

Plan Ejecutivo de Restauración de la Tercera Sección

del Bosque de Chapultepec

Convenio SEDEMA-UNAM

SEDEMA/DGSANPA/001/2020

CM-CSAM-UJ-CV-I-02-013/2020



GOBIERNO DE LA
CIUDAD DE MÉXICO

SECRETARÍA DEL
MEDIO AMBIENTE



INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
EN ECOSISTEMAS Y SUSTENTABILIDAD
UNAM

Índice

Introducción.....	1
Antecedentes.....	2
Áreas a restaurar por Zona.....	11
1. Zonificación.....	11
1. Comunidad de coníferas.....	13
2. Comunidad de encinos.....	15
3. Comunidad mixta o transicional.....	16
4. Comunidad de afinidad mesófila de montaña.....	17
5. Comunidad de bosque de galería.....	17
6. Comunidad de especies funcionales para polinizadores.....	17
7. Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía.....	17
8. Plantación mixta para zonas de amortiguamiento y áreas jardinadas.....	18
Criterios generales para control de la erosión y mejoramiento de suelo.....	19
Criterios para la colecta de semillas o su adquisición y estándares para las plantas a utilizar en el proceso de restauración.....	25
Descripción de las técnicas y estrategias generales de sembrado y plantado de hierbas, arbustos y árboles.....	32
Estándares y métodos para el monitoreo de la implementación y los resultados del proceso de restauración.....	37
Propuestas técnicas de intervención para cada área a restaurar por Zona.....	42
Zonas Bioculturales.....	43
Zona Biocultural Clausell.....	43
Zona Biocultural Sur.....	48
Zona de Conservación.....	53
Zonas de Amortiguamiento.....	58
Barranca de Barrilaco.....	62
Paleta vegetal.....	68
Referencias.....	94

Introducción

Esta Propuesta de Plan Ejecutivo de Restauración para la Tercera Sección del Bosque de Chapultepec se basa en el diagnóstico y zonificación contenidas en el documento que acompaña a ésta en los términos del convenio suscrito entre la Secretaría de Medio Ambiente de la Ciudad de México y la Universidad Nacional Autónoma de México (SEDEMA/DGSANPA/001/2020 – CM-CSAM-UJ-CV-I-02-013/2020). La Tercera Sección del Bosque de Chapultepec fue incorporada en la década de 1970 y cuenta con una superficie de 243.89 hectáreas. Es importante mencionar que la Barranca de Barrilaco, con 29 hectáreas, es parte de esta sección del Bosque de Chapultepec de acuerdo con el decreto correspondiente. La Tercera Sección destaca por su valor ambiental, pues la mayor parte de su extensión está dominada por un sistema geológico de barrancas, lomeríos y mesetas cubiertos por vegetación en donde se pueden encontrar especies nativas e introducidas además, la naturaleza del sustrato, en su mayoría arenoso, facilita la infiltración del agua y por lo tanto la recarga del acuífero.

De las tres secciones del Bosque de Chapultepec, la tercera es la que cuenta con una cobertura vegetal que mejor representa la estructura y función de un bosque en términos ecológicos. Con excepción de las sitios dominados por especies invasoras o con tendencias malezoides, cuenta con un estrato arbóreo, un estrato arbustivo y uno herbáceo. El estado de conservación del estrato arbóreo varía mucho, desde sitios en donde se encuentra en buen estado general y dominado por especies nativas a sitios en donde dominan especies introducidas, sobre todo eucaliptos. En éstos últimos, particularmente en mesetas y lomeríos, muchos de los ejemplares están muertos o en mal estado de salud. El presente plan ejecutivo de restauración describe las acciones a corto, mediano y largo plazo para restaurar aquellas zonas en las que a través de intervención es posible facilitar el proceso de recuperación de la estructura y función del bosque urbano a través de diversas técnicas de intervención en topografía, suelos y vegetación.

Antecedentes

Las características de la Tercera Sección en términos legales, sociales y ambientales se describen en el documento “Propuesta de Programa de Manejo y Restauración Ambiental de la Tercera Sección de Bosque de Chapultepec” por lo que aquí se reproducen solamente los puntos más importantes, en particular en términos biofísicos, pues son los más críticos para establecer las estrategias de restauración ecológica, y considerando a los patrones de uso actual por parte de los visitantes.

La Tercera Sección se encuentra en un sistema de barrancas que en su parte inferior tiene una altura sobre el nivel del mar de 2228 metros y en la parte más alta de 2458 m. El estudio geológico superficial elaborado por la Subdirección de Exploración de Minera del Norte (sin fecha), establece que: “toda la litología que aflora en la Tercera Sección del Bosque de Chapultepec está pobremente consolidada, lo que sugiere que la porosidad propia de los diferentes tipos de rocas es muy alta”. Este mismo estudio concluye: “que el desarrollo de la hidrología que presenta esta área es un reflejo en superficie de las zonas de gran porosidad que presenta esta columna litológica. Por lo que estos arroyos son excelentes zonas de recarga de acuíferos más profundos y no nada más del acuífero superficial (+/- 200 m)”. La complejidad topográfica del Bosque de Chapultepec también se puede apreciar a través del análisis de las curvas de nivel del terreno (Figura 1) y de las pendientes (Figura 2). La tercera sección, por ser un sistema de barrancas, es la que muestra la topografía más accidentada, con pendientes muy pronunciadas. Para fines de manejo del Bosque de Chapultepec, dada su naturaleza geológica y edáfica, considerar la pendiente es de gran importancia por la susceptibilidad a la erosión de los suelos. La cartografía edafológica del INEGI (1979) a escala 1:50,000 establece que el área en la que se localiza el Bosque de Chapultepec cuenta con dos asociaciones predominantes de suelos. En la Tercera Sección, particularmente en las paredes de los barrancos, se encuentran los Litosoles como tipo de suelo predominante, junto con el Feozem Háplico con clase textural media (I+Hh/2).

