

Universidad Autónoma



CHAPINGO

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE CHAPINGO



DEPARTAMENTO DE SUELOS

**PLAN DE RESTAURACIÓN ECOLÓGICA PARA EL ÁREA DE
CONSERVACIÓN DEL PARQUE NACIONAL MOLINO DE
FLORES, TEXCOCO EDO. DE MÉXICO**

TESIS

**QUE COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL GRADO
DE:**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERIA PARA EL
DESARROLLO SOSTENIBLE**



DIRECCION GENERAL ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES Y PROYECTOS

PRESENTA:

Ramírez Gutiérrez Arturo

Chapingo, Estado de México, Julio de 2013

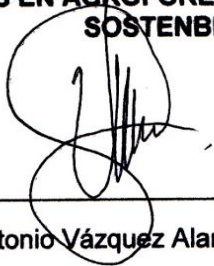


**Plan de restauración ecológica para el área de conservación del
Parque Nacional Molino de Flores, Texcoco Edo. de México**

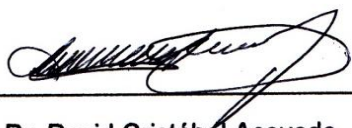
Tesis realizada por **Ramírez Gutiérrez Arturo** bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

**MAESTRO EN CIENCIAS EN AGROFORESTERÍA PARA EL DESARROLLO
SOSTENIBLE**

DIRECTOR: _____


Dr. Antonio Vázquez Alarcón

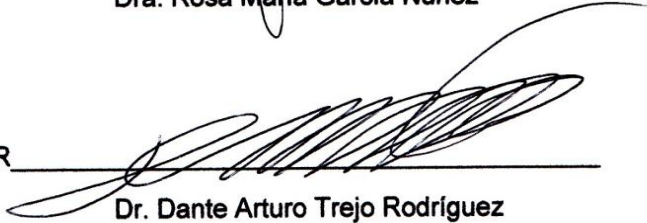
ASESOR: _____


Dr. David Cristóbal Acevedo

ASESOR _____


Dra. Rosa María García Núñez

ASESOR _____


Dr. Dante Arturo Trejo Rodríguez

Agradecimientos

A CONACYT, por brindar los recursos económicos para continuar mis estudios y realizar esta investigación.

A la Universidad Autónoma de Chapingo, por abrirme sus puertas y proporcionarme todo su apoyo a través de sus trabajadores, para poder desarrollar este trabajo, además de hacer muy grata mi estancia en esta Institución.

Al Programa de Maestría en Ciencias en Agroforestería para el Desarrollo Sostenible del Departamento de suelos, por confiar en mí y darme la oportunidad de seguir desarrollándome como ser humano.

A los profesores del Programa de Maestría por compartir su tiempo y conocimientos.

A la Coordinación del Programa por su atención y apoyo durante todo este tiempo.

A las Autoridades del Parque Nacional Molino de Flores y del municipio de Texcoco, por su atención y apoyo de este proyecto.

A mis compañeros de generación, por todos esos buenos momentos que pasamos juntos, que aunque fue un breve lapso de tiempo, fue muy agradable.

Y a todas las demás personas que participaron de manera directa o indirectamente, en la ejecución de este trabajo, que sin su ayuda esto no habría sido posible.

A todo ustedes ¡Muchas Gracias!

Datos biográficos

El autor de este documento nació el 13 de Febrero de 1982, en el Distrito Federal. Estudio su formación básica en la Delegación Iztapalapa en la escuela Castulo Ramírez Lugo y en la Secundaria Diurna # 296 "Justo Sierra". Su educación media la hizo en el Colegio de Ciencias y Humanidades, plantel Oriente. Curso la carrera de Biología en la Facultad de Estudios Superiores Zaragoza UNAM, egresando en diciembre del 2006. Desde muy joven le atraieron las plantas y animales, le gustaba observarlos, ver documentales y literatura sobre ellos; más adelante se interesó por temas ambientales. En su trayectoria profesional ha participado en proyectos que han tenido que ver: con la infiltración de agua en el suelo de bosques de coníferas; en estudios de diversidad de murciélagos de la Sierra Nevada; fauna edáfica de bosques templados; educación ambiental; producción de planta para reforestar y ornamental; colecta, producción e identificación de lepidópteros; y restauración ambiental.

Plan de restauración ecológica para el área de Conservación del Parque Nacional Molino de Flores, Texcoco Estado de México

Ramírez Gutiérrez, Arturo; Vázquez Alarcón, Antonio.

Resumen

El Parque Nacional Molino de Flores, presenta un estado de abandono, principalmente en el Área de Conservación. El objetivo de este trabajo fue desarrollar un proyecto de restauración ecológica, para recuperar dicha zona y a largo plazo convertirla en un bosque, que brinde mejores servicios ambientales a los visitantes y habitantes de Texcoco. Se hicieron recorridos en el Molino y en áreas cercanas; se hizo una selección de especies vegetales; se colectaron semillas y estacas, para producirlas en vivero y utilizarlas en una plantación piloto; se determinaron las propiedades del suelo. Al evaluar las especies en campo, se encontró que *Eysenhardtia polystachya* y *Buddleia cordata*, crecieron más en altura (>9cm) y en diámetro (>0.1cm), *Tecoma stans* presentó la mayor sobrevivencia (96%). Se hizo una zonificación del Parque, para cada sitio se recomendaron: las especies más adecuadas, diseño de plantación, cantidad de plantas y acciones para ayudar al proceso de restauración.

Palabras clave: Restauración ecológica, especies nativas, parque nacional, árboles y arbustos de uso múltiple, bosque.

Abstract

National Park Molino de Flores is in a state of neglect, mainly the area designated as ecological reserve. This study was conducted to develop an ecological restoration project for this area with the aim of making a sustainable forest providing better environmental services to visitors and Texcoco residents. Field observations were made in the park and surrounding areas; soil properties were determined, plants were selected, and seeds and cuttings were collected to produce nursery plants for use in a pilot forest plantation. In field assessment, it was found that *Eysenhardtia polystachya* and *Buddleia cordata* seedlings grew faster (>9 cm in four months) and had larger diameters (>0.1 cm) than other species. *Tecoma stans* had the highest survival rate (96%). Park zoning for each site was recommended considering the most suitable species, planting design, number of plants and actions to help the restoration process.

Key words: Ecological restoration, indigenous species, national park, trees and shrubs multipurpose, forest.

INDICE

CONTENIDO	Página
1. INTRODUCCIÓN	1
2. OBJETIVO GENERAL	3
2.1. Objetivos Particulares	3
3. JUSTIFICACIÓN	3
4. REVISIÓN DE LITERATURA	4
4.1. Los bosques templados	4
4.2. Bosque de encino	5
4.3. Bosques de encinos en el Valle de México	6
4.4. Áreas naturales protegidas	7
4.5. Parques Nacionales	9
4.6. Parque Nacional Molino de Flores Nezahualcóyotl	10
4.7. Servicios ambientales	11
4.8. Cartografía y mapas	13
4.9. Manejo de plantas	14
4.10. Plantaciones forestales	17
4.11. Restauración ecológica	18
4.12. Metodología en la restauración ecológica	22
4.13. Práctica de la restauración ecológica.	24
4.14. Árboles y arbustos de uso múltiple	25
5. MATERIALES Y METODOS	27
5.1. Localidad de estudio	27
5.2. Análisis cartográfico	29
5.3. Recorridos en el Parque y Evaluación de la Zona de Conservación	29
5.4. Paisaje de referencia	30
5.5. Identificación de plantas	31
5.6. Selección de especies	31
5.7. Características de las especies propuestas para la restauración	32
5.7.1. <i>Buddleia cordata</i> H.B.K.	33
5.7.2. <i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg. (1892)	35
5.7.3. <i>Opuntia streptacantha</i>	36
5.7.4. <i>Quercus deserticola</i> Trel.	38
5.7.5. <i>Sedum praealtum</i>	39
5.7.6. <i>Tecoma stans</i> (L.) Juss. ex Kunth (1819)	40
5.7.7. <i>Yucca filifera</i> (Chabaud, 1976)	42
5.8. Producción de Plantas en Vivero	44
5.8.1. Brinzales de Tepozán	44

5.8.2. Brinzales de Palo dulce	46
5.8.3. Brinzales de Encino	48
5.8.4. Brinzales de Tronadora	51
5.8.5. Plantas de Yuca	53
5.8.6. Plantas de siempreviva	55
5.9. Elección del área piloto de plantación	56
5.10. Plantación de los brinzales en campo	57
5.11. Siembra de semillas de Palo dulce	60
5.12. Evaluación del desempeño de las plantas en campo	60
5.13. Cuidados posteriores a la plantación	61
5.14. Determinación de las propiedades del suelo	61
5.15. Identificación de Lepidópteros	62
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	62
6.1 Zonificación del Parque	62
6.1.1. Área Histórica y Uso Intensivo	63
6.1.2. Área rellenada	64
6.1.3. Matorral	64
6.1.4. Pastizal con reforestación	64
6.1.5. Vegetación riparia	65
6.1.6. Vivero	65
6.2. Desempeño de las plantas del proyecto	66
6.3. Desempeño de las plantaciones particulares	68
6.4. Resultados de la Siembra del Palo dulce	70
6.5. Propiedades del suelo	70
6.6. Recomendaciones y propuesta de restauración ecológica	72
6.6.1 Obtención de plantas	73
6.6.2 Características de los brinzales	73
6.6.3 Técnicas de plantación	74
6.6.4 Diseños de plantación	76
6.6.4.1. Diseños para revegetación del área turística	81
6.6.5 Zonificación del Parque para restauración	82
6.6.6 Sigüientes trabajos para continuar la restauración	86
6.6.7 Evaluación de la restauración	88
7. CONCLUSIONES	89
8. LITERATURA CITADA	91
ANEXO I	98
ANEXO II	103
ANEXO III	106

Lista de Cuadros

Cuadro	Descripción	Pág.
1	Listado de plantas, colectadas en los recorridos.	32
2	Descripción de las áreas seleccionadas.	57
3	Evaluación de la plantación piloto, Sitio 1.	66
4	Evaluación de la plantación piloto, Sitio 2.	67
5	Evaluación del desempeño de la plantación particular 1.	69
6	Evaluación del desempeño de la plantación particular 2.	70
7	Resultado de la siembra de Palo dulce, Sitio 3.	70
8	Parámetros físicos de suelo del área de estudio.	71
9	Parámetros químicos del suelo P.N. Molino de Flores.	72
10	Medida sugerida para brinzales.	74
11	Propuestas de restauración de acuerdo al sitio.	83
12	Plantas que se necesitan producir en vivero.	86
13	Listado de especies vegetales de la Zona de Conservación.	96
14	Listado de especies del Área histórica y uso intensivo	98
15	Listado de aves	99
16	Listado de mamíferos	99
17	Listado de reptiles	99
18	Listado de mariposas	100
19	Precios de algunas plantas similares, a las que se proponen para la restauración.	106
20	Costo de algunos materiales para la producción de plantas.	106

Lista de Figuras

Fig.	Descripción	Pág.
1	Ubicación del Parque Nacional Molino de Flores Nezahualcóyotl.	27
2	Tepozán: a) en su ambiente; b) en floración; c) con frutos maduros.	33
3	Palo dulce: a) en campo; b) racimo de flores; c) con vainas maduras.	35
4	Nopal: a) en el P.N. Molino de Flores; b) flores y frutos.	37
5	Quercus: a) en su hábitat; b) forma de la hoja y bellota.	38
6	Siempreviva: a) en su hábitat; b) flores y hojas.	39
7	Tronadora: a) en el Parque; b) hojas y flores; c) frutos maduros.	41
8	Yuca: a) en su hábitat; b) hojas y flores; c) bayas.	43
9	Obtención de Plántulas de tepozán: a) Inflorescencia; b) Separación de las semillas; c) semillas; d) siembra en almacigo; e) germinación; f) plántulas de 1 mes.	45
10	Trabajo de vivero con el tepozán: a) Trasplante al 2do. almacigo; b) Tres semanas después; c) trasplante a bolsa; d) brinzales antes de salir a campo.	46
11	Obtención de plántulas de Palo dulce: a) Limpieza; b) Sembrado; c) germinación; d) 7 días después.	47
12	Trasplante de Plántulas de Palo dulce a) y b); c) Planta 2 semanas después.	47
13	Plantas de Palo dulce: a) principios de mayo; b) Inicios de	48
14	Método para germinar las bellotas: a) selección; b) charola para germinación.	49
15	Plantación de bellotas: a) germinador; b) bellotas con radícula; c) trasplante; d) plántula de encino.	50
16	Brinzales de encino, antes de salir a campo.	51
17	Plantas de Tronadora: a) semillas; b) semillas en almacigo; c) plantulas; d) recién trasplantada; e) principios de mayo; f) antes de salir a campo.	52
18	Tratamiento de las semillas de yuca: a) Limpieza; b) Lavado; c) Remojo.	53
19	Etapas de la Yuca en vivero: a) Almacigo; b) Germinación; c) 15 días después; d) Trasplante; e) Mes de abril; f) Antes de salir a campo	54
20	Siempreviva: a) planta donadora; b) secado de los esquejes; c) maceta con plantas nuevas.	56
21	Ubicación de plantaciones realizadas en el Parque.	56
22	Diseño de plantación: a) Sitio 1; b) Sitio 2	58
23	Procedimiento de trasplante: a) deshierbe; b) ablandamiento del	59

	suelo; c) construcción de la cepa; d) colocación de la planta; e) resultado final.	
24	Siembra de Palo dulce en campo: a) Arreglo; b) Siembra.	60
25	Mapa de las principales Áreas del Molino.	63
26	Cepa simple: A) Corte lateral; B) Vista superior.	75
27	Sistema español: A) Perspectiva lateral; B) Vista superior.	75
28	Zanja trinchera: A) Corte lateral; B) Vista superior.	76
29	Especies para los diseños.	77
30	Diferentes diseños de plantación, para las distintas condiciones del Parque.	80
31	Diseño para revegetación del área turística.	81
32	Mapa de la zonificación del Parque, para restauración por área.	82
33	Propagación del nopal.	101
34	Distintas formas de propagar la Siempreviva.	102
35	Propagación de la Biznaga (<i>Coryphantha</i> sp.)	103

Abreviaturas

COLPOS: Colegio de Postgraduados

D.F.: Distrito Federal

DICIFO: División de Ciencias Forestales

E.U.A.: Estados Unidos de América

INECOL: Instituto de Ecología

P.N.: Parque Nacional

SER: Sociedad para la restauración ecológica

SMA: Secretaria del Medio Ambiente

UACH: Universidad Autónoma Chapingo

1. INTRODUCCIÓN

Ante la problemática ambiental (contaminación, deforestación, pérdida de recursos naturales, sobrepoblación, etc.), se ha tenido la necesidad de conservar la biodiversidad. Una de las maneras de solucionarlo, ha sido declarando áreas naturales protegidas: las cuales son porciones del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y producen beneficios ecológicos. Los Parques Nacionales constituyen la categoría de área protegida más conocida. Sin embargo, existen varios parques que se encuentran abandonados por falta de recursos, su conservación se deja a la naturaleza y la existencia de un decreto, restringe su uso (Fernández y Becerra, 1995).

El Parque Nacional Molino de Flores, es importante para el esparcimiento familiar y las manifestaciones culturales de los habitantes de Texcoco, además brinda servicios ambientales para esta zona cada vez más urbanizada. Sin embargo la falta de presupuesto, ha traído como consecuencia que no exista suficiente personal y recursos, para darle un mantenimiento adecuado a las distintas áreas, principalmente aquellas destinadas a la Conservación Ambiental. Por lo que es necesario implementar proyectos, que ayuden a recuperar la vegetación y la infraestructura, para potenciar este Parque como sitio turístico y recreacional.

La restauración ecológica, consiste en una serie de técnicas que involucran a varias disciplinas y procedimientos llevados a cabo por el hombre, para recuperar ecosistemas que fueron dañados por la acción humana o por un

disturbio natural. La restauración trata de retornar un ecosistema a su trayectoria histórica, pero el área restaurada puede no recuperar su estado anterior, debido a que los procesos y las condiciones que le dieron origen serán diferentes (SER, 2004). La restauración consta de cuatro etapas y varios pasos: a) fase de diagnóstico; b) f. experimental; c) f. de monitoreo; d) f. de consolidación (Vargas, 2007). Para que la restauración sea exitosa, se requiere la participación activa de los interesados y un compromiso a largo plazo; además se deben ofrecer a los productores, alternativas agropecuarias que conserven y mejoren el ambiente (Sánchez, 2005).

Los sistemas agroforestales son formas de uso y manejo sustentable de los recursos naturales, en los cuales arboles, arbustos y palmas son utilizadas en asociaciones deliberadas con cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia temporal (Torquebiu, 1993). Un árbol o arbusto de uso múltiple es uno que da productos, servicios y mejora el ambiente (Musálem, 2001). La utilidad de las plantas de uso múltiple, está en función del conocimiento que tenga la gente sobre ellas.

El objetivo de esta tesis fue iniciar un proyecto de restauración ecológica en el Parque Nacional Molino de Flores, para que a largo plazo recupere su estructura y función como bosque, para que brinde mejores productos y servicios ambientales, a los usuarios de este lugar. Algo por lo que es importante este trabajo, es que promoverá el uso, la propagación y el conocimiento de especies nativas de ecosistemas templados.

2. OBJETIVO GENERAL

Elaborar un proyecto de restauración ecológica para la zona de conservación del Molino de Flores, en el que se utilicen, en su primera etapa árboles y arbustos de usos múltiples, para que a largo plazo recupere su estructura y función como bosque, además de brindar productos y servicios ambientales a los pobladores y visitantes.

2.1. OBJETIVOS PARTICULARES

- Hacer una zonificación del Parque, para sugerir la plantación de especies de acuerdo a las condiciones particulares de cada lugar.
- Realizar un análisis físico y químico del suelo.
- Buscar y coleccionar propágulos de plantas, que puedan utilizarse en la Restauración, dentro del Parque y en áreas cercanas a este.
- Producir en vivero las especies.
- Establecer una plantación piloto con las plantas producidas.
- Proponer medidas de restauración.

3. JUSTIFICACIÓN

La mayor parte del Parque, tiene una baja densidad de árboles; a pesar de que se han realizado varios intentos de reforestación, el éxito ha sido reducido o nulo. Por lo cual es importante comenzar un programa de restauración que recupere la vegetación nativa, antes de que el aparente abandono de la zona propicie su urbanización. En cuanto a la Agroforestería, este trabajo es importante porque utilizará árboles y arbustos de uso múltiple propios de ecosistemas templados, por lo que se incrementara el conocimiento sobre las especies de dicho ambiente.

4. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Los bosques templados

Los ecosistemas templados se caracterizan por tener una temperatura menor a 18°C, presentar un periodo de lluvias a lo largo del año, estacionalidad marcada, un verano cálido y un invierno frío, pero la temperatura media no llega a los 0°C; por estos atributos su clasificación climática es Cf. Los bosques de México se relacionan con estas condiciones, salvo que la estacionalidad es menos notoria y existen organismos de ecosistemas tropicales (debido a la posición geográfica). En el país, después de los matorrales desérticos, los bosques templados son lo que ocupan mayor extensión territorial, siendo los ecosistemas de pino y encino los que predominan.

A diferencia de los bosques de mayores latitudes, los de México presentan una biodiversidad impresionante; son el centro primario de diversidad de pinos con más del 50% de las especies y de encinos con el 33% de las especies del mundo. Aunque la diversidad biológica del dosel de un bosque es reducida y el número de especies por hectárea es bajo, albergan muchas especies tropicales en el sotobosque y en las zonas de ecotono.

Los bosques son los ecosistemas más afectados por la urbanización y las actividades de producción primaria (agricultura y forestal). A pesar de que la transformación se remonta a tiempos prehispánicos; con la llegada de los europeos, las presiones de la población se intensificaron más. Sin embargo, el crecimiento demográfico que ocurrió en México a lo largo del siglo XX, ocasiono

que la transformación fuera aún más grande que en épocas anteriores; es en el centro del país es donde la destrucción ha sido más intensa (Challenger, 2003).

4.2. Bosque de encino

Los bosques de *Quercus* o encinares son comunidades vegetales características de las zonas montañosas de México, en las áreas de clima templado con lluvia en verano (Cw). Aunque también se encuentran en regiones de clima tropical hasta matorrales xerófilos. La precipitación media anual varía de 350 mm en zonas áridas a más 2000 mm en las Costas del Golfo, la mayoría se encuentra en el rango de 600 a 1200 mm. La temperatura media anual tiene una amplitud de 10 a 26°C, la más frecuente es de 12 a 20°C.

Los encinares comparten afinidades ecológicas con los pinares, razón por la cual los bosques mixtos de estos géneros son muy comunes en el país. Con frecuencia la franja de encinos se ubica a niveles altitudinales inferiores que los pinos, pero esta disposición no se cumple en ciertas regiones. Se calcula que en México los bosques de *Quercus* ocupan 5.5% de la superficie y en asociación con pino el 13.7%.

Se conocen bosque de encinos en casi todos los estados de la República, a excepción de Yucatán y Quintana Roo. Se encuentran desde el nivel del mar hasta los 3,100 m, aunque su mayor extensión se halla entre 1,200 y 2,800 m.

Los bosques de encino son comunidades cuya altura fluctúa entre 2 y 30 m, generalmente el dosel es cerrado, pero también es abierto o muy ralo. Varían de totalmente caducifolios a totalmente perennifolios y el tamaño de las hojas

de las especies dominantes de nanófilas a megáfilas. Se reconoce que existen más de 150 especies de encinos. Pueden formar bosques puros o dominados por varias especies de *Quercus*. Los géneros que más frecuente se encuentran son: *Abies*, *Alnus*, *Arbutus*, *Buddleia*, *Cercocarpus*, *Crateagus*, *Cupressus*, *Fraxinus*, *Garrya*, *Juglans*, *Juniperus*, *Pinus*, *Platanus*, *Populus*, *Prunus*, *Pseudotsuga* y *Salix*.

Con respecto al aprovechamiento de estos bosques, su explotación ha sido más a nivel local que de forma industrial, la mayoría de ellos han sido talados para desarrollar actividades agropecuarias. Los encinos se utilizan para hacer construcciones, muebles, postes, extraer taninos, remedios tradicionales, alimento para el ganado y el hombre, pero la forma en que más se ocupan es como carbón (Rzedowski, 2006).

4.3. Bosques de encinos en el Valle de México

Los encinares se encuentran en la zona montañosa del Valle de México. Prosperan en altitudes que van de los 2,350 a 3,100 m, en suelos profundos y someros, en áreas que llueve en desde 700 a 1,200 mm al año. Estos bosques son bajos (5-12 m) y moderadamente densos. Dependiendo de las condiciones de humedad, pueden ser caducifolios o perennifolios.

En altitudes por debajo de 2,500 m los arboles dominantes son con frecuencia *Quercus laeta*, *Q. deserticola*, *Q. crassipes* y *Q. obtusa*; a menudo *Pinus leiophylla* también forma parte de la asociación. Entre las cotas de 2,500 y 2,800 m, el Bosque de *Quercus rugosa*, es el más característico; este bosque

se le asocian *Q. mexicana* o *Q. crassipes*, *Arbutus xalapensis* y algunas especies de Pinos, así como *Cupressus*, *Garrya* y *Clethra*. De los 2,800 a 3,100 m, la especie más extendida es *Q. laurina*, esta especie convive *Q. crassifolia*, *Q. rugosa*, *Abies*, *Arbutus*, *Juniperus* y *Pinus*. En los lugares más secos del Valle, sobre todo en la parte septentrional, se encuentra dominado por *Q. microphylla*, *Q. greggii* y *Q. mexicana*. Son bosques muy bajos (3-5 m) y a menudo bastante ralos.

A nivel de estrato arbustivo y herbáceo, son muy numerosas las especies que viven en los encinares. Entre los géneros más abundantes representados pueden mencionarse: *Baccharis*, *Brickelia*, *Castilleja*, *Dahlia*, *Desmodium*, *Eupatorium*, *Galium*, *Geranium*, *Lamourosia*, *Muhlenbergia*, *Penstemon*, *Salvia*, *Senecio*, *Stevia*, *Symphoricarpos*, *Thalictrum*, *Valeriana* (Rzedowski y Rzedowski, 1979).

4.4. Áreas naturales protegidas

La mayor parte del tiempo que ha existido la humanidad, ha vivido de acuerdo a las condiciones que le ha dictado la naturaleza, por lo que la capacidad para modificar el ambiente había sido mínima y las afectaciones hacia otras especies habían sido reducidas. Sin embargo en estos últimos siglos, con el desarrollo del conocimiento y su aplicación en la industria, el comercio, el transporte, la urbanización, la alimentación y la medicina, han ocasionado el incremento de la población y las necesidades de consumo. Por lo que en muchas partes del mundo se han explotado los recursos hasta su desaparición, se ha contaminado

y destruido ecosistemas enteros, trayendo como consecuencias la extinción de especies y el detrimento de la calidad de vida humana.

Ante esta problemática ambiental nunca antes, se había tenido la intensa necesidad de conservar la biodiversidad actual. Una de las maneras de solucionar esta problemática en el País y el mundo, es evitando o controlando la acción humana, en las áreas naturales que aún quedan. En México el instrumento de política ambiental con mayor definición jurídica para la conservación de la biodiversidad son las Áreas Protegidas. Éstas son porciones del territorio nacional representativas de los diversos ecosistemas, en donde el ambiente original no ha sido esencialmente alterado y producen beneficios ecológicos. Se crean mediante un decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, su Reglamento, el programa de manejo y los programas de ordenamiento ecológico. Están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según las categorías establecidas por la ley (Fernández y Becerra, 1995).

La Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP) administra actualmente 174 áreas naturales de carácter federal. Estas áreas se clasifican en las siguientes categorías: Reservas de la Biosfera, Monumentos Naturales, Parques Nacionales, Áreas de Protección de Recursos Naturales, Áreas de Protección de Flora y Fauna y Santuarios (CONANP, 2011).

