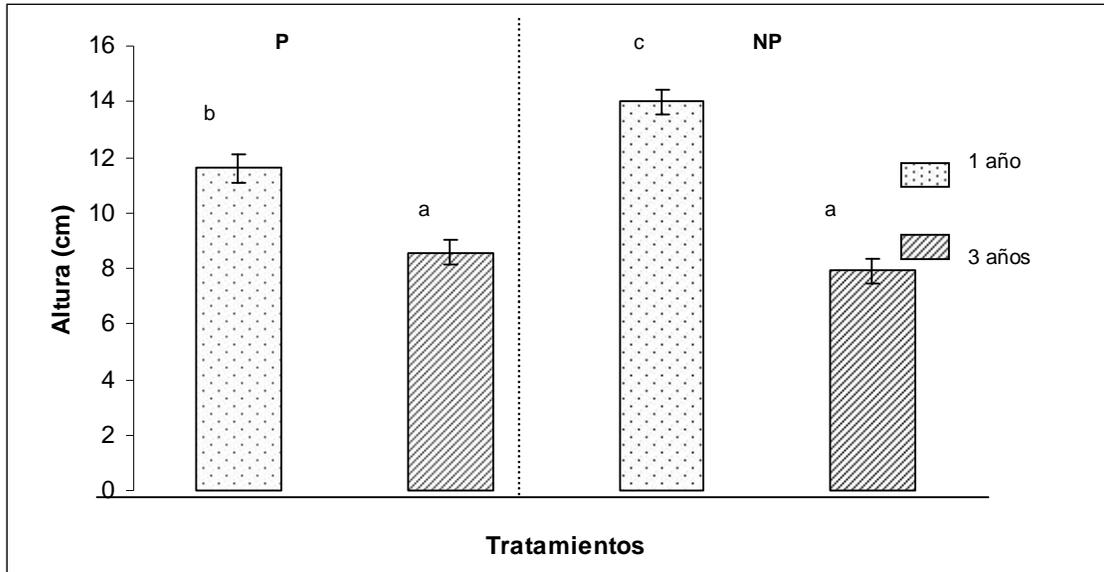
	<b>SS</b>	<b>GI</b>	<b>CM</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Sitio	35.56	1	35.560	0.126	0.7228
<b>Edad</b>	<b>2982</b>	<b>1</b>	<b>2982.000</b>	<b>10.563</b>	<b>0.0013</b>
Sitio/Micrositio	44.75	2	22.375	0.079	0.9241
<b>Sitio X edad</b>	<b>5933</b>	<b>1</b>	<b>5933.000</b>	<b>21.015</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Edad X Sitio/Micrositio	199.3	2	99.650	0.353	0.7028
Error	115751	410	282.320		



**Figura 29.** Incremento en área basal ( $\bar{x} \pm 1$  e.e) de individuos sometidos a diferentes tratamientos un año después de haber sido plantados en la Barranca de Tarango. Letras diferentes muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), de acuerdo con la prueba de Tukey. P=sitio perturbado; NP=sitio no perturbado.

### VI.1.2 Altura

El resultado del análisis de varianza (Cuadro 11) mostró que la edad de las plantas y la interacción de la edad y el sitio tuvieron un efecto significativo sobre la altura de los individuos; el microsito no tuvo efecto sobre el incremento en altura de los individuos experimentales. El resultado de la prueba de Tukey mostró que las plantas de 3 años de edad crecieron significativamente menos que las de un año de edad en ambos sitios. También se observó que las plantas de un año en el sitio no perturbado crecieron significativamente más que las plantas de la misma edad en el sitio perturbado.



**Figura 30.** Incremento en altura ( $\bar{x} \pm 1 \text{ e. e.}$ ) de individuos sometidos a diferentes tratamientos un año después de haber sido plantados en la Barranca de Tarango. Letras diferentes muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), de acuerdo con la prueba de Tukey. P=sitio perturbado; NP=sitio no perturbado.

**Cuadro 11.** Resultado del análisis de varianza del incremento en altura como variable de respuesta

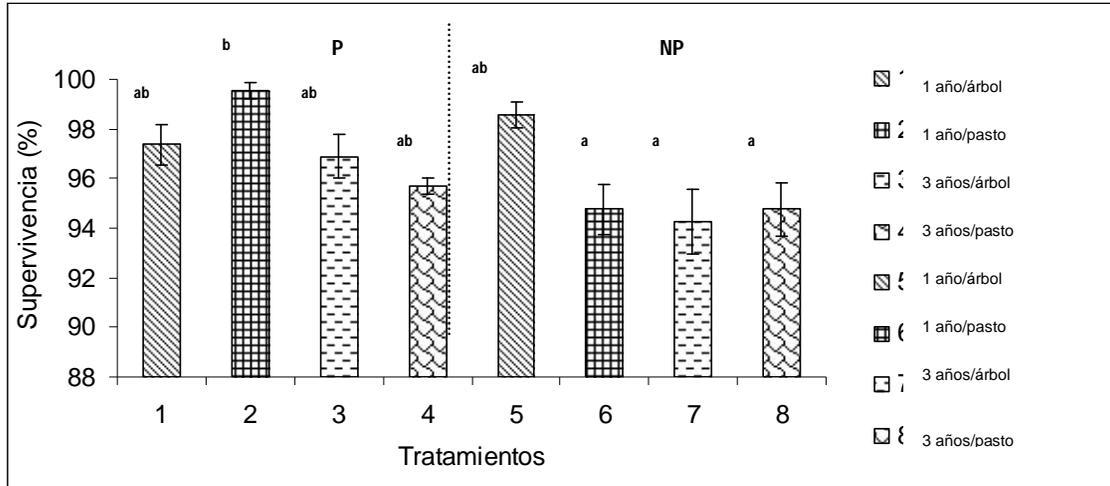
	SS	gl	CM	F	P
Sitio	67.3	1	67.300	2.791	0.0956
<b>Edad</b>	<b>2119</b>	<b>1</b>	<b>2119.000</b>	<b>87.890</b>	<b>&lt;0.0001</b>
Sitio/Micro sitio	64.97	2	32.485	1.347	0.2612
<b>Sitio X edad</b>	<b>236.8</b>	<b>1</b>	<b>236.800</b>	<b>9.822</b>	<b>0.0018</b>
Edad X Sitio/Micrositio	67.58	2	33.790	1.402	0.2473
Error	9885	410	24.110		

## VI.2 Supervivencia.

El resultado del análisis de varianza mostró que el sitio, la edad y la interacción sitio x micrositio, x edad tuvieron un efecto significativo sobre la supervivencia de los individuos (Cuadro 12). El resultado de la prueba de Tukey mostró que las plantas de un año de edad plantadas en el sitio perturbado (P) bajo la sombra de pastos presentaron una supervivencia significativamente mayor que la de las plantas de tres años plantadas bajo la sombra de árboles y pastos y que las plantas de un año bajo la sombra de pastos en el sitio no perturbado (NP) (Figura 31). Los individuos en los otros tratamientos tuvieron un crecimiento intermedio.

**Cuadro 12.** Resultado del análisis de varianza de la supervivencia como variable de respuesta.

<b>Supervivencia</b>					
	SS	Gl	CM	F	P
<b>Sitio</b>	<b>134</b>	<b>1</b>	<b>134</b>	<b>6.52</b>	<b>0.012000</b>
Micrositio	15	1	15	0.72	0.396443
<b>Edad</b>	<b>193</b>	<b>1</b>	<b>193</b>	<b>9.39</b>	<b>0.002732</b>
Sitio*Micrositio	48	1	48	2.35	0.128278
Sitio*Edad	0	1	0	0.00	1.000000
Micrositio*Edad	2	1	2	0.12	0.734116
<b>Sitio*Micrositio*Edad</b>	<b>152</b>	<b>1</b>	<b>152</b>	<b>7.42</b>	<b>0.007484</b>
Error	6607	112	59		



**Figura 31.** Supervivencia ( $\bar{x} \pm 1$  e.e) de individuos sometidos a diferentes tratamientos un año después de haber sido plantados en la Barranca de Tarango. Letras diferentes muestran diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), de acuerdo con la prueba de Tukey. P=sitio perturbado; NP=sitio no perturbado.

### **VI.3 Análisis de Suelos.**

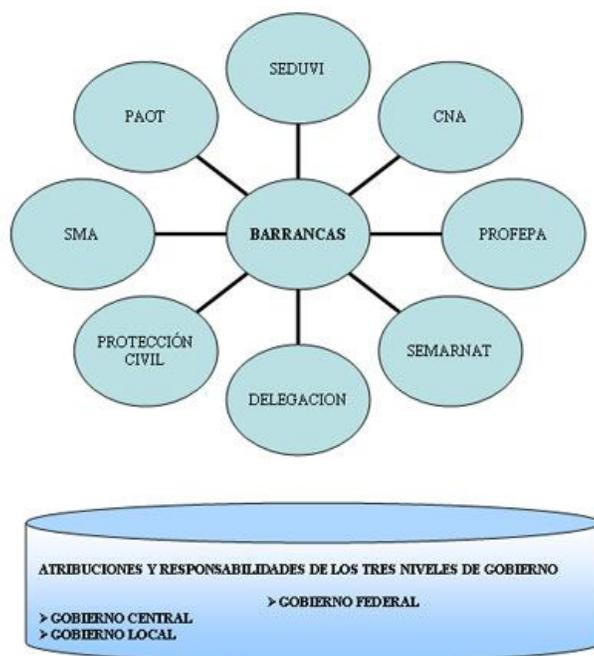
En el Cuadro 13 se muestran los resultados obtenidos de las muestras de suelo que se tomaron en los dos sitios de estudio. Como se puede observar, el pH es más ácido en las capas más profundas del suelo (15-30 cm) que en las más superficiales, mientras que la conductividad eléctrica es mayor en la zona superficial del mismo (0-15 cm) que en la zona más profunda, independientemente del sitio en el que fueron tomadas. En cuanto al color, se observa gran variación de tonalidades que van del café al gris, independientemente del sitio y de la profundidad.

**Cuadro 13.** Propiedades físicas del suelo (pH = potencial de hidrógeno; CE = conductividad eléctrica) en los sitios de estudios de la Barranca Tarango.

SITIO	PROFUNDIDAD	pH	CE	COLOR
Perturbado	0-15	6.37	86.75	café grisáceo oscuro
Perturbado	15-30	6.91	57.0	café amarillento oscuro
No Perturbado	0-15	6.80	84.17	café grisáceo muy oscuro
No Perturbado	15-30	7.08	47.59	grisáceo muy oscuro

#### VI.4 Evaluación de la situación jurídica de la Barranca de Tarango.

Del análisis de la situación jurídica de las barrancas se encontró que las barrancas del Distrito Federal se regulan tanto a nivel federal como local, desde dos perspectivas, la ambiental y la urbana. Las instancias con atribuciones legales sobre las Barrancas son la Secretaría de Desarrollo Urbano y Vivienda (SEDUVI), la Comisión Nacional del Agua (CNA), la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Delegaciones del DF, Protección Civil, SMA (Secretaría del Medio Ambiente), y Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial (PAOT) (Figura 32).