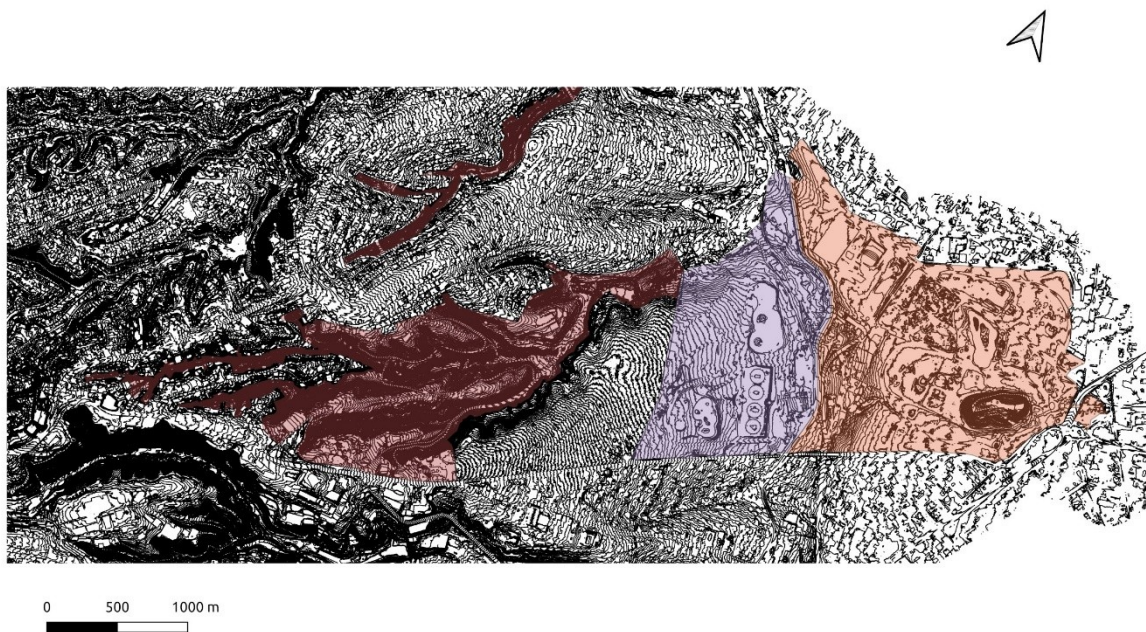


Figura 1. Curvas de nivel de un metro, el polígono de cada sección se muestra en un color distinto.

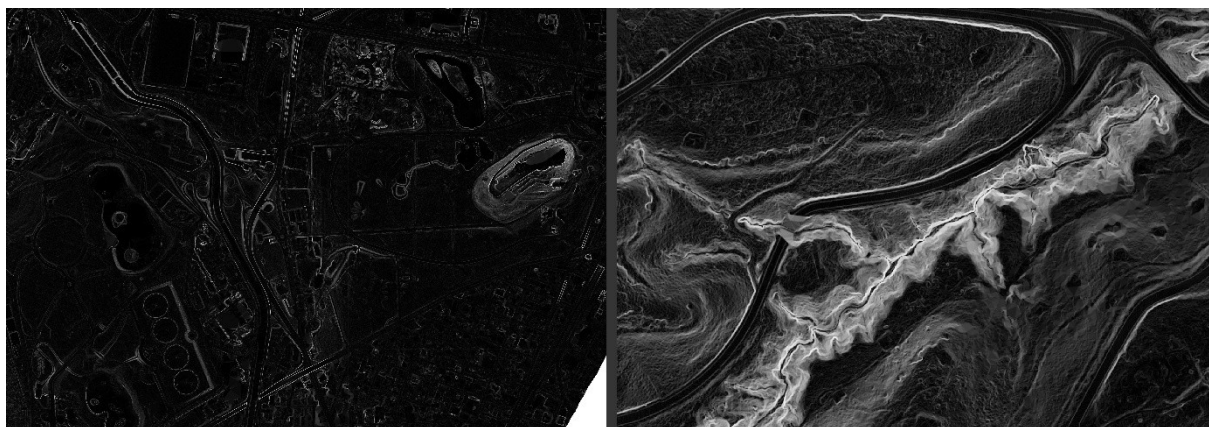


Figura 2. Pendientes en la Primera y Segunda sección a la izquierda y en una parte de la Tercera Sección, los tonos más claros representan pendientes más pronunciadas.