4.5. Parques Nacionales

Los Parques Nacionales constituyen la categoría de área protegida más conocida y con mayor arraigo en el mundo. El primer Parque Nacional en ser decretado en México, fue el Desierto de los Leones en 1917, por el Presidente Venustiano Carranza. Pero fue hasta el régimen de Lázaro Cárdenas, que se pone en marcha esta política, con la creación de 41 parques nacionales. El inconveniente de esta política, fue que la creación de parques nacionales no aseguró la tenencia de la tierra y los recursos económicos para su protección. La mayor parte de los decretos no fueron seguidos de una expropiación de las áreas para fines de uso público. Lo único que se consiguió fue la restricción legal del uso de la tierra, que en la época en que realizó no representaba mayor problema dado la baja densidad de población, sin embargo es hasta hoy que se notan esos problemas (Fernández y Becerra, 1995).

La motivación principal para declarar un área como parque nacional era su valor histórico, turístico, estético o incluso político, pero visto desde el ángulo de la sociedad urbana, por lo que el aspecto biológico prácticamente no influyó. Pero hoy en día este último aspecto ha cobrado mayor importancia, de modo que Parque Nacional se define como: *“Un área con uno o más ecosistemas que signifiquen por su belleza escénica, su valor científico, educativo o de recreo, su valor histórico, por la existencia de flora y fauna, por su aptitud para el desarrollo del turismo, o por otras razones análogas de interés general”* (CONANP, 2011).

Los parques nacionales han desempeñado un papel importante en la historia de la conservación en México. Sin embargo, existen varios parques que se encuentran en un estado de evidente abandono. Su conservación se deja a la naturaleza y la existencia del decreto restringe su uso (Fernández y Becerra, 1995).

4.6. Parque Nacional Molino de Flores Nezahualcóyotl

El P.N. Molino de Flores, es un lugar que tiene relevancia histórica y cultural, fue ocupado por indígenas antes de la llegada de los españoles, se dice que el Rey de Texcoco Nezahualcóyotl mando plantar ahuehuetes; en la época colonial fue una gran hacienda que se dedicaba a la molienda del trigo; posteriormente en el siglo XIX se enfocó a la producción de maíz, frijol y pulque; hasta que en la Revolución, las tierras fueron repartidas a los pobladores y la hacienda decayó; lo que quedo de esta, fue expropiado por Lázaro Cárdenas y convertido en el actual Parque, el 5 de Noviembre de 1937 (Vargas, 1997).

El Molino de Flores es un área importante para el esparcimiento familiar y las manifestaciones religiosas, además brinda servicios ambientales para el municipio de Texcoco cada vez más urbanizado. Sin embargo la falta de presupuesto, ha traído como consecuencia que no exista suficiente personal y recursos, para darle un mantenimiento adecuado a las distintas áreas con las que cuenta este Parque. Las áreas que denotan más falta de manejo, son las que están destinadas a la conservación ecológica. Además existen serios problemas ambientales, ocasionados por el exceso de basura producida por los

usuarios, vertido de aguas negras al río, contaminación del aire por las minas de arena, extracción de la vegetación e incendios.

Dada la problemática del Parque, se han realizado varias investigaciones enfocadas a mejorar su atractivo como zona turística y de esta manera generar recursos económicos, para su mantenimiento y mejora de sus servicios. Graciano (1995) propuso impulsar al Molino como un lugar ecoturístico y fomentar la educación ambiental, realizó estudios de vegetación y pérdida de suelo. García y Jiménez (1997), realizaron encuestas para conocer el perfil de los visitantes y con esta información, se pudieron elaborar algunas propuestas para potenciar el comercio de la zona. Pérez en el 2000, determinó la capacidad de carga turística del Parque (4,000 visitantes/día) con ayuda de Sistemas de Información Geográfica y concluyó que la afluencia de personas está por debajo de esa cifra, sin embargo detectó deterioro en la infraestructura y falta de recursos. En 2006 (Alcántara), realizó un proyecto arquitectónico para convertir a la Exhacienda en un Centro de Convenciones, y de esta manera convertirse en polo cultural y educativo, además que impulsaría la economía de la región. A pesar de estas investigaciones, las condiciones actuales del Parque exhiben un profundo deterioro.

4.7. Servicios ambientales

La importancia que se le da a los bosques y a las demás áreas naturales, está generalmente asociada únicamente a la extracción de recursos naturales y a la cantidad de dinero que se pueda obtener de ellos. Sin embargo hoy en día la mentalidad ha ido cambiando, debido a una mayor información y a la catástrofe

ambiental que se está padeciendo a nivel global (cambio climático, escasez de agua, pérdida de biodiversidad, etc.); ha ocasionado que se valore a las áreas naturales por sus beneficios ambientales que puedan brindar a la humanidad. Los beneficios ambientales o servicios ambientales se pueden definir como el conjunto de condiciones y procesos naturales (incluyendo especies y genes) que la sociedad puede utilizar y que ofrecen las áreas naturales por su simple existencia.

Dentro del conglomerado de servicios que brindan los bosques se pueden señalar la biodiversidad, el mantenimiento de germoplasma con uso potencial para el beneficio humano, el mantenimiento de los valores estéticos y filosóficos, la estabilidad climática, la contribución a ciclos básicos (agua, carbono y otros nutrientes) y la conservación de suelos, entre otros. Para el caso particular de recursos forestales, la producción de tales servicios está determinada por las características de las áreas naturales y su entorno socioeconómico (Torres y Guevara, 2007).

La producción de servicios ambientales se ve amenazada: a) por no tener un mercado definido, por lo tanto, no existe un precio que refleje cuánto cuesta producir los servicios ambientales y la sociedad actúa como si no costara nada destruirlos o como si existieran en cantidades ilimitadas; b) Se conoce muy poco acerca de la cantidad de servicios producidos y su relación con los procesos desarrollados en las áreas naturales, por lo que muchas veces se plantea, si vale la pena su conservación en detrimento, de la explotación de los recursos naturales y el cambio de uso de suelo. Ambos problemas conducen a

una sobreutilización de los recursos naturales, que sí tienen mercado, dando como resultado un eventual agotamiento de estas áreas y la consecuente reducción en la producción de servicios ambientales (Bishop y Landell-Mills, 2003; Torres y Guevara, 2007).

Con la nueva interpretación científica, queda más claro que los bosques y la magnitud de los servicios ambientales dependen en gran medida del sitio, el valor económico de estos varía con el número y las actividades que realicen los habitantes. Es un hecho que en muchas partes del mundo, los servicios ambientales, se desperdician debido a políticas forestales inadecuadas e ineficientes (Bishop y Landell-Mills, 2003).

4.8. Cartografía y mapas

En las últimas décadas, se han hecho estudios más detallados de los recursos naturales, sobre su aprovechamiento, conservación y cantidad, así como de los servicios ambientales, con que cuenta un lugar, para poder satisfacer las demandas de la sociedad. Ante este panorama se ha vuelto necesario realizar inventarios, para ubicar en el territorio recursos naturales y detectar sus cambios a través del tiempo. El propósito de zonificar, es planificar el uso de los recursos, separar áreas con potencial, de las que presenten limitaciones. La cartografía de los recursos naturales sirve a estos propósitos de manera insustituible, el uso de la tecnología digital ha permitido el desarrollo de mapas más precisos (FAO, 1997; Priego *et al.*, 2009).

La cartografía general y temática es una de las fuentes más importantes de datos, para los Sistemas de Información Geográfica, los cuales son excelentes herramientas que permiten comparar, escoger y tomar decisiones basadas en información actualizada e integral. La cartografía ha desempeñado un papel fundamental a lo largo de la historia de la humanidad y de la geografía. La palabra cartografía tiene su origen en los vocablos *charta* del Latín que significa carta o papel que sirve para comunicarse y *grapho* del griego que significa descripción, estudio, tratado.

Los mapas son una de las bases de datos más utilizadas, todos requieren de mapas en diferentes escalas y grados de complejidad. El mapear el objeto de estudio es esencial para entender tanto su distribución espacial como las interrelaciones entre dicha variable y su ambiente, sin embargo no están exentos de distorsiones o errores geométricos. Las características más importantes de los mapas son su control geodésico, su precisión horizontal y vertical, los cuales responden a los estándares utilizados en cada país. Otras formas de representar la realidad, para usos específicos son los planos y las cartas. El proceso de inventariar, los recursos, observar, clasificar y registrar las características del paisaje en estudio, es una actividad muy importante en nuestros días (Fallas, 2003).

4.9. Manejo de plantas

La agricultura fue desarrollada por los hombres hace aproximadamente 10,000 años, lo cual dio inicio a las poblaciones sedentarias y permitió su posterior transformación en las grandes civilizaciones. Las primeras plantas en ser

manejadas fueron los cereales y las leguminosas, después las hortalizas y por ultimo las leñosas. Las personas utilizan las plantas, para distintos fines entre los que destacan alimenticio, medicinal, combustible, construcción, materia prima y ornamental (Grey y Deneke, 1992).

Las plantas con fines estéticos han sido importantes para la gente desde el inicio de las civilizaciones. Los egipcios, fenicios, persas, griegos, chinos y romanos, tenían gran aprecio por los árboles, hicieron grandes jardines y bosques para enaltecer sus templos. Cada una de estas culturas utilizo los árboles para complementar a las estatuas y edificios. Teofrasto y Plinio contribuyeron al conocimiento del mantenimiento y cuidado de árboles (Grey y Deneke, 1992). Pero es hasta la edad media que se tienen los primeros registros, sobre plantaciones forestales como tal. En el siglo XIV en Alemania, tuvieron los primeros trabajos de reforestación, se sembraron coníferas, en terrenos previamente tratados con quemas controladas. En Italia por esa época, monjes plantaron abetos en Los Apeninos Toscanos; primero reubicaron a claros de los bosques, ejemplares de regeneración natural y después colectaron semillas para producir plantas en vivero. En México durante el siglo XV, Nezahualcóyotl dictó medidas de protección forestal basadas en un profundo conocimiento de la naturaleza y estableció un jardín botánico en Texcoco (Pimentel, 2009).

La época del Renacimiento en Europa, trajo como consecuencia enormes avances en el conocimiento y en el estímulo de realizar viajes para comerciar a través del mundo. Esto condujo al descubrimiento de nuevas especies, al

desarrollo del comercio y a los viajes en busca de plantas; así como la introducción de especies exóticas para exhibirlas en colecciones privadas, las cuales fueron el origen de varios jardines botánicos en distintos países (Grey y Deneke, 1992). El incremento y avance del conocimiento biológico sobre las distintas especies de plantas, ha ocasionado el desarrollo de muchas disciplinas que se encargan de su estudio y que han contribuido al progreso de la humanidad (Rivas, 2001), como son:

- Agricultura: Ciencia de la producción agrícola, cuyo objetivo es detectar, precisar y resolver los problemas técnicos, económicos y sociales.
- Arboricultura: Le concierne el cuidado, selección y mantenimiento de los árboles, arbustos y enredaderas.
- Arquitectura del paisaje: Concierne la planeación y diseño de espacios abiertos para el uso y disfrute humano.
- Botánica: Se encarga de la descripción, clasificación, distribución, identificación, reproducción, fisiología, morfología y ecología de los vegetales.
- Dasonomía: Es el manejo científico de los bosques, incluyendo su desarrollo, cuidado y rendimiento sostenido. La Dasonomía urbana, se encarga de los árboles y bosques urbanos.
- Fruticultura: Se dedica a la producción y al manejo de leñosas productoras de fruta.
- Horticultura: Se encarga de plantas que son cultivadas intensivamente para fines alimenticios y ornamentales.
- Silvicultura: Es la ciencia y/o el arte de crear, mantener y conservar bosques, así como atender a su aprovechamiento de forma que se perpetúe su producción, sin menoscabo cuantitativo y cualitativo.

4.10. Plantaciones forestales

En las primeras etapas de la civilización humana, la necesidad de madera de los escasos pobladores estaba cubierta, por lo que, los recursos naturales permanecieron casi inalterados. Conforme la población humana creció, igual lo hicieron las necesidades de recursos forestales; no obstante, los bosques naturales siguieron proporcionando, la madera necesaria para tales fines. Sin embargo, los requerimientos de las sociedades modernas, hace tiempo que sobrepasaron la regeneración natural de los bosques, por lo que ha habido un fuerte deterioro y destrucción de estos. Ante esta situación, ha surgido la necesidad de plantar árboles no solo con el objeto de satisfacer las necesidades de madera, sino también como una forma de mejorar el ambiente y la calidad de vida (Musálem, 2006).

La silvicultura representa la aplicación de conocimientos ecológicos y fisiológicos, para obtener un determinado tipo de bosque (o rodal) que produzca los bienes y servicios demandados por la sociedad. La repoblación forestal o reforestación es una disciplina de la silvicultura, que consiste en la acción de plantar o sembrar un terreno con especies de carácter forestal. Cabe aclarar que el término forestal, no indica que las reforestaciones se tengan que hacer con árboles, sino que también se pueden utilizar especies de categoría fisionómica inferior (García, 2002). Dependiendo del objetivo, las plantaciones forestales pueden clasificarse en:

- Plantaciones genéricas, cuando su objeto es la creación de masas forestales y que atendiendo a sus fines principales pueden dividirse en:

- a. Producción: Son aquellas cuya finalidad principal es proporcionar al mercado sus producciones inmediatas: maderas, jugos, cortezas, frutos, pero siempre a través de masas.
- b. Protección: También denominadas repoblaciones protectoras. Son aquellas cuya finalidad principal es la defensa del suelo, especialmente contra la erosión hídrica, pero siempre a través de masas.
- Plantaciones específicas. Son aquellas que no llegan a constituir rodales, su implementación responde a diseños y técnicas de planificación específicas para una finalidad concreta.
 - a. Pueden clasificarse por su diseño o finalidad, por ejemplo: Protección contra la erosión eólica (fijación de dunas); Ornamentales; Protección de la fauna silvestre (producción de alimento y hogar para fauna); Recreativas (setos, laberintos); y Agroforestales (cultivos en callejones, barreras rompevientos, bancos forrajeros, b. energéticos, árboles dispersos, cercos vivos, plantación en linderos, etc.).

Se espera que en un futuro los requerimientos de madera y productos forestales, siga incrementándose, de modo que la demanda no podrá ser cubierta por los bosques naturales. Por lo que las plantaciones forestales propiciadas por el hombre, serán las principales proveedoras de recursos y tendrán un papel más importante en el mantenimiento y restauración del ambiente (Musálem, 2006).

4.11. Restauración ecológica

En las últimas décadas del siglo pasado se difundió en la sociedad, el interés por temas ambientales y la conservación de áreas naturales, debido al deterioro

ambiental en las áreas urbanas, la destrucción de ecosistemas y a la extinción de especies. Ante este panorama surgió la necesidad de proteger y recuperar ecosistemas degradados, por lo que se desarrolló la restauración ecológica; la cual es una actividad deliberada que inicia o acelera la recuperación de un ecosistema con respecto a su salud, integridad y sostenibilidad (Sánchez, 2005).

La restauración ecológica se basa en las herramientas, principios y experiencias de la Ecología. Entre ellos la Teoría de la Sucesión Ecológica, que se refiere a los cambios en el espacio y el tiempo, que experimenta la vegetación de un determinado ecosistema. Se llama Sucesión Ecológica Primaria, a la que empieza a partir de un sustrato que no ha sido modificado por los organismos. Se le dice Sucesión Ecológica Secundaria, es aquella que se da en las comunidades por un suceso catastrófico, de origen natural o generado por el hombre (Solano, 1997).

Con frecuencia, el ecosistema que requiere restauración se ha degradado, dañado, transformado o totalmente destruido como resultado directo o indirecto de las actividades del hombre; en algunos casos, estos impactos son empeorados por causas naturales. La restauración trata de retornar un ecosistema a su trayectoria histórica. El ecosistema restaurado puede no recuperar su condición anterior debido a limitaciones y condiciones actuales que pueden orientar su desarrollo por una trayectoria diferente. La restauración requiere un compromiso de manejo y uso de la tierra a largo plazo, de tal forma que la propuesta de restaurar un ecosistema requiere una planeación

cuidadosa. Las decisiones colectivas tienen más probabilidad de ser acatadas y ejecutadas que aquellas tomadas unilateralmente.

Los procesos externos que alteran la biota se les dice estresores. La perturbación se refiere a los impactos sobre un ecosistema que son más graves o agudos que un acontecimiento estresante normal. La palabra resistencia describe la capacidad de un ecosistema en mantener sus atributos estructurales y funcionales al verse enfrentado con estrés y perturbaciones. La resiliencia de un ecosistema es la capacidad de recobrar los atributos estructurales y funcionales que han sufrido daño debidos a estrés o perturbaciones. La estabilidad del ecosistema está determinada por su capacidad para mantener una determinada trayectoria a pesar del estrés; denota un equilibrio dinámico más no un estancamiento. La estabilidad se logra en parte gracias a la capacidad de resistencia y a la resiliencia de un ecosistema.

Un ecosistema de referencia puede servir de modelo para la planificación de un proyecto de restauración ecológica y posteriormente, servir en la evaluación de ese proyecto. En casos donde el objetivo de la restauración consiste en dos o más tipos de ecosistemas, se le puede decir paisaje de referencia, o si se ha de restaurar solamente una porción del paisaje local, se le dice la unidad del paisaje de referencia. Una trayectoria ecológica es aquella que describe la ruta de desarrollo de un ecosistema a través del tiempo. La biodiversidad se refiere a la biota en términos de la diversidad genética y taxonómica, la variedad de seres vivos que se hallan presentes y la estructura de la comunidad que así se crean, además de los papeles ecológicos que se desempeñan (SER, 2004).

De acuerdo con el SER un ecosistema se ha recuperado cuando: a) Contiene suficientes recursos bióticos y abióticos como para continuar su desarrollo sin ayuda o subsidio adicional; b) Las poblaciones que lo componen poseen una buena diversidad genética, que les permite estar bien adaptadas y recuperarse ante un ambiente cambiante; c) La comunidad vegetal posee una estructura, la cual tiene que ver con la arquitectura de las plantas, la estratificación horizontal, la distribución y frecuencia de las poblaciones, así como los tamaños y especies que la componen; d) Presenta procesos ecológicos dinámicos, que incluyen a las interacciones entre organismos y a las relaciones de estos con su ambiente; e) Tiene la capacidad de recuperación dentro de los límites normales de estrés y alteración ambiental; f) Interactuará con ecosistemas contiguos en términos de flujos bióticos y abióticos.

A parte de la restauración, existen otras actividades que buscan recuperar la biota y las condiciones físicas de un sitio, por lo que es frecuente que se confundan con esta. Como la rehabilitación, que se enfoca en reparar algún proceso de un ecosistema degradado, como la productividad o los servicios ambientales, pero sin llegar al ecosistema original (Vargas, 2007). Otra es el remplazo o reclamación, cuyo objetivo es volver útil un terreno, pero sin retornar al estado original. La mitigación es una acción cuya intención es compensar los daños ambientales. La revegetalización es cuando las plantas sustituyen la vegetación original, por causa de un disturbio (SER, 2004).

4.12. Metodología en la restauración ecológica

Para restaurar ecosistemas no existen fórmulas únicas, ya que cada área presenta condiciones y problemáticas particulares, sin embargo se pueden seguir instrucciones generales, basadas en la teoría ecológica y en las experiencias acumuladas de trabajos en distintas partes del mundo. El desarrollo de un proyecto implica considerar algunos factores que permitirán tomar las decisiones más adecuadas al momento de planear las actividades, al llevarlas a cabo y después valorar si estas actividades fueron las correctas (Meli y Carrasco-Carballido, 2011). Un proyecto de restauración ambiental consta de cuatro etapas y dentro de cada una de ellas existen varios pasos:

1) Fase Diagnóstica, consiste en evaluar el ecosistema que se quiere restaurar y en definir los objetivos que se quieren conseguir, para poder decidir que herramientas utilizar. Por lo que se siguen estos pasos: a) ubicar el área; b) conocer al dueño de la tierra; c) identificar los factores de degradación; d) determinar el ecosistema de referencia, para precisar lo que se quiere lograr con el área; e) investigar el potencial de regeneración, disponibilidad de especies, localización, etapa sucesional y abundancia; f) involucrar a los interesados; g) planear la construcción de infraestructura para proteger los trabajos de restauración, así como mejorar las condiciones de suelo y el régimen hidrológico; h) por último, es necesario conocer la cantidad de recursos financieros y humanos, con que van a contar el proyecto (Vargas, 2007; Meli y Carrasco-Carballido, 2011).

2) Fase experimental, esta tiene que ver con el manejo de las plantas, por lo que se tiene que realizar: a) la selección de especies, la cual estará en función de sus características biológicas y su utilidad para el sitio; b) cuando no se puedan conseguir plantas en vivero (la mayoría de las veces), se producirán localmente, por lo que se tendrá que coleccionar semillas y estacas de las plantas seleccionadas, para propagarse y manejarse; c) escoger el sitio de establecimiento, para conocer el comportamiento de las especies ante su ambiente y los disturbios que se presenten; d) rediseñar estrategias para eliminar factores que detengan el proceso de restauración (Vargas, 2007).

3) Fase de monitoreo, en esta se da un seguimiento del cumplimiento de las actividades realizadas, se consulta con la gente involucrada si está conforme con los resultados y se hacen las correcciones pertinentes al proyecto. A continuación se mencionan los indicadores más comunes para evaluar la restauración: a) supervivencias de los individuos; b) crecimiento en altura y diámetro del tronco; c) contenido de biomasa producida en una determinada área; d) cobertura de la copa, es la medida de la sombra que puede generar una planta; e) índices de diversidad de especies; f) evaluación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Meli y Carrasco-Carballido, 2011).

4) Fase de consolidación, esta etapa implica que se han superado casi todas las barreras que impedían la restauración y el proyecto va de acuerdo a los objetivos planteados, el monitoreo indica que el ecosistema empieza a mostrar variables de autosostenimiento, como el enriquecimiento de especies, la

recuperación de la fauna, el restablecimiento de servicios ambientales relacionados con la calidad del agua y el suelo (Vargas, 2007).

4.13. Práctica de la restauración ecológica

A continuación se mencionan algunas investigaciones, a pesar de la diversidad de ecosistemas, sus resultados podrían servir de guía en los de proyectos de restauración ecológica. Por ejemplo en las investigaciones realizadas en bosques tropicales, se ha encontrado que los factores que afectan la regeneración de los árboles, es la falta de propágulos, y la competencia con las herbáceas por espacio y nutrientes; la duración de los estudios no ha sido mayor a 3 años, se han enfocado en la sobrevivencia y crecimiento de las plántulas (Meli, 2003).

En un bosque de encino-pino del Norte de México, después de que sufrió un incendio, se realizó una restauración con pino en determinadas parcelas, al cabo de 10 años se compararon contra un bosque sin y con incendio, se encontró que los incendios incrementaban la diversidad y que las prácticas silvícolas incrementaron la densidad de pinos, sin afectar la abundancia, dominancia y diversidad del estrato arbóreo (Alanís-Rodríguez *et al.*, 2010). En un estudio realizado en un bosque de pino después de un incendio, se encontró que la pérdida de suelo se reducía ($>10\%$), si se excluía la intervención humana y que las reforestaciones solas, no reducían la pérdida de suelo (Carrillo, 2003). En una investigación realizada en un bosque de encino, se descubrió que los factores que más afectan en el reclutamiento de nuevas plantas, son los pequeños mamíferos, la sequía, las altas temperaturas, el disturbio y la falta de

plantas nodrizas (Bonfil y Soberón, 1999). En una plantación experimental con encinos en un sitio con disturbio, se halló que la sobrevivencia de plantas de un año fue mayor al 20%, cuando se plantaron bajo especies nodrizas y que plantas de dos años tenían una probabilidad 30% más alta de sobrevivir que las de un año, además de resistir mejor la herbivoría (Bonfil *et al.*, 2000).

Como producto de trabajos de restauración realizados en bosques secos de América Latina, se han dado las siguientes recomendaciones: a) alterar lo menos posible la vegetación herbácea; b) proporcionar riego suplementario a las plantas en la época seca; c) utilizar plantas nodrizas, para aumentar la sobrevivencia de las plántulas; d) usar terrazas de captación de agua de lluvia, para incrementar el éxito de la plantación; e) proteger a las plantas del ganado y pequeños mamíferos; f) seleccionar especies nativas, resistentes a la sequía y a la perturbación; g) también se deben incluir especies en peligro de extinción y que tengan utilidad para la gente; h) se deben hacer talleres demostrativos frente a la población, sobre las ventajas y los usos de las plantas nativas (Newton y Tejedor, 2011)

4.14. Árboles y arbustos de uso múltiple

Los sistemas agroforestales son formas de uso y manejo de los recursos naturales en los cuales especies leñosas (árboles, arbustos, palmas) son utilizados en asociaciones deliberadas en cultivos agrícolas o con animales en el mismo terreno, de manera simultánea o en una secuencia temporal (Torquebiu, 1993).

La agroforestería se puede considerar como la combinación interdisciplinaria de diversas técnicas ecológicamente viables, que implica el manejo de árboles o arbustos, cultivos alimenticios y/o animales en forma simultánea o secuencial, garantizando a largo plazo una productividad aceptable y aplicando prácticas de manejo compatibles con las habituales de la población local.

Un árbol de uso múltiple, es aquel que además de los productos y servicios normalmente esperados como madera, influencias microclimáticas, mejoramiento del suelo, adición de materia orgánica, proporciona servicios adicionales importantes tales como fijación de nitrógeno, forraje, alimento para humanos, gomas, fibras y productos medicinales (Musálem, 2001).