**Figura 32.** Dependencia de gobierno con atribuciones legales sobre las Barrancas del Distrito Federal. Fuente SMA.

La SEDUVI es la dependencia del Gobierno del Distrito Federal responsable de generar, implementar y regular, las normas, políticas y estrategias que garanticen el desarrollo urbano sustentable, por lo que a las barrancas se refiere, se encarga de impedir que se establezcan viviendas en las Barrancas y en el caso de que ya se encuentren, gestionara las acciones necesarias para su reubicación en zonas adecuadas. La CNA por su parte, administra y preservar las aguas nacionales, con la participación de la sociedad, para lograr el uso sustentable del recurso, por lo que participa de manera importante en la toma de decisiones respecto a las barrancas debido al cauce que cruza a éstas; la SEMARNAT, tiene como propósito fundamental fomentar la protección, restauración y conservación de los ecosistemas y recursos naturales, y bienes y servicios ambientales, con el fin de propiciar su aprovechamiento y desarrollo sustentable, y ya que las barrancas son espacios que albergan recursos naturales, esta facultada para formular, instrumentar, evaluar y difundir políticas y lineamientos para la protección del medio ambiente y el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales; aunque la PROFEPA es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) con autonomía técnica y operativa, ésta dependencia tiene como tarea principal incrementar los niveles de observancia de la normatividad ambiental, a fin de contribuir al desarrollo sustentable y hacer cumplir las leyes en materia ambiental incluyendo las zonas de barrancas.

Protección Civil, a través del artículo 10 del reglamento interior de la Secretaría de Gobernación publicado en el D.O.F. el 30 de julio de 2002 adquiere la facultad de Promover que los gobiernos de las entidades federativas y de los municipios o

delegaciones, según corresponda, elaboren y mantengan actualizados sus respectivos programas de protección civil y formen parte de sus planes de desarrollo, incluyendo las áreas de barrancas. La misión de la PAOT, es realizar la defensa de los derechos ambientales y territoriales de los habitantes de la ciudad y defender y restaurar el medio ambiente y el desarrollo urbano. La SMA tiene como prioridad lograr la preservación y el uso sustentable de los recursos naturales, a través de una política ambiental dentro del Distrito Federal. Por ultimo las delegaciones según lo establecido en la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal en el 87 fracción I, tienen facultad para hacer lo conveniente a favor de su cuidado, administración y vigilancia.

Se encontró que el concepto de barranca se encuentra definido de diferentes formas en los diversos instrumentos legales con atribuciones y derechos jurídicos sobre las barrancas en el Distrito Federal.

En la *Ley Ambiental del Distrito Federal*, de acuerdo al Artículo 5º se define Barranca como una depresión geográfica que por sus condiciones topográficas y geológicas se presentan hendiduras que sirven de refugio a la vida silvestre, de cauce de los escurrimientos naturales de ríos, riachuelos y precipitaciones pluviales, que constituyen zonas importantes del ciclo hidrológico y biogeoquímico. En el *Programa de Desarrollo Urbano* en la Norma 21, se considera barranca a la depresión geográfica que por sus condiciones topográficas y geológicas, se presenta como hendidura con dos laderas en la superficie terrestre, originada por erosión y/o por cualquier otro proceso geológico, y forma parte de un sistema hidrológico. En la *Ley de Aguas Nacionales* publicada el 1º de diciembre de 1992 y

reformada el 29 de abril de 2004 en el Diario Oficial de la Federación, se encuentran dos definiciones íntimamente relacionadas con el de barranca, que podrían incluir a las barrancas en algunos casos, otorgando a la Federación atribuciones legales sobre éstas: el de cuenca hidrológica (es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas -aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad-, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aun sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con éstos y el medio ambiente. La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos. La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas (y estas últimas están integradas por microcuencas) que poseen cauces o corrientes, para fines de aplicación de la presente Ley, la magnitud de dicha cárcava o cauce incipiente deberá ser de cuando menos de 2.0 metros de ancho por 0.75 metros de profundidad).

Aunque estas dos definiciones anteriores podrían incluir a una barranca, en el reglamento de la *Ley de Aguas Nacionales* publicada el 12 de enero de 1994, se define a las barrancas profundas, como una hendidura pronunciada que se forma

en el terreno, por el flujo natural del agua, en que la profundidad es mayor a 5 veces la anchura.

La *Ley de Aguas del Distrito Federal* publicada el 27 de mayo de 2003, no hace referencia a las barrancas y únicamente define como cauce “el canal natural o artificial con capacidad necesaria para llevar las aguas de una creciente máxima o mínima ordinaria de una corriente”.

Del resultado del análisis de la normatividad se encontró que básicamente son tres aspectos los que se regulan en referencia a las barrancas: el uso del suelo, regulación de obras o actividades y la tenencia de la tierra.

En lo referente al uso del suelo de la Barranca de Tarango, los ordenamientos jurídicos que la regulan, se establecen en la Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal y su Reglamento, los programas de desarrollo urbano derivados de esa ley (general, Delegacionales y parciales), la Ley Ambiental de Distrito Federal, junto con el Programa General de Ordenamiento Ecológico, la Ley de Aguas Nacionales con su respectivo Reglamento y la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al ambiente .

La Ley de Desarrollo Urbano del Distrito Federal (LDUDF) en lo referente al uso del suelo, tiene como objetivo fundamental la regulación del ordenamiento territorial, a través de la determinación de los usos, destinos y reservas del suelo, su clasificación y zonificación (entendiendo como zonificación, la asignación de usos del suelo específicos de acuerdo a su vocación). Esto se expresa tanto en el Programa General (donde se considera a todas las barrancas sin excepción, como

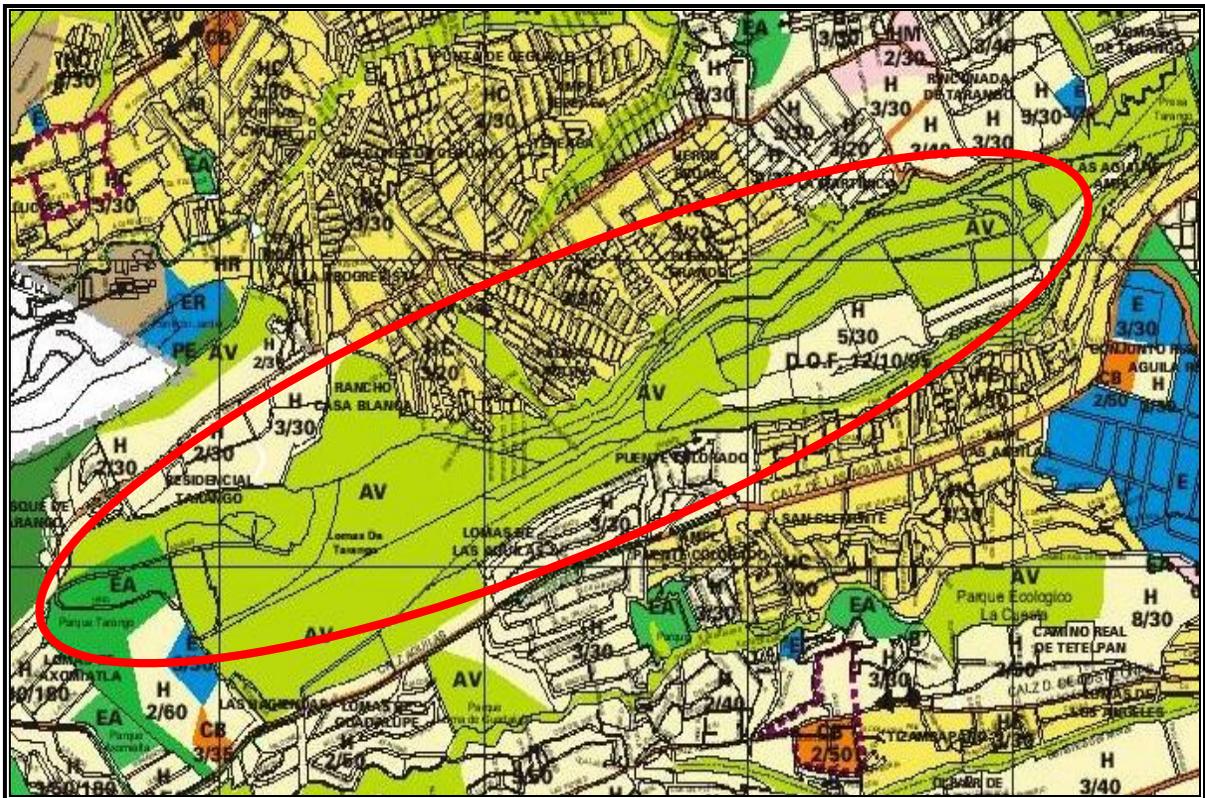
Suelo de Conservación, con zonificación Forestal de Conservación), como en los Programas Delegacionales y los Programas Parciales, mismos que en su conjunto son el instrumento rector de la planeación económica y social del Distrito federal. También establece normas de ordenación, que regulan la intensidad, ocupación y formas de aprovechamiento del suelo y el espacio urbano. La LDUDF establece que los programas Delegacionales contendrán el ordenamiento territorial a partir de la zonificación y las normas de ordenación particulares (art. 19 fracción IV) y define al ordenamiento territorial como el conjunto de las disposiciones que tienen por objeto establecer la relación entre la distribución de los usos, destinos y reservas del suelo del Distrito Federal.

De acuerdo al Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de 1997 vigente a la fecha, que se deriva del Programa General de Desarrollo Urbano con fundamento en la LDUDF, se establece que dentro de la Barranca de Tarango sólo existe Suelo Urbano donde se presentan 4 criterios de zonificación normativa habitacional, de equipamiento, de espacios abiertos y áreas verdes de valor ambiental (Cuadro 14, Figura 16 **Figura 32**).

**Cuadro 14.** Uso de suelo en la Barranca de Tarango de acuerdo con el Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de 1997 vigente a la fecha.