El otro elemento fundamental de la Tercera Sección del Bosque de Chapultepec en términos biofísicos es la cobertura vegetal que, en términos del estrato arbóreo, ha sido descrita y censada en áreas clave de esta sección (Benavides-Meza 2019). De este estudio destacan los siguientes extractos:

A) En el presente estudio se inventariaron 18,254 individuos arbóreos ubicados en mesetas, lomeríos, vialidades, así como aquellos que estuvieron ubicados en las cabeceras de barrancas; aunque cabe aclarar que en las barrancas no se contabilizaron todos los árboles y sólo se inventariaron los que se ubicaban en las estaciones de muestreo en dichos sitios. En las mesetas y lomeríos de las cuatro zonas se registraron 11,597 individuos arbóreos ubicados en 37.27 ha de área verde, los cuales congregan 562.05 m² de área basal y 112.46 ha de área foliar. Se registró un promedio de 329 individuos por ha y una densidad de área basal (AB) de 15.94 m² /ha. Las mesetas y lomeríos de la Zona 3, ubicadas en las áreas arboladas aledañas al Circuito Clausell, presentó la mayor cantidad de árboles por unidad de superficie (356), pero los valores más bajos de densidad de AB (12.46 m² /ha) y de área foliar (1.86 m² /ha) por unidad de superficie. Lo anterior indica que estos sitios presentan un elevado número de individuos, generalmente provenientes de rebrotes de tocón y de nuevas plantaciones y las condiciones adversas de los sitios ha causado que no se desarrollen apropiadamente, pues los individuos muestran tallas pequeñas y la condición de sus copas no es la óptima, particularmente en los rebrotes de tocón. En contraste, las subzonas de la zona 4 mostraron una densidad de individuos un poco inferior a la zona 3 (354) pero una mayor cantidad de AB por ha (24). De manera más evidente, esta situación se observa en el arbolado de las zonas 1 y 2, ya que, con una densidad de individuos menor, se obtuvieron mayores cantidades de área foliar por ha.).

B) Respecto al arbolado ubicado en barrancas, se inventariaron 1,869 individuos arbóreos en las cabeceras de barrancas y 1,343 árboles en 66 sitios de muestreo localizados en este tipo de ubicación. Con base en esta información se estimó que en las barrancas (120.62 ha) se ubican 49,227 árboles que congregan un área basal de 1,903.93 m² y 323.41 ha de área foliar. La masa arbolada en barrancas registró un mayor número de individuos por ha que el ubicado en mesetas y un promedio de 15.78 m² /ha de área basal y 2.68 m² /ha de área foliar.

En relación con el arbolado de alineación, se evaluaron 3,450 individuos arbóreos ubicados en 18.06 km de vialidades, los cuales suman 124.54 m² de área basal y 371.62 ha de área foliar, registrándose un promedio de 191 individuos por km y una densidad de área basal (AB) de 6.9 m²/km.

C) Se determinó que, de los 18,262 individuos arbóreos inventariados, en el 16.89% se registró una condición vigorosa; sin embargo más del 60% de la población arbórea presentó una declinación incipiente o moderada (40.12% y 20.7% respectivamente). Asimismo, se contabilizaron 1,795 ejemplares muertos los cuales representan el 9.83% de la población total y se espera que este número se incremente en el corto plazo, pues más del 12% de los individuos arbóreos tienen una declinación avanzada o severa.

La vegetación arbustiva y herbácea ha sido estudiada, junto con la arbórea, en la Tercera Sección con más detalle porque presenta asociaciones más complejas en su composición. En el informe del estudio realizado por Microdiversa, S.A. de C.V. (2020) se incluye un listado florístico con 154 especies de plantas, de las cuales 93 son hierbas (57%), 36 árboles (22%) y 25 arbustos (21%). En cuanto a los árboles, los resultados de este estudio contrastan con los de Benavides Meza (2019) quien identificó 101 especies arbóreas. Cabe destacar que en su análisis, Microdiversa señala que 114 de las especies identificadas son nativas, lo que representa el 70 %, y 14 de ellas son endémicas a México (Tabla 1).

Tabla 1. Plantas endémicas a México de acuerdo al estudio realizado en la 3ª Sección del Bosque de Chapultepec por Microdiversa, S.A. de C.V.

Nombre científico	Familia
<i>Dicliptera peduncularis</i> Nees	Acanthaceae
<i>Agave salmiana</i> Otto ex Salm-Dyck	Asparagaceae
<i>Manfreda pringlei</i> Rose	Asparagaceae
<i>Yucca filifera</i> Chabaud	Asparagaceae
<i>Opuntia lasiacantha</i> Pfeiff.	Cactaceae
<i>Echeveria grandiflora</i> Haw.	Crassulaceae
<i>Sedum oxypetalum</i> Kunth	Crassulaceae
<i>Brongniartia intermedia</i> Moric.	Fabaceae
<i>Dalea zimapanica</i> S. Schauer	Fabaceae
<i>Erythrina americana</i> Mill.	Fabaceae

Nombre científico	Familia
<i>Dicliptera peduncularis</i> Nees	Acanthaceae
<i>Eysenhardtia polystachya</i> (Ortega) Sarg.	Fabaceae
<i>Salvia mexicana</i> L.	Lamiaceae
<i>Loeselia mexicana</i> (Lam.) Brand	Polemoniaceae
<i>Astrolepis laevis</i> (M. Martens & Galeotti) Mickel	Pteridaceae

De acuerdo al estudio de Microdiversa basado en el Catálogo de Malezas de México de Espinosa & Villaseñor (1998), 40% de las especies identificadas en este estudio se consideran malezas. Entre ellas destacan 17 especies exóticas, de la cuales tres son especies de pastos; *Pennisetum villosum* R. Br. ex Fresen., *Phalaris minor* Retz. y *Rhynchelytrum repens* (Willd.) C. E. Hubb., las cuales se han convertido en una barrera al establecimiento de la vegetación nativa. A esto se suman otras dos especies exóticas de arbustos; *Ricinus communis* L. y *Ligustrum lucidum* que se han vuelto muy abundante en el sitio. La Segunda Sección está dominada en el estrato arbustivo y herbáceo por pastos y otras especies ornamentales, lo mismo ocurre en la Primera Sección. En esta última hay extensiones considerables de suelo prácticamente desprovistas de vegetación bajo el dosel de los árboles por la sombra que generan.