Un árbol de usos múltiples “ideal”, debe tener los siguientes atributos: a) crecimiento rápido; b) gran capacidad de regeneración, por lo cual puede soportar podas constantes y regenerar con vigor; c) fácil propagación y amplia fecundidad, es decir no se tengan problemas para obtener grandes cantidades de individuos en cortos periodos de tiempo; d) raíz profunda y geotrópica, por lo tanto no competir por los nutrimentos con los cultivos; e) la copa debe permitir pasar la luz; f) no debe ser alelopático, es decir no debe generar metabolitos secundarios que afecten a las plantas, asociadas; g) ofrecer una gran cantidad de servicios y productos; h) mejorador de la fertilidad del suelo. Cabe aclarar, que sólo unas cuantas especies, podrían reunir la mayoría de estas características; además no existe en la naturaleza, algún árbol que pueda servir para todo y en cualquier lugar. La especie ideal dependerá de la zona y del conocimiento que posea la gente sobre esta (Wood y Burley, 1995).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Localidad de estudio

El P.N. Molino de Flores Nezahualcóyotl, se encuentra al oriente del municipio de Texcoco en el Estado de México, entre las coordenadas geográficas 19° 30' de Latitud Norte y 98° 50' de longitud Oeste. Cuenta con una superficie aproximada de 52.6 hectáreas (Vargas, 1997). El uso del suelo del parque presenta la siguiente situación: Área de Conservación 23.6ha (44.8%), Uso Intensivo 15.5ha (29.5%), Zona Histórica-Cultural 3.3ha (6.3%) y Vivero Forestal 10.2 ha (19.4%) (Pérez, 2000).

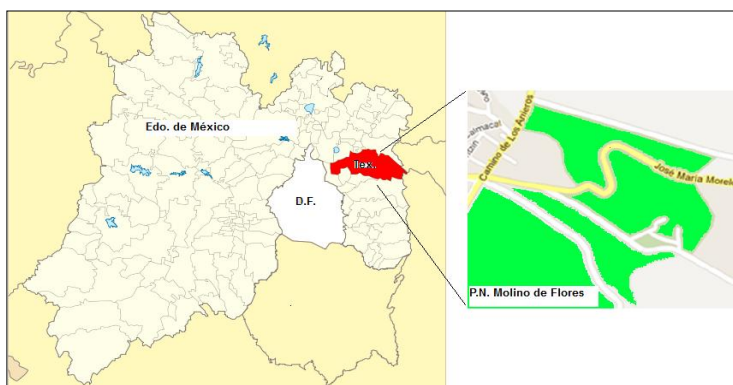


Figura 1. Ubicación del Parque Nacional Molino de Flores Nezahualcóyotl.

El P.N. se encuentra en una zona de lomerío, con pendientes que varían de 4.5% hasta más de 70% en la ribera del río. Tiene un rango altitudinal que va de los 2,310 a los 2,340 metros.

Las unidades de suelo que predominan son tres: a) Feozem háplico, el cual se caracteriza por tener una capa superficial oscura rica en materia orgánica y nutrientes, sin exceso de carbonatos y ser susceptible a la erosión; b) Leptosol, es un suelo somero (<10 cm) y pedregoso, que se encuentra sobre roca

continua; c) Regosol eútrico, es un suelo poco desarrollado, que no tiene horizontes, tiene una saturación de bases de más del 50% y una fertilidad de media a alta.

El Río Coxcacuaco atraviesa el parque de oriente a poniente; la fuente de abastecimiento principal de este río es el manantial de San Francisco que se encuentra en Amanalco y San Juan Totolapa, además del Manantial de la Joya en Santa María Tecuanulco.

La clasificación climática que presenta es del tipo Cb(Wo)(í')g, que corresponde a un clima templado subhúmedo, lluvias en verano y presencia de canícula. La temperatura media anual es de 14.7°C; en el mes más frío se registran de -3 a 18°C; y en el mes más caliente de 6.5 a 22°C. La precipitación media anual es de 621 mm. Los vientos dominantes son los del NW durante la estación seca de invierno y los del NE en la estación cálida húmeda. Su velocidad casi nunca es alta, con valores aproximados de 10 km/hora, y excepcionalmente de 90 a 100 km/hora (Vargas, 1997).

La Exhacienda al haber estado sometida a un manejo intensivo, por parte de los pobladores desde hace más de 5 siglos, el número y composición de especies, difiere profundamente de la estructura original. Sin embargo presenta un paisaje complejo, compuesto por vegetación de matorral, pastizal, reforestaciones y riparía, que la hacen poseer más de 100 especies vegetales la mayoría de ellas nativas (en el Anexo I, está un listado de especies), que a su vez todavía

permite la presencia de fauna como águilas, ardillas de tierra, cacomiztles, cencuates, conejos y zopilotes (Pérez, 2000).

5.2. Análisis cartográfico

Con base en una batería cartográfica (cartas climática, geológica, hidrológica, topográfica, edafológica, etc.) y con apoyo de fotografías aéreas o imágenes de satélite, se definieron las áreas de trabajo en campo. Se utilizaron mapas temáticos de vegetación y suelos generados por Pérez en el 2000, como base para elaborar el plano del Área de Conservación y de esta manera poder asignar especies a determinadas zonas. Para realizar el plano se utilizaron fotografías aéreas de libre acceso y se hizo uso del programa ArcMap.

5.3. Recorridos en el Parque y Evaluación de la Zona de Conservación

Se llevaron a cabo varias visitas a las áreas que comprenden el Molino de Flores, con el objetivo de realizar un reconocimiento de la biota del terreno y estudiar las características particulares de cada lugar. Los factores considerados fueron el microclima, suelo, topografía y el estado de la vegetación; así como los riesgos asociados al lugar incendios, fuentes contaminantes y perturbación humana. Estos datos sirvieron para complementar la información cartográfica y elaborar un mapa del Parque, donde se asignaron áreas potenciales para las especies seleccionadas. Otro fin de los recorridos fue la búsqueda de especies vegetales, con potencial de uso en la restauración, y obtener propágulos de las mismas. También se obtuvieron muestras de suelo.

Además se visitaron áreas naturales cercanas al Parque, que presentaban condiciones ambientales similares (altitud, suelo y clima del mismo tipo), para guiar el proceso de restauración. También se colectaron especies con potencial para la restauración y se obtuvieron propágulos de las mismas (Arriaga *et al.*, 1994).

5.4. Paisaje de referencia

Se utilizó como paisaje de referencia al Cerro del Texcotzingo, por ser el área más cercana al molino con vegetación natural. En este lugar la vegetación dominante pertenece a dos tipos de ecosistema (Pulido y Koch, 1992):

a) Bosque de encino: Se trata de manchones de bosque caducifolio de entre 5-12m de alto. La especie dominante es *Quercus deserticola* y hay algunos elementos de *Alnus* y *Juniperus*. Las epifitas están representadas por cuatro especies de *Tillandsia* (heno). En los estratos inferiores, predominan géneros como *Sedum*, *Dahlia*, *Eupatorium*, *Senecio*, *Baccharis*, *Lamouraxia*, *Salvia*, *Valeriana* y *Muhlenbergia*.

b) Matorral xerófilo: La especie arbórea dominante es *Eysenhardtia polystachya*, en el estrato arbustivo *Sedum praealtum*, *Calliandra grandifolia* y *Montanoa tomentosa*; en las partes más perturbadas dominan *Shinus molle* y *Opuntia streptacantha*; existen áreas pequeñas de matorral de *Quercus microphylla*.

5.5. Identificación de plantas

La determinación de especies vegetales se llevó a cabo de dos formas: 1) Se colectaron muestras de los árboles y arbustos, que fueron de interés para el proyecto, y se identificaron con la Clave Flora Fanerogámica del Valle de México (Rzedowski y Rzedowski, 2005); 2) La identificación de las demás especies, se hizo con Guías Visuales de Plantas del Cerro del Texcotzingo en Texcoco y del Pedregal en el Distrito Federal.

5.6. Selección de especies

El criterio que se utilizó para seleccionar las plantas de este proyecto, se basó en que fueran nativas, leñosas (de ser posible), pioneras (generalmente resisten la exposición directa del sol), de preferencia especies de crecimiento secundario (desarrollos rápidos, resistentes, adaptables, para que puedan sobrevivir a sitios empobrecidos), que produjeran una gran cantidad de hojarasca y que tuvieran utilidad para la gente (Galloway, 1986; Arriaga *et al.*, 1994). Como resultado de los recorridos realizados (en enero y febrero de 2012) y de acuerdo a lo acordado, se recolectaron de manera preliminar trece especies de árboles y arbustos, en el Cuadro 1 se da un listado de dichos organismos y algunas de sus características. Sin embargo, solo se escogieron siete especies, de las cuales solo se trabajó de manera directa con Encino, Tronadora, Palo dulce, Siempreviva, Tepozán y Yuca, ya que solo de estas, se pudo obtener el material suficiente para su producción en vivero; con el Nopal solo se trabajó de manera teórica.

Cuadro 1. Listado de plantas, recolectadas en los recorridos.

Especie	Nombre Común	Microhábitat	Material colectado	Almacenamiento
<i>Acacia angustissima</i>	Acacia	Lugares abiertos y soleados	Vainas	Bolsas de Papel
<i>Brongniartia sp.</i>	--	Lugares abiertos y soleados	Vainas	Bolsas de Papel
<i>Buddleia cordata</i>	Tepozán	Cañadas	Inflorescencias	Bolsas de Papel
<i>Calliandra grandifolia</i>	Cabello de Ángel	Lugares abiertos y soleados	Vainas y semillas	Bolsas de Papel
<i>Crateagus pubescens</i>	Tejocote	Lugares abiertos y soleados	Ninguno	
<i>Eysenhardtia polystachya</i>	Palo dulce	Lugares abiertos y soleados	Vainas	Bolsas de Papel
<i>Mimosa aculeaticarpa</i>	Uña de gato	Lugares abiertos y soleados	Vainas	Bolsas de Papel
<i>Opuntia streptacantha</i>	Tuna mansa	Lugares abiertos y soleados	Ninguno	
<i>Prunus serotina</i>	Capulín	Lugares abiertos y soleados	Ninguno	
<i>Quercus deserticola</i>	Encino	Bosque	Bellotas	Bolsas de plástico, en refrigeración
<i>Sedum praelatum</i>	Siempre viva	Lugares abiertos y soleados	Esquejes*	Bolsas de plástico
<i>Tecoma stans</i>	La tronadora	Matorral	Vainas y semillas	Bolsas de Papel
<i>Yucca filifera</i>	Yuca	Lugares abiertos y soleados	Semilla	Bolsas de Papel

* Los esquejes de siempreviva se colectaron en enero de 2013

5.7. Características de las especies propuestas para la restauración

Para cada planta seleccionada, se buscó información bibliográfica referente a: su fenología (procesos que tienen que ver con el ciclo de vida de la planta); colecta; ecología; su germinación (cuales son las condiciones más adecuadas para que las semillas germinen con éxito); métodos de propagación vegetativa; su producción en vivero; y su plantación en campo (Arriaga *et al.*, 1994).

5.7.1. *Buddleia cordata* H.B.K.

Nombres comunes: Tepozán, Tepozán blanco, Axixcuáhuatl, Zompantle.

Descripción: Árbol o arbusto dioico de hasta 20 m de alto, copa irregular redondeada, tronco por lo general retorcido que llega a ramificarse desde la base, tallos cuadrangulares densamente tomentoso-estrellados en las ramas jóvenes. Las hojas son simples y opuestas, lámina lanceolada de 6-24 cm de largo por 2-11 cm de ancho, ápice agudo, margen entero, serrado, base obtusa, pecíolo de 1-7 cm de largo, en el envés presenta venación prominente, pubescencia muy densa de color blanco brillante; las hojas despiden un olor parecido al alcanfor. Las flores son amarillentas campanuladas, se presentan en panículas terminales de 14-32 cm de largo. El fruto es una cápsula ovoide, pequeña (<6 mm), dehiscentes, con numerosas semillas aladas de menos de 1.5 mm. La corteza es café rojiza, fisurada longitudinalmente (Rzedowski y Rzedowski, 2005).

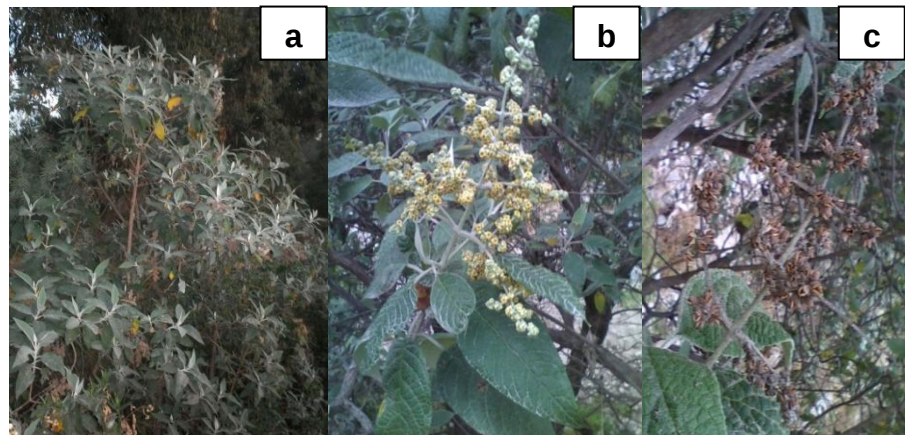


Figura 2. Tepozán: a) en su ambiente; b) en floración; c) con frutos maduros.

Ecología: Forma parte de los bosques de pino, encino y oyamel, matorrales, pastizales, pero preferentemente en la vegetación secundaria y en lugares intensamente perturbados, incluyendo zonas urbanas.

Distribución: Se localiza de Chihuahua a Tamaulipas hasta Guatemala.

Características Biológicas: Su crecimiento es rápido (>1 m al año), vive alrededor de 20 años. Florece principalmente de julio a octubre. Es resistente a los cambios de clima. Se desarrolla en suelos pobres, perturbados y pedregosos. Una vez establecida soporta la sequía. En cuanto a la exposición puede ser a pleno sol, pero tolera la sombra. Resiste la contaminación ambiental. Es una planta muy atacada en su follaje por lepidópteros y coleópteros (Martínez y Chacalo, 1999).

Propagación: Se hace principalmente por semillas, aunque se pueden utilizar estacas de madera suave colectadas en verano u otoño.

Usos: Se utiliza algunas veces de ornato, cuando nace espontáneamente en las áreas urbanas se le tolera. En el Sur del D.F., se ha utilizado para recuperar áreas degradadas y como planta nodriza (Martínez y Chacalo, 1999). Es una especie melífera, produce una gran cantidad de flores que son muy apreciadas por las abejas. En cuanto al uso medicinal, se ocupa toda la planta hojas, corteza y raíz, para baños postparto, para lesiones de la piel, llagas, úlceras, para madurar abscesos y granos, hemorragias, quemaduras, dolores, afecciones renales, hidropesía y diabetes (Mendoza y García, 1997).

5.7.2. *Eysenhardtia polystachya* (Ortega) Sarg. (1892)

Nombres comunes: Palo dulce, Palo cuate, Vara Dulce, Cuate.

Descripción: Árbol o arbusto dioico de 3-6 m de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 15cm; la copa es ligeramente redondeada, con poco follaje. Las hojas son alternas, compuestas, pinnadas. 3-5 cm de largo, folíolos de 10 a 15 pares por hoja, elípticos, con glándulas resinosas aromáticas presentes. El tronco es ligeramente rugoso, de color café oscuro. Las flores son pequeñas (5 mm de largo), blancas, campanuladas; se encuentran dispuestas en racimos espigados (5-7 cm de largo) terminales o subterminales. El fruto es una vaina pequeña (<10 mm), ligeramente curvada, de color café, la cual contiene una semilla (Vázquez *et al.*, 2001).



Figura 3. Palo dulce: a) en campo; b) racimo de flores; c) con vainas maduras.

Ecología: Se desarrolla en lugares perturbados, principalmente en zonas semicálidas (A(C) w), forma parte de la vegetación secundaria de selva baja caducifolia y bosque de encino, aunque se le puede encontrar desde zonas áridas hasta Trópico subhúmedo.

Distribución: Desde el sureste de Arizona (E.U.A.) hasta Oaxaca. Se distribuye en ambas vertientes y en la parte central del país, desde los 150 a 3,000 m.

Características biológicas: Se adapta a una amplia variedad de climas y tipos de suelo. Resiste la sequía. Florece de mayo a octubre y fructifica de noviembre a diciembre.

Propagación: Se realiza por medio de semillas.

Usos: Se ocupa como leña. La madera se utiliza para elaborar copas y vasijas. Se le da un uso forrajero, ya que los tallos jóvenes y las hojas son apetecidos por el ganado bovino y caprino (Vázquez *et al.*, 2001). La medicina tradicional utiliza toda la planta como anticonceptivo, antiespasmódica, antipirético, cicatricial regenerativo, diurético y para problemas renales, enfermedades de los ojos y diabetes (Mendoza y García, 1997).

5.7.3. *Opuntia streptacantha*

Nombres comunes: Nopal, Nopal cardón, Nopal de tuna colorada, Tuna cardona, Tuna mansa.

Descripción: Planta arborescente de 2 a 5 m de altura, glabra, con un tronco de hasta 45 cm de ancho, corteza casi lisa, muy ramificada, de copa redondeada. Sus cladodios o pencas son grandes (25cm), de color verde. Las flores son amarillas, a medida que maduran se tornan anaranjadas. El fruto es una tuna de color verde que conforme madura se vuelve roja.

Ecología: Se presenta en matorral xerófilo de zonas áridas y semiáridas, también es frecuente que colonice campos agrícolas abandonados. Se encuentra desde planicies hasta cerros a 2,700 m (Rzedowski y Rzedowski, 2005).



Figura 4. Nopal: a) en el P.N. Molino de Flores; b) flores y frutos.

Distribución: Es nativa de México, se encuentra en los estados del Altiplano Central.

Características biológicas: Es resistente a la sequía y a las variaciones de temperatura, no tolera los suelos anegados. Se desarrolla en suelos superficiales y con afloramiento rocoso. Florece de mayo a junio, sus frutos maduran de agosto a septiembre. Se propaga principalmente de manera vegetativa.

Usos: Se aprovechan principalmente sus frutos, aunque las pencas también se consumen cuando están tiernas. En las zonas desérticas se utiliza como forraje de emergencia. Industrialmente se utiliza poco, pero se han puesto en marcha proyectos para elaborar mermeladas, miel, jaleas y bebidas alcohólicas. En

cuanto al aspecto medicinal, se ocupan los frutos y los tallos para controlar la diabetes. También suele ocuparse para controlar la erosión de los cerros.

5.7.4. *Quercus deserticola* Trel.

Nombres comunes: Encino chaparro, E. chino, E. blanco, E. colorado, E. hoja ancha, E. prieto, E. tecux, Palo chino y Tocuz.

Descripción: Es un árbol de 2.5 a 10 m de altura y diámetro del tronco de 12 a 70 cm. La corteza es café oscura con surcos muy marcados. Las hojas son lanceolada u ovalada de 3-16 cm de largo por 1.2-5 cm de ancho; haz verde oscuro ligeramente brillante y rugoso; envés claro con abundantes pelos. El fruto es una bellota ovoide de 1.2 a 1.8 cm de largo por 1 a 1.5 cm de diámetro (Arizaga *et al.*, 2009).

Ecología: Se desarrolla en laderas, pastizales y en matorral semitropical, y suelos pedregosos arcillosos o limo-arcillosos.

Distribución: Es endémico de México, se distribuye en el D.F., Guanajuato, Hidalgo, Jalisco, Edo. de México, Oaxaca, Puebla, Querétaro y Sinaloa.

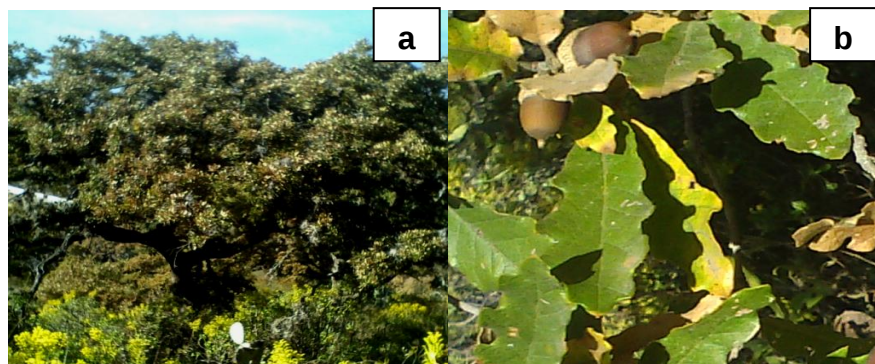


Figura 5. Quercus: a) en su hábitat: b) forma de la hoja y bellota.

Propagación: Por bellotas, las cuales son liberadas de noviembre a enero.

Usos: Leña, carbón, fabricación de postes, horcones, cabos, arados; curtido de pieles y extracción de celulosa para papel (Arizaga *et al.*, 2009). Medicinal, la corteza y las ramas con hojas, se utilizan para fortalecer los dientes, evitar el sangrado de las encías, activar la función renal, detener la hemorragia nasal, para aliviar hemorroides, y la hidropesía (Mendoza y García, 1997).

5.7.5. *Sedum praealtum*

Nombres comunes: Siempreviva, Siempreviva amarilla.

Descripción: Arbusto erecto o con frecuencia colgante, de hasta 1m de altura; tallo liso, muy ramificado, de color café claro o grisáceo; hojas sésiles, pero con frecuencia con la base angosta, alternas, dispuestas en espiral. Las hojas son carnosas, de color verde y tienen forma de espátula. Sus flores tienen pétalos de color amarillo brillante, parecen estrellas. Los frutos son pequeños y las semillas redondas.



Figura 6. Siempreviva: a) en su hábitat; b) flores y hojas.

Ecología: Se presenta en clima templado entre los 2,400 y los 2,700 m. Crece en suelo pedregoso y húmedo, asociada a vegetación perturbada de matorral

xerófilo, en ladera de cerro y bosques de encino y de pino (Rzedowski y Rzedowski, 2005).

Distribución: Se encuentra desde el Centro de México hasta Guatemala.

Características biológicas: Es resistente a la sequía, se adapta a una gran variedad de climas y tipos de suelos, pero no tolera los suelos anegados y compactados. Florece en el mes de Diciembre. Se propaga principalmente de manera vegetativa.

Usos: Es cultivada como planta ornamental. Medicinalmente es utilizada por la savia de sus hojas para tratar problemas de carnosidad en los ojos.

5.7.6. *Tecoma stans* (L.) Juss. ex Kunth (1819)

Nombres comunes: Tronador, Tronadora, Saúco amarillo, Retama, Lluvia de oro, Corneta amarilla, Campanas amarillas, Palo de arco.

Descripción: Árbol o arbusto dioico de 1 a 10 m (hasta 20 m) de altura, con un DAP de hasta 25cm. Las hojas son compuestas, opuestas e imparipinnadas, 5 a 13 folíolos aserrados y lanceolados. La corteza es dura y acostillada, de color pardo claro. Las flores son tubulares (<5 cm de largo) de color amarillo, se agrupan en racimos de 20 flores, en la parte terminal de las ramas. El fruto es una vaina alargada (<21 cm), cilíndrica y dehiscente, café, ahusada hacia los extremos; se abre a lo largo para liberar muchas semillas pequeñas (<2.5 cm), aplanadas y alas blanco-amarillentas (Vázquez *et al.*, 2001).

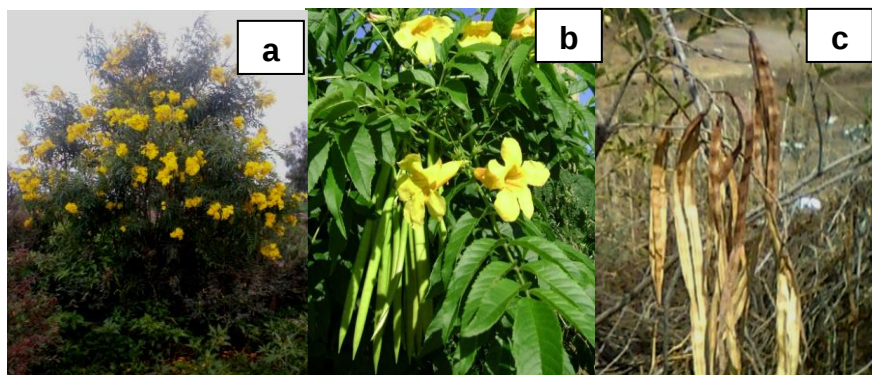


Figura 7. Tronadora: a) en el Parque; b) hojas y flores; c) frutos maduros.

Ecología: Suele aparecer aislada en áreas alteradas, a orilla de carreteras, en serranías, barrancas y sitios pedregosos. Abunda en el ecotono entre la selva baja caducifolia y el bosque de encino. Es una especie de vegetación secundaria en Bosques templados, B. tropical (caducifolio, subcaducifolio, perennifolio), matorral xerófilo, pastizal semidesértico y vegetación costera (dunas).

Distribución: Es originaria de México y se extiende de la parte más sureña de Florida, Texas y Arizona (E.U.A.), hasta el norte de Argentina. Está presente en las Antillas. Se encuentra en casi toda la República, desde los 0 a 2,400 m.

Características biológicas: Se adapta a una amplia variedad de climas y tipos de suelo (con buen drenaje). Es resistente a la sequía. Florece principalmente de junio a julio. Dependiendo de las condiciones puede ser perennifolia o caducifolia.

Propagación: Se realiza principalmente por semillas.

Usos: Se ocupa para conservar el suelo y controlar la erosión. Se utiliza ornamentalmente por la belleza de sus flores, las cuales, se emplean para darle aroma a los jarabes. La madera es utilizada como leña, también para construcción rural, muebles y utensilios. La raíz se usa como sucedáneo del lúpulo en la fabricación de la cerveza. Como insecticida (madera, hojas y semillas), contra el gusano cogollero del maíz (*Spodoptera frugiperda*, Lepidoptera: Noctuidae). Las flores atraen una gran cantidad de abejas (Vázquez *et al.*, 2001). Se utiliza toda la planta en la medicina tradicional, para combatir la diabetes, padecimientos digestivos, disentería, bilis, gastritis, problemas del hígado, estimular el apetito, empacho, analgésico, desinflamatorio, sífilis, incontinencia, asma, tos y anemia (Mendoza y García, 1997).