SIMBOLOGÍA	USO	NORMAS DE ORDENAMIENTO
<b>H</b>	Habitacional	Zonas en la cuales predomina la habitación en forma individual o en conjunto de dos o más viviendas. Los usos complementarios son guarderías, jardín de niños, parque, canchas deportivas y casetas de vigilancia.
<b>E</b>	Equipamiento	Zonas en las cuales de permitirá cualquier tipo de instalaciones publicas o privadas con el propósito principal de dar atención a la población mediante los servicios de salud, educación, cultura, recreación, deportes, cementerios, abastos, seguridad e infraestructura.
<b>EA</b>	Espacios abiertos	Deportivos, Parques, Plazas y Jardines. Zonas donde se realizan actividades de esparcimiento, deporte y recreación. Los predios propiedad del departamento del Distrito federal que no se encuentren catalogados como reservas, seguirán manteniendo, el mismo uso conforme lo señala el artículo 3° de la Ley Desarrollo Urbano.
<b>AV</b>	Áreas verdes de valor ambiental	Bosques, Barrancas y Zonas Verdes. Zonas que por sus características constituyen, elementos de valor del medio ambiente, que se deben rescatar o conservar, como barrancas, ríos, arroyos, chinampas, zonas arboladas, etc. Los predios propiedad del departamento del Distrito federal que no se encuentren catalogados como reservas, seguirán manteniendo, el mismo uso conforme lo señala el artículo 3° de la Ley Desarrollo Urbano.

En el Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal se refiere que las barrancas, por ser consideradas sistemas fundamentales para mantener la hidrodinámica del territorio, serán reguladas por la zonificación Forestal de Conservación, conforme a los límites establecidos por la Norma de Ordenación No. 21 señalada en los Programas de Desarrollo Urbano; no obstante, en el Sistema de Información Geográfica de tal instrumento, no se incluye a las barrancas comprendidas en los límites del suelo urbano, (por lo tanto no incluye a la Barranca de Tarango).



**Figura 33.** Uso de suelo en la Barranca de Tarango de acuerdo al Programa Delegacional de Desarrollo Urbano de 1997 vigente a la fecha. La zona que enmarca el óvalo es la Barranca de Tarango.

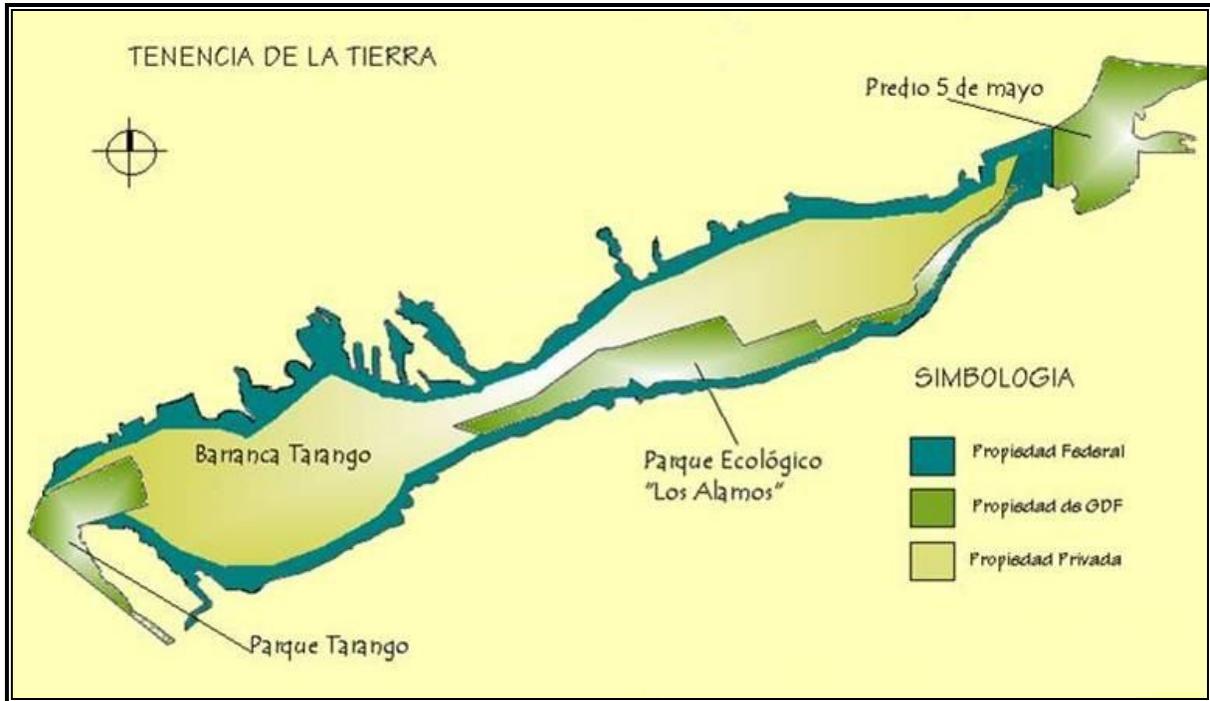
Con respecto al tipo de tenencia de la tierra se encontró que en la Barranca de Tarango cuya superficie aproximada es de 262 ha, existen dos tipos de propiedad, la pública y la privada (Cuadro 15).

Dentro de los predios de propiedad pública están los que corresponden al gobierno del Distrito Federal, y los que son propiedad del Gobierno Federal. El terreno que corresponde al Parque Tarango, el cual tiene una superficie de 14.2 ha, la presa Tarango que cuenta con 36.0 ha, el predio Los Álamos, ubicado en la porción central de la loma, cuenta con una superficie de 29.1 ha, y el Predio "5 de Mayo", el cual cuenta con una superficie de 13.92 ha, zonas de barranca sin un nombre definido 39.0 ha son propiedad del Gobierno del DF; mientras que las zonas aledañas a los cauces del Río Tarango corresponden al Gobierno Federal.

En el caso de la Propiedad privada se calcula una superficie de 130 ha donde no fue posible precisar los límites exactos de propiedad entre lo correspondiente al gobierno y a los particulares (Figura 34).

**Cuadro 15.** Tipos de propiedad que prevalecen en la Barranca de Tarango.

<b>TIPO DE PROPIEDAD</b>	<b>DEFINICION</b>
Propiedad Pública	Pertenece a cualquier ente de gobierno. Los bienes Federales, como del DF se refieren en la Ley General de Bienes Nacionales y en la Ley del Régimen Patrimonial y del Servicio público del Distrito Federal, respectivamente, así como en el Código Civil para el DF.
Propiedad Privada	Derecho reconocido a favor de cualquier persona en el código civil para el DF, para usar, aprovechar o disponer de bienes, siempre que no se trate de bienes de dominio público.



**Figura 34.** Tipo de propiedad en la Barranca de Tarango según el Registro Público de la propiedad en 2005.

El resultado de la investigación jurídica de la Barranca de Tarango indica, como se muestra en el Cuadro 16, que actualmente existe una situación que compromete la integridad del ecosistema. En el cuadro, se enlistan la situación actual, así como los principales problemas que prevalecen producto de los ilícitos que se cometen.

**Cuadro 16.** Situación que prevalece en la Barranca de Tarango, con implicaciones jurídicas vigentes.

SITUACIÓN ACTUAL	PROBLEMÁTICA GENERAL	PRINCIPALES DELITOS AMBIENTALES
Cambio de uso del suelo de rural a urbano	Insuficiente coordinación entre autoridades federales y locales involucradas	Tiro clandestino de residuos sólidos
Contaminación	Falta de certeza jurídica en la tenencia de la tierra	Descarga de residuos de la construcción
Presión por los desarrollos habitacionales	Indefinición de áreas de dominio público federal y del D. F.	Extracción de suelo o de capa vegetal
Desconocimiento social de la contribución ambiental del suelo de conservación	Falta de información sobre el valor ambiental de las barrancas en el D. F., así como sobre los usos del suelo permitidos	Incendios
Receptores de desechos sólidos y líquidos (Focos de infección)	Falta de información sobre el valor ambiental de las barrancas en el D. F., así como sobre los usos del suelo permitidos	Tala o derribo de árboles
Pérdida de la Biodiversidad	Inseguridad social y económica	Descarga de aguas residuales
Desbalance de las funciones ecológicas e hidrológicas principales	Riesgo permanente a desastres naturales	Cambio de uso de suelo
Peligro constante a los habitantes en los márgenes y partes bajas	Focos de infección	Ocupación
	Deterioro ambiental	
	Pérdida de cobertura vegetal y el cambio de uso de suelo	
	Expansión de la mancha urbana	
	Conflictos por interés político: corporativos y desarrolladores	
	Marco jurídico, institucional y programático poco consolidado	
	Políticas públicas poco desarrolladas, sin visión a mediano plazo	

## VII. DISCUSIÓN

Se observó que en este experimento el micrositio es una variable que para las plantas de *Quercus rugosa* carece de importancia, pues no se encontró ningún efecto significativo sobre el crecimiento en área basal ni en altura, sin embargo, al respecto en la bibliografía consultada se encontró que bajo otras condiciones experimentales, en particular en plántulas más pequeñas o jóvenes, el micrositio puede tener un efecto importante en el crecimiento y la supervivencia de ésta y otras especies de encinos.

Tal es el caso de la revisión que hace en 2002 Pulido, quien revisa los resultados de 22 experimentos sobre la biología reproductiva de 13 especies de encinos, incluyendo a *Quercus rugosa*, encontrando que el efecto del micrositio en el crecimiento y la supervivencia de las especies en estados juveniles, es altamente dependiente del contexto incluso para una misma especie. Por ejemplo, la regeneración de *Q. douglasii* en California se ve favorecida en claros de localidades montanas y en áreas sombreadas de zonas bajas (Borchert et al. 1989). También observó que a nivel interespecífico el intervalo de tolerancia a la sombra es un buen factor discriminante de las posibilidades de regeneración, hasta el punto de que las especies caducifolias de sitios méxicos prosperan en claros naturales o antropogénicos (Quintana- Ascencio et al. 1992, Buckley et al. 1998) y las perennes de sitios xéricos lo hacen sólo en áreas sombreadas (Callaway 1992, Bonfil y Soberón 1999, Pulido 1999, Weltzin y McPherson 1999, Rousset y Lepart 2000).

Al respecto del efecto del micrositio, Bonfil (1997, 2003) encontró que *Quercus rugosa*, es una especie que prospera en sitios mésicos, donde el reclutamiento se favorece en los bordes o límites del bosques donde se reduce la competencia con las herbáceas, por lo que la supervivencia y el crecimiento aumentan cuando las plantas se encuentran bajo la copa de un árbol o arbusto ya establecido actuando como protección, mitigándose el efecto de las condiciones ambientales, concluyendo que el establecimiento se facilita en ciertos "micrositios".