Es imposible reconstruir con precisión la apariencia y composición de la vegetación del sitio antes de que las actividades humanas alteraran radicalmente este paisaje. Sin embargo, es posible proponer una descripción general de lo que pudo haber sido la vegetación en el pasado usando como referencia la vegetación natural de otras barrancas de la Sierra de las Cruces. El intervalo altitudinal del sistema de barrancas de la Tercera Sección, que tiene un rango altitudinal de 176 metros (2282 a 2458 m snm). La barranca de Tarango, localizada al suroeste, de las barrancas de la Tercera Sección, es un buen punto de referencia ya que tiene un rango altitudinal de 250 metros (2330 a 2580 m snm) y una vegetación nativa en mejor estado de conservación. En dicha barranca domina el encino *Quercus castanea* que, de acuerdo a Guerra Martínez (2012), forma dos asociaciones distintas; una con *Q. obtusata* y la otra con *Q. rugosa*. En total, la flora registrada comprende 43 especies de 33 géneros que pertenecen a 20 familias. 13 especies corresponden a árboles. Por otro lado, Ventura González (2012), reporta 8 especies arbóreas para las barrancas, todas incluidas en el estudio de Guerra Martínez (2012). Para el estrato arbustivo, entre ambos estudios se reconocen 26 especies (Tabla 2).

Tabla 2. Especies arbóreas y arbustivas presentes en la Barranca de Tarango

Arboles	Arbustos
<i>Arbutus xalapensis</i>	<i>Acacia farnesiana</i>
<i>Buddleia cordata</i>	<i>Agave salmiana</i>
<i>Crataegus mexicana</i>	<i>Ageratina glabrata</i>
<i>Eucalyptus</i> sp.	<i>Ageratina petiolaris</i>
<i>Fraxinus uhdei</i>	<i>Amelanchier denticulata</i>
<i>Garrya laurifolia</i>	<i>Archibaccharis hirtella</i>
<i>Prunus serotina</i>	<i>Baccharis conferta</i>
<i>Quercus castanea</i>	<i>Baccharis thesioides</i>
<i>Quercus crassipes</i>	<i>Bouvardia ternifolia</i>
<i>Quercus laurina</i>	<i>Brongniartia intermedia</i>
<i>Quercus mexicana</i>	<i>Calliandra grandiflora</i>
<i>Quercus obtusata</i>	<i>Cestrum benthami</i>
<i>Quercus rugosa</i>	<i>Cestrum fulvesce</i>
	<i>Cestrum roseum</i>
	<i>Cestrum thyrsoideum</i>
	<i>Dahlia coccinea</i>
	<i>Dalea foliolosa</i>
	<i>Dodonaea viscosa</i>
	<i>Eupatorium petiolare</i>
	<i>Eysenhardtia polystachya</i>
	<i>Loeselia Mexicana</i>
	<i>Mimosa biuncifera</i>
	<i>Monnina ciliolata</i>
	<i>Rubus ulmifolius</i>

	<i>Symphoricarpos microphyllus</i>
	<i>Verbesina virgata</i>

Por otra parte, Rzedowski (2005), en su obra “Flora Fanerogámica del Valle de México”, reconoce las siguientes comunidades vegetales en la Sierra de las Cruces:

- a) Bosque mesófilo de montaña; donde se encuentran especies arbóreas como *Clethra mexicana*, *Cornus disciflora*, *Garrya laurifolia*, *Ilex toluhana*, *Meliosma dentata*, *Prunus prionophylla* y *Quercus laurina*. El autor señala que a este bosque “Se le observa entre 2500 y 2800 m de altitud, en sitios protegidos de insolación fuerte y de los vientos, donde la precipitación media anual excede de 1000 mm y la temperatura en promedio anual varía de 12 a 14 °C. Los suelos son por lo general profundos, ricos en materia orgánica y húmedos durante todo o casi todo el año.”
- b) Bosque de pino; sobre el que Rzedowski escribe que “considerados en su conjunto, se pueden localizar en altitudes entre 2350 y 4000 m, pero en realidad se trata de varias asociaciones vegetales distintas en las que prevalecen especies diferentes del género *Pinus*”. Considerando el rango altitudinal que indica este autor, las especies de este género que podrían haberse encontrado en las barrancas de la tercera sección son: *Pinus leiophylla* Schlecht. & Cham., *Pinus montezumae* Lamb., *Pinus pseudostrobus* Lindl. y *Pinus teocote* Schlecht. & Cham.
- c) Bosques de encino; que de acuerdo al autor “prosperan en altitudes entre 2350 y 3100 m, sobre suelos profundos o someros, en áreas en que llueve 700 a 1200 mm en promedio anual y por consiguiente ocupan hábitats muy similares a los correspondientes al bosque de *Pinus*”.

Aunque indirecta, la información disponible permite suponer que, antes de que su flora fuera radicalmente alterada por las actividades humanas, las barrancas de la tercera sección, estaban dominadas por una comunidad de encinos, probablemente con pinos en las partes más altas y expuestas, así como elementos de bosque mesófilo en la partes bajas y más protegidas de las barrancas.