5.7.7. *Yucca filifera* (Chabaud, 1976)

Nombres comunes: Yuca, Izote, Palmilla, Palmita, Palma, Palma corriente, P. grande y P. china.

Descripción: Planta perennifolia arborescente de hasta 10 m de altura y diámetro de 90cm, copa irregular y compacta. El tallo es monopódico y robusto en su parte inicial, posteriormente se ramifica, se cubre y protege en gran parte por las hojas muertas. Sus hojas se sitúan en ápice de las ramificaciones, su forma es linear-oblancoada (25-65 cm de largo, por 1.4-3.5 cm de ancho), margen con filamentos delgados y espiralados, terminan en una espina. Las flores son blancas, se encuentran agrupadas en inflorescencias que forman grandes espigas (1.2-1.6 m de largo), colocadas en el extremo terminal. Los

frutos se presentan en grupos, son bayas café-rojizas que contienen semillas pequeñas (<1 cm de largo), de color negro. La corteza es corrugada, parda oscura. Raíz fibrosa superficial extendida (Rzedowski y Rzedowski, 2005).



Figura 8. Yuca: a) en su hábitat; b) hojas y flores; c) bayas.

Ecología: Esta especie se desarrolla en las zonas áridas y semiáridas, principalmente en las laderas y suelos de origen calcáreo.

Distribución: Desde el norte al centro de México.

Características biológicas: Es resistente a la sequía y a las variaciones de temperatura. Se desarrolla en suelos pobres en nutrientes (N, P, y K) y bajos contenidos de materia orgánica. Florece en los meses de junio y julio.

Usos: Se usa en la restauración, ayuda a proteger el suelo de la erosión hídrica. En agroforestería se utiliza como cerco vivo en zonas áridas. Se utiliza como planta de ornato, y también para reforestar avenidas y carreteras. Los ganaderos utilizan las flores y los frutos para alimentar al ganado. De manera industrial, se utiliza la celulosa extraída de su madera para fabricar papel “kraft” (CONAFOR y CONABIO, 2010).

5.8. Producción de Plantas en Vivero

La producción de plantas (Tepozán, Palo dulce, Tronadora, Encino y Yuca) se llevo a cabo de marzo a julio de 2012, se utilizó como contenedor bolsa de plástico. Este método es barato y fácil de realizar a pequeña escala, sin embargo tiene el inconveniente de que los envases no se reutilizan (se produce basura), es difícil su transporte (por el peso del sustrato) y las raíces de las plantas se pueden deformar, si pasan mucho tiempo en vivero. El desarrollo de las plantas se realizó en el Invernadero del Departamento de Suelos de la UACH.

5.8.1. Brinzales de Tepozán

Las inflorescencias de Tepozán, fueron extraídas de las bolsas de papel, se les retiraron todos los “palitos” de las inflorescencias, las flores se pusieron en una coladera, para que las diminutas semillas cayeran en una bolsa (Ver Fig. 9 a, b y c). Posteriormente las semillas fueron puestas en un almacigo el día 6 de marzo, constituido por tierra fina y restos de materia orgánica, la charola fue humedecida según lo requiriera y se cubrió con plástico para que retuviera la humedad; la charola se colocó, en un lugar a media sombra (Fig. 9 d). A los 7 días las semillas de tepozán germinaron y se les retiro el plástico que cubría la charola (Fig. 9 e). Sin embargo, el ritmo crecimiento de las plántulas fue bastante lento, ya que para el día 6 de abril no pasaban de los 2 mm (Fig. 9 f).

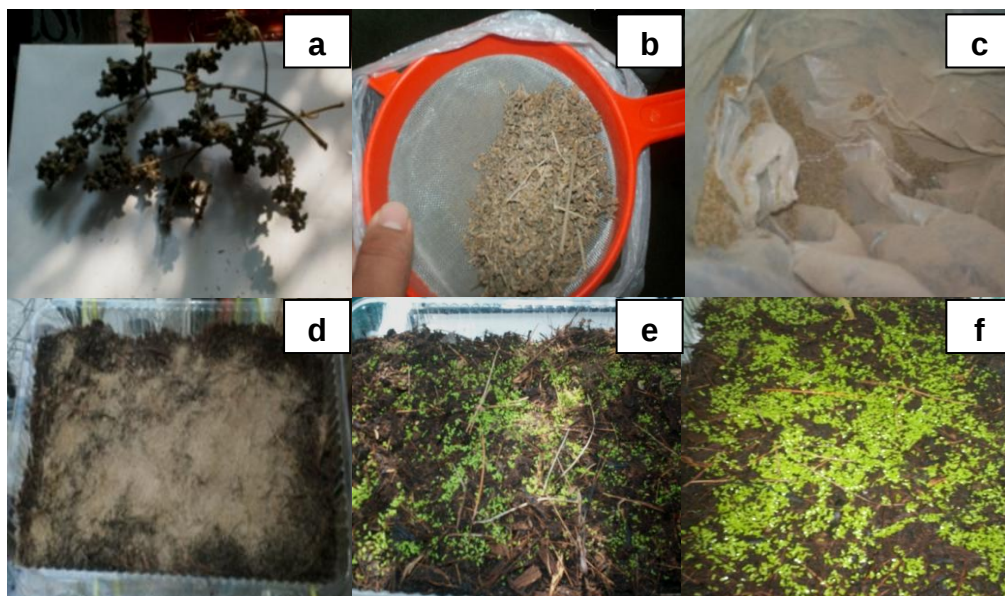


Figura 9. Obtención de Plántulas de tepozán: a) Inflorescencia; b) Separación de las semillas; c) semillas; d) siembra en almacigo; e) germinación; f) plántulas de 1 mes.

Debido al incipiente desarrollo de las plántulas y a que estaban siendo atacadas por un alga, se decidió hacer un trasplante a un almacigo más grande el 6 de abril (Fig. 10 a), las plantas fueron colocadas en un lugar a media sombra en el invernadero. Tres semanas después, las plántulas crecieron alrededor de 1 cm (Fig. 10 b). Pese al diminuto tamaño y a lo delicado que de su manipulación, se hizo su trasplante a bolsas el 30 de abril (Fig. 10 c). El sustrato que se utilizó fue 7 partes de tierra lama: 4 de tezontle: 3 de composta de lombriz. La tierra lama, es el sedimento que extraen de las presas, se usó este sustrato por que no fue posible conseguir tierra negra por haber veda forestal. La tierra lama se obtuvo en el vivero de la UACH y la lombricomposta fue donada por un investigador de la misma institución. El riego al inicio fue moderado y ligero, a partir de las dos semanas fue cada tercer día hasta capacidad de campo. Cada 15 días fueron fertilizados con Vigoro® (13 – 30 – 6), con una dosis de 2.5 g por

litro. A mediados de junio, se sometió la planta al proceso de endurecimiento, se restringió el riego a dos veces por semana y se dejó de fertilizar. Los brinzales fueron atacados principalmente por pulgón verde, pero se eliminó con insecticida Raid® Casa y jardín. Se produjeron 115 árboles, los cuales salieron a campo la primera semana de julio (Fig. 10 d).

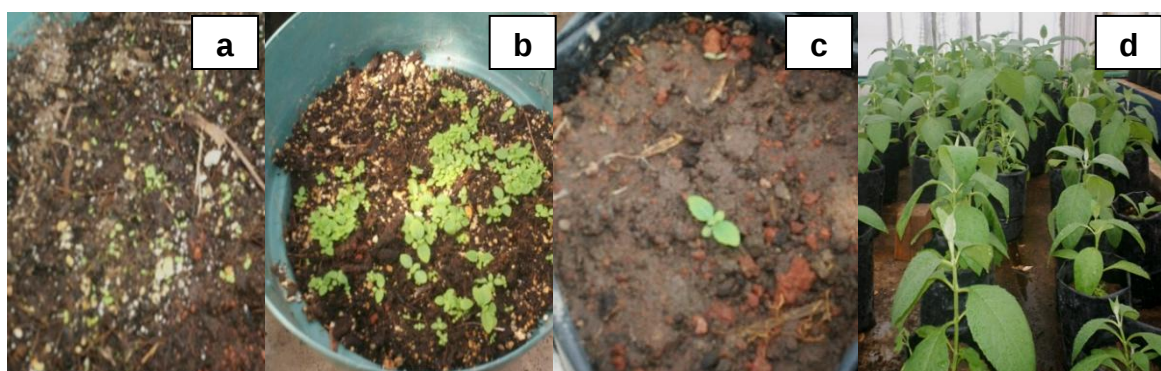


Figura 10. Trabajo de vivero: a) Trasplante al 2do. almacigo; b) Tres semanas después; c) trasplante a bolsa; d) brinzales antes de salir a campo.

5.8.2. Brinzales de Palo dulce

En la primera semana de marzo se limpiaron las vainas de Palo dulce, se les retiró la cascarilla y se liberó la única semilla que contenía (ver Fig. 11 a); esto con el fin de facilitar la germinación. El lunes 5 de marzo se sembraron 360 semillas, en una charola con tierra cernida y mantillo fino (Fig. 11 b), se cubrió con plástico transparente y se regó el sustrato hasta mantenerse húmedo. A los tres días comenzaron a germinar las semillas, se obtuvieron 310 plántulas, se tuvo un porcentaje de germinación del 86% (Fig. 11 c y d).

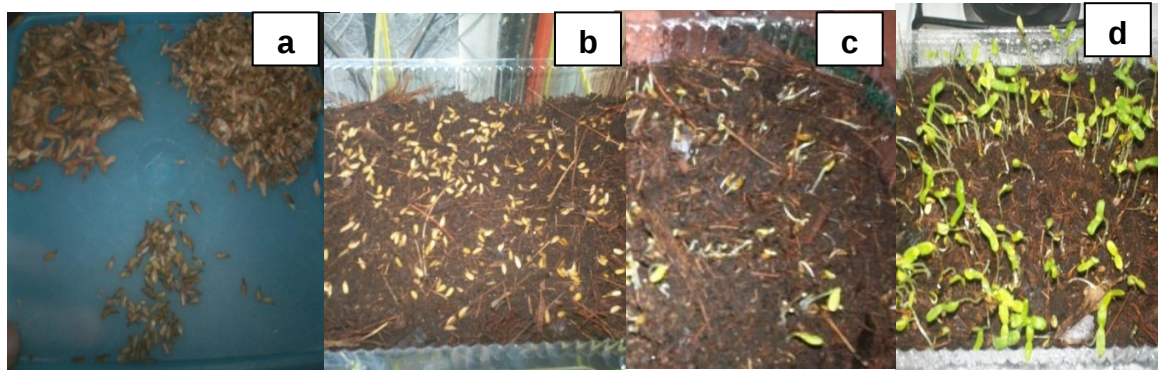


Figura 11. Obtención de plántulas de Palo dulce; a) Limpieza; b) Sembrado; c) germinación; d) 7 días después.

A causa del crecimiento tan rápido de las plántulas y que se escogió un recipiente pequeño, se procedió a su trasplante inmediatamente (ver figura 12). Se utilizó como sustrato 8 partes de lombricomposta por una de tezontle. De las 150 plantas, al mes solo había tres, la mayoría murió por deficiencias nutrimentales y damping-off (chupadera). Para evitar este tipo de problemas, se sugiere no utilizar sustratos con alto contenido orgánico como las compostas, desinfectar el sustrato y la semillas, y agregar fungicida a la raíz, cuando se hace el cambio del almacigo al contenedor.



Figura 12. Trasplante de Plántulas de Palo dulce a) y b); c) Planta 2 semanas después.

El 8 de abril se optó por volver a resembrar 95 semillas y se obtuvieron 68 plántulas, de las cuales se trasplantaron 60. Para este paso se hizo el mismo procedimiento. El sustrato que se utilizó fue 7 partes de tierra lama: 4 de tezontle: 3 de composta de lombriz. El riego fue suave y constante al principio, a las dos semanas se hizo más intenso (hasta alcanzar capacidad de campo). Se fertilizó cada 15 días con Vigoro® (13 – 30 – 6), con una dosis de 2.5 g por litro., a partir de la segunda semana. A mediados de junio, se comenzó el proceso de endurecimiento. Fue atacado por pulgón negro, pero se eliminó manualmente. Se obtuvieron 60 plantas.



Figura 13. Plantas de Palo dulce: a) principios de mayo; b) Inicios de julio.

5.8.3. Brinzales de encino

Después de permanecer más de tres semanas en almacenamiento, el domingo 3 de marzo se sacaron del refrigerador las bellotas, hubo algunas que ya habían comenzado a germinar y se procedió a sembrarlas. Pero para las otras bellotas que no lo habían hecho, se siguió el siguiente procedimiento: Se lavaron con una solución de agua y detergente; se desinfectaron con una

solución de hipoclorito de sodio al 10%; se pusieron a remojar por 24 hrs; y al final de ese tiempo se retiraron las bellotas que flotaban por estar vanas (Fig. 14 a). Posteriormente las bellotas se colocaron en una charola y se cubrió con una cubierta plástica para conservar la humedad (ver Fig. 14 b). Este método fue efectivo porque el porcentaje de germinación de las bellotas fue del 90%; pero impráctico, porque quitaba tiempo y se generaron hongos (mohos), los cuales se eliminaron con una solución de hipoclorito de sodio al 10% y detergente.

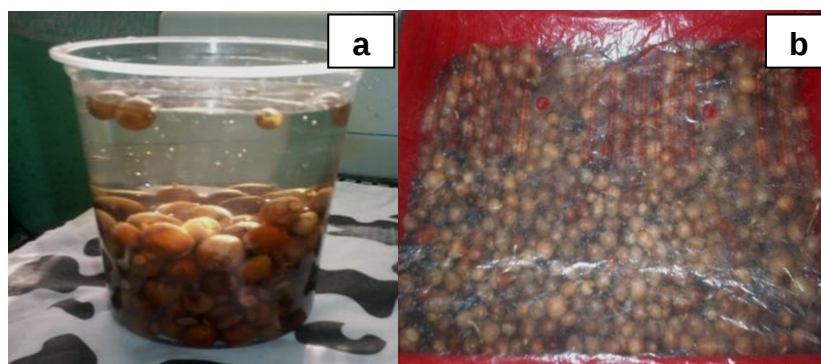


Figura 14. Método para germinar las bellotas: a) selección; b) charola para germinación.

Conforme las bellotas fueron presentando radícula, se extrajeron de la charola y se sembraron (Fig. 15 a y b). Cabe aclarar, que la germinación de las bellotas fue poco uniforme, ya que hubo una diferencia de más de un mes entre las primeras y las últimas. Las bellotas se sembraron de la siguiente manera, la nuez se colocó en medio del contenedor, cuidando de no dañar la radícula se enterró superficialmente y se cubrió ligeramente (ver Fig. 15 c). Se utilizaron varias mezclas de sustratos para sembrar las bellotas. Para las primeras 30 bellotas germinadas se utilizó una mezcla de 50% composta y 50% peat moss.

La mezcla siguiente para 120 bellotas, fue 80% de lombricomposta y 20% tezontle. La otra mezcla para 110 bellotas, fue 50% de peat moss, 30% de lombricomposta y 20% tezontle. El riego al principio fue ligero, se realizó 2 veces por semana. A partir del mes del trasplante emergió la parte aérea (Fig. 15 d), tuvo un desarrollo rápido, se regó más intensamente y cada tercer día, se comenzó a fertilizar cada 15 días, con fertilizante Vigoro® (13 – 30 – 6), con una dosis de 2.5 g por litro.



Figura 15. Plantación de bellotas: a) germinador; b) bellotas con radícula; c) trasplante; d) plántula de encino.

A mediados de mayo las plantas, que tenían sustrato 8:2 (lombricomposta y tezontle) y 1:1 (peat moss y tezontle), comenzaron a presentar deficiencias nutrimentales (decoloraciones). Por lo que se utilizó el fertilizante foliar Bayfolan Forte® con micronutrientes, se aplicaron 4 mL por litro, cada semana durante un mes; sin embargo la mayoría de los encinos murieron. Para evitar estos problemas, lo mejor sería utilizar tierra de monte (proveniente de bosques de encino), mezclada con hojarasca en distintas proporciones (50% de cada una, da buenos resultados); pero si esto no es posible, se tiene que utilizar un fertilizante que suplemente los micronutrientes al sustrato, como Micromax®.

Las plantas restantes se siguieron fertilizando y regando de la misma manera. Fue hasta la segunda semana de junio, que se les comenzó a dejar de fertilizar y el riego se hizo más espaciado a cada cuatro días. No presentaron problemas de plagas. Después de cuatro meses en fase de vivero, se sacaron a campo 110 plantas de encino; sin embargo no fue lo correcto, porque la raíz no había formado un cepellón firme, se debió esperar por lo menos un año en vivero (como se realiza, con otras especies del género), incluso dos años (por las difíciles condiciones del parque y el crecimiento lento de esta especie).



Figura 16. Brinzales de encino, antes de salir a campo.

5.8.4. Brinzales de Tronadora

El 6 de marzo, se sembraron 350 semillas de Tronadora (no se uso tratamiento pregerminativo) en una charola con tierra fina y humus cernido, se humedeció con un aspersor y se cubrió con plástico; se rego cada tercer día. La germinación de las semillas ocurrió a los 6 días de haber sido sembradas, se obtuvieron 247 plántulas, el porcentaje de germinación fue del 70%. A las dos semanas se realizó el trasplante, el sustrato que se utilizó fue 80% de lombricomposta y 20% de tezontle.

El cuidado fue similar a las otras especies, se regaron ligeramente al principio las plántulas, a medida que fueron creciendo, los riegos se hicieron más intensos y constantes. A partir del mes del trasplante, se comenzó a fertilizar cada 15 días de la misma forma que las otras plantas, con fertilizante Vigoro® (13 – 30 – 6), con una dosis de 2.5 g por litro de solución. En la segunda quincena de junio, empezó el proceso de endurecimiento, se dejó de fertilizar y el riego se hizo dos veces por semana. La planta fue atacada principalmente por mosca blanca, seguida de pulgón verde, estas plagas fueron eliminadas con insecticida en spray. Se produjeron 150 árboles de Tronadora.

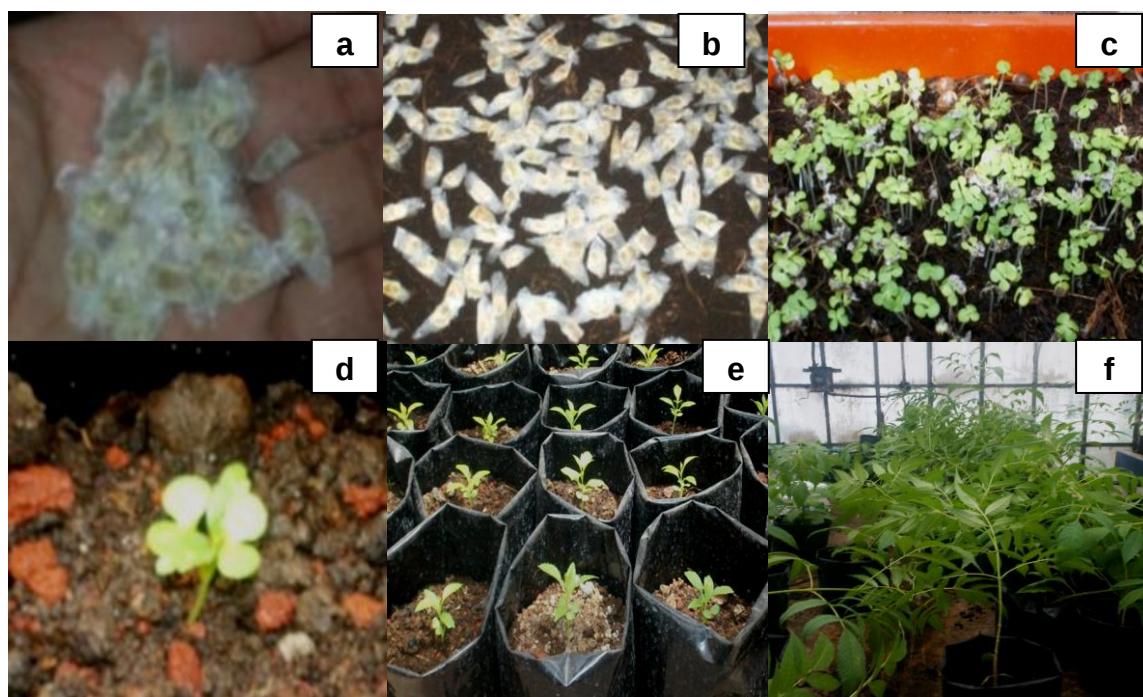


Figura 17. Plantas de Tronadora: a) semillas; b) semillas en almacigo; c) plantulas; d) recién trasplantada; e) principios de mayo; f) antes de salir a campo.

5.8.5. Plantas de Yuca

Para trabajar esta planta, lo primero que se hizo fue la extracción manual de las semillas contenidas en los frutos; después se eliminaron aquellas que estaban vanas, contaminadas por hongos y atacadas por insectos (Fig. 18 a). Para estimular la germinación, se les dio a las semillas un tratamiento pregerminativo, que consistió en lavarlas con agua de la llave, hasta que el líquido del recipiente que las contenía dejó de tener un color ámbar y adquirió uno claro (Fig. 17 b y c), por último se dejaron remojando durante 48 hrs y durante ese tiempo se les cambió el agua cada 12 hrs (CONAFOR y CONABIO, 2010).

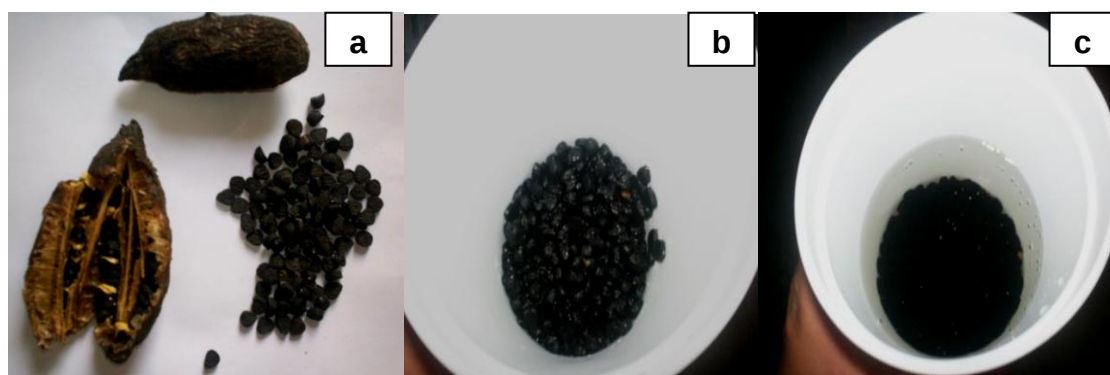


Figura 18. Tratamiento de las semillas de yuca: a) Limpieza; b) Lavado; c) Remojo.

El martes 6 de marzo, se procedió a sembrar 450 semillas en una charola con tierra finamente cernida; la charola se cubrió con plástico y se regó según se requirió (Fig. 19 a). La germinación se dio a los 15 días, se retiró el plástico; en total se obtuvieron 343 plantas, el porcentaje de germinación fue del 76% (Fig. 19 b). El trasplante de las yucas se llevó a cabo en las primeras dos semanas

de abril (Fig. 19 d). El sustrato que se utilizó para estas plantas fue 60% de lombricomposta, 30% de peat moos y 10% de tezontle. El cuidado de las plantas fue parecido a las otras especies, riego ligero al principio, fertilización cada 15 días a partir del mes del trasplante y riego intenso (dos veces por semana), deshierbe y un periodo de endurecimiento; el cual consistió en regar una vez a la semana y dejar de fertilizar, tres semanas antes de salir a campo (Fig. 19 f). La presencia de plagas fue baja, algunas plantas fueron atacadas por pulgón verde y otras por orugas. Se produjeron 180 plantas de yuca. Al igual que con el encino a esta planta le faltó tiempo en vivero, ya que la raíz no alcanzo a formar un cepellón firme, CONAFOR recomienda tres años, pero con un año estaría bien.

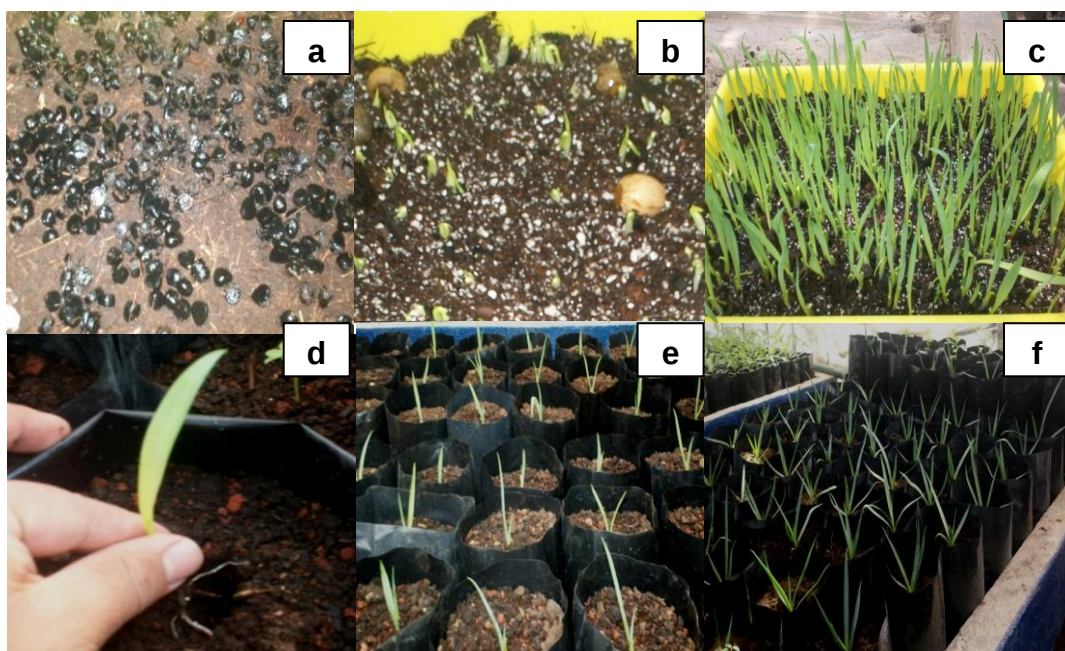


Figura 19. Etapas de la Yuca en vivero: a) Almacigo; b) Germinación; c) 15 días después; d) Trasplante; e) Mes de abril; f) Antes de salir a campo.