Dos estudios (Buckley et al. 1998 con *Q. rubra* en bosques mésicos y Rousseau y Lepart 2000 con *Q. humilis* en el Mediterráneo) sugieren que el efecto del micrositio, es importante en términos de crecimiento y supervivencia de las plantas, debido a que analizaron los efectos de interferencia de las plantas (intercepción de la luz, o el agua y los nutrientes) en comparación con el efecto de facilitación; en otras palabras, los efectos negativos de la presencia de sotobosque parecen manifestarse solamente en términos de reducción del crecimiento, mientras que los efectos negativos de la ausencia de sotobosque acarrear normalmente una mortalidad acentuada. No obstante, es necesario profundizar en el estudio de estas relaciones extendiéndolo a un mayor número de situaciones de estrés ambiental y capacidad competitiva de las especies implicadas (Pulido 2002).

Ramírez (2004) encontró que el micrositio es un factor que favorece significativamente el crecimiento y la supervivencia de *Quercus rugosa*, al utilizar

como micrositio la sombra que brindaban rocas en diferente exposición de la ladera.

Esta amplia variedad de resultados respecto a la relación del micrositio con el crecimiento, puede deberse a que ésta, como otras especies de encinos, pueden colonizar y germinar en una amplia variedad de hábitats, (Shaw 1968a,b; Quintana-Ascencio et al.. 1992; Kollmann y Schill 1996), debido a su gran plasticidad fenotípica (Cristofolini 1985), por lo que la interacción de diferentes variables hace complicado concluir al respecto del efecto del micrositio. En el caso particular de este experimento y bajo las condiciones experimentales establecidas, el micrositio no presentó efecto significativo en el crecimiento de *Quercus rugosa*.

El crecimiento en área basal de las plantas de *Quercus rugosa* en el presente estudio, fue significativamente mayor en las plantas de un año de edad en el sitio no perturbado. Este resultado puede atribuirse a las condiciones del sitio generadas por factores como la presencia de mayor número de árboles, la cantidad de luz recibida (intensidad media) la humedad del suelo y la disponibilidad de nutrientes; es posible que las plántulas sembradas en éste lugar se beneficiaron de la cubierta vegetal proporcionada por los árboles que les brindaron sombra al mismo tiempo que les permitieron tener una mayor disponibilidad de recursos del suelo.

López (2006) en sus estudios realizados a diversas especies de encinos, incluida *Quercus rugosa*, encontró que las plántulas se ven beneficiadas al

crecer bajo la sombra de otros arboles o arbustos, donde la intensidad de luz es moderada, también reporta que los encinos reducen sus tasas de crecimiento en área basal cuando están expuestas a altas cantidades de irradiación solar y se encuentran rodeados por hierbas, favoreciendo la asignación de la biomasa a las raíces, para poder competir con éxito con hierbas y pastos absorbiendo la poca agua disponible del suelo.

Este estudio refuerza los resultados obtenidos en éste trabajo, pues en la zona perturbada la vegetación ésta principalmente constituida por pastos, por lo que las plántulas de *Quercus rugosa* no recibieron sombra y estuvieron expuestas a cantidades de luz intensas.

Crawford (1989) también reporta una alteración en la asignación de la biomasa tanto de la parte aérea como de las raíces cuando las plantas presentan estrés hídrico, favoreciendo la asignación de los recursos a las raíces, razón por la cual en éste experimento las plantas que tuvieron sombra y mayor disponibilidad de agua pudieron asignar sus recursos a la parte aérea incrementando su diámetro basal.

Finalmente es importante mencionar que el año en el que se llevo a cabo este experimento, fue un año donde las lluvias se presentaron inusualmente tarde, por lo que el factor de la humedad resulta muy importante, en relación a esto, Lugo (1978), afirma que la disponibilidad de humedad en el suelo es un factor clave que influye en el crecimiento y la supervivencia de las comunidades vegetales en los bosques secos tropicales, explicando, que las semillas de la

mayoría de las especies del bosque tropical maduran en verano y se dispersan al principio de la temporada de lluvias, cuando la humedad es suficiente para la germinación y crecimiento de las plántulas (Singh y Singh, 1992).

Marrs (1991) plantean que el crecimiento puede verse limitado, no solo por la poca disponibilidad de agua debido a las frecuentes sequías, sino también por la interacción del agua con otros factores, por ejemplo, el nitrógeno, el potasio y el fósforo pueden ver disminuida su tasa de mineralización dependiendo de la situación del suelo limitando la absorción de nutrientes, por lo que para ciertas especies, resulta decisivo contar con un sitio con alta disponibilidad de humedad ya que se genera una fuerte competencia para el reclutamiento de nuevos individuos (Gerhardt y Hytteborn 1992) y considerando que debido al tipo de suelo presente en el área de trabajo, la disponibilidad de potasio es muy baja, la falta de agua pudo contribuir al menor crecimiento de las plántulas del sitio perturbado.

Ray y Brown (1995) también plantean que la germinación, el crecimiento y la supervivencia de plántulas jóvenes reclutas de los bosques secos del Caribe está estrechamente vinculada a la cantidad de lluvia y a la estación del año, ya que la desecación de plántulas es un obstáculo para el reclutamiento de juveniles.

De manera congruente, Rey Benayas (1998), encontró que las plántulas de *Quercus ilex*, crecieron más en área basal y en altura en condiciones de riego, que cuando el agua era escasa. Sin embargo algunos autores como Thompson

(1985), Tenhunen (1987), Rapp (1992), Pallardy (1993) y Larcher (1998), plantean que al someterse a las plántulas a condiciones de estrés, se desencadenan mecanismos que favorecen temporalmente el crecimiento.

Finalmente, en algunos artículos como los escritos por Beck (1986), Lorimer (1994) y McCreary (1995) se han descrito las dificultades que conlleva la regeneración natural de diversas especies de *Quercus*. En dichos estudios se describen experimentos realizados en América del Norte, Europa y Asia concluyéndose, que la limitada disponibilidad de agua y nutrientes así como la competencia con malezas y la depredación son los principales factores que limitan la supervivencia y el crecimiento de encinos jóvenes.

En este estudio también se observó que en el sitio no perturbado las plantas de *Quercus rugosa* crecen en área basal significativamente más que las plantas de la misma especie plantadas en el sitio perturbado.

El sitio perturbado en este experimento, según los resultados obtenidos en los análisis de suelos, presenta una menor disponibilidad de agua, luz y nutrimentos que el no perturbado, debido posiblemente a la densidad de la cobertura vegetal, ya que al haber menos árboles, el suelo se queda sin vegetación que proteja la humedad y que dé continuidad a los ciclos de nutrientes.

En suma, estos factores, podrían actuar como factores limitantes en el crecimiento, en especial en las fases de establecimiento, como mencionan Sánchez-Andrés (2005) y Pérez-Ramos (2004).

La explicación de esto puede estar relacionada con la cantidad e intensidad de luz y la disponibilidad de agua que reciben las plantas, ya que diversas especies de encinos, prefieren las condiciones de poca o mediana luz con altos contenidos de humedad para un crecimiento óptimo, como se cita a continuación.

Al respecto de esto, y en congruencia con los resultados obtenidos en este estudio Khan (2004), reporta un mejor crecimiento y supervivencia de las plantas plantadas en sitios poco perturbados con denso follaje en comparación con las plantas plantadas en sitios perturbados con poca cobertura vegetal, tal y como sucedió en este experimento, y explica que esto se debe a las condiciones microclimáticas, como intensidad media de luz, temperaturas moderadas y humedad alta.

Bazzaz et al. 1993 quienes trabajaron con plantas de una especie de roble rojo, informo, que éstas crecieron más en condiciones de poca luz en comparación con sitios con alta exposición a la luz, lo que puede compararse con la cantidad de luz que se recibe en un sitio no perturbado por la cobertura del dosel, también Khan y Uma Shanker (2001) al experimentar con *Quercus semiserrata* informaron de un mejor crecimiento y supervivencia de las plántulas en condición de luz media y humedad alta, al igual que Bonfil y Soberón (1999) con *Q. rugosa* creciendo en condiciones naturales.

Jordano et al. (2002), concuerdan con la idea de que la humedad y la sombra media en sitios con cobertura vegetal densa, puede provocar un balance hídrico superficial más favorable para los juveniles en desarrollo al ser menor la evaporación a la sombra que en lugares expuestos al sol, al mismo tiempo que la alta densidad arbórea favorece el aporte de hojarasca de los árboles circundantes que pueden mejorar las características del suelo, aumentando su fertilidad (Rodríguez 2006).

Cornelissen (1992, 1993) aunque no trabajó con encinos, en sus experimentos con *Gordonia acuminata* y *Cornus controversa* encontró resultados similares, donde éstas especies crecieron más en condiciones de sitios con cobertura vegetal densa.

En algunos artículos se ha puesto de manifiesto que las zonas de claros en un bosque pueden beneficiar el establecimiento y crecimiento de la plantas (Cannon et al., 1994; Chazdon, 1998), sin embargo, en algunos casos, dichos claros se infestan con hierbas agresivas, (Pinard, et.al. 1996 y Paul, et al. 2004) que aparecen para reprimir a la regeneración de árboles, y poner fin a la sucesión (Sarmiento,1997). En algunos casos, los árboles pioneros siguen ausentes de estos sitios décadas ndespués de una perturbación (Pinard et al., 1996, Chapman y Chapman, 1997).

En cuanto al crecimiento en altura, también se encontró que la edad es la variable de mayor importancia, ya que las plantas de 1 año de edad crecieron significativamente más que las de 3 años de edad. Godínez y Valiente (1998)

han demostrado que los primeros cinco años de vida de una plantación representan la etapa más susceptible a muerte por desecación, ramoneo y falta de nutrientes. En el caso de los encinos los primeros años las plantas presentan mayores tasas de crecimiento, pero son más susceptibles a las causas de muerte antes mencionadas (Bonfil, 1997).

De Steven (1991), Vargas-Mendoza y González-Espinosa (1992), Schupp (1995) y Jones et al. (1997) mencionan que las condiciones más favorables para el crecimiento varían a lo largo de la vida de los individuos, es decir, que las variables que favorecen el crecimiento en el caso de las semillas pueden no ser las mismas para las plántulas y a su vez para los juveniles y adultos, por lo que en el caso de este experimento, las condiciones favorecieron el crecimiento de las plantas de 1 año de edad, posiblemente como consecuencia de la suma de los factores bióticos y abióticos; tales como la disponibilidad de luz, agua y nutrientes, en otras palabras, la presencia o ausencia del sotobosque (sitio perturbado o no perturbado) parece manifestarse solamente en términos de la reducción del crecimiento de las plantas de 3 años de edad, tal y como sucedió en los experimentos de Buckley et al. 1998 y Rousseau y Lepart 2000.