Especies Invasoras

Para la detección de pastos invasores en la Ciudad de México, cabe destacar que existen pocos trabajos que puntualicen el registro de estas especies, por lo que es importante realizar mayor cantidad de estudios que permitan determinar la distribución de estos pastos en los parques, barrancas y áreas naturales de la ciudad, para de esta forma poder proponer un plan de manejo que permita contrarrestar los efectos negativos que estas especies generan al ambiente.

De los pocos trabajos existentes para la Ciudad de México, en la Barranca Barrilaco se encontraron dos especies de pasto exóticas invasoras, *Cynodon dactylon* (L.) Pers., grama, pata de gallo, zacate agrarista y, *Pennisetum clandestinum* (Hochst.), kikuyo. En este mismo trabajo también se identificó al zacatón (Instituto de Geografía, UNAM, 2019), *Liendrilla lisa* (*Muhlenbergia glabrata* (H.B.K.) Kunth), que no está clasificado como pastos invasor, pero que es abundante en sitios degradados.

En otras áreas de la Ciudad de México se han detectado especies de pastos que son invasoras o representan un riesgo para la biodiversidad. Por ejemplo, Castillo-Argüero y colaboradores (2004), realizaron un estudio para identificar la dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel, logrando determinar un total de 337 especies de las cuales 23 corresponden a especies de pastos y gramíneas, sin embargo, el trabajo no menciona a las especies de pasto encontradas por lo que no se puede hacer una categorización de las especies que pudieran clasificarse como invasoras exóticas. En otro estudio llevado a cabo por Rivera y Espinoza (2011), mencionaron la presencia de *Chusquea bilimekii* E. Fourn, que pertenece a la familia Poaceae, en las Alcaldías Magdalena Contreras y en Milpa Alta, a pesar de no estar catalogada como una especie invasora exótica la superficie que abarca, hace se le considere como una amenaza para la diversidad y el medio ambiente.

Necesidades generales de reforestación y de control de la erosión

La reforestación es una medida necesaria para la restauración de la Tercera Sección del Bosque de Chapultepec. Después de analizar la cobertura, la altura de los individuos arbóreos y su densidad se llegó a la conclusión que existen dos condiciones de reforestación. La primera corresponde a los sitios abiertos o con baja densidad arbórea en donde la mayoría de los árboles tienen menos de tres metros de altura (Figura 3). La segunda corresponde a áreas en donde el dosel es cerrado y la mayoría de los árboles tienen tres o más metros de altura. En la primera se propone reforestar con una distancia no

menor a los 3 metros con las especies que se proponen para cada subzona en este documento, en la segunda se deben de plantar individuos para incrementar la biodiversidad con una densidad menor de entre 100 y 50 individuos por hectárea.

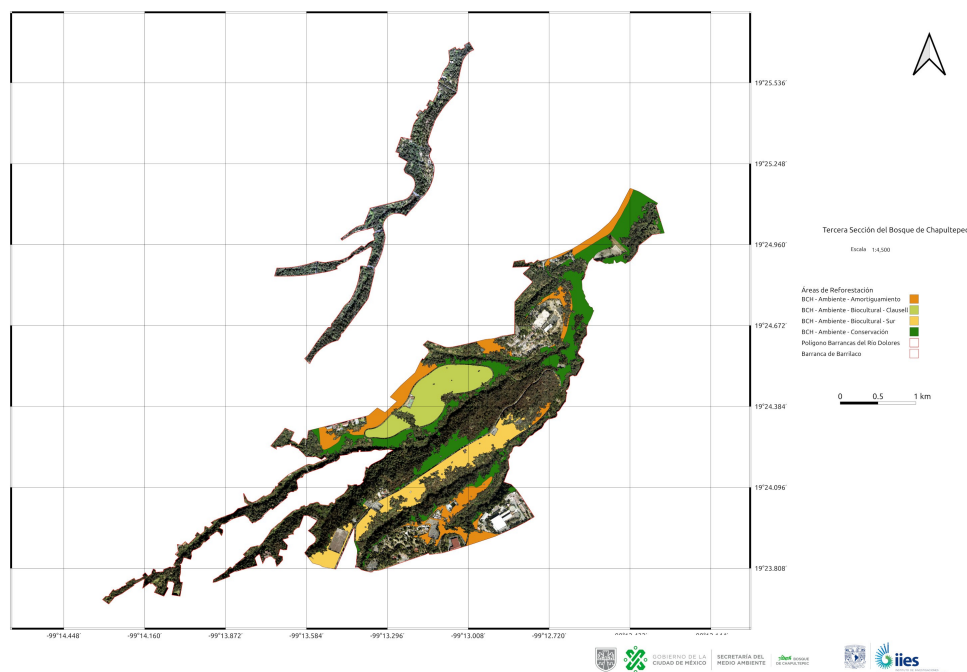


Figura 3. Áreas de reforestación en la Tercera Sección, los polígonos corresponden a la zonificación propuesta (ver siguiente sección de este documento).