5.8.6. Plantas de siempreviva

En enero de 2013, se colectaron en el Cerro del Texcotzingo y el Molino, 80 esquejes de siempreviva. La forma como se realizó la colecta fue la siguiente:

1) se escogió una siempreviva en buen estado (libre de plagas y enfermedades); 2) se cortó un esqueje de aproximadamente 5cm de la punta terminal de la planta; 3) después se seleccionó otra planta que estuviera a una distanciada de por lo menos 10 m en el Cerro y 5 m en el Molino, y así sucesivamente se repitió la operación. En el Anexo II de este documento, se dan otras sugerencias para colectar y propagar este organismo.

Los esquejes se dejaron secar a la sombra por un lapso de dos semanas, al pasar dicho periodo empezaron a generar raíces, por lo que se procedió a plantarlos en una maceta con tierra de monte. Lo ideal es dejar secar durante tres días a las estacas y proceder a plantarlas en un contenedor o en almacigo. No son exigentes con el sustrato, sin embargo debe tener buena aireación y no anegarse, de lo contrario las plantas se pudrirán.

Las plantas de siemprevivas, obtenidas con los esquejes de la colecta de este proyecto, no se llevaron a campo. Se planea utilizarlas en el futuro, como plantas madre para obtener esquejes y repoblar áreas del Parque que las requieran.

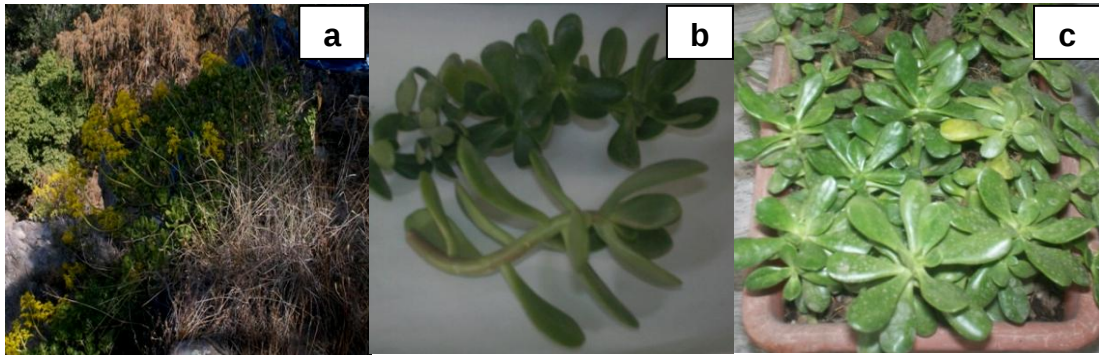


Figura 20. Siempreviva: a) planta donadora; b) secado de los esquejes; c) maceta con plantas nuevas.

5.9. Elección del área piloto de plantación

En el Parque existen condiciones ecológicas difíciles para la reforestación; la sequía es el problema principal, seguido de las heladas y la persistencia de incendios, así como los daños que causan los usuarios a la vegetación. Por lo que cuando se hicieron los recorridos, se pretendió en lo posible buscar áreas que presentaran las condiciones menos adversas, para asegurar el éxito de la plantación piloto. Como resultado de dichas visitas, se escogieron tres sitios para realizar la plantación, todos estos se encuentran en el Área Norte del Molino, cerca de esta zona también hicieron plantaciones personas interesadas en el parque (ver Fig. 21).



Figura 21. Ubicación de plantaciones realizadas en el Parque.

Una de las razones por las que se escogió esa área, es que hace varios años se hizo una reforestación, en la cual utilizaron zanjas de trinchera para plantar eucaliptos (sitio 1 y 2). Esta técnica consistió en cavar zanjas a lo largo de curvas de nivel, la tierra extraída se colocó a un lado y sobre ella se plantaron árboles; su ventaja radica en que retiene suelo y lluvia, por lo que aumenta la sobrevivencia inicial de los brinzales. Se decidió aprovechar las zanjas ya azolvadas y las condiciones microambientales que ofrecen los árboles, para el establecimiento de las plantas. En el cuadro 2 se hace un resumen de las condiciones de estos lugares.

Cuadro 2. Descripción de las áreas seleccionadas.

Características	Sitios		
	1	2	3
Ubicación	Cerca del estacionamiento principal, al inicio de una ladera.	En una ladera,	En el lado Este, a 200 m de la carretera.
Estrato arbóreo	Son árboles vigorosos (eucaliptos, fresnos, pirules y casuarinas).	Árboles de mediano porte (eucaliptos), con copa rala.	Escaso arbolado, aunque se encuentra un denso rodal cercano
Pendiente	>50%	>50%	< 10%
Reforestaciones	Frecuentes pero infructuosas, la última el año pasado.		Frecuentes pero infructuosas, la última hace más de dos años.
Transito	Frecuente por lo visitantes	Paso de vecinos del lugar.	Escaso
Problemática	Basura, erosión, perturbación por visitantes.	Tiradero clandestino de desechos de jardinería.	
Otros	Fue incendiado en Enero de 2012	Fue incendiado en Junio	

5.10. Plantación de los brinzales en campo

La plantación se realizó a mediados del mes de julio, cuando se consideró que las lluvias ya se habían establecido y la humedad del suelo había llegado a una profundidad de >20 cm. De esta manera los arbolitos encontraron las condiciones más adecuadas y aprovecharon al máximo la época de lluvias. Se manejaron dos diseños de plantación, los cuales estuvieron en función de las condiciones del terreno. En el sitio 1 se utilizó el tresbolillo, en el cual las

plantas se colocaron en los vértices de triángulos equiláteros, a una distancia de 3X3 m aproximadamente (Fig. 22 a). En el sitio 2, las plantas se distribuyeron en línea siguiendo las zanjas, con un distanciamiento entre plantas de 3 m (Fig. 22 b).



Figura 22. Diseño de plantación: a) Sitio 1; b) Sitio 2

El arreglo de los árboles en campo, se realizó pensando en favorecer el establecimiento de las especies, de acuerdo a sus características y a las condiciones microambientales del sitio. Los criterios para acomodar a las distintas especies fueron los siguientes:

a) Las plantas de mayor talla, se plantaron donde había mayor perturbación y competencia con el estrato herbáceo.

b) Las plantas más resistentes se plantaron en la partes más difíciles y la menos tolerantes en las más favorables. Las yucas, tronadoras y palo dulces, en los sitios más expuestos y secos, los encinos y tepozanes en los más protegidos y con el suelo más desarrollado.

c) Se alternó una especie de crecimiento rápido con una de lento, para que con el paso de los años la plantación no se vea muy rala. La Yuca y el Encino son de crecimiento lento, mientras que el Tepozán, Tronadora y Palo dulce son de rápido. Por lo que al momento de plantar las combinaciones quedaron así: 1) lugar favorable: Encino – Tepozán; 2) Para el lugar difícil hubo dos combinaciones: Tepozán – Yuca – Tronadora y Palo dulce – Yuca – Tepozán.

El trasplante consistió en varios pasos, lo primero que se hizo fue eliminar de manera manual las herbáceas en manchones (la eliminación de la vegetación fue mínima, para evitar la pérdida de suelo). Después se excavo una cepa de aproximadamente 30x30x30 cm. A continuación se le retiro la bolsa a la planta y se podaron las raíces que sobresalían del cepellón; luego se colocó la planta en el centro en posición vertical; y se cubrió con tierra hasta el cuello de la raíz. Por último se colocó un tutor a las plantas que lo necesitarán (la mayoría de las tronadoras y palo dulces lo requirieron).



Figura 23. Procedimiento de trasplante: a) deshierbe; b) ablandamiento del suelo; c) construcción de la cepa; d) colocación de la planta; e) resultado final.

5.11. Siembra de semillas de Palo dulce

Debido a que se tenían pocas plantas de Palo dulce y a que su semilla mostro una gran capacidad de germinación, se optó por hacer una siembra de semillas directa en el sitio 3. Para realizar esto, se hizo lo siguiente: primero se tuvieron que pelar manualmente varios centenares de vainas, para obtener 500 semillas; se designó un área rectangular de 25 x 50 m (sitio 3); se marcaron 143 hoyos en el terreno, a una distancia de 3 m entre cada uno (tres bolillo), en estos se retiró la vegetación en manchones y se aflojo la tierra; en cada circulo se sembraron 3 semillas a menos de 1 cm y se cubrieron con una leve capa de tierra.



Figura 24. Siembra de Palo dulce en campo: a) Arreglo; b) Siembra.

5.12. Evaluación del desempeño de las plantas en campo

Para valorar el crecimiento de las distintas especies en campo (excepto la Yuca), a todas las plantas, se les midió la altura con una cinta métrica (desde la base hasta la yema más nueva), el ancho del cuello del tallo con un vernier. En el caso de la Yuca, lo único diferente fue que la medición de la altura, se hizo

desde el cuello a la hoja más nueva. Además para cada especie se evaluó la sobrevivencia por medio de la siguiente formula ($\% \text{ de sobrevivencia} = \{[\text{árboles totales} - \text{arboles muertos}] \times 100\} / \text{árboles totales}$). La evaluación se realizó en dos etapas (al inicio de la plantación y al cabo de tres meses). También se midieron estos mismos parámetros, a las plantaciones realizadas por particulares.



Figura 24. Medición de las plantas en campo

5.13. Cuidados posteriores a la plantación

Después de hacer la plantación para evitar competencia de los brizales, con las hierbas por luz y nutrientes en la época de lluvias y por agua en la sequía, se eliminó la vegetación competitiva cada mes a partir de la fecha de plantación hasta el inicio de la temporada de frío.

5.14. Determinación de las propiedades del suelo

Para conocer las características del suelo se delimitaron nueve unidades de muestreo en la zona de conservación; cada unidad presentaba un mismo tipo de vegetación, condiciones edáficas similares y poca perturbación. Una vez elegida la unidad se tomaron muestras individuales de suelo (0-20 cm), y se

realizó una muestra compuesta dentro de cada unidad. Los análisis físicos y químicos del suelo que se hicieron, fueron los siguientes: Conductividad eléctrica por el potenciómetro; densidad aparente por el método de la parafina; densidad real por picnómetro; pH activo por el potenciómetro; textura Bouyoucos; fósforo disponible, método de Bray y Kurtz; materia orgánica Walkley y Black; porcentaje de Nitrógeno total por el método semimicro-kjeldahl (NOM-021-RECNAT-2000, 2002).

5.15. Identificación de Lepidópteros

Para elaborar un listado de mariposas del Parque, se hicieron observaciones a lo largo del año. Se capturaron algunos ejemplares con una red entomológica, se guardaron en bolsas de papel glassine y se sacrificaron con un apretón en el abdomen, para su posterior identificación con la Guía de Mariposas del Valle de México de Beutelspacher.

6. RESULTADOS

6.1 Zonificación del Parque

El P.N. Molino de Flores, a pesar de tener un área pequeña (50 ha aprox.) y estar sometida a un manejo intenso desde hace varios siglos, presenta un paisaje complejo que le permite albergar una gran cantidad flora y fauna (la mayoría de ella nativa). En el Parque se pueden distinguir de manera general seis grandes zonas: Área Histórica y uso intensivo, Área rellenada, Matorral, Pastizal con reforestación, Vegetación riparia y Vivero. Cada una de ellas tiene

condiciones particulares, que repercutirán en las acciones que se propongan para restaurarse.

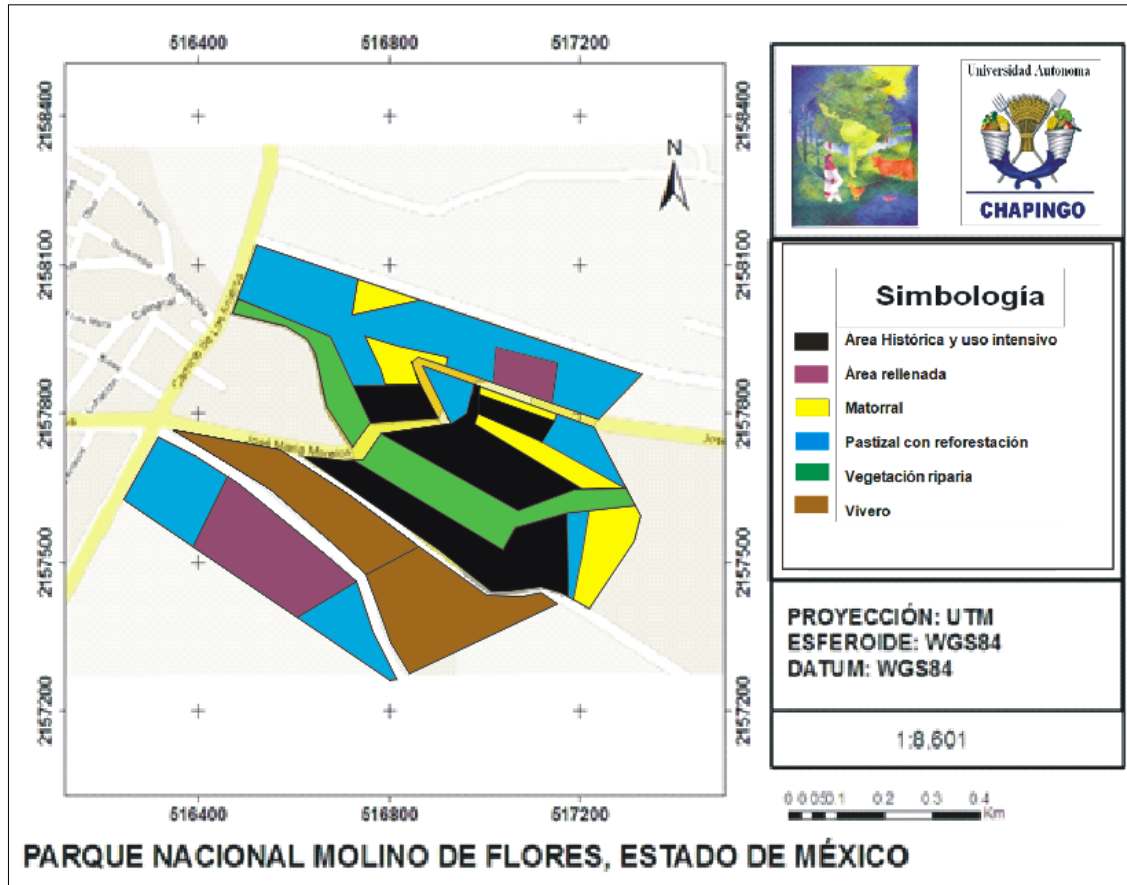


Figura 25. Mapa de las principales Áreas del Molino.

6.1.1. Área Histórica y Uso Intensivo

Esta zona, es la que tiene mayor demanda por parte de los usuarios del Parque. La constituyen el Casco de la Hacienda (Oficinas, Tinacal, Capilla, Iglesia, Edificios, etc.), Los Estacionamientos, Área de juegos infantiles, A. de día de campo y A. comercial. Las especies que predominan esta área son pocas y la mayoría son exóticas, como eucaliptos, casuarinas, cedros y acacias.

6.1.2. Área rellenada

Este lugar, tiene como característica principal, haber sido rellenado con tierra agrícola extraída durante la construcción del Centro Cultural Bicentenario. El municipio mando a realizar esta operación en tres puntos del Parque, con el argumento de que se mejoraría la fertilidad del suelo y habría mayor retención de humedad, con lo cual se incrementaría el establecimiento de los arboles. Sin embargo, las reforestaciones realizadas hasta el momento han sido infructuosas. Además han aparecido otros problemas como son la desaparición de especies locales y la introducción de malezas, que a largo plazo dificultaran las labores de restauración. Las especies dominantes son herbáceas, como el girasol, el chayotillo y los quelites.

6.1.3. Matorral

El Matorral, se caracteriza por presentar vegetación resistente a la sequía, plantas de porte pequeño (<4 m), como nopales, arbustos de la familia de las leguminosas (*Acacia*, *Calliandria*, *Eysenhardtia*, *Mimosa*, etc.), hierbas anuales, bulbosas y palmas. Debido a las condiciones áridas del Parque, este tipo de ecosistema ha estado expandiéndose lentamente. Los suelos sobre los que se desarrolla, son superficiales, erosionados, con fuertes pendientes (>50%) y rocosos.

6.1.4. Pastizal con reforestación

Esta es el área que abarca más extensión del Parque, aunque el estrato herbáceo se encuentra dominado por pastos, existen varias especies de plantas

anuales, bulbosas, cactáceas y arbustos. El estrato arbóreo es ralo o se encuentra en manchones dispersos, está conformado por eucaliptos, casuarinas, pinos y fresnos, producto de reforestaciones. El suelo está más desarrollado que en el matorral.

6.1.5. Vegetación riparia

La Vegetación riparia, se identifica por desarrollarse a un lado del río, ya que requiere gran cantidad de humedad para subsistir. En este lugar se encuentra la vegetación más exuberante y diversa, incluso se puede suponer que muchas plantas originales de la zona, aun se encuentran viviendo aquí y han podido reproducirse y seguir colonizando lugares. Las especies dominantes de este tipo de vegetación son: *Alnus*, *Baccharis*, *Buddleia*, *Salix*, *Taxodium*, así como exóticas, Higuera, Tabaquillo, Pirul y eucaliptos.

6.1.6. Vivero

En este lugar se encargan de producir especies forestales, como pinos, cedros y fresnos. Sin embargo, los árboles no se destinan a satisfacer la demanda del Parque. La vegetación arbórea de este lugar, lo constituyen árboles exóticos (pinos, casuarinas, truenos, acacias, etc.), plantados en los bordes de terrazas, pero en el estrato herbáceo se encuentran muchas nativas. Las áreas que no se utilizan para producción de planta, están siendo colonizadas por elementos de matorral.

6.2. Desempeño de las plantas del proyecto

El comportamiento de las plantas fue el siguiente, en el sitio 1 (Cuadro 3), la especie que creció más fue el Tepozán (*Buddleia cordata*) con una ganancia del 76% (28 cm), la que no creció fue el Encino (*Q. deserticola*). En cuanto al diámetro, la que más gano fue el Tepozán (*B. cordata*) con 60% (0.3 cm), las que no tuvieron cambios fueron el Encino y la Yuca (*Y. filifera*). La que tuvo el porcentaje de sobrevivencia más alto fue la Tronadora (*Tecoma stans*) con un 96% y la que menos fue el encino con un 63%.

Cuadro 3. Evaluación de la plantación piloto, Sitio 1.

Especie	Parámetros							
	Altura (cm)		Diferencia (%)	Diámetro (cm)		Diferencia (%)	Cantidad Total	Sobrevivencia (%)
	Inicio	Final		Inicio	Final			
<i>B. cordata</i>	29.9	52.8	76.6	0.5	0.8	60	32	75
<i>E. polystachya</i>	66.2	94.2	42.3	0.6	0.8	33.3	12	92
<i>Q. deserticola</i>	15.2	15.2	0	0.2	0.2	0	43	63
<i>Tecoma stans</i>	37.6	39.5	5.1	0.6	0.8	33.3	23	96
<i>Yucca filifera</i>	12.4	15.9	28.2	1.0	1.0	0	11	91

En el sitio 2, los arbolitos tuvieron el siguiente desempeño (Cuadro 4), la planta que tuvo la mayor ganancia en talla fue el Tepozán con 54.5% (12.7 cm), las que no tuvieron fueron el Encino y la Tronadora (pero emitió brotes laterales). Por otro lado la que tuvo mayor ganancia en diámetro fue el Tepozán con 40% (0.2 cm), la que no presento cambios fue el Encino. En cuanto a la sobrevivencia, quien tuvo más, fue la Tronadora con un 97%, la que menos el Encino con un 66%.

Cuadro 4. Evaluación de la plantación piloto, Sitio 2.

Especie	Parámetros							
	Altura (cm)		Diferencia (%)	Diámetro (cm)		Diferencia (%)	Cantidad Total	Sobrevivencia (%)
	Inicio	Final		Inicio	Final			
<i>B. cordata</i>	23.3	36.0	54.5	0.5	0.7	40	80	92
<i>E. polystachya</i>	58.9	68.2	15.8	0.5	0.6	20	42	93
<i>Q. deserticola</i>	16.8	16.8	0	0.2	0.2	0	73	66
<i>Tecoma stans</i>	43.6	43.6	0	0.8	0.9	12.5	109	97
<i>Yucca filifera</i>	9.3	11.3	21.5	0.9	1.0	11.1	149	86

Con los datos obtenidos y lo observado en campo, se puede decir que el Tepozán y el Palo dulce, tuvieron el crecimiento más rápido, tanto en diámetro como en altura; esto se debe a que al ser especies de sucesión secundaria, tienen patrones de desarrollo rápidos, para colonizar lugares que han perdido la vegetación arbórea dominante. La Tronadora al parecer tiene una estrategia distinta, lugar de crecer verticalmente, enfoca su crecimiento de manera horizontal desarrollando ramas secundarias. La Yuca exhibió un crecimiento bajo respecto a las anteriores especies. El Encino no creció, tal vez porque sea una planta de crecimiento lento, pero también puede ser que haya dirigido la mayor parte de su energía a su raíz. Algo importante que se tiene que tomar en cuenta con respecto al desarrollo de estas plantas, es que la temporada de lluvias duró menos de dos meses y las precipitaciones no fueron constantes; por lo que el crecimiento habría sido diferente, si la época de lluvias hubiera sido más larga y las precipitaciones más frecuentes.

En cuanto, a los daños ocasionados por los herbívoros, estos fueron diferentes según la especie. El follaje de los tepozanes, fue totalmente consumido por saltamontes y algunas polillas, lo que ocasiono que algunos ejemplares

murieran. Las tronadoras fueron atacadas por la misma plaga, pero conservaron la mayor parte de sus hojas; además presentaron mosca blanca. Las hojas de las yucas fueron mordidas por conejos, incluso algunos ejemplares fueron totalmente consumidos. Los palo dulces fueron atacados por pulgón negro y algunos ejemplares fueron cortados por conejo. Los encinos no fueron atacados por ninguna plaga, sin embargo algunos fueron cortados por conejos.

Con respecto a la sobrevivencia de las especies, las tronadoras, las yucas, los palo dulces y los tepozanes, tuvieron una supervivencia >80% en los dos sitios, en cambio los encinos tuvieron alrededor del 60%. Sin embargo estos resultados son preliminares, ya que falta que sobrevivan a las condiciones adversas del Parque (heladas, incendios y la época de sequía), que han hecho fracasar a las reforestaciones de años anteriores. Para tener una mejor idea de la supervivencia de la plantación, se tendrán que realizar las mismas mediciones al final de la temporada de lluvias del año 2013.

6.3. Desempeño de las plantaciones particulares

En el mes de agosto, hicieron plantaciones gente interesada en el cuidado del ambiente, una estuvo a cargo de una Asociación Civil y otra de un investigador del COLPOS. El comportamiento de las plantaciones fue muy diferente debido al manejo que recibieron.

La “plantación particular 1” realizada por la Asociación Civil, se caracterizó por usar arboles de talla grande (>50 cm), utilizar especies comunes en las

reforestaciones (cedros, fresnos, pinos y truenos); las cuales están adaptadas a condiciones difíciles, suelos pobres y compactados, contaminación, sequía e insolación directa. Al hacer la evaluación se encontró, que los árboles no crecieron en altura, ni en diámetro y tampoco emitieron rebrotes (ver cuadro 5). La sobrevivencia más alta la tuvo el trueno con un 81%, por tener más reservas en su raíz y tallo; le siguió el fresno con 62%; los cedros y los pinos, fueron los que tuvieron la supervivencia más baja con 53%. Todo esto sucedió, porque cuando se plantaron los brinzales dejó de llover y no tuvieron riego de auxilio; de modo que no pudieron establecerse adecuadamente y acumular energía, por lo que al observar el estado tan deteriorado de los árboles, se esperaba que la mortandad aumente cuando lleguen las heladas y la sequía.

Cuadro 5. Evaluación del desempeño de la plantación particular 1.

Especie	Nombre común	Parámetros					
		Altura (cm)		Diámetro (cm)		Cantidad Total	Sobrevivencia (%)
		Inicio	Final	Inicio	Final		
<i>Cupressus lindleyi</i>	Cedro	106.1	106.1	0.7	0.7	19	53
<i>Fraxinus udhei</i>	Fresno	50.5	50.5	1.0	1.0	94	62
<i>Ligustrum japonica</i>	Trueno	236.7	236.7	1.2	1.2	52	81
<i>Pinus sp.</i>	Pino	75.7	75.7	1.0	1.0	47	53

En la segunda plantación utilizaron pinos, de talla menor (22.7 cm), fueron plantas estándar de vivero forestal. Pese a que se plantaron en la misma fecha y tuvieron el mismo inconveniente ambiental, la sobrevivencia fue más alta del 82% y presentaron un aspecto vigoroso, ya que recibieron riego suplementario y se les recubrió con desechos vegetales. Pese a que no crecieron en altura, si generaron rebrotes laterales, aumentaron un 14.6% diámetro (ver cuadro 6). Sin

embargo, los resultados de las plantaciones son preliminares ya será hasta que termine la temporada de lluvias del 2013, que se conocerá la sobrevivencia de las plantaciones

Cuadro 6. Evaluación del desempeño de la plantación particular 2.