Otro resultado de este experimento fue que en el sitio perturbado la supervivencia fue mayor en comparación con el sitio no perturbado. Sin embargo, es importante remarcar que la supervivencia en este estudio superó, por mucho, las expectativas del estudio, incluso, fue notablemente mayor a las reportadas en otros estudios similares con encinos, encontrándose que en todos

los tratamientos la supervivencia supero el 94%, siendo hasta el momento el caso de más alta supervivencia reportada.

En un estudio similar al presente (Corona-Alvaréz, 2009), se trabajó con *Quercus rugosa* y *Quercus mexicana*, en el mismo sitio de estudio (Barranca de Tarango), analizando la supervivencia de las especies citadas en función de las características edafológicas de diferentes terrazas, se reporta un supervivencia del 70% al 90% según los tratamientos, atribuyéndole el éxito al tipo de suelo existente que permite un drenaje adecuado. Cabe resaltar que los porcentajes más altos de supervivencia se encontraron en *Quercus rugosa*, acercándose al orden del 90%.

En los estudios realizados por Gordon et. al. (1989), Morris et. al. (1993), Nambiar et. al. (1980) y Peñuelas et. al. (1995), se demostró que las competencia de las malezas en las plantaciones reduce la supervivencia y el crecimiento, sin embargo en el estudio de Rey Benayas (1998) con *Quercus ilex*, no se observó tal efecto. En este estudio las malezas eran más abundantes en el sitio perturbado, por lo que este efecto, tampoco para el caso de *Quercus rugosa* fue relevante.

Respecto a los porcentajes de supervivencia reportados en otros estudios se reporta que Baeza et. al. (1991), encontraron una mortalidad del 65% en plántulas de *Quercus ilex* 3 años después de ser plantados, mientras que Rey Benayas (1998) encontró en condiciones experimentales similares con la misma especie una mortalidad del 30%, en ambos casos no se dotó a las plantaciones

de riego; en otro experimento de Rey Benayas (1998) con la misma especie al ser regado durante la temporada de secas encontró una mortalidad del 14%. Consistentemente con estos resultados, Terradas y Savé (1992) indican que la sequía es un factor abiótico clave en la supervivencia de *Quercus ilex.*, por lo que se concluye que en este estudio fue altamente relevante dotar de agua a las plantas recién plantadas durante el periodo de aclimatación, que coincidió con la temporada de secas, aumentando significativamente el porcentaje de supervivencia.

Ramírez (2004) encontró que la supervivencia está fuertemente influenciada por la disponibilidad de agua en el caso de esta especie, ya que en sus experimentos encontró un mayor porcentaje de supervivencia en las zonas donde el agua era más abundante, en congruencia con estos resultados, Zavala y García (1998), reportaron una mortalidad del 56% debido a la sequía.

Ramírez (2004) reporta porcentajes máximos de supervivencia del 41.6% de *Quercus rugosa* en zonas con disponibilidad de agua y bajo la sombra de rocas, Cabrera et. al. (1998) reportan para esta misma especie una supervivencia cercana al 10% en sitios donde había rocas con cobertura arbórea de Tepozanes (*Buddleia cordata*). Callaway (1992) en plantaciones experimentales de *Quercus douglassi* observó que en áreas abiertas no hay supervivencia.

Es posible, que además de los factores ya mencionados (intensidad de luz y disponibilidad de agua) el tipo de suelo sea un factor relevante en la supervivencia de las plantas, ya que, tal y como manifiesta Corona-Álvarez

(2009) y Zamacona et. al. (2007) el pH facilita o dificulta, según el caso, el intercambio catiónico de algunos iones necesarios para la fotosíntesis; en el caso del sitio perturbado, el pH es ligeramente más ácido, lo que facilita el intercambio catiónico de iones como el sodio y el potasio que se ha demostrado, mejoran las tasas fotosintéticas de los encinos (Zamacona et. al. 2007). También en otros estudios, se ha analizado la composición, compactación, infiltración y aireación, como factores responsables de la supervivencia de encinos Sánchez et al. 2005; sin embargo, ya que para este estudio, por no ser parte de los objetivos, no se realizaron a profundidad análisis del suelo, y solo se midieron factores sencillos, no es posible concluir sobre el efecto del suelo en la supervivencia.

La supervivencia de las plantas de *Quercus rugosa* también difiere significativamente según la edad, y en concordancia con el crecimiento, las plantas de 1 año de edad presentaron porcentajes de supervivencia significativamente mayores, como ya se explicó, esto puede deberse a múltiples factores relacionados, con el sistema radicular y la disponibilidad de agua, luz y nutrientes. También se observó que el tratamiento más exitoso para la supervivencia fue donde se sembraron plantas en el sitio perturbado, de 1 año de edad, creciendo bajo la sombra de pastos, posiblemente debido a la protección que recibieron las plantas en contra de la radiación y que podría ser crucial en la supervivencia de las plantas jóvenes (Valiente et al. 1991). Así mismo Bonfil (1998, 2003) establece la importancia de un efecto protector de otras plantas para la supervivencia de *Quercus rugosa*.

Respecto a la parte jurídica que prevalece en la Barranca de Tarango, se logró definir la situación actual de la misma. Aunque está establecido el uso de suelo en toda la superficie de la Barranca por más de un instrumento jurídico, se encontró como constante el cambio de uso de suelo, poniendo de manifiesto la ineficacia de los poderes de gobierno para hacer respetar las leyes, e incluso la falta de conocimiento sobre las mismas, ya que en ocasiones son las autoridades las que legitiman el cambio de uso de suelo. Este cambio de las actividades permitidas, casi siempre va dirigido a conceder permisos de índole habitacional, ya sea a inmobiliarias o a particulares que ostentan títulos de propiedad de procedencia dudosa. En ocasiones el cambio de uso de suelo, se efectúa aún sin el consentimiento de las autoridades, ya que las condiciones topográficas de la zona favorecen los asentamientos humanos clandestinos e irregulares, que con frecuencia son respaldados por asociaciones civiles o partidos políticos con intereses propios. Existe un desconocimiento por parte de las autoridades y de la población en general de los beneficios ambientales que derivan de la conservación de la Barranca, por lo que la percepción de la misma se basa, en ser una fuente de problemas, más que una oportunidad de beneficios lo que, en consecuencia, favorece la contaminación, el desbalance de las funciones ecosistémicas y la pérdida de la biodiversidad.

Todo esto ha traído, como consecuencia, una compleja problemática de índole, social, ambiental y (Buckley et al. 1998 y Rousseau y Lepart 2000) económica, donde como primer punto, queda evidenciada la falta de coordinación entre las ya mencionadas autoridades involucradas. Uno de los principales problemas a

los que se enfrenta la Barranca, es la falta de certeza en la legislación ambiental y urbana, en específico los programas de desarrollo urbano y de ordenamiento ecológico que no son consistentes y uniformes en cuanto a la zonificación y los usos de suelo que le asignan a las barrancas del Distrito Federal, incluyendo a la Barranca de Tarango, lo cual genera incertidumbre al respecto, incluso entre las autoridades competentes. En particular, el programa delegacional de desarrollo urbano no incluye elementos suficientes para establecer con precisión los límites territoriales de la barranca, de acuerdo con los usos de suelo permitidos, situación que ocasiona confusiones en los predios que se encuentran dentro de la barranca. Esto ha propiciado que se expidan instrumentos de zonificación, de usos de suelo o de construcción con criterios diferentes, y a la vez, ha permitido que se realicen diversas construcciones en la barranca que conllevan la afectación de la misma. En referencia a las obras y actividades específicas para la Barranca de Tarango, se observó que éstas se regulan indistintamente en aspectos de competencia federal (como son aprovechamiento de recursos forestales y vida silvestre) y local (como poda, derribo, trasplante de árboles, manejo de residuos sólidos y construcciones); igualmente, en ambos ámbitos de gobierno se contemplan instrumentos adicionales, debido a la falta de definición de los instrumentos normativos básicos. Por lo tanto, cuando no es posible definir una situación es necesario recurrir a instrumentos como el régimen de Áreas Naturales Protegidas y el procedimiento de evaluación de impacto ambiental, incluso hay que remitirse a la Ley de Aguas Nacionales en casos de delitos ambientales que afectan a las barrancas. Es evidente, entonces, que no existe un marco jurídico institucional consolidado, ni políticas

públicas a mediano y largo plazo, que permitan disolver los conflictos sociales y políticos que den paso a una mejor regulación de la Barranca. Ante leyes dudosas, la falta de certeza jurídica en la tenencia de la tierra y la indefinición de áreas de dominio público federal y del D.F., se favorece la expansión no deseada de la mancha urbana, con asentamientos urbanos que ponen en riesgo la integridad de las familias y la conservación de la barranca.

El manejo de los residuos sólidos en la Barranca es competencia de la federación (responsabilidad que se establece en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, la Ley General de Vida Silvestre, la Ley General de Desarrollo Forestal Sustentable y la Ley de Aguas Nacionales), y del gobierno local en el ámbito de competencia del Distrito Federal, (esta responsabilidad se establece en la Ley Ambiental, la Ley de Residuos Sólidos, la Ley del Régimen Patrimonial y del Servicio público, la Ley de Desarrollo Urbano y el Reglamento de Construcciones). Sin embargo, en la práctica, las dos instancias de gobierno deslindan sus responsabilidades, sin atender ninguna de las dos el problema de manera eficiente. Es importante destacar que existen instrumentos de gran utilidad para el manejo sustentable de las Barrancas, tal es el caso del régimen de Áreas de Valor Ambiental (AVA) previsto en la Ley Ambiental del Distrito Federal, que le permite al Gobierno del Distrito Federal establecer las restricciones necesarias a la propiedad y definir el manejo de la barranca para inducir su restauración y aprovechamiento racional y sustentable; sin embargo, tal instrumento no ha podido ser utilizado, por falta de una gestión adecuada, lo que deja a la Barranca de Tarango, en un sin número de

situaciones de vacíos legales que comprometen su integridad funcional y biológica. Si bien es cierto que los ordenamientos mencionados regulan algunos aspectos de la barranca, en ninguno de los casos se considera, de manera integral, la problemática de la misma, es decir, únicamente se contempla lo relacionado con el uso de suelo y afectaciones al medio ambiente de manera aislada, sin tomar en cuenta la interrelación estrecha que existe entre los aspectos urbanos y ambientales.