Áreas a restaurar por Zona

1. Zonificación

En la Propuesta del Programa de Manejo para la Tercera Sección se definen las zonas y subzonas en las que se clasifica el territorio y se presenta el diagnóstico que las justifica. Se proponen tres tipos de zonas (Figura 4):

Amortiguamiento. Dividida en tres polígonos colindantes con la matriz urbana. La primera en la parte central al norte de la calle Clausell, la segunda que corresponde a una pequeña franja al noroeste y norte del vaso regulador “Paso del Conejo” (Presa de Dolores) que colinda con la Avenida Toluca y la tercera a lo largo de la avenida Constituyentes en el área de influencia de lo que fuera El Rollo y Atlantis. Estos tres polígonos se caracterizan por el impacto que causan los asentamientos humanos y las vialidades (mayor acceso de personas, contaminación atmosférica elevada, descargas de aguas negras, entre otros factores). En las zonas de amortiguamiento se encuentran dos polígonos que se clasifican como subzona de permisionarios: el Club Hípico y el Lienzo Charro.

Biocultural. Tres polígonos que corresponden topográficamente a las partes altas y planas de los lomeríos del polígono principal de la Tercera Sección y la Barranca de Barrilaco. Al norte, la primera subzona biocultural está delimitada por la calle Clausell, la segunda, de mayor tamaño, corresponde a las partes altas del lomerío delimitada por la calle Zaragoza. Estas dos subzonas concentran la mayor parte de la infraestructura recreativa de la Tercera Sección que podemos asociar a un contexto natural, como cabañas, kioscos y merenderos. Son también las áreas en donde la erosión es más severa y se encuentran el mayor número de árboles de especies exóticas, muchos de los cuales están muertos o dañados. En total las zonas bioculturales cubren un área de 44.18 hectáreas.

Conservación. El polígono de conservación, que cubre un área de 119.6 hectáreas, es un continuo que abarca las barrancas desde sus partes más altas hasta llegar a la Presa de Dolores.

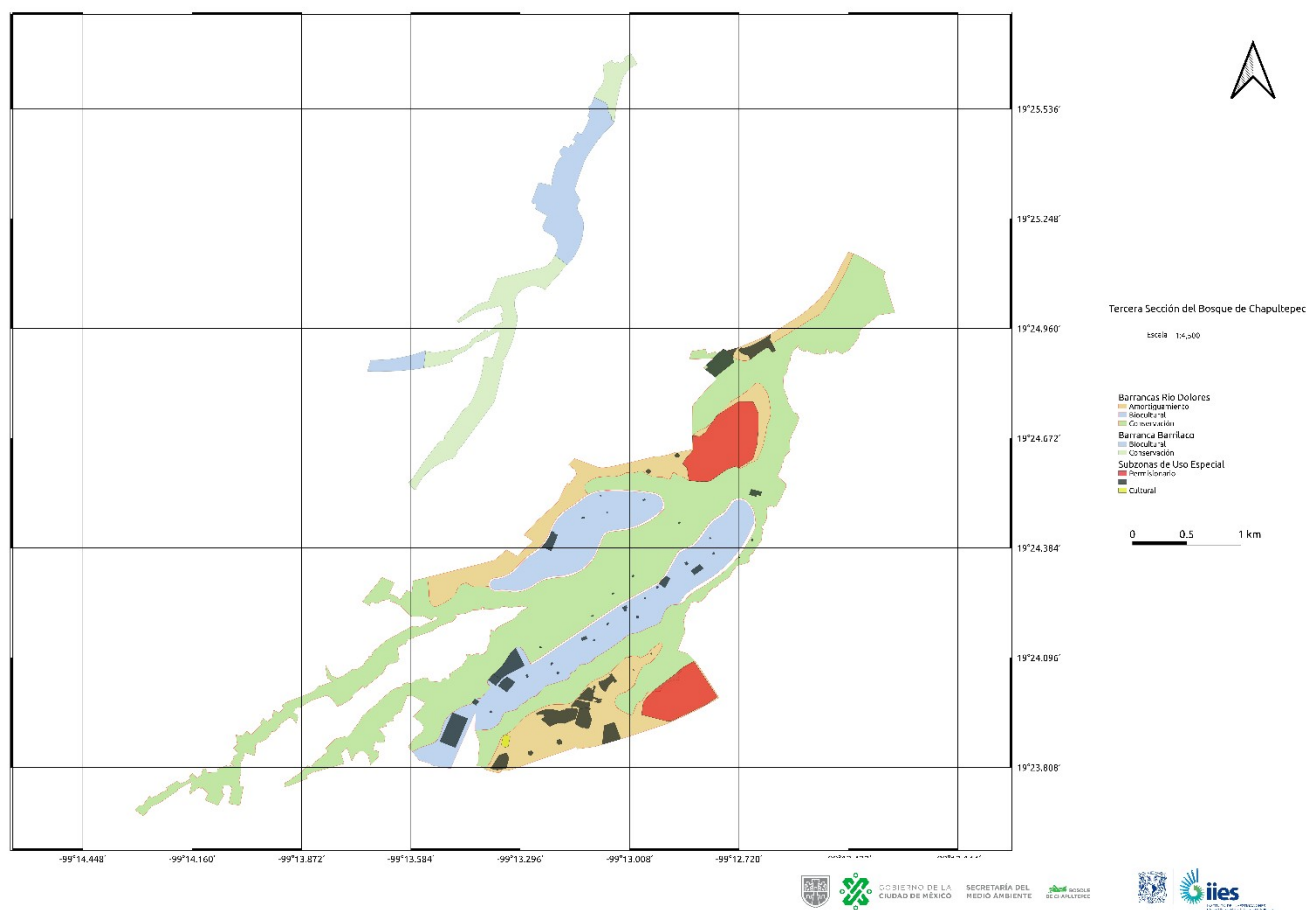


Figura 4. Mapa de zonificación de la Tercera Sección del Bosque de Chapultepec. En verde los polígonos de zonas de conservación, en azul los polígonos de zonas bioculturales y en amarillo los polígonos de la zona de amortiguamiento. En negro, amarillo y rojo las subzonas de uso especial, cultural y de permisionarios respectivamente.