Especie	Parámetros						
	Altura (cm)		Diferencia (%)	Diámetro (cm)		Diferencia (%)	Cantidad Total
	Inicio	Final		Inicio	Final		
<i>Pinus sp.</i>	22.7	22.7	0	0.48	0.55	14.6	369
							82

6.4. Resultados de la Siembra del Palo dulce

La siembra de semillas de palo dulce, se hizo iniciando agosto, justo cuando dejo de llover, por lo que el éxito de este experimento fue nulo. La germinación ocurrió a las tres semanas (9% de germinación), en condiciones controladas ocurrió en tres días (86% de germinación). A medida que paso el tiempo, las plántulas fueron víctimas de la sequía y las plagas.

Cuadro 7. Resultado de la siembra de Palo dulce, Sitio 3.

Especie	Parámetros			
	Germinación (%)	Sobrevivencia de plántulas		
		Inicial	2 semanas	3 meses
<i>E. polystachya</i>	9.3	40	15	0

6.5. Propiedades del suelo

El estudio de los parámetros físicos de suelo, mostró que las partículas son gruesas y corresponden a las arenas, ya que los valores se encontraron entre 1.32 - 1.71 g cm⁻³. La densidad real tuvo valores de 2.49 - 2.59 g cm⁻³. La clase

textural resulto Franca, siendo el suelo Franco arcillo arenoso el que más predominó, pero como el suelo es denso y compactado no hay buena aireación e infiltración de agua.

Cuadro 8. Parámetros físicos de suelo del área de estudio.

Sitio	DA	DR	Limo	Arcilla	Arena	Clase Textural
	g cm ⁻³		%			
1 PR	1.42	2.51	44.6	23.44	31.96	Franco arcilloso
2 AR	1.47	2.54	46.6	27.44	25.96	Franco arcillo arenoso
3 PR	1.46	2.59	55.8	24.16	19.96	Franco arenoso
4 PR	1.34	2.56	46.6	27.44	25.96	Franco arcillo arenoso
5 PR	1.45	2.57	53.88	22.16	23.96	Franco arcillo arenoso
6 PR	1.38	2.47	42.6	27.44	29.96	Franco arcilloso
7 PR	1.58	2.52	52.6	25.44	21.96	Franco arcillo arenoso
8 AR	1.32	2.49	48.6	25.44	25.96	Franco arcillo arenoso
9 PR	1.71	2.55	66.04	18	15.96	Franco arenoso
Media:	1.46	2.53	50.81	24.55	24.63	

PR= Pastizal con reforestación; AR= Área rellenada.

El análisis de las propiedades químicas, indicó que el contenido de sales en el suelo es bajo, la media de la conductividad eléctrica (CE) no pasó de 2.0 dSm⁻¹. Sin embargo el sitio 2 resultó ser ligeramente salino y el sitio 8 salino, esto se debió a que dichos lugares fueron rellenados con suelo agrícola, extraído de la construcción del Centro Cultural Bicentenario. La mayoría de los valores de pH, resultaron de moderadamente ácido a neutro (6.0-6.9), salvo el sitio 2 que es alcalino. El contenido de materia orgánica (MO), resultó ser de medio a alto (media 3.6), especialmente en los sitios 3, 4 y 6, tal vez como consecuencia de los incendios ocurridos en esas áreas. En cuanto al nitrógeno del suelo, la mayoría de los sitios resultaron tener cantidades bajas (<20 mg kg⁻¹), excepto el sitio 4 que tuvo una alta (43.4 mg kg⁻¹). Por otro lado el fósforo en la mayoría de

los sitios resulto ser moderado (11- 40 mg kg⁻¹), sin embargo el sitio 8 resulto tener una cantidad muy alta (>60 mg kg⁻¹).

Cuadro 9. Parámetros químicos del suelo P.N. Molino de Flores.

Sitio	CE	pH	MO	N	P
	dS m ⁻¹		%	mg kg ⁻¹	
1 PR	1.16	6.9	4.0	14.5	12.7
2 AR	2.88	7.4	2.8	9.6	32.0
3 PR	1.24	6.2	4.7	12.1	28.1
4 PR	1.01	6.1	5.0	43.4	11.4
5 PR	0.98	6.8	1.9	9.6	23.5
6 PR	1.21	6.0	6.0	10.2	20.8
7 PR	1.05	6.5	2.7	9.6	9.9
8 AR	7.21	6.7	4.6	14.5	262.5
9 PR	0.88	6.7	0.9	8.2	18.6
Media	1.96	6.6	3.6	14.6	46.6

PR= Pastizal con reforestación; AR= Área rellenada.

6.6 Recomendaciones y propuesta de restauración ecológica

A continuación, se proponen algunas acciones para comenzar la restauración ecológica de las áreas verdes del Molino de Flores. Dichas medidas buscaran el establecimiento de un estrato arbóreo, se enfocaran en las especies leñosas más representativas del paisaje de referencia, así como de las cactáceas. También se hacen sugerencias sobre las características de los brinzales, obtención de las plantas, técnicas y diseño de plantación. Además se hacen recomendaciones particulares para cada área del Parque, las especies y agrupaciones de las mismas. Por último se proponen indicadores de la restauración y futuros estudios que se tienen que realizar en el molino.

6.6.1 Obtención de plantas

Las plantas se pueden conseguir de varias maneras y en diferentes lugares. La primera comprándolas en viveros como: el de Nezahualcóyotl y de Yecapixtla a cargo de la SMA; el de la DICIFO de Chapingo (en el Anexo III, están los costos de algunas plantas). La segunda forma es pedir donaciones en los viveros del municipio como el del vivero forestal Molino de flores. Sin embargo, lo mejor es producir directamente las especies siguiendo las indicaciones de este trabajo (en el Anexo III, esta el costo de algunos insumos para la producción). La última opción para obtener plantas de forma rápida y barata, será la técnica de translocación de especies, la cual consiste en trasplantar ejemplares de zonas del Parque que se encuentran en alta densidad, a lugares que carecen de dichos organismos o su número es bajo, esto deberá realizarse principalmente con suculentas (en el anexo II se explica esta técnica).

6.6.2 Características de los brinzales

Para aumentar la supervivencia de los árboles, se requiere que las plantas tengan los siguientes atributos morfológicos: abundante follaje, sin manchas cloróticas, carezcan de plagas, no tengan daños mecánicos, ni presenten raíz deformada (“cola de cochino”). A menos de que por las condiciones del terreno se requiera otra cosa, en el cuadro, se dan las medidas idealizadas para los brinzales de leñosas. Se recomienda hacer estudios de calidad de planta y contrastarlos con su sobrevivencia en campo.

Cuadro 10. Medidas sugeridas para brinzales.

Características	Parámetros			
	Largo (cm)		Diámetro (cm)	
	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo
Parte aérea	20	30	0.5	3
Cepellón	20	25	25	35

6.6.3 Técnicas de plantación

La introducción de las plantas leñosas en el Parque, se debe realizar al inicio de la época de lluvias (cuando la humedad del suelo, haya llegado a 20 cm), sino se hace en este periodo, lo mejor sería cancelar la plantación de ese año. En el anexo, se encuentran sugerencias adicionales para las suculentas. A continuación se presentan tres técnicas de plantación (Arriaga *et al.*, 1994), para las especies vegetales:

a) La cepa simple: Consiste en cavar un hoyo cubico de 30x30x30 cm, se coloca la planta, el cuello de la raíz debe quedar a ras de suelo y por último se agrega la tierra; la cual debe quedar bien adherida y apisonada, para evitar que se formen bolsas de aire, que favorezcan el desarrollo de hongos y bacterias. Aunque esta técnica se utilizó en este proyecto para plantar leñosas, se recomienda utilizar en plantas suculentas, a menos que por las condiciones del terreno se indique lo contrario. Algo importante, que se tiene que hacer, es quitar todas las herbáceas y los residuos orgánicos, en por lo menos un metro de diámetro alrededor de la planta.

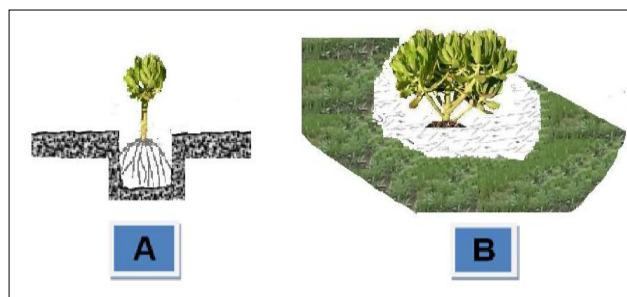


Figura 26. Cepa simple: A) Corte lateral; B) Vista superior. (Tomada de Arriaga *et al.*, 1994).

b) Sistema español: Se hace una cepa simple, alrededor de esta se construye un cajete de un metro de diámetro, con una profundidad de 15 cm, se deberá evitar que el árbol quede en la parte más profunda. Se pide que se coloquen piedras alrededor de la planta, este paso se omitirá.

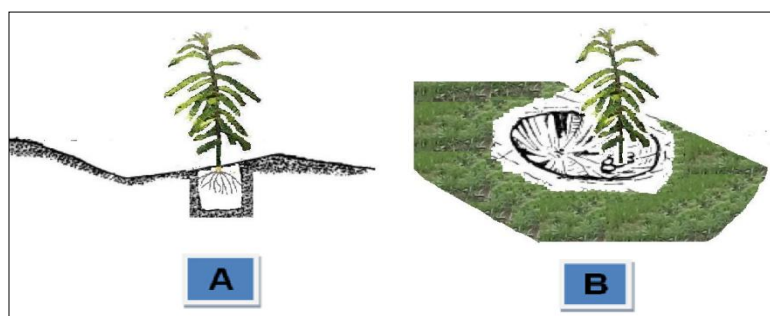


Figura 27. Sistema español: A) Perspectiva lateral; B) Vista superior. (Tomada de Arriaga *et al.*, 1994).

c) Zanja trinchera: Consiste en hacer zanjas siguiendo las curvas de nivel del terreno. Para construirlas, se harán cepas de 40 cm de ancho X 40 cm de profundidad y 6 m de largo, se dejara un tabique de 50 cm de longitud entre zanja. El suelo que se extraiga de la zanja se va depositando pendiente abajo, por lo que se forma un bordo, el cual se debe compactar y sobre el se debe plantar un brinzal, con la técnica de la cepa simple.

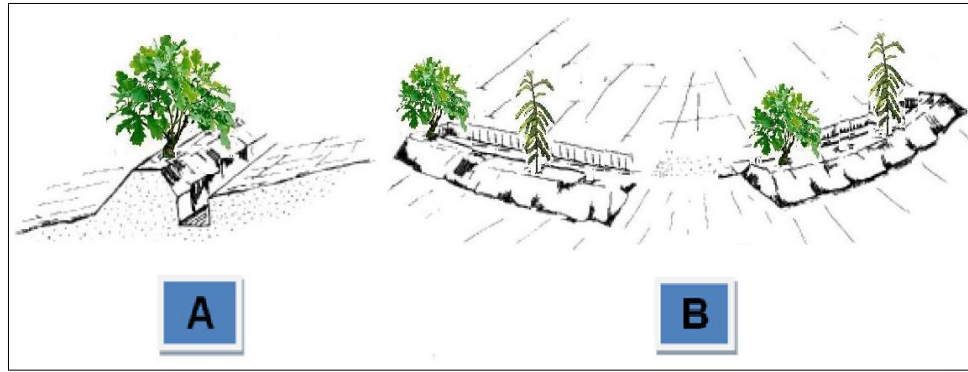


Figura 28. Zanja trinchera: A) Corte lateral; B) Vista superior. (Tomada de Arriaga *et al.*, 1994).

6.6.4 Diseños de plantación

En este apartado se presentan varios diseños de plantaciones, para distintas condiciones del Parque. Las asociaciones vegetales que se proponen no son rígidas, ni definitivas, en algunos casos pueden ser sustituidas por otros tipos de planta. Las especies que se proponen utilizar son las escogidas para el proyecto: *Buddleia cordata*, *Eysenhardtia polystachya*, *Opuntia streptacantha*, *Quercus deserticola*, *Sedum praelatum*, *Tecoma stans* y *Yucca filifera*. De las utilizadas en las plantaciones particulares a *Fraxinus uhdei*, ya que es una especie importante en el área de vegetación riparia. Por otro lado, también se sugiere a una cactácea del género *Coryphantha*, por ser una especie de crecimiento lento y tener una distribución restringida en el municipio (en el anexo II, se propone como propagarla).



Figura 29. Especies para los diseños.

La plantación de cada una de las especies integrantes de la agrupación, puede realizarse en una sola acción o puede llevarse a cabo en años diferentes, pero es importante que se sigan los diseños de la figura 30 y las indicaciones que se dan. Los arreglos de especies son los siguientes:

- a) Diseño 1:** Este diseño es para aquellos lugares, donde la afluencia de gente es restringida y las probabilidades de incendio son bajas. Se tiene que realizar una plantación en “marco real” de *Quercus deserticola* y *Eysenhardtia polystachya*, dichas especies irán alternadas Encino – Palo dulce, con un distanciamiento de 4 m entre planta y entre línea, y se plantarán por sistema español. En medio del marco a una distancia de 2 m entre planta, se deberá introducir una línea de siemprevivas con una separación de 2 m entre planta. Las biznagas podrían ocupar el espacio de algunas Siemprevivas, o también pueden plantarse al azar, siempre y cuando no sean sombreadas por las otras plantas, el distanciamiento máximo entre estas plantas será de 10 m.

- b) Diseño 2:** El arreglo es similar al anterior, pero las áreas presentan una afluencia reducida de gente y los incendios son provocados anualmente. La plantación se realizará en “marco real” de Encino – Palo dulce, con un distanciamiento de 3 m entre planta y 3 m entre línea, se plantará por sistema español.
- c) Diseño 3:** Esta agrupación, es para áreas donde se plantaron eucaliptos por el método de zanja trinchera, el terreno presenta pendiente ($>10\%$) y se busca sustituir dichos árboles en un largo plazo; además la afluencia de visitantes es más constante y se presentan incendios de manera recurrente. Paralelamente a los eucaliptos (<1.5 m de distancia), se realizará la plantación en línea de Encino – Tepozán, por sistema español, con un distanciamiento de 3 m entre planta (la separación entre líneas es de aproximadamente 20 m). En medio de dichas líneas se plantaran al azar Encinos y Palo dulces, con la condición de que exista una separación mínima de 4 m con la leñosa más cercana. Se sugiere que en los lugares donde haya desaparecido la zanja esta se reconstruya.
- d) Diseño 4:** Las áreas para este arreglo, son frecuentadas por visitantes y existen problemas de incendios. La plantación será en marco real de Encino – Tepozán, por sistema español, con un distanciamiento de 3 m entre planta y 3 m entre líneas.
- e) Diseño 5:** Es para las áreas de mayor actividad de visitantes y las plantas son constantemente dañadas. Por lo que los árboles deberán tener como mínimo 1 m de altura y protegerse con una cerca (las áreas paralelas a caminos). La asociación será de Encino – Tepozán – Fresno, la plantación

deberá ser en marco real con un distanciamiento de 3 m entre planta, por sistema español.

- f) Diseño 6:** El siguiente es para las áreas rellenas donde existe una gran cantidad de malezas. La asociación será Palo dulce – Tronadora – Encino, la plantación se realizará en marco real, con un distanciamiento entre planta de 3 m, por sistema español.
- g) Diseño 7:** El diseño es para matorral, donde el suelo es poco profundo (<30 cm) y las plantas están expuestas al sol directamente. La asociación será Palo dulce – Nopal -- Palo dulce – Yuca, la plantación se realizará en marco real, con 3 m de distancia entre planta y 3 m entre línea, por cepa simple.
- h) Diseño 8:** Este también es para matorral, pero está destinado a lugares donde la pendiente del terreno es pronunciada (>20%), el suelo es superficial y existen afloramientos rocosos, además es menor la frecuencia e intensidad de los incendios. Los integrantes de esta asociación serán Encino, Palo dulce, Nopal y Siempre viva, las especies se plantarán al azar, de acuerdo a las siguientes condiciones: a) todas se plantarán por cepa simple, pero sin quitar las herbáceas y los residuos orgánicos alrededor de esta; b) el distanciamiento entre suculentas será mínimo de 1 m y máximo de 2 m, entre leñosas el mínimo será de 4 m; c) el Encino y el Palo dulce, solo se plantarán en las hondadas, recovecos o áreas del terreno donde haya por lo menos 30 cm de suelo.

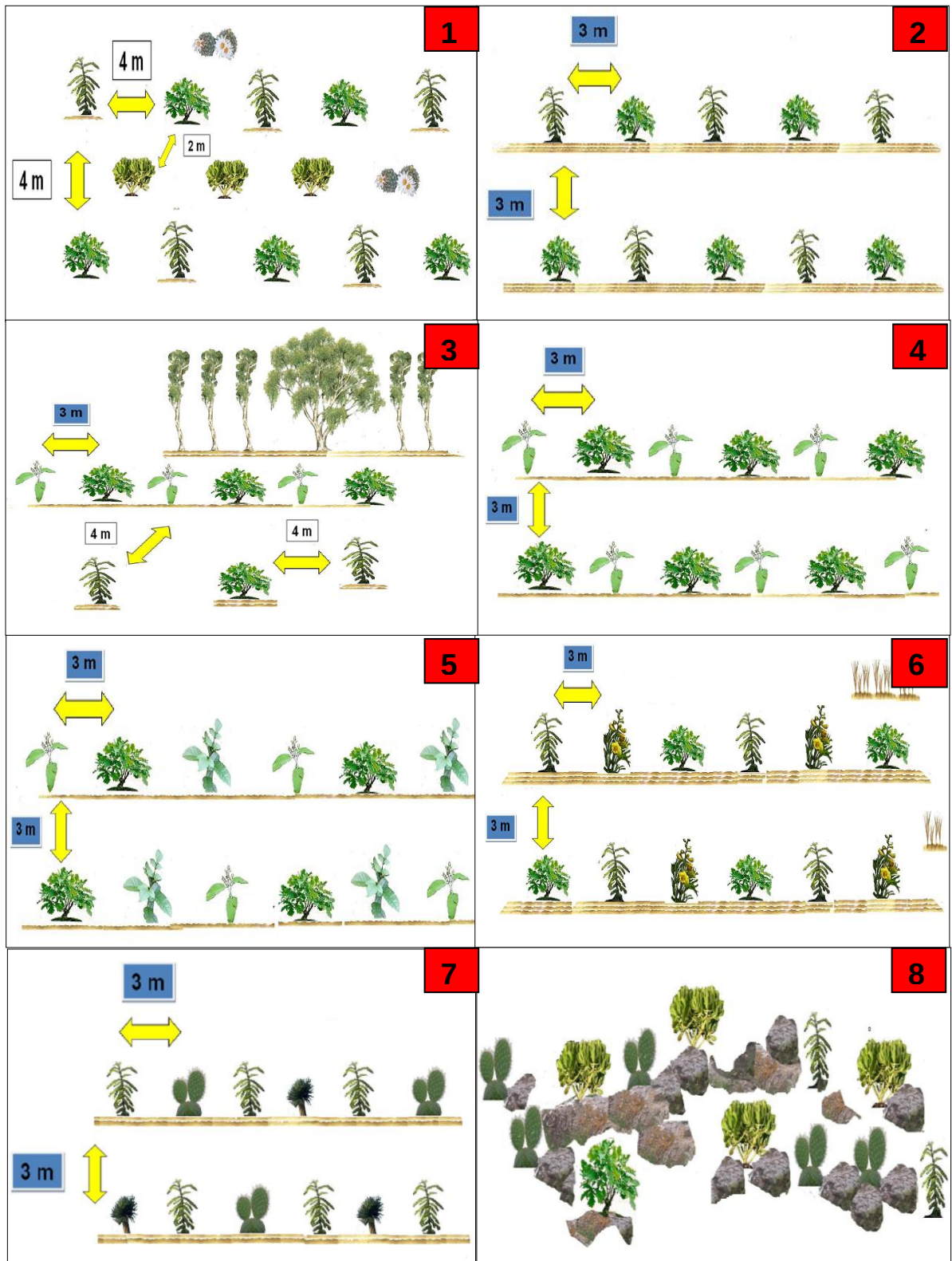


Figura 30. Diferentes diseños de plantación, para las distintas condiciones del Parque.

6.6.4.1. Diseños para revegetación del área turística

A continuación se propone un diseño sencillo, pero muy útil y práctico para reverdecer las jardineras del área turística del Molino. Aunque no fue un objetivo del proyecto trabajar dicha zona, a largo plazo podría contribuir de manera importante con la restauración del Parque, ya que se podrían obtener de manera ilimitada estacas de siempreviva, para producir plantas y repoblar el área de matorral.

a) Diseño 9: Esta agrupación se utilizara para delimitar jardineras carentes de vegetación con líneas de siemprevivas (5 plantas por metro lineal), adentro de ellas se plantará una yuca, rodeada de cuatro tronadoras. Este diseño aunque es muy simple, tiene la ventaja de no requerir casi mantenimiento y el consumo de agua es mínimo.

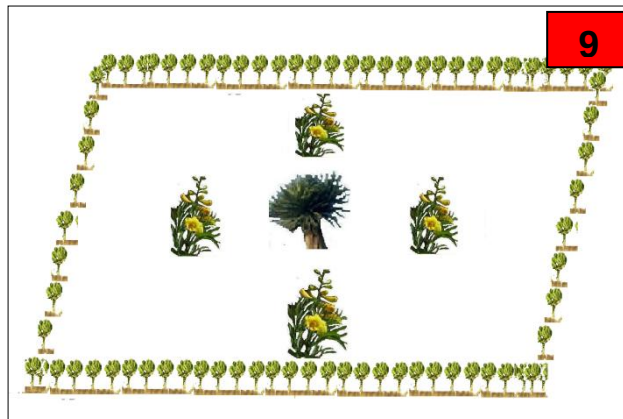


Figura 31. Diseño para revegetación del área turística.

6.6.5 Zonificación del Parque para restauración

En la figura 32, se muestra un mapa en el que se ha dividido al Molino en 25 sitios, dichas áreas presentan características y problemáticas particulares. En el cuadro 11, se hace una breve descripción de los diferentes sitios, el tipo de plantación que se requiere, la cantidad de plantas que se necesitan, los principales factores negativos y algunas acciones que ayudarían a la restauración de dichos lugares.

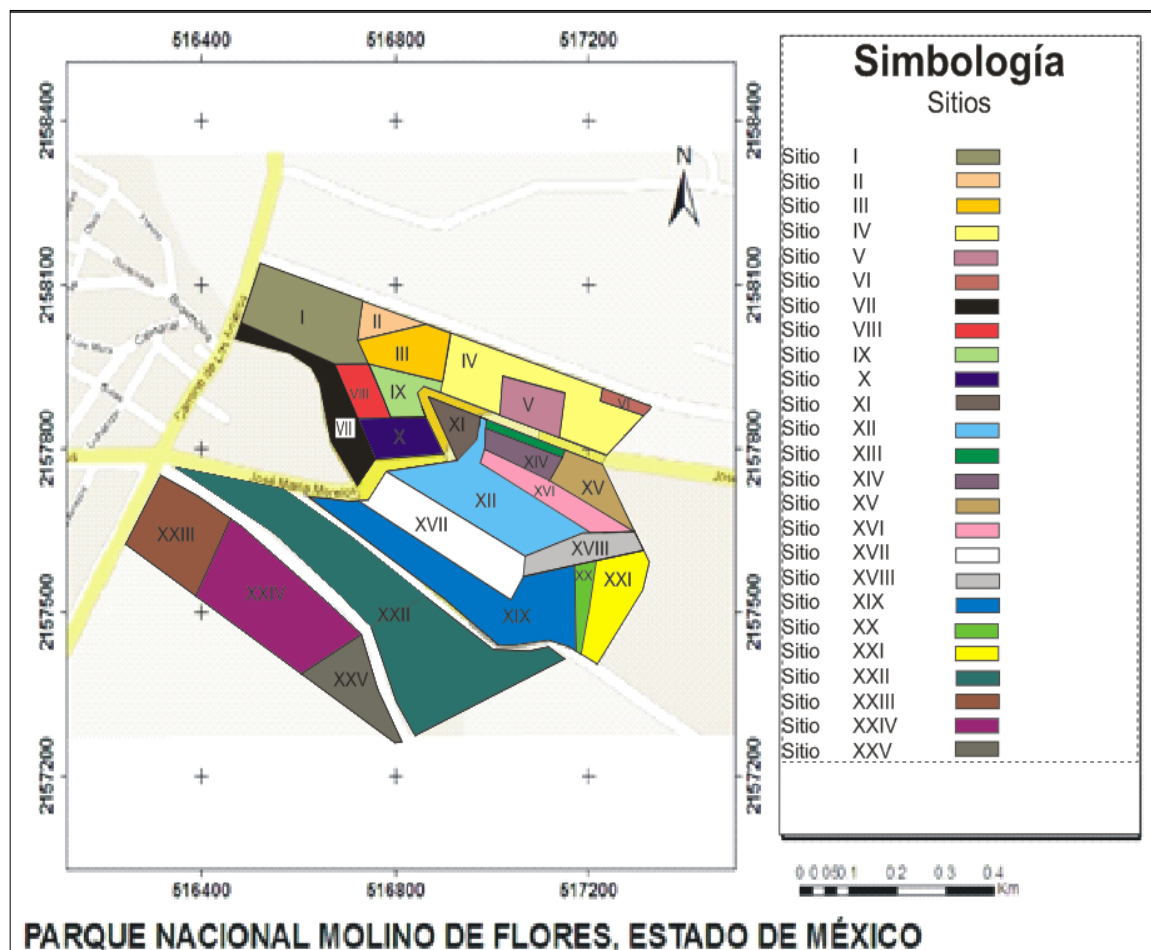


Figura 32. Mapa de la zonificación del Parque, para restauración por área.

Cuadro 11. Propuestas de restauración de acuerdo al sitio.