Como resultado, se comenten una serie de ilícitos ambientales que no son sancionados, en parte, por la excesiva y complicada regulación y en otra, a la facultad de autoridades federales y locales con competencia para combatir los ilícitos en la barranca, situación que ha dado lugar a la dispersión de acciones para atender hechos específicos que la afectan y a la indefinición de responsabilidades. Esta situación se agudiza ante la falta de actualización de los ordenamientos jurídicos, así como a la distribución de competencias entre sus áreas o unidades administrativas. La ambigüedad en la definición de competencias se corroboró en el caso concreto de la afectación de los cauces por construcciones y relleno con cascajo, ya que, al respecto, se sostiene por algunas autoridades, que el asunto es de competencia federal por tratarse de un bien nacional y por otras, se refiere a que el asunto es de competencia local, por tratarse de violaciones al uso del suelo o afectación a área verde. Asimismo, la falta de claridad en cuanto a la distribución de competencias no se presenta únicamente en cuanto al nivel de gobierno en el que se deben atender los casos de afectación, sino que tal situación se suscita entre instituciones de cada uno

de los ámbitos de gobierno. Lo anterior, aunado a la dispersión de recursos y a la insuficiente capacidad institucional para atender la problemática de referencia, principalmente, ha propiciado la ineficacia de las acciones de gobierno para erradicar o, en su caso, controlar los ilícitos cometidos, así como para orientar las medidas de restauración, compensación o mitigación de los daños ambientales.

#### “Implicaciones del estudio en la Restauración de la Barranca de Tarango”

Tras analizar y discutir los resultados de este trabajo, es posible plantear algunas estrategias que sirvan en el corto y mediano plazo, para la restauración de la Barranca de Tarango. Solo con los datos generados en este trabajo, es posible establecer algunas líneas de acción a corto plazo, que permitan reducir los daños ocasionados al ecosistema, pero, de ninguna forma, estos planteamientos son la solución para el rescate y el manejo integral de la Barranca.

Como primer paso se sugiere que las autoridades favorezcan el establecimiento de nuevas acciones enmarcadas en la reciente declaración de la Barranca como Área de Valor Ambiental (AVA), ya que esto permitirá restringir los usos que se le den al suelo, independientemente del régimen de propiedad, lo que garantizará que los trabajos ecológicos que se realicen tengan continuidad y sean resguardados por las autoridades locales. Habiendo asegurado la situación jurídica de la Barranca, se recomienda revisar, a través de cartografía satelital, las zonas con mayores problemas de deterioro ambiental, principalmente por falta de cobertura vegetal. Una vez detectadas las zonas, se puede proceder a

realizar reforestaciones usando las especies de encinos que habitan de manera natural en la barranca, como son *Quercus laurina*, *Q. rugosa*, *Q. mexicana*, *Q. obtusata*, *Q. castanea* y *Q. crassipes*.

Resulta indispensable buscar con anticipación un vivero de donde se puedan obtener plántulas generadas a partir de bellotas recolectadas en la zona, para evitar introducir germoplasma de otras regiones, no se recomienda germinar bellotas recolectadas de la zona debido a la alta tasa de mortalidad. Es importante asegurar que el lote de encinos que se usará en la reforestación, esté sano, y libre de plagas. Se recomienda usar plantas de 1 año de edad, ya que son las que crecen más y se establecen mejor; introducir plantas de más edad solo aumenta los costos y no ofrece ningún beneficio a la plantación.

Los sitios seleccionados para la reforestación pueden presentar diferentes grados de perturbación, ya que en todos los tratamientos efectuados en este estudio, el porcentaje de supervivencia fue mayor al 90%. Se recomienda sembrar en los meses de mayo y junio, cuando comienza la temporada de lluvia, para evitar la muerte por desecación. La distancia de siembra recomendada entre cada planta no debe ser menor que 3 metros, aunque no es definitivo en el establecimiento de las plantas, de ser posible, se recomienda sembrarlas bajo la sombra de otro árbol, arbusto o pasto para evitar insolación. Al sembrar se debe retirar la bolsa y cajetejar el suelo a 40 cm de profundidad, retirando la maleza del rededor y regar con, al menos, 10 litros de agua. Si la temporada de lluvias se establece normalmente, no es necesario regar las

plantas; sin embargo, si las lluvias no llegan, es importante regarlas al menos una vez por semana con un mínimo de 10 litros por planta.

Otra medida que se plantea es la remoción paulatina de las especies vegetales introducidas en reforestaciones pasadas que no son nativas del área. También se recomienda sembrar plántulas de encinos en las cañadas y en los márgenes del río para conservar el suelo.

Sería de gran importancia que, a la par que se efectúen estas acciones, se desarrollen nuevos proyectos de investigación que nos permitan caracterizar el medio biótico y abiótico de toda la Barranca y con este conocimiento, elaborar cartografía temática, que permita establecer una zonificación para atender más puntualmente la problemática de la Barranca. Una vez hecha la zonificación, se podría comenzar a trabajar en planes y programas para rescatar, conservar, restaurar y manejar diferentes partes de la Barranca según su estado de deterioro.

Finalmente, es necesario involucrar a los actores sociales relacionados y a las instituciones gubernamentales con la academia, para lograr un programa que en verdad logre manejar la Barranca de Tarango de manera sustentable.

## VIII.CONCLUSIONES

El éxito de la regeneración de árboles en los bosque depende de la respuesta natural de crecimiento de cada especie y de las condiciones ambientales predominantes (Gause y Stone, 1979; Whitemore 1975), lo cual pudo ser comprobado durante la ejecución y análisis de este experimento.

La supervivencia y el crecimiento de plántulas de árboles están determinados por la interacción de los factores bióticos y los factores abióticos del medio (Augspurger 1984). Los efectos de algunos factores, tales como la intensidad de la luz (Clark et al. 1996), la humedad del suelo (Lawrence y Oechel 1983), la estructura y el tipo de suelo (Wyant et al. 1983) y la disponibilidad de nutrientes (Augspurger 1984) han sido estudiados en plantas que crecen de manera natural y en condiciones de control, coincidiendo que estos son los factores predominantes que determinan el éxito en el crecimiento y la supervivencia de las plantas juveniles.

De las variables analizadas (sitio, micrositio y edad), solo la edad y la interacción de ésta con el sitio, resultaron significativas para el crecimiento de las plantas de 1 y 3 años de edad de *Quercus rugosa*; el micrositio no tuvo un efecto que favoreciera significativamente el crecimiento de las plantas jóvenes de esta especie.

Se concluye que la edad es la variable con mayor importancia en el crecimiento de esta especie al ser plantada en etapas tempranas de su vida, entre otras

razones debido al desarrollo radicular y a la interacción de los factores abióticos tales como la intensidad de luz media, la disponibilidad de agua durante la época de secas y al buen drenaje de los suelos, siendo las plantas de un año de edad las que crecieron significativamente más.

Se concluye que en el sitio no perturbado se observa un crecimiento significativamente mayor que en el sitio perturbado, debido a que es en éste sitio donde la luz penetra en mediana intensidad y debido a la cobertura vegetal, se mantiene un balance hídrico que garantiza una alta humedad relativa en el suelo, favoreciendo el ciclo de nutrientes vitales como el fósforo, nitrógeno y sodio.

Respecto a la supervivencia, se encontró que bajo cualquier tratamiento, el porcentaje de supervivencia superó el 90%, por lo que se considera un éxito la reforestación.

La bibliografía reporta que la cantidad de agua es posiblemente el factor más importante en la supervivencia de algunas especies de encinos, razón por la cual, se concluye, que haber dotado de riego a la plantación al momento de la siembra y durante la temporada de secas fue determinante en la supervivencia.

Respecto a la situación jurídica de la Barranca se concluye que se trata de un tema importante que requiere mayor atención de las autoridades. Por su parte, las autoridades han buscado implementar diversas acciones para mejorar la

calidad ambiental de la Barranca. Sin embargo, no han sido suficientes para erradicar la problemática que implican las obras y actividades que las afectan. Por lo tanto, es necesario reforzar las acciones de gobierno tanto en el ámbito legislativo como en el administrativo, a fin de disminuir al máximo posible ilícitos que deterioran el sistema de barrancas del Distrito Federal. En este sentido, es posible sostener que, la insuficiente capacidad de las instituciones, la falta de coordinación entre las instancias responsables de su protección, así como la regulación excesiva y deficiente, son las causas principales que impiden la ejecución de actos de autoridad efectivos y oportunos, ante el desarrollo de obras y actividades ilícitas que afectan a las barrancas y generan usos de suelo incompatibles con la vocación natural de las mismas. Se concluye también que debe promoverse la aplicación efectiva de la ley, así como la aplicación de sanciones ejemplares para los responsables de la afectación de las barrancas. Por último, es pertinente señalar que en la medida en que se avance en la implementación de las acciones de gobierno que se requieren para erradicar, o en su caso, minimizar las principales causas que han impedido la aplicación efectiva de la ley, se establecerán las condiciones propicias para la protección de las barrancas del Distrito Federal.

## IX. BIBLIOGRAFÍA

- -----, 1801. Descripción Taxonómica de *Quercus rugosa*. Anales de Ciencias Naturales 3: 275.
- Aber, J.D. y Jordan, W.R. 1985. Restoration Ecology: an environmental middle ground. Bioscience 35(7): 399.
- Aide, T.M. y Cavelier, J. 1994. Barriers to lowland tropical forest restoration in the Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia. Restoration Ecology 2: 219-229.
- Arriaga, V., Cervantes, V., y Vargas-Mena, A. 1994. Manual de reforestación con especies nativas: colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas. SEDESOL / INE – Facultad de Ciencias UNAM. México, D.F.
- Baeza, M. J., Pastor, A., Martín, J., Ibáñez, M. 1991. Mortalidad post-implantación en repoblaciones de *Pinus halepensis*, *Quercus ilex*, *Ceratonia siliqua* y *Tetraclinis articulata* en la provincia de Alicante, Studia oecológica 8:139-146.
- Batis, A., Alcocer, M., Gual, M., Sánchez, C. y Vázquez-Yanez, C. 1999. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosas para la restauración ecológica y la reforestación. Proyecto J-084-Instituto de Ecología, UNAM – CONABIO.
- Baxter, J.W., Pickett, S.T., Carreiro, A. y Dighton, J. 1999. Ectomycorrhizal diversity and community structure in oak forest stands exposed

to contrasting anthropogenic impacts. Canadian Journal of Botany 77(6): 771-782.

- Bazzaz, F.A. y Miao, S.L. 1993. Successional status, seed size and responses of tree seedlings to CO<sub>2</sub>, light and nutrients. Ecology 74: 104-112.
- Beck, D.E., Hooper, R.M. 1986. Development of a southern appalachian hardwood stand after clearcutting, Southern Journal of Applied Forestry 10:168-172.
- Bello, G. y Labat, N. 1987. Los encinos (*Quercus*) del Estado de Michoacán, SARH- CEMCA. México.
- Bello, M. 1994. Fenología y biología del desarrollo de cinco especies de *Quercus* en Paracho y Uruapan, Michoacán. Ciencia Forestal en México 75: 3-40.
- Bonfil, C. 1998. Dinámica poblacional y regeneración de *Quercus rugosa*: implicaciones para la restauración de bosques de encinos. Tesis Doctoral, UNAM.
- Bonfil, C. 1998. The effects of seed size, cotyledon reserves and herbivory on seedling survival and growth in *Quercus rugosa* and *Q. laurina* (Fagaceae). American Journal of Botany 85:79-87
- Bonfil C., Cortés P., Espelta J. M. and Retana J. 2004. The role of disturbance in the coexistence of the evergreen *Quercus ilex* and the deciduous *Quercus cerrioides*. Journal of Vegetation Science 15: 423-430.