Cada polígono de cada zona se subdivide en función de la clasificación de subzonas. En la Tercera Sección se cuenta con polígonos que corresponden a la subzona de preservación (en las zona de conservación y en las bioculturales), polígonos que corresponden a la subzona de restauración (en la zona de conservación, las bioculturales y las de amortiguamiento), y polígonos que corresponden a las subzonas de uso especial, cultural y de permisionarios. Para cada polígono de restauración se describen en la sección correspondiente las metas, objetivos, estrategias de restauración y tipos de vegetación, estos últimos en función de las comunidades vegetales que se describen a continuación.

Composición general de las comunidades vegetales para restauración

En función de las condiciones topográficas, edáficas y del estado de la vegetación, se proponen alternativas de restauración que se basan en la composición de comunidades vegetales características de la Sierra de las Cruces, de comunidades de especies funcionales para la recuperación de servicios ecosistémicos y de mezclas de especies arbóreas apropiadas para las zonas culturales. No se incluyen especies ornamentales para parques y jardines.

1. Comunidad de coníferas

La restauración de una comunidad dominada por coníferas, entre las que destacan las especies de pinos que muy probablemente formaron parte de la vegetación de manera natural en las partes altas, debe contener especies nativas como *Pinus teocote*, *P. montezumae*, *P. pseudostrobus* y *Pinus leiophylla*. En sitios con suelos erosionados y secos se puede incluir *P. greggii*, incluso como especie dominante. Además, se puede incluir a *Pinus devoniana* (= *P. michoacana*), que es más resistente a sequía que *P. leiophylla* pero menos que *P. greggii*. *Pinus devoniana* tiene la particularidad de presentar estado “cespitoso” (casi suspensión del crecimiento en altura pero vigoroso crecimiento de la raíz) durante los dos años iniciales de vida; ello le provee la capacidad de establecerse en condiciones difíciles de suelo, antes de incrementar significativamente su altura, una vez roto el estado “cespitoso” (Osuna-Vallejo et al 2017). Una vez roto el estado cespitoso, elonga su yema líder de manera relativamente tardía en el año, lo cual parece ser un mecanismo de evasión al estrés por sequía del período marzo-mayo (seco y caliente) (Osuna-Vallejo et al 2019). Finalmente, aún en suelos particularmente pobres y tóxicos (originados de desechos mineros, “jales”; Osuna-Vallejo et al 2019), ha demostrado su capacidad de adaptarse a sitios de 2600 m de altitud (en el Eje Neovolcánico), altitud que representa hasta 400 m de mayor altitud que el origen de su semilla (2200 m), lo que lo hace una especie promisoría para adaptarse a los climas más cálidos proyectados en el futuro debido al cambio climático (Sáenz-Romero et al 2012; Castellanos-Acuña et al 2015; Osuna-Vallejo et al 2019).

Para preparar el sitio se deben derribar los árboles muertos, que representen un riesgo de caída (del árbol entero o de ramas voluminosas) o que se encuentren cerca de caminos, senderos u otros sitios en donde representen un riesgo para los visitantes. También se deben eliminar individuos enfermos en

un estado avanzado de deterioro que representen los riesgos antes descritos. En todos los casos se debe de contar con el dictamen correspondiente. Si se encuentran en sitios inaccesibles se pueden conservar árboles muertos en pie, dada su importancia como perchas para aves y hábitat en general para la fauna. Se debe de eliminar las malezas y arbustos invasores al menos en la periferia de los sitios en donde se plantarán los árboles, siempre y cuando su eliminación no represente un riesgo de erosión del suelo (esto es particularmente importante en sitios con pendientes de más de 15 grados). Si el sitio presenta pendientes menores a los 15 grados y el suelo está degradado se debe incorporar composta u otra enmienda orgánica. Adicionalmente, si el sitio es seco o hay presencia de pastos invasores, se pueden incorporar acolchados. La plantación se debe de realizar de tal forma que los árboles no formen patrones regulares y la distancia mínima entre individuos debe ser de 3 metros.

En cuando al estrato arbustivo y herbáceo se pueden incluir las especies que se indican en la paleta vegetal para este tipo de comunidad.

La preparación del sitio debe llevarse a cabo en los meses de secas, de febrero a mayo, para que la plantación se pueda realizar al inicio de la temporada de lluvias (junio, máximo julio; Burley et al. 2015). Se debe hacer el monitoreo de la plantación al menos cada dos meses, así como el mantenimiento que incluye deshierbe, y si fuera necesario riegos de auxilio durante la primera temporada de secas posterior a la plantación.

2. Comunidad de encinos

La comunidad de encinos contiene las cinco especies del género *Quercus*, que son comunes en la cuenca de México. Dos de ellas, *Quercus rugosa* y *Q. castanea* son resistentes al sol directo y a la baja disponibilidad de agua (i.e., suelos someros), por lo que se pueden usar en sitios abiertos, sujetos a perturbaciones. En contraste, *Quercus obtusata*, *Quercus mexicana* y *Q. crassipes* pueden usarse en sitios mejor conservados con sombra parcial, es decir, en la parte alta de las laderas de las barrancas. Otras especies de este tipo de comunidad son el capulín (*Prunus serotina* subsp. *capulli*) y el tejocote (*Crataegus pubescens*), que prosperan en sitios soleados (abiertos) y toleran las perturbaciones. Entre las especies herbáceas que pueden formar parte de esta comunidad se encuentran diversas especies del género *Salvia* incluidas en la paleta vegetal, así como *Begonia gracilis*.