Sitio	Descripción	Diseño	# aproximado de Plantas★	Problemática	Acciones
I	Árboles frondosos (10 m) pero escasos. La mayor parte del terreno es plano, donde existe pendiente es <20%. El suelo es profundo (>1 m) y desarrollado.	4	Encinos: 1,929 Tepozanes: 1,929	Es paso obligado de colonos. Se utiliza como atajo de vehículos. Se realizan actividades de pastoreo. Es tiradero de basura orgánica (restos de jardinería), que intensifican los incendios.	Reparación de la cerca perimetral, para evitar el paso de vehículos. Se tienen que hacer brechas cortafuego. Pedir al municipio que retire la basura.
II	Área dominada por Nopales de hasta de 4 m y arbustos espinosos. La superficie del terreno es irregular y la pendiente es >20%. El suelo es somero (<20 cm) y rocoso.	7	Palo dulces: 381 Nopales:127 Yucas: 127	Presenta problemas de erosión. Incendios ocasionales.	
III	Plantaciones en línea de eucaliptos, los árboles tienen copas ralas y alcanzan alturas de hasta 10 m. El suelo no es profundo (<40 cm) y con pendiente (20%).	3	Encinos: 566 Tepozanes: 119 Palo dulces: 447	Incendios ocasionales. Los árboles presentan plagas, que los están deteriorando.	En este sitio, se encuentra la plantación piloto, por lo que se tienen que sustituir los árboles muertos de las líneas con los del diseño.
IV	La mayoría de los árboles son eucaliptos, de talla < 5m, copas reducidas y escaso follaje. El terreno es casi plano, el suelo no es profundo (<50 cm) y presenta abundantes gravas.	2	Encinos:1,849 Palo dulces:1,849	Presenta incendios. Los eucaliptos están deteriorados por las plagas e incendios.	Realizar brechas cortafuego. Así como quitar a los árboles muertos y los residuos de madera.
V	Área dominada por malezas de hasta 2 m de altura. El terreno es plano, el suelo esta endurecido, pero es fácil de trabajar, tiene una profundidad >1 m.	6	Encinos: 423 Palo dulces:423 Tronadoras:423	Todavía no ha habido quemas, pero el peligro de incendio esta latente. Las herbáceas podrían dificultar el establecimiento de los árboles, principalmente el chayotillo. En la temporada de lluvias aparecen grandes cantidades de grillos.	Se necesitan realizar brechas corta fuego. Las malezas cada año, se tienen que destruir antes de que florezcan, principalmente alrededor de los árboles que se planten.
VI	Rodal de pinos de >8 m de altura. El terreno es plano, el suelo tiene una abundante capa de hojarasca.	--	--	La densidad de árboles es muy alta, la separación entre estos es de 1.5 m, los pinos son altos pero tienen troncos delgados (<20 cm de diámetro).	Talar a los árboles de troncos más delgados y menos vigorosos, dejar una separación mínima de 3 m entre árbol.
VII	Alrededor del río se encuentran alineados árboles de varias especies, de altura >10 m y denso follaje. También existe un estrato arbustivo bien desarrollado. El suelo, tiene gran cantidad de	4	Encinos: 1,222 Tepozanes: 1,222	En algunas partes existen tiraderos de basura. El agua del río, esta contaminada con aguas negras.	Solicitar brigadas para la colecta de basura.

	sedimento, por sus condiciones se mantiene húmedo una mayor parte del tiempo.				
VIII	El dosel esta compuesto de varias especies, los árboles tienen >8 m de altura y follaje denso.	4	Encinos: 556 Tepozanes: 556	Tiene el inconveniente de la basura dejada por los visitantes, también hay montículos de materia orgánica con restos de jardinería. Los incendios son frecuentes. Hay fugas de aguas negras.	Solicitar brigadas para la colecta de basura. Retirar los árboles muertos y sus residuos. Hacer brechas cortafuego.
IX	Área dominada por Nopales de hasta de 4m. El terreno es irregular y la pendiente es >20%. El suelo es somero (<20 cm) y hay partes con extensos afloramientos rocosos.	8	Encinos: 271 Palo dulces: 271 Nopales: 1,083 Siemprevivas: 1,083	El suelo pierde mucha humedad, lo que dificulta el establecimiento de plantas. Las plantaciones en estos terrenos requerirán más trabajo y tiempo.	
X	Existen varias especies de árboles, entre los que destacan eucaliptos >15 m de altura. El terreno es variable, la mayor parte es plano y hay una sección con pendiente >20%.	5	Tepozanes: 185 Encinos: 185 Fresnos: 185	Basura dejada por los visitantes. Restos de escombros y árboles muertos. Estacionamientos mal planificados.	Solicitar la recolección de basura, residuos y escombros. Colocar contenedores de basura. Rediseñar el estacionamiento.
XI	Existen pocos árboles de menos de 5 m. El terreno es irregular y pendiente >20%.	2	Encinos: 352 Palo dulces: 352	Restos de jardinería. Incendios recurrentes.	Retirar la basura orgánica.
XII	Área principal del molino	9	Tecomas: 60 Yucas: 15 Siemprevivas: 1,200	--	--
XIII	Quedan algunos elementos de matorral. El terreno es plano.	7	Palo dulces: 251 Nopales: 83.5 Yucas: 83.5	Incendios.	
XIV	Estacionamiento	6	--	--	--
XV	Es una reforestación joven de pinos, los más grandes tienen 4 m. El terreno es casi plano.	2	Encinos: 695 Palo dulces: 695		
XVI	El terreno es dominado por arbustos y unos cuantos arboles >6m. El terreno es irregular y pedregoso, el suelo es somero y poco profundo.	8	Encinos: 344 Palo dulces: 344 Nopales: 1,376 Siemprevivas: 1,376	Basura. La vegetación esta fragmentada, por los senderos hechos por los visitantes.	Retirar la basura y colocar contenedores. Poner cercas para delimitar los caminos.
XVII	Existen varias especies de árboles, que forman un dosel cerrado, con más de 10 m de altura. El terreno es ligeramente plano, el suelo tiene más de 1	5	Tepozanes: 741 Encinos: 741 Fresnos: 741	Acumulación de basura en amplias áreas y quema de la misma. Árboles muertos, restos de troncos. Erosión del suelo, donde el terreno tiene pendiente. Hay demasiados senderos	Retirar la basura y colocar contenedores. Podar los árboles muertos. Poner cercas para delimitar los caminos.

	m de profundidad.			que dificultan el establecimiento de la vegetación.	
XVIII	Varias especies de árboles y arbustos de distintos tamaños. El terreno es irregular y rocoso.	--	--	Basura a lo largo del terreno, deposiciones al aire libre. Contaminación por aguas negras.	Pedir brigadas para recoger la basura.
XIX	Se caracteriza por eucaliptos maduros y algunas especies nativas. El terreno es plano y se establecen varios negocios.	5	Tepozanes: 1,111 Encinos: 1,111 Fresnos: 1,111	Compactación y pérdida de suelo. Basura dejada por los visitantes y comerciantes. Vertido de escombros de construcción. Árboles muertos. Exceso de senderos. Estacionamientos mal diseñados.	Rediseñar los estacionamientos. Eliminar los árboles muertos. Solicitar la recolección de basura y escombros. Modificar los estacionamientos. Señalizar los senderos.
XX	Hay una plantación de casuarinas y eucaliptos de no más de 5 m de altura. El terreno es irregular, pedregoso y tiene pendiente (60 %), el suelo es superficial (< 40 cm).	3	Encinos: 169 Tepozanes: 36 Palo dulces: 133	Incendios recurrentes. Erosión de suelo.	
XXI	La vegetación dominante son herbáceas anuales y en algunas áreas hay nopales. El terreno es rocoso y superficial, presenta pendiente de más del 70%.	7, 8	Encinos: 997 Palo dulces: 459 Nopales: 757 Siemprevivas: 757 Yucas: 269	Incendios recurrentes. Perdida de suelo. Paso de vehículos de los vecinos.	Hacer brechas cortafuego. Reparar la cerca, para impedir el paso de vehículos. Rehacer las zanjas de captación de agua.
XXII	Vivero	--	--	--	--
XXIII	Se localiza una plantación rala de eucaliptos con más de 6 m y manchones de regeneración de los mismos. El terreno es plano.	1	Encinos: 862 Palo dulces: 862 Siemprevivas: 1,724 Biznagas: 276	Algunas personas depositan basura.	Pedir una brigada, para que recoja los desechos.
XXIV	Área dominada por malezas. El suelo es plano y es fácil de trabajar.	6	Encinos: 423 Palo dulces: 423 Tronadoras: 423	Las herbáceas podrían dificultar el establecimiento de los árboles, principalmente el chayotillo. En temporada de lluvia, crece exponencialmente la población de grillos.	Las malezas cada año, se tienen que destruir antes de que florezcan, principalmente alrededor de los árboles que se planten.
XXV	Esta una plantación juvenil de cedros (<2 m de altura). El suelo es casi plano y no tiene gravas superficiales.	1	Encinos: 594 Palo dulces: 594 Siemprevivas: 1,187 Biznagas : 190	Recibe el polvo de las minas. Aunque los cedros ya se han establecidos, su desarrollo ha sido pobre y algunos ejemplares han ido muriendo.	En las áreas libres de cedros, retirar los árboles que estén muertos y en su lugar plantar encinos. Realizar la plantación según el diseño.

★: Para calcular las plantas requeridas por área se utilizo la formula siguiente: # planta = $(10,000 \times Ha) / (distanciamiento \times Linea)$

El número de plantas que se requerirá inicialmente, para restaurar y revegetar el Parque serán: 15,158 encinos, 2,037 fresnos, 465 biznagas, 8,972 palos dulces, 3,426 nopales, 7,327 siemprevivas, 2,775 tronadoras, 5,713 tepozanes y 495 yucas. Al número de plantas estimadas para cubrir el Parque, se les tiene que aumentar un 20%, para cubrir las pérdidas en vivero y trasplante.

Cuadro 12. Plantas que se necesitan producir en vivero.

Especies	# de plantas requeridas según los diseños	# de plantas que se producirán en vivero
Encinos	15,158	18,190
Fresnos	2,037	2,444
Biznagas	465	558
Palos dulces	8,972	10,776
Nopales	3,426	----
Siemprevivas	7,327	8,792
Tronadoras	2,775	3,330
Tepozanes	5,713	6,856
Yucas	495	594
Total	46,368	51,530

6.6.6 Siguiendo trabajos para continuar la restauración

Una vez que se hayan obtenido las plantas propuestas, se hayan plantado con éxito y seguido las indicaciones mínimas. Para continuar con el proceso de restauración, se sugiere realizar investigaciones sobre las características y las formas de producirse en vivero las siguientes especies, de acuerdo con el estrato:

a) Estrato arbóreo: Para complementar la propuesta de los sitios ubicados en el Área de vegetación riparia, *Alnus acuminata* (fijadora de nitrógeno) y *Salix mexicana* (fuente de alimentación para himenópteros). Para los sitios que se

encuentran en las áreas de pastizal con reforestación y matorral, *Crataegus pubescens* y *Prunus serotina* (estas especies atraen a las aves por sus frutos).

b) Estrato arbustivo: Para los sitios que están en el área de matorral y pastizal con reforestación *Agave salmiana* (es un valioso recurso alimenticio para murciélagos y Lepidópteros) *Amelanchier denticulata* (extinto del Parque), *Bouvardia ternifolia*, *Callandria grandiflora*, *Gymnosperma glutinosum*, *Loeselia mexicana*, *Montanoa tomentosa*, *Senecio praecox* (casi extinto del Parque), *S. salignus* y plantas del género *Brongniatia* ssp., todas estas especies soportan condiciones de aridez, incendios y suelos poco desarrollados.

c) Estrato herbáceo: Para los sitios de pastizal con reforestación *Dahlia coccínea* (casi extinta del Parque), *Salvia polystachia*, *Prionocidium thapsoides* (casi extinto), *Tigridia pavonia* (quedan pocos ejemplares), *T. vanhoutei* (casi extinta), estas especies son un recurso alimenticio importante para insectos (Dípteros, Coleópteros, Himenópteros, Lepidópteros) y aves como el colibrí. El *Plumbago pulchella*, es una planta que podría ayudar a recuperar el suelo erosionado y compactado principalmente del Área de uso intensivo, tanto de lugares expuestos al sol como a la sombra. También sería importante reintroducir al Parque *Sedum greggii*, *S. longipes*, *S. moranense*, *S. quevae* (estas especies se encuentran en los intersticios rocosos del cerro del Texcotzingo), ya que son plantas de fácil propagación, no necesitan mantenimiento y bajo consumo de agua; se podrían utilizar para cubrir zonas con suelo superficial, principalmente en el Área de uso intensivo. También, se requieren realizar estudios sobre criptógamas, ya que no existe un inventario

sobre ellas, a pesar de que abundan en muchas partes del Parque (principalmente alrededor del río).

6.6.7 Evaluación de la restauración

Para conocer los avances en la restauración se tendrán que realizar estudios de diversidad y riqueza de especies vegetales en los sitios donde se realicen las plantaciones (cada cinco años, a partir de que comiencen los trabajos) y compararlos con el paisaje de referencia. También se tiene que hacer muestreos de suelo, para analizar las variaciones que ocurren en sus propiedades.

Algo importante que se tiene que realizar, es evaluar cada año, el crecimiento en talla y diámetro de las especies plantadas, así como su sobrevivencia, para conocer si las acciones emprendidas están siendo correctamente ejecutadas.

También es necesario efectuar inventarios de aves, mamíferos, reptiles y artrópodos. Al hacer estudios faunísticos, se puede hacer énfasis en las aves y mariposas diurnas, ya que son organismos relativamente fáciles de observar y existe una mayor literatura sobre ellos, por lo que podrían servir como indicadores biológicos de la restauración.

7. Conclusiones

Tecoma stans fue la mejor especie, fue fácil de producir en vivero y en la plantación se comporto bien. Su semilla no requirió limpiarse y se pudo almacenar fácilmente; su germinación fue rápida (seis días) y alta (70%), además no necesito tratamiento pregerminativo. Su desarrollo en vivero fue rápido, en cuatro meses estuvo lista para ser trasplantada. En campo tuvo la mayor sobrevivencia con un 96%. Debido a su rusticidad, esta planta sería una buena opción para recuperar áreas degradadas; por su sencillez de producción y la cantidad de usos debería incluirse en sistemas agroforestales con clima templado seco; y por su belleza ornamental tendría que difundirse más en zonas urbanas.

Buddleia cordata y *Eysenhardtia polystachya*, fueron los árboles que en campo crecieron más en altura (>9 cm) y diámetro (>0.1 cm). Pero su producción en vivero fue problemática.

Aunque *Quercus deserticola* y *Yucca filifera*, se trasplantaron a los cuatro meses de su estancia en vivero, al ser especies de crecimiento lento, no estaban listas para salir a campo. Para mejores resultados, se tendría que esperar un periodo de un año para la Yuca y dos años para el Encino.

Se espera que la supervivencia de las plantaciones realizadas en el Parque en el año 2012, sea bajo. Porque el periodo de lluvias fue corto (menos de mes y medio) e intermitente (las precipitaciones no fueron diarias); y por la época de

sequía que es severa para las plantas y por los incendios provocados anualmente.

El suelo del Parque tiene partículas gruesas y grandes, tiene una densidad aparente de 1.5 g cm^{-3} y una d. real de 2.5 g cm^{-3} ; la clase textural que predomina es la franco arcillo arenosa, por lo que el suelo esta compactado y aunado a lo superficial del suelo, existe poca retención de humedad, lo cual afecta el establecimiento de los árboles. En cuanto a las propiedades químicas tiene un pH 6.6 (moderadamente ácido); el contenido de N es bajo (15 mg kg^{-1}); el P es moderado (46.6 mg kg^{-1}); el contenido de sales es bajo (1.96 dSm^{-1}), sin embargo, los sitios que se rellenaron con suelo agrícola tienen problemas de salinidad.

Para que la restauración del Parque se pueda llevar a cabo, se necesitará tener una agenda de trabajo a largo plazo con las autoridades (que trascienda las administraciones municipales), una participación activa de todos los interesados, además de un equipo multidisciplinario y una fuerte inversión económica; de lo contrario, este trabajo solo quedará como una propuesta más, como ha ocurrido con trabajos anteriores.

8. LITERATURA CITADA

Alcántara, J. 2006. Molino de Flores Texcoco Edo. de México Centro Cultural y de Convenciones, Tesis de Licenciatura, Facultad de Arquitectura, UNAM, México, D.F., 130 pp.

Alanis-Rodríguez, E.; J. Jiménez-Pérez.; M. Pando-Moreno; O. Aguirre-Calderón; E. Treviño-Garza; P.C. García-Galindo 2010. Efecto de la restauración ecológica post-incendio en la diversidad arbórea del Parque Ecológico Chipinque México, INE, Madera y Bosques, vol. 16, núm. 4, 39-54 pp.

.Arizaga, S.; J., Martínez-Cruz; M., Salcedo-Cabral; M. A., Bello-González 2009. Manual de Biodiversidad de encinos michoacanos, INE-SEMARNAT, México, D.F., 147 pp.

Arriaga, V.; V., Cervantes; A., Vargas-Mena 1994. Manual de Reforestación con Especies Nativas, SEDESOL, INE, UNAM, Facultad de Ciencias, México, D.F., 186 pp.

Bonfil, C. y Soberón J. 1999. *Quercus rugosa* seedling dynamics in relation to its re-introduction in disturbed Mexican landscape, Applied Vegetation Science 2, 189-200 pp.

Bonfil C., Rodríguez H. y Peña V. 2000. Evaluación del efecto de las plantas nodrizas en el establecimiento de *Quercus* en matorral xerófilo, Ciencia Forestal en México, Vol. 25, Núm 28., 59-74 pp.

Bishop, J.; N., Landell-Mills 2003. Los servicios ambientales de los bosques información general, pp. 43-76, En: Pagiola S., Bishop J., Landell-Mills N., La venta de Servicios Ambientales Forestales, INE-SEMARNAT, México, 459 pp.

Carrillo, P. 2003. Prueba de diferentes tratamientos de restauración ecológica en áreas deterioradas del cerro de Potosí, Galena, Nuevo León, México, Tesis de Maestría, Universidad Autónoma de Nuevo León, México, 63 pp.

Castillo, A. 2005. Comunicación para la restauración: perspectivas de los actores e intervención con y por medio de personas, En: Sánchez O.; E., Peters; R., Márquez-Huitzil; E., Vega; G., Portales; M., Valdez; D. Azuara, Temas sobre restauración ecológica, SEMARNAT, INE, U.S. Fish and Wildlife Service, Unidos para la Conservación A.C., México, D.F., 257 pp.

Challenger, A. 2003. Conceptos generales acerca de los ecosistemas templados de montaña de México y su estado de conservación, pp. 17-44, en Sánchez, O.; E., Vega; E., Peters; O. Monroy-Vilchis, Conservación de Ecosistemas de Montaña en México, INECOL, Agrupación Sierra Madre S.C., México, D. F., 316 pp.

CONAFOR; CONABIO 2010. Ficha técnica *Yucca filifera* (Chabaud, 1976), SIRE-Paquetes Tecnológicos, Comisión Nacional Forestal, México, D.F., <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/1016Yucca%20filifera.pdf>

CONANP 2011, Áreas Protegidas Decretadas, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, SEMARNAT, http://www.conanp.gob.mx/que_hacemos/

Fallas, J. 2003. Conceptos básicos de cartografía, Sistemas Integrados de Información Geográfica, Laboratorio de Teledetección y Sistemas de Información Geográfica (TELESIG), Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica, 28 pp.

FAO 1997. Zonificación agro-ecológica: Guía general, Servicio de Recursos, Boletín de Suelos FAO 73, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Italia, Roma, 96 pp.

Fernández H.; G. Becerra 1995. Reservas de la Biosfera y otras Áreas Naturales Protegidas de México, SEMARNAT, INE, CONABIO, México, 38 pp.

Galloway, G. 1986. Guía sobre la Repoblación Forestal en la Sierra Ecuatoriana, Ministerio de Agricultura y Ganadería-Agencia para el Desarrollo Internacional USAID, Proyecto DINAF/AID, Ecuador, 291 pp.

García, J. 2002. Manual de repoblaciones forestales – Tomo I, 2ª ed., Edit. Fundación Conde del Valle de Salazar y Ediciones Mundi-prensa, España, Madrid, 794 pp.

García, E.; J., Jiménez 1997. Estrategias de comercialización para El Parque Nacional Molino de Flores Nezahualcóyotl, Tesis Profesional, Unidad Académica Profesionales de Zumpango, UAEM, 82 pp.

Grey, G. W.; F. J., Deneke 1992. Urban Forestry, 2ª ed., Edit. Krieger Publishing Company, E.U.A., Florida, 299 pp.

Martínez, L.; A., Chacalo 1999. Los árboles de la Ciudad de México, UAM, México, D.F., 389 pp.

Martínez, G.; A., Orozco; C., Martorell 2006. Efectividad de algunos tratamientos pregerminativos para ocho especies leñosas de mixteca alta oaxaqueña con características relevantes para la restauración, Boletín de la Sociedad Botánica de México, núm. 79, 9-20 pp.

Meli P. 2003. Restauración ecológica de bosques tropicales. Veinte años de investigación académica, INTERCIENCIA, Vol. 28, Núm. 10, 581-589 pp.

Meli P. y V. Carrasco-Carballido 2011. Restauración ecológica de riberas: Manual para la recuperación de la vegetación ribereña en arroyos de la Selva Lacandona, CONABIO, México, D.F., 66 pp.

Mendoza, G.; J., García 1997. Manual: Uso terapéutico de las plantas medicinales del Cerro Tetzcutzingo Municipio de Texcoco, PROIA-CIESTAAM, Departamento de Fitotecnia, UACH, Edo. de México, Texcoco, 178 pp.

Musálem, M. A. 2001. Sistemas agrosilvopastoriles: Una alternativa de desarrollo rural para el trópico mexicano. Revista Chapingo, Serie ciencias forestales y del ambiente. año/vol 8, número 002, 91-100 pp.

Musálem, M. A. 2006. Silvicultura de Plantaciones Forestales Comerciales, UACH, Edo. de México, Texcoco, 233 pp.

Newton, A.C. y Tejedor, N. 2011. Principios y práctica de la restauración del paisaje forestal: Estudios de caso en las zonas secas de América Latina, UICN

(Unión Internacional para la restauración de ecosistemas) y FIRE (Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas), España, Madrid, 486 pp.

Norma Oficial Mexicana NOM-021-RECNAT-2000 2002. Que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y Clasificación de suelos, Estudios de muestreo y análisis. Diario Oficial, 85 pp.

Pérez, O. 2000. Determinación de la capacidad de carga turística del P.N. Molino de Flores Nezahualcóyotl, Tesis de Ingeniero, Departamento de Planeación de Recursos Naturales Renovables, UACH, Texcoco, Edo. de México, 117 pp.

Priego, A.; G., Bocco; M., Mendoza; A. Garrido 2009. Propuesta para la Generación Semiautomatizada de Unidades de Paisajes: Fundamentos y Métodos, SEMARNAT, INE, Centro de Investigaciones de Geografía Ambiental de la UNAM (CIGA-UNAM), México, D.F., 98 pp.

Pimentel, L. 2009. Producción de árboles y arbustos de uso múltiple, edit. Mundi-Prensa México, China, 237 pp.

Pulido, M.T.P. y S. D. Koch 1992. Guía ilustrada de las plantas del Cerro Tetzcutzingo: Especies comunes en el Valle de México, INBU, UNAM, México, D.F., 237 pp.

Rivas, D. 2001. Importancia y ambiente de los bosques y árboles urbanos, UACH, 81pp.

Rzedowski, G. C.; J., Rzedowski y colaboradores 2005. Flora fanerogámica del Valle de México. 2^a ed., 1^a reimp., Instituto de Ecología, A.C. y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Pátzcuaro (Michoacán), 1406 pp.

Rzedowski, J.; G. C., Rzedowski 1979. Flora Fanerogámica del Valle de México: Generalidades, gimnosperma, Dicotyledoneae (Saururaceae-Polygalaceae), Compañía Editorial Continental S.A., México, D.F., 403 pp.

Rzedowski, J. 2006. Vegetación de México, 1^a Edición digital, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México, D.F., 504 pp.

Sánchez, O. 2005. Restauración ecológica: algunos conceptos, postulados y debates al inicio del siglo XXI, En: Sánchez, O; E. Peters, R., Márquez-Huitzil; E., Vega; G., Portales; M., Valdez; D. Azuara, Temas sobre restauración ecológica, SEMARNAT, INE, U.S. Fish and Wildlife Service, Unidos para la Conservación A.C., México, D.F., 257 pp.

Society for Ecological Restoration (SER) International, Grupo de trabajo sobre ciencia y políticas. 2004. Principios de SER International sobre la restauración ecológica. www.ser.org

Solano, E. 1997. "Sucesión Ecológica, Desarrollo de un Concepto", Boletín de investigación, educación y sus nexos, IV (1), pp. 3-9

Torres, J.; A. Guevara 2007. "El potencial de México para la producción de servicios ambientales: captura de carbono y desempeño hidráulico", ed. INE,

México,

D.F.,

sitio

web:http://www.ine.gob.mx/ueajei/publicaciones/gacetas/63/cap3.html?id_pub=361&id_tema=13&dir=Consultas.

Torquebiu, E. 1993. Centro de Agroforestería para el Desarrollo Sostenible, Universidad Autónoma de Chapingo, Texcoco, Edo. de México, 91 pp.

Vargas, F. 1997. Parques Nacionales de México: Aspectos físicos, sociales, legales, administrativos, recreativos, biológicos, culturales, situaciones actuales y propuestas, INECOL, México, D.F., 760 pp.

Vargas, O. 2007. Guía metodológica para la recuperación del bosque alto andino, Universidad Nacional de Colombia – Convenio Interinstitucional Acueducto de Bogotá – Jardín Botánico – Secretaría Distrital de Ambiente, Colombia, 194 pp.