- Bonfil, C., Rodríguez de la Vega, H. y Peña, R. V. 2003. Evaluación del efecto de las plantas nodrizas en el establecimiento de una plantación de *Quercus L.* *Ciencia Forestal* 25:88- 108.
- Bonfil, C., Pisanty, Mendoza, O. A., Soberón, J. 1997. Investigación y restauración ecológica: el caso del Ajusco Medio. *Ciencia y Desarrollo* 135: 15-23.
- Borchert, M., Davis, F., Michaelsen y Oyler. 1989. Interaction of factors affecting seedling recruitment of blue oaks (*Quercus douglasii*) in California. *Ecology* 70: 389-404.
- Bradshaw, A.D. 1983. The reconstruction of ecosystems. *Journal of Applied Ecology* 20: 1- 17.
- Bradshaw, A.D. 1987. The reclamation of derelict land and the ecology of ecosystems. In: Jordan III, Gilpin, M. E. y Aber, J. D. (eds). *Restoration ecology: A synthetic approach to ecological.* Cambridge University Press. New York, EE.UU.
- Bradshaw, A.D. 1997. The importance of soil ecology in restoration science. En: Urbanska, K.M., Webb, N.R. y Edwards, P.J. (ed.). *Restoration Ecology and sustainable development.* Cambridge University Press. Cambridge, Gran Bretaña.
- Brown, D., Hallman, R.G. Lee, Ch. R., Skogerboe, J.G., Eskew, K., Price, R.A., Page, N.R., Clar, M., Kort, R. y Hopkins, H.1986. Reclamation and vegetative restoration of problem soils and disturbed land. *Pollution Technology Review* 139(1): 166-181.

- Buckley, D., Sharik, T. y Isebrands, J. 1998. Regeneration of norther red oak: positive and negative effects of competitor removal. *Ecology* 79: 65-78.
- Cabrera, G., Mendoza, H.P., Peña, F.V., Bonfil, S. C., Soberón, M. J., 1998. Evaluación de una plantación de encinos (*Quercus rugosa* Née) en el Ajusco Medio. Distrito Federal. *Agrociencia* 32:149-156.
- Cain, M. D., Shelton, M.G., 2000. Survival and growth of *Pinus echinata* and *Quercus* seedlings in response to simulates summer and winter prescribed burns. *Canadian Journal of Forest Research* 30(11): 1830–1836.
- Callaway, R. 1992. Effect of shrubs on recruitment of *Quercus douglassi* and *Quercus lobata* in California. *Ecology* 73: 2118-2128.
- Cannon, C.H., Peart, D.R., Leighton, M. y Kartawinata, K. 1994. The structure of lowland rain forest after selective logging in West Kalimantan, Indonesia. *Forest Ecology and Management* 67: 49–68.
- Castro, C. V., Eyzaguire, P. R., Ceroni, S. A. 2006. Supervivencia de plantas de *Melocactus peruvianus* Vaupel y *Haageocerus pseudomelanostele* subsp. *aurespinus* (Rauch y Bauckeberg) Oztolaza, en condiciones experimentales. Cerro Umarcata, Valle del Río Chillón, Lima. *Ecología Aplicada* 5:1-2.
- Cervantes, G. M., López, G. M., Salas, N. N., Hernández, C.G. 1996. Técnicas para propagar especies nativas de selva baja caducifolia y criterios para establecer áreas de reforestación. UNAM-SEMARNAP-Programa Nacional de Reforestación. México.

- Cervantes, V., López, M., Salas, N. y Hernández, G. 2001. Técnicas para propagar especies nativas de la selva baja caducifolia y criterios para establecer áreas de reforestación. Facultad de Ciencias, UNAM – PRONARE SEMARNAP. México.
- Challenger, A. 1998. Utilización y conservación de los ecosistemas terrestres de México: pasado, presente y futuro. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad, Instituto de Biología de la UNAM y Agrupación Sierra Madre S.C., México.
- Chapman, C.A. y Chapman, L.J. 1997. Forest regeneration in logged and unlogged areas of Kibale National Park, Uganda. *Biotropica* 29:396–412.
- Chazdon, R.L. 1998. Tropical forests – Log “em or leave “em? *Science* 281:1295–1296.
- Cornelissen, J.H.C. 1992. Seasonal and year to year variation in performance of *Gordonia acuminata* seedlings in different light environments. *Canadian Journal of Botany* 70: 2405-2414.
- Cornelissen, J.H.C. 1993. Seedling growth and morphology of the deciduous tree *Cornus controversa* in simulated forest gap light environments in subtropical China. *Plant Species Biology* 8: 21-27.
- Crawford, R.M.M. 1989. *Studies in plant survival*. Blackwell Scientific Publications Oxford 296 pp.
- Cristofolini, G. 1985. Morphological and biochemical variability in European deciduous oaks. *Simposium: systematics and evolution of oaks*. *American Journal of Botany* 72: 931.

- De la Cerda, L. M. 1999. Encinos de Aguascalientes. Universidad Autónoma de Aguascalientes.
- Delegación Álvaro Obregón (DAO). 2002. Diseño del programa de manejo de la Barranca de Tarango y elaboración del proyecto ejecutivo del parque recreativo Los Álamos en la Delegación Álvaro Obregón. México D. F.
- Delegación Álvaro Obregón (DAO). 2004. Diseño del programa de manejo de la Barranca de Tarango y elaboración del estudio técnico justificativo. México D. F.
- Dirección General de Bosque Urbanos y Educación Ambiental (DGBU y EA). 2005. Expediente técnico: área de valor ambiental del distrito federal “Barranca de Tarango”. Dirección de Reforestación Urbana, México, D. F.
- Ewel, J. J. 1987. Restoration is the ultimate test of ecological theory. En: Jordan III, M. E, Gilpin y Aber, J. D. Restoration ecology: A synthetic approach to ecological research. Cambridge University Press, EE.UU.
- FISRWG. 1998. Stream corridor restoration. Principles, Processes, and Practices. The Federal Interagency Stream Restoration Working Group, EE.UU.
- Fule, P. Z., Wallace, W., Covingtona, H.B., Springera, J. D., Heinleina, T. A., Huisingaa, K.D. y Mooreb, M. M. 2002. Comparing ecological restoration alternatives: Grand Canyon, Arizona, Forest Ecology and Management 170: 19–41.
- Gerhardt, K. y Hytteborn, H. 1992. Natural dynamics and regeneration methods in tropical dry forests – an introduction. Journal of Vegetation Science 3: 361–4.

- Gómez Pompa A. 1985. Los recursos bióticos de México. INIREB y Alambra Mexicana.
- González Rivera R. 1993. La diversidad de los encinos mexicanos. Rev. Soc. Mex. Hist. Nat. XLIV: 125-142.
- González Villareal L. 1986. Contribución al conocimiento del Género *Quercus* (Fagaceae) en el estado de Jalisco. Instituto de Botánica, Universidad de Jalisco, México.
- Gordon, D.R., Welker, J.M., Menke, J.W. y Rice, K.J. 1989. Competition for soil water between annual plants and blue oak (*Quercus douglasii*) seedlings, *Oecologia* 79: 533-541.
- Higgs, E. S. 1997. Whats is good ecological restauration?. *Conservation Biology* 11 (2): 338 - 348.
- Inventario Nacional Forestal y de Suelos. 2007. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), Consejo Nacional Forestal. México.
- Jordan III, W.R., Gilpin, M.E. y Aber, J.D.1987. Restoration ecology: ecological restoration as a technique for Basic research. En: Jordan III, W.R., Gilpin, M.E, y Aber, J.D. (eds.). *Restoration ecology: A synthetic approach to ecological research*. Cambridge University Press, EE.UU.
- Khan, M.L, Bhuyan, P., y Tripathi, R.S. 2004. Survival and growth of seedlings of Rudraksh (*Elaeocarpus ganitrus*) under varied canopy conditions after transplant, *Tropical Ecology* 45(2): 233-239.

- Khan, M.L. y Uma, S. 2001. Effect of seed weight, light regime and substratum microsite on germination and seedling growth of *Quercus semiserrata* Roxb. *Tropical Ecology* 42: 117-125.
- Kollmann, J. y Shchill H. P. 1996. Spatial patterns of dispersal, seed predation and germination during colonization of abandoned grassland by *Quercus petraea* and *Corylus avellana*. *Plant Ecology* 125: 193-205.
- Larcher, W., Thomaser-Thin, W. 1998. Seasonal changes in energy content and storage patterns of Mediterranean Sclerophylls in a northern moist habitat, *Acta Ecologica* 9:271-283.
- Leirana, J. y Parra, V. 1999. Factors affecting the distribution, abundance and seedling survival of *Mammillaria gaumeri*, an endemic cactus of coastal Yucatan, México. *Journal of Arid Environments*. 41: 421-428.
- López, F. 1996. Effects of the type of montane forest edge on oak seedling establishment along forest–edge–exterior gradients. *Forest Ecology and Management* 225 (2006) 234–244.
- López, F. 1998. Germinación y establecimiento temprano de *Quercus rugosa* y sus implicaciones en la rehabilitación de habitats pinarizados en los Altos de Chiapas, México. Tesis Profesional (Biología). Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México, México, D. F.
- Lorimer, C.G., Chapman, J.W. y Lambert, W.D. 1994. Tall understory vegetation as a factor in the poor development of oak seedlings beneath mature stands, *Journal of Ecology* 82: 227-237.