Con base en lo anterior, la comunidad de encinos es apropiada para sitios planos adyacentes a laderas, en donde se puede crear un gradiente en la composición de las especies. Se recomienda que *Quercus rugosa* y *Q. castanea* dominen en las partes planas y hasta pendientes de entre 15 y 30 grados, y *Quercus obtusata* y *Q. crassipes* cuando la pendiente sea mayor. Se debe plantar evitando patrones regulares al igual que para la comunidad de coníferas.

Para preparar el sitio se deben derribar los árboles muertos o enfermos que representen un riesgo de caída o que se encuentren cerca de caminos, senderos u otros sitios en donde representen un riesgo para los visitantes. Si se encuentran en sitios inaccesibles se pueden conservar árboles muertos en pie, dada su importancia como perchas para aves y hábitat en general para la fauna. Es necesario eliminar las malezas y arbustos invasores al menos en la periferia de los sitios en donde se plantarán los árboles, siempre y cuando su eliminación no represente un riesgo de erosión del suelo (esto es particularmente importante en sitios con pendientes de más de 15 grados). Si el sitio presenta pendientes menores a los 15 grados y el suelo está degradado se debe incorporar composta u otra enmienda orgánica. Adicionalmente, si el sitio es seco o hay presencia de pastos invasores se pueden incorporar acolchados. La preparación del sitio debe de llevarse a cabo en los meses de secas, de febrero a mayo, para que la plantación se pueda realizar al inicio de la temporada de lluvias (junio, máximo julio; Burney et al 2015). Es necesario hacer el monitoreo de la plantación al menos cada dos meses así como el mantenimiento que incluye deshierbe, y si fuera necesario riegos de auxilio durante la primera temporada de secas posterior a la plantación.

3. Comunidad mixta o transicional

La comunidad mixta o transicional es la que se desarrolla entre las comunidades de coníferas y la de encinos. De manera natural estas comunidades cuentan con especies que no se encuentran en ninguna de las dos comunidades entre las que se encuentran. Como comunidad blanco de restauración en el Bosque de Chapultepec debe de contar con elementos de ambas comunidades, formando grupos de unos cuantos individuos de tal forma que se genere un borde irregular y difuso. Se debe considerar la pendiente para elegir las especies a las que pertenezcan los individuos a plantar de las comunidades de coníferas y de encinos. Adicionalmente se pueden incluir otras especies como el aile (*Alnus jorullensis*) y tepozanes (*Buddleja cordata*). Un segundo tipo de comunidad mixta es la dominada por fresnos (*Fraxinus uhdei*) ya presentes en el Bosque. Debido a la abundancia de esta especie, su uso se recomienda sólo en condiciones especiales, pero los parches existentes donde dominan los fresnos pueden ser enriquecidos con las otras especies mencionadas para crear comunidades más diversas y resilientes. La preparación del sitio debe seguir los mismos lineamientos ya descritos para las comunidades de coníferas y de encinos.

4. Comunidad de afinidad mesófila de montaña

La comunidad de afinidad con el bosque mesófilo de montaña se puede establecer en las laderas más húmedas de las barrancas con orientación hacia el norte. La especie más importante para esta comunidad es el encino *Quercus laurina*. Otras especies para esta comunidad son el saúco (*Sambucus mexicana*), una especie usada en medicina tradicional, el liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*) el fresnillo (*Acer negundo* var. *mexicana*) y el ciprés (*Cupressus lusitanica*).

5. Comunidad de bosque de galería

La comunidad del bosque de galería corresponde al fondo de las barrancas y otras zonas inundables; las especies para este tipo de comunidad son el ahuehuete (*Taxodium mucronatum*), el álamo blanco o Plátano (*Platanus mexicana*), el fresno (*Fraxinus uhdei*), el aile (*Alnus acuminata*) y el ahuejote o sauce (*Salix bonplandiana*). Si se cuenta con áreas planas en donde se acumula la materia orgánica se pueden incluir especies hidrófitas emergentes como el tule (*Typha* spp.).

6. Comunidad de especies funcionales para polinizadores

Esta comunidad está formada principalmente por mirtos, que son distintas especies del género *Salvia*, pero también por especies del género *Penstemon* (Scrophulariaceae) y algunas otras. Las salvias suelen perder las hojas y rebrotar de un bulbo en la temporada de lluvias, lo que reduce el esfuerzo necesario para mantener estas comunidades. Las principales especies para esta comunidad son: el mirto rojo (*Salvia elegans*, *S. fulgens*), el mirto azul (*Salvia polystachia*) el mirto morado (*Salvia mexicana*) y *Salvia sessei*. De otros géneros: los jarritos (*Penstemon roseus*, *Penstemon gentianoides*) el muicle (*Penstemon barbatus*), *Zinnia elegans* y la siempreviva (*Sedum oxypetalum*). Esta comunidad es adecuada para los bordes entre zonas arboladas y espacios abiertos como caminos, estacionamientos, etc.

7. Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía

Este tipo de comunidad es apropiada para sitios que presentan erosión