Vázquez, G. 1995. Ecoturismo: Una opción de desarrollo del Parque Nacional Molino de Flores Nezahualcóyotl, Tesis Profesional, Departamento de Agroecología, UACH, Texcoco, Edo. de México, 134 pp.

Vázquez, Y. C.; A. I., Batís; M.I., Alcocer; M., Gual; C., Sánchez 2001. Árboles y arbustos nativos potencialmente valiosos para la restauración ecológica y la reforestación, INE, UNAM, 263 pp.

Wood, P. J.; J., Burley 1995. Un árbol para todo propósito: Introducción y evaluación de árboles de uso múltiple para Agroforestería, Centro Internacional para la Investigación y la Agroforestería, Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica, 180 pp.

ANEXO I

Cuadro 13. Listado de especies vegetales de la Zona de Conservación (Vázquez, 1995; Pérez, 2000).

Familia	Nombre Científico	Nombre común	Ubicación
Agavaceae	<i>Agave salmiana</i>	Magüey	C
	<i>Yucca filifera</i>	Yuca	A, C
Amaranthaceae	<i>Amarantus hybridus</i> L.	Quelite	A
	<i>Guilleminea densa</i> (Will)		A
Amaryllidaceae	<i>Zephyrantes sessilis</i> Herb.	Flor de mayo	A
Anacardiaceae	<i>Shinus molle</i> L.	Pirul	A
Asclepidaceae	<i>Asclepias linaria</i> Cav.	Romerillo	A
	<i>Cynanchum kunthii</i>		C
Asteraceae	<i>Artemisa ludoviciana</i> (Will) K.	Artemisa	A
	<i>Baccharis conferta</i>	Hierba del carbonero	A
	<i>Baccharis salicifolia</i>	Jara	B
	<i>Bidens aurea</i> (Ait) Sherff	Aceitilla	A
	<i>Brickellia veronicaefolia</i> (H.B.K)	Mejorana de campo	A, C
	<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	Girasol morado	A
	<i>Dahlia coccinea</i>	Dalia	
	<i>Dugesia mexicana</i>		A
	<i>Erigeron scaposus</i> (Vent) A.S.H.	Chalchuan	A
	<i>Gymnosperma glutinosum</i> Cerv.	Pegajosa	A, C
	<i>Montanoa tomentosa</i> Cerv.	Zoapatli	A, C
	<i>Tagetes micracantha</i> Cav.	Anís de campo	A
	<i>Schkura virgicum</i> L.	Anisillo	A
	<i>Senecio praecox</i> DC.	Palo loco	C
	<i>Simsia amplexicaulis</i> Cav.	Acahual	A
	<i>Tithonia tubiformis</i> (Jacq)	Girasol	A, B, C, D
	<i>Stevia serrata</i> Cav.		A
	<i>Taraxacum officinale</i> L.	Diente de león	A
Betulaceae	<i>Alnus acuminatas</i>	Aile	B
Bignoniaceae	<i>Tecoma stans</i> H.B.K	Tronadora	A
Bromeliaceae	<i>Tillandsia lepidosepala</i>	Heno	A
	<i>Tillandsia recurvata</i>	Heno	A
	<i>Tillandsia usneoides</i>	Heno	A
Cactaceae	<i>Opuntia streptacantha</i> Lemaire	Nopal	A, C
	<i>Coryphantha</i> sp.	Biznaga	A
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina	A
Commelinaceae	<i>Commelina coelestis</i>	Hierba del pollo	A
	<i>Commelina dianthifolia</i>		
	<i>Commelina texcocana</i>	Hierba del pollo	C
	<i>Tinantia erecta</i> (Jacq) S.	Felvira	A
Convolvulaceae	<i>Ipomoea stans</i> Cav.	Tumbavaquero	A
Crassulaceae	<i>Echeveria mucronata</i> (Bak.) Schl.		
	<i>Sedum praealtum</i>	Siempre viva	B
Cruciferae	<i>Brasica campestris</i>	"Semilla de pájaro"	A
	<i>Eruca sativa</i> Mill.	Nabo	A
	<i>Lepidium virginicum</i>		A
	<i>Sisymbrium irio</i> L.		A
Cucurbitaceae	<i>Cucurbita pepo</i>	Calabaza	B
	<i>Sicyos laciniata</i> L.	Chayotillo	D
Cupressaceae	<i>Cupressus lindleyi</i>	Cedro blanco	A

Euphorbiaceae	<i>Ricinus communis</i>	Higuerilla	B
Fagaceae	<i>Quercus deserticola</i>	Encino	A
	<i>Quercus microphylla</i>	Encino	B, C
Gramineae	<i>Andropogon saccharaoides</i> Sw.	Zacate limón	A
	<i>Eragrostis mexicana</i> Link	Pasto	A
	<i>Bromus laciniatus</i> Beal	Pasto	A
	<i>Buchloe dactyloides</i> (Nutt engelm)	Pasto de búfalo	A
	<i>Bouteloua gracilis</i> (H.B.K.) Lag.	Zacate navajita	A
	<i>Hilaria cenchroides</i> H.B.K.	Grama	A
	<i>Satinon longifolium</i> J.G.S. Mith	Pasto	A
	<i>Setaria grisebachii</i> Fourn	Pasto	A
	<i>Stipa ichu</i> (Ruiz et. Pav) Kunth	Pasto	A
	<i>Muhlenbergia</i> spp.	Zacatón	A
	<i>Aristida adscensionis</i>	Zacate	A
	<i>Lycurus phleoides</i>	Zacate cola de zorra	A
Iridaceae	<i>Tigridia pavonia</i> (L.F.) DC.	Hierba de la trinidad	C
	<i>Tigridia vanhoutei</i>	Flor del tigre	A
Labiatae	<i>Leonotis nepentaeifolia</i> R Br.	Bastón de San Francisco	D
	<i>Salvia polystachia</i>		A, B
	<i>Salvia tiliifolia</i>		A
Leguminosae	<i>Acacia retonoides</i> Schl.	Acacia	A, C
	<i>Acacia angustissima</i> (Mill) Kuntze	Acacia	A
	<i>Brongniartia</i> sp.		
	<i>Calliandra grandifolia</i> (L' Hér.) Benth	Cabello de Ángel	C
	<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ort.) Sarg.	Palo dulce	A, C
	<i>Macroptilium gibbosifolium</i> (Ort) D.		A
	<i>Mimosa aculeaticarpa</i> Hort.	Uña de gato	A, C
	<i>Senna septemtrionalis</i> (Viv.) Irwin y Gal.	Retama	B
Liliaceae	<i>Allium rhizomatum</i>	"Ajo silvestre"	A
	<i>Calochortus barbatus</i> (Kunth) J. H. Painer		
	<i>Milla biflora</i> Cav.	Estrella	A
	<i>Nothoscordum bivalve</i> (L) Britt		A
Loganiaceae	<i>Buddleia cordata</i> H.B.K.	Tepozán	A, B
Lythraceae	<i>Cuphea aequipetala</i> Cav.	Hierba del cancer	A
Malvaceae	<i>Malva</i> sp.	Malva	D
Mirtaceae	<i>Eucaliptus camaldulensis</i> D.	Eucalipto	A
	<i>Eucaliptus globulus</i>	Eucalipto	A
Nyctaginaceae	<i>Mirabilis jalapa</i>	Maravilla	A
Oleaceae	<i>Fraxinus udhei</i>	Fresno	A, B
Onagraceae	<i>Gaura coccínea</i> Pursh	Linda tarde	A
	<i>Oenothera desertícola</i> (Loes) M.	Agua de azahar	A
	<i>Oenothera rosea</i> Ait.		A
Oxalidaceae	<i>Oxalis alpina</i>	Trébol	A, C
	<i>Oxalis divergens</i>	Trébol	A
	<i>Oxalis hernandessii</i>	Trébol	A
	<i>Oxalis hunulata</i>	Trébol	A
	<i>Oxalis latifolia</i>	Acederilla	A, B
	<i>Oxalis valdiviensis</i> Barn.	Agritos	A
Papaveraceae	<i>Argemone ochroleuca</i>	Chicalote	A
	<i>Argemone platyceras</i> Link y Otto	Chicalote	A

Pinaceae	<i>Pinus montezumae</i>	Pino	A
	<i>Pinus greggii</i>	Pino	A
	<i>Pinus radiata</i>	Pino	A, B
Phytolaccaceae	<i>Phytolacca icosandra</i> L.	Mazorquilla	B
Plumbaginaceae	<i>Plumbago pulchella</i> Boiss	Plumbago	A
Portulacaceae	<i>Talinum napiforme</i> D.C.		A
Proteaceae	<i>Grevillea robusta</i> C.	Grevilea	A, B, C
Rosaceae	<i>Crateagus pubescens</i> (Kunth) Steud.	Tejocote	A, B
	<i>Prunus serotina</i> Cav.	Capulín	A, B
Rubiaceae	<i>Bouvardia ternifolia</i> (Cav) Schl.	Trompetilla	A, C
	<i>Crusea</i> spp.		A
Salicaceae	<i>Salix mexicana</i> .	Sauce	B
Solanaceae	<i>Datura stramonium</i> L.	Toloache	B
	<i>Nicotina glauca</i> Graham	Tabaquillo	A, B
Taxodiaceae	<i>Taxodium mucronatum</i>	Ahuehuate	B
Umbelliferae	<i>Eryngium comosum</i> Delar	Hierba del sapo	A
	<i>Eryngium carlinae</i> Delar		A
	<i>Eryngium proteiflorum</i> Delar		A
	<i>Prionosciadium thapsoides</i>	"Cocotillo"	C
Vervenaceae	<i>Verbena polyantha</i>	Verbena	A

A) Pastizal con reforestación; B) Riparia y cañada; C) Matorral; D) Área rellenada

Cuadro 14. Listado de especies del Área histórica y uso intensivo (Vázquez, 1995; Pérez, 2000).

Familia	Nombre Científico	Nombre común
Agavaceae	<i>Nolina parviflora</i>	Nolina
	<i>Yucca elephantipes</i> R.	Yuca
Aizoaceae	<i>Aptenia cordifolia</i>	
Amaryllidaceae	<i>Crinum x porwellii</i>	Azucena rosa
Araliaceae	<i>Hedera hélix</i> L.	Hiedra
Anacardiaceae	<i>Shinus molle</i> L.	Pirul
Acatheaceae	<i>Jacobina spicigera</i> Bailey	Muitle
Apocynaceae	<i>Nerium oleander</i> L.	Rosa laurel
Araceae	<i>Zantedechia aethiopica</i> (L) S.	Alcatraz
Acanthaceae	<i>Acantus mollis</i> L.	Acanto
Araliaceae	<i>Fatsia japonica</i> D. y P.	Aralia estrella
Buxaceae	<i>Buxus microphylla</i> S. y L.	Buxus
Casuarinaceae	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Casuarina
Commelinaceae	<i>Commelina texcocana</i>	Hierba del pollo
Cucurbitaceae	<i>Sechium edule</i> Sw.	Chayote
Cupressaceae	<i>Cupressus lindleyi</i>	Cedro blanco
Cupressaceae	<i>Thuja</i> spp.	Tuja
Asteraceae	<i>Cosmos bipinnatus</i> Cav.	Girasol morado
Euphorbiaceae	<i>Euphorbia pulcherrima</i> W.	Nochebuena
Geraniaceae	<i>Pelargonium hortorum</i> B.	Geranio peludo
Gramineae	<i>Lolium</i> spp.	Pasto italiano
Iridaceae	<i>Iris germanica</i> L.	Lirio
Lauraceae	<i>Persea americana</i> M.	Aguacate
Leguminosae	<i>Senna septemtrionalis</i> (Viv.) Irwin y Gal.	Retama
Liliaceae	<i>Hermerocallis lilioasphodelus</i> L.	Azucena amarilla

Liliaceae	<i>Asparagus</i> spp.	Esparrago
Loganiaceae	<i>Buddleia cordata</i> H.B.K.	Tepozán
Malvaceae	<i>Hibiscus rosa-sinensis</i>	
Moraceae	<i>Morus</i> spp.	Mora
Myrtaceae	<i>Eucaliptus camaldulensis</i> D.	Eucalipto
	<i>Eucaliptus globulus</i>	Eucalipto
	<i>Callistemon citrinus</i> (C) S.	Escobillon
Nyctaginaceae	<i>Bougan villea</i>	Bugambilia
Oleaceae	<i>Fraxinus udhei</i>	Fresno
	<i>Ligustrum japonica</i>	Trueno
Palmae	<i>Phoenix dactylifera</i>	Palma datilera
Pinaceae	<i>Pinus radiata</i>	Pino
Proteaceae	<i>Grevillea robusta</i> C.	Grevilea
Rosaceae	<i>Prunus serotina</i> Cav.	Capulín
	<i>Rosa moctezumae</i> H. y B.	Rosa
	<i>Pyrus comunis</i>	Pera
	<i>Cotoneaster pannosus</i> F.	Piracanto
Rutaceae	<i>Casimiroa edulis</i> Llave y Lex	Zapote blanco
Violaceae	<i>Viola odorata</i> L.	Violeta

Cuadro 15. Listado de aves (Vázquez, 1995; Pérez, 2000).

Nombre Científico	Nombre común
<i>Columbigallina passerina</i>	Paloma
<i>Columbina inca</i>	Tórtola
<i>Hirundo rustica</i>	Golondrina
<i>Zenaida macroura</i>	Huilota
<i>Cathartes aura</i>	Zopilote
<i>Buteo sp.</i>	Águila cola roja

Cuadro 16. Listado de mamíferos (Vázquez, 1995; Pérez, 2000).

Nombre Científico	Nombre común
<i>Cratogeomys</i> sp	Tuza
<i>Microtus mexicanus</i>	Ratón de campo
<i>Ondatra zibethicus</i>	Rata almizclera
<i>Silvilagus plantagus</i>	Conejo
<i>Bassariscus astutus</i>	Cacomiztle

Cuadro 17. Listado de reptiles (Vázquez, 1995; Pérez, 2000).

Nombre Científico	Nombre común
<i>Pituophis deppei deppei</i>	Cincuate
<i>Sceloporus mucronatus</i>	Lagartija de collar
<i>mucronatus</i>	

Cuadro 18. Listado de mariposas del parque

Familia	Nombre Científico	Nombre común
Papilionidae	<i>Papilio polyxenes</i> (Fabr.)	
	<i>Papilio garamas</i> (Hübner)	Llamadora negra
	<i>Papilio multicaudatus</i> (Kirby)	Llamadora, Xochiquetzal
Pieridae	<i>Ascia monuste</i> (L.)	
	<i>Catasticta nimbice</i> (Boisduval)	
	<i>Leptophobia aripa</i> (Boisduval)	"Mariposa de la col"
	<i>Eurema mexicana</i> (Boisduval)	
	<i>Eurema salome</i> (Felder)	
	<i>Nathalis iole</i> (Boisduval)	
	<i>Phoebis philea</i> (Joh.) (Boisduval)	
	<i>Phoebis sennae eubule</i> (L.)	
	<i>Pontia protodice</i> (Boisduval y Leconte)	
	<i>Chlosyne ehrenbergii</i> (Hübner)	
Nymphalidae	<i>Danaus plexippus</i> (L.)	"Mariposa Monarca"
	<i>Danaus gilippus</i> (Cramer)	
	<i>Dione junio</i> (Cramer)	
	<i>Dione moneta poeyii</i> (Butler)	
	<i>Euptoieta Claudia</i> (Cramer)	
	<i>Junonia coenia</i> (Hübner)	"Ojo de gamo"
	<i>Nymphalis antiopa</i> (L.)	"Mariposa del salix"
	<i>Phyciodes mylitta thebais</i> (Godman y Savin)	
	<i>Phyciodes texana</i> (Edw.)	
	<i>Vanessa annabella</i> (Field)	
	<i>Vanessa atalanta rubria</i> (Fruhstorfer)	
	<i>Vanessa cardui</i> (L.)	
	<i>Vanessa virginiensis</i> (Druce)	
	<i>Autochon cellus</i> (Boisduval y Leconte)	
	<i>Calpodus ethlius</i>	
Hesperiidae	<i>Codatractus mysie</i> (Dyar)	
	<i>Erynnis funeralis</i> (Scudder y Burger)	
	<i>Poanes zabulon</i> (Boisduval y Leconte)	
	<i>Hemiargus isola</i> (Reakirt)	
Lycaenidae	<i>Leptotes marina</i>	
Sphingidae	<i>Aellopos tantalus zonata</i>	Mariposa colibrí

ANEXO II

Propagación del nopal

En las siguientes líneas se dan sugerencias para propagar nopales de manera vegetativa. Las plantas se pueden obtener del mismo Parque, de lugares de alta densidad a zonas libres de estos ejemplares.

- 1.- Las plantas que se seleccionen como donadoras de pencas, deberán estar libres de plagas y enfermedades.
- 2.- Para evitar problemas de pudrición, el corte de la penca se debe realizar en la axila (la unión entre las pencas). Esta operación se debe hacer en los meses de marzo y abril.
- 3.- Ya que se han cortado las pencas se deben colocar a la sombra de un árbol, para que se deshidraten. Este paso debe durar tres semanas, después de este tiempo se deben trasladar al sitio de plantación. Las pencas deben tratarse con el mayor cuidado posible.
- 4.- Para realizar la plantación, se hace la técnica de cepa simple, dependiendo de la profundidad del suelo y el tamaño del nopal, se debe cubrir de $\frac{1}{4}$ a $\frac{1}{2}$ de la penca con tierra. Esta actividad, se tiene que realizar a más tardar en mayo.

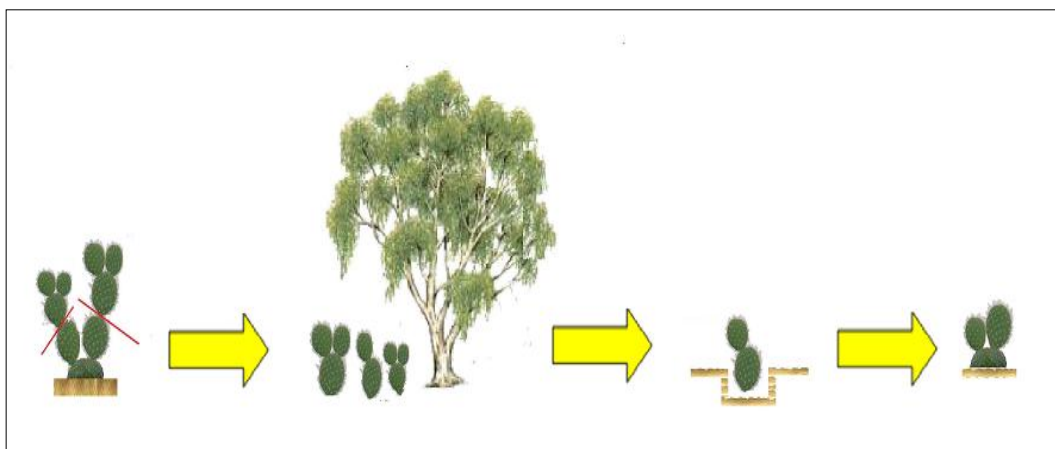


Figura 33. Propagación del nopal.

Propagación de la Siempreviva (*Sedum praelatum*)

Para obtener plantas de siempreviva se proponen tres métodos de propagación vegetativa:

- 1.- Translocación directa: Consistirá en llevar plantas de lugares de alta densidad a zonas donde no existan, sin pasar por una etapa de vivero y los pasos son: a) Seleccionar agrupaciones de Siemprevivas, a no menos de 5m de separación; b) Después, sustraer los ejemplares más jóvenes alrededor de la plantas más grandes, dichos ejemplares deberán estar enraizados y con una talla >15 cm; c) Realizar la plantación por cepa simple, cuando caigan las primeras lluvias de la temporada.
- 2.- Propagación a raíz desnuda: Consistirá en obtener estacas de Siempreviva, hacerlas crecer y enraizar en vivero, sin contenedor. El procedimiento es el siguiente: a) Seleccionar plantas libres de plagas y enfermedades, a no menos de 5 m de separación; b) Cortar estacas de 20 cm de las puntas terminales de la Siempreviva, esto se tiene que realizar en los meses de enero y febrero; c) Dejar secar las estacas a la sombra por tres días; d) Hacer almácigos de 80 cm de ancho X largo variable, el sustrato puede ser tierra sin cernir de monte, lama, o agrícola, se debe escoger un lugar con sol directo; e) Plantar las estacas con un distanciamiento mínimo de 20 cm; f) Regar cada tres días, si el sustrato se mantiene muy húmedo, distanciar aun más los riegos; g) La plantación se realizará cuando caigan las primeras lluvias, utilizando el método de la cepa simple.
- 3.- Propagación en contenedor: Es similar al anterior pero se usará contenedor. a) Seleccionar plantas libres de plagas y enfermedades, a no menos de 5m de separación; b) Cortar estacas de 20 cm de las puntas terminales de la Siempreviva, esto se tiene que realizar en los meses de enero y febrero; c) Dejar secar las estacas a la sombra por tres días; d) Se puede plantar en bolsa o contenedor rígido, se puede usar tierra de monte, lama o agrícola; e) Regar cada cuatro días, si está muy húmedo el sustrato distanciar el riego, después del primer mes realizar un riego vigoroso cada semana; f) La plantación se realizará con las primeras lluvias, utilizando el método de la cepa simple.

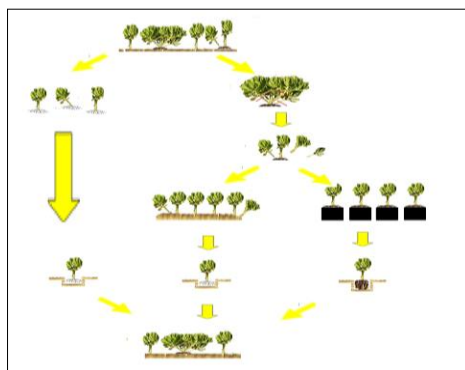


Figura 34. Distintas formas de propagar la Siempreviva.

Propagación de la Biznaga (*Coryphantha* sp.)

Para propagar a las biznaguitas se sugieren dos métodos, el primero es sencillo (translocación), pero no es tan viable porque quedan pocos ejemplares y el segundo es difícil pero sustentable (propagación sexual).

- 1.- Translocación: En las áreas del Parque donde aun queden cactáceas y éstas se encuentren agrupadas (más de dos ejemplares). Se puede retirar con una pala un ejemplar (de más de 10 cm de diámetro), procurando no dañar, el cuerpo y la raíz de las cactáceas. Esta operación se debe realizar con las primeras lluvias. Los ejemplares extraídos, pueden plantarse directamente en el sitio asignado, por el método de cepa simple, cuidando de que no exista una separación de más de 10 m entre planta; para que en un futuro se asegure la polinización.
- 2.- Propagación sexual: Esta forma consiste en colectar los frutos maduros de la biznaguita (chilitos), los cuales se deben aplastar y vaciar en un recipiente con agua, en el fondo quedaran las semillas (son diminutas). Una vez concluido la limpieza de las semillas, éstas se esparcirán en macetas pequeñas (con un sustrato desinfectado compuesto por dos partes de tierra negra, una parte de tezontle y una parte de arena de rio) y se humedecerán con un espray (se puede agregar al agua fungicida), por último el se cubrirán con plástico. El trasplante de las plantas se realizará hasta que tengan 2 cm, se deberá utilizar un contenedor rígido (maceta de plástico), el sustrato se compondrá de una parte de tierra negra, una de arena y una de hojarasca, se regará una vez a la semana de manera intensa. La planta podrá salir a campo, cuando alcance los 10 cm de diámetro, esto puede demorar años.

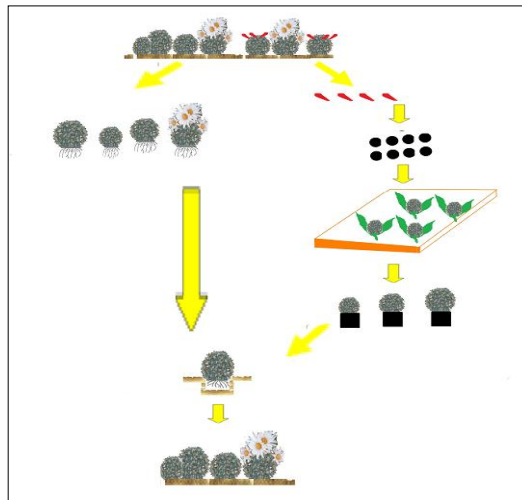


Figura 35. Diferentes maneras de propagar las biznagas.

ANEXO III

Cuadro 19 Precios de algunas plantas similares, a las que se proponen para la restauración.

Especie	Precio unitario (pesos)
<i>Buddleia cordata</i> (80 cm)	35
<i>Buddleia cordata</i> (1.5 m)	125
Cactácea (15 cm)	35
<i>Cupressus lindleyi</i> (80 cm)	30
<i>Fraxinus udhei</i> (80 cm)	30
<i>Pinus</i> sp.	30
<i>Quercus rugosa</i> (80 cm)	40
<i>Quercus rugosa</i> (1.5 m)	150
<i>Tecoma</i> sp.	35
<i>Sedum praealtum</i>	5

Cuadro 20. Costo de algunos materiales para la producción de plantas.

Clase	Material	Costo unitario
Herramientas	Talacho	150
	Pala recta	100
	Pala de cuchara	120
	Pala de jardinero	50
	Carretilla	850
	SERRUCHO	150
	Tijeras de jardinero	150
	Tijeras para podar	110
	Navajas	50
	Escoba para hojas	100
	Bielgo	150
	Perforadora	350
	Regadera	100
	Agrolita (costal)	85
Sustratos	Vermiculita (costal)	310
	Peat moss (Paca)	460
	Tezontle (m ³)	150
	Fertilizante 20-10-10	570
Productos químicos	Fertilizante 4-25-35	715
	Fertilizante 9-45-15	670
	Fertilizante microelementos	720
	Fungicida	110
	Insecticida	300
	Detergente (kilo)	21
	Cloro (litro)	15
	Desinfectante (galon)	80