- Lugo, A.E., Gonzalez-Liboy, J.A, Cintron, B. y Dugger, K. 1978. Structure, productivity and transpiration of a subtropical dry forest in Puerto Rico. *Biotropica* 10: 278–91.
- Marañón, T. R., Villar, J. L., Quero, y Pérez-Ramos, I. M. 2004. Análisis del crecimiento de plántulas de *Quercus suber* y *Q. canariensis*: experimentos de campo y de invernadero. *Ciencia Forestal* 20: 87-92.
- Márquez-Huitzil, R. 1999. Regeneración de la vegetación en distintos ensayos de restauración de minas de roca caliza a cielo abierto en una industria cementera, Ixtaczoquitlán, Veracruz. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, A. C. Xalapa, Veracruz. México.
- Marrs, R.H., Thompson, J., Scott, D. y Procter, J. 1991 Nitrogen mineralization and nitrification in terra-firme forest and savanna soils on Ilha de Maraca, Roraima, Brazil. *Journal of Tropical Ecology* 7: 123–37.
- Martínez, L. y Chacalo, A. 1994. Los árboles de la Ciudad de México. UAM - Azcapotzalco. México D.F.
- McCreary, D.D. 1995. Augering and fertilization stimulate growth of blue oak seedlings planted from acorns but not from containers, *Western Journal of Applied Forestry* 10:133-137.
- McPherson, G. H. 1999. Ecology and management of North American oaks. Universidad de Arizona, Tucson, Arizona.
- Meffe, G.K. y Carroll, C.R. 1994. Principles of conservation biology. Sinauer Associates, Inc. Sunderland, EE.UU.

- Moreno, I. L. y Díaz-Betancourt, M. E. 1989. Introducción de especies en la flora de la Ciudad de México. En: Ecología Humana. Ed. Instituto de Ecología. México.
- Morris, L.A., Moss, S.A., Garbett, W.S. 1993. Competitive interference between selected herbaceous and woody plants and *Pinus taeda* L. during two growing seasons following planting, *Forest Science* 39:166-187.
- Muller, C. y Mc Vaugh, R. 1972. The oaks (*Quercus*) described by Neé (1801), and by Humbolt y Bonpland (1809), with comments on related species. *Contr. Univ. Michigan. Herb.* 9: 507 – 522.
- Nambiar, E.K.S. y Zed, P.G. 1980. Influence of weeds on the water potential, nutrient content and growth of young *Pinus radiata* Australian Forest Research. 10: 279-288.
- Nixon K. C. 1993. The genus *Quercus* in México. En: Ramamoorthy T. P. Bye R. y Fa, J. E. (eds.) *Biological Diversity of México*. Oxford University Press.
- Pallardy, S.G. y Rhoads, J.L. 1993. Morphological adaptations to drought in seedlings of deciduous angiosperms, *Canadian Journal of Forest Research* 23:1766-1774.
- Parker, V.T. y Pickett, S.T.A. 1997. Restoration as an ecosystem process: implications of the modern ecological paradigm. En: Urbanska, K.M., Webb, N.R. y Edwards, P.J. (eds.). *Restoration Ecology and sustainable development*. Cambridge University Press. Cambridge, Inglaterra.

- Parsons, W. F. J., Ehrenfeld, J. G. y Andel, S. N. 1998. Vertical growth and mycorrhizal infection of woody plant roots as potential limits to the restoration of woodlands on landfills. *Restoration Ecology* 6:280.
- Paul, J. R., Randle, A. M., Chapman, C. A., y Chapman L. J. 2004. Arrested succession in logging gaps: is tree seedling growth and survival limiting? *African Journal of Ecology* 42, 245–251.
- Pavlik, B.M., Muick, P.C., Johnson, S.G, y Popper, M. 1991. Oaks of California. Cachuma Press and the California Oak Foundation. USA.
- Peñuelas, J.L., Ocaña, L., Dominguez, S. y Renilla I. 1995. Primeros ensayos sobre el control de la competencia herbácea en repoblaciones de terrenos agrícolas abandonados, in: Actas Congreso de la Sociedad Española de Malaherbología, Madrid.
- Pickett, S.T.A., Kolasa, J., Amesto, J.J. y Collins, S.L. 1989. The ecological concept of disturbance and its expressions al various hierarchical levels. *Oikos* 54:129-136.
- Pinard, M., Howlett, B. y Davidson, D. 1996. Site conditions limit pioneer tree recruitment after logging of a dipterocarp forest in Sabah, Malaysia. *Biotropica* 28: 2–12.
- Procuraduría Ambiental de Ordenamiento Territorial (PAOT). 2003. Acciones procedentes por obras o actividades ilegales en Barrancas. México.
- Procuraduría Ambiental de Ordenamiento Territorial (PAOT). 2005. Programa de Conservación y Manejo Sustentable de las Barrancas del Distrito Federal, Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural.

- Pulido, F. 1999. Herbivorismo y regeneración de la encina (*Quercus ilex* L.) en bosques y dehesas. Tesis Doctoral, Universidad de Extremadura, Cáceres, España.
- Pulido, F. 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, 2002.
- Quintana-Ascencio, P., González-Espinosa, M. y Ramírez-Marcial, N. 1992. Acorn removal, seedling survivorship, and seedling growth of *Quercus crispipilis* in successional forest of the highland of Chiapas, Mexico. Bulletin of the Torrey Botanical Club 119: 6-18.
- Ramírez, C.A. y Rodríguez, T. D. 2004. Efecto de la calidad de la planta, exposición en una plantación de *Quercus rugosa*, Revista Chapingo, Serie ciencias forestales y del ambiente 10(1):5-11.
- Rapoport, E. H., Díaz-Betancourt, M. E. y López-Moreno, I. R. 1983. Aspectos de la ecología urbana en la ciudad de México. Flora de las calles y baldíos. Ed. Limusa. México.
- Rapp, M., Derfoufi, F., Blanchard, A. 1992. Productivity and nutrient uptake in a holm oak (*Quercus ilex* L.) stand and during regeneration after clearcut, Vegetation 99-100 (1992) 263-272.
- Ray, G.J. y Brown, B.J. 1995. Restoring caribbean dry forests: evaluation of tree propagation techniques. Restoration Ecology 3: 86–94.

- Rey Benayas, J. M., 1998. Growth and survival in *Quercus ilex* L. seedlings after irrigation and artificial shading on Mediterranean set-aside agricultural land. *Annals of Forest Science* 55 801-807.
- Robledo, J. A. 1997. Germinación y crecimiento de plántulas de cuatro especies de encinos del Ajusco D.F. efecto del tamaño de la semilla. Tesis de Licenciatura, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM.
- Romero Rangel, S. 1993. El Género *Quercus* (Fagaceae) en el estado de México, Tesis de Maestría en Ciencias. Facultad en Ciencias. UNAM, México.
- Rosseau, O. y Lepart, J. 2000. Positive and negative interactions at different stages of a colonizing species (*Quercus humilis*). *Journal of Ecology* 88: 401-412.
- Rzedowski, J, y Rzedowski, G. C. 1979. Flora Fanerogámica del Valle de México. Ed. CECSA. México.
- Rzedowski, J. 1965. Relaciones geográficas y posibles orígenes de la Flora de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 29: 121–177.
- Rzedowski, J. 1981. Vegetación de México. Ed. Limusa, México.
- Sánchez, O., Peters, E.,. Márquez-Huitzil, R., Vega, E., Portales, G., Valdez, M. y Azuara, D. 2005. Temas sobre restauración ecológica. Diplomado en Restauración Ecológica. Ed. Instituto de Ecología (INE-SEMARNAT). México.
- Sánchez-Andrés, R., Sánchez-López, A., Benítez-Gilabert, M. y Alatorre, L. C. 2005. Efectos del manejo del suelo en la infiltración en una aforestación con *Quercus ilex* L. en un área semiárida de agricultura de temporal. *Revista Latinoamericana de Recursos Naturales* 1: 3-19.

- Sarmiento, F.O. 1997. Arrested succession in pastures hinders regeneration of Tropicandean forests and shreds mountain landscapes. *Environmental conservation*. 24:14–23.
- Savage, M. 1994. Anthropogenic and natural disturbance and patterns of mortality in a mixed conifer forest in California. *Canadian Journal of Forest Research* 24: 1149- 1159.
- SER (Society for Ecological Restoration). 2004. The SER International Primer on Ecological Restoration accessed. Society for Ecological Restoration International, Tucson, Arizona.
- Shaw, M. W. 1968. Factors affecting the natural regeneration of sessile oak (*Quercus petraea*) in north Wales. I. A preliminary study of acorn production, viability and losses. *Journal of Ecology* 56: 565-583.
- Singh, J.S. y Singh, V.K. 1992. Phenology of seasonally dry tropical forest. *Current Science* 63: 684–9.
- Sousa, W.P. 1980. The responses of a community to disturbance: the importance of successional age and species life histories. *Oecologia* 45: 72-81.
- Standley, P. 1936. Las relaciones geográficas de la flora Mexicana. *Anales del Instituto de Biología* 7:9– 16.
- Tenhunen, J.D., Catarino, F.M., Lange, O.L. y Oechel. 1987. Plant response to stress: functional analysis in mediterranean ecosystems. *Ecological Sciences serie G vol. 15*, Springer Verlag, Berlin.

- Terradas, J., Save, R. 1992. The influence of summer and winter stress and water relationships on the distribution of *Quercus ilex* L., *Vegetation* 99-100:137-145.
- Thompson, B.E. 1985. Seedling morphological evaluation. What you can tell by looking, en: Duryea M.L. (Ed.). *Evaluating seedling quality: principles, procedures, and predictive abilities of mayor tests*, Oregon State Univ.
- Tucker, J. M. 1974. Patterns of parallel evolution of leaf form in new world oaks. *Taxon* 23: 129 – 154.
- Urbanska, K. M., Webb, N. R. y Edwards, P. J. 1997. *Why restoration? Restoration ecology and sustainable development*. University Press, Cambridge, United Kingdom.
- Valencia, A. S. 1989. Contribución al conocimiento del Género *Quercus* (Fagaceae) en el Estado de Guerrero, México. Facultad de Ciencias, UNAM.
- Vázquez Camacho, M. A. 2004. Asamblea Legislativa del Distrito Federal, III Legislatura, Estenografía Parlamentaria.
- Vázquez Villagran, M. L. 1992. El Género *Quercus* (Fagaceae) en el estado de Puebla, Tesis de Licenciatura. UNAM. ENEP Zaragoza. México.
- Vázquez, Y. C., Orozco, A., Rojas, M., Sánchez, M. E. y Cervantes, V. 1997. *La reproducción de las plantas: semillas y meristemos. La ciencia para todos*. Fondo de Cultura Económica. México.
- Zamacona, D., S. 2007. Efecto de la salinidad en la captación de cationes, síntesis de prolina y eventos primarios del fotosistema II en *Quercus rugosa*. Primer foro de experiencias PAEA 2007. UNAM FES Iztacala.

- Zavala, Ch. F. 1990. Los encinos mexicanos: un recurso desaprovechado. Revista Ciencia y Desarrollo 95:43-51.
- Zavala, Ch. F. 2000. El Fuego y la presencia de encinos. Ciencia Ergo Sum 7(3):251-258.
- Zavala, Ch. y García, M. E. 1998. Consideraciones sobre la dinámica de plántulas de encinos en la Sierra de Pachuca, Hidalgo, México. Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 4(1):2007-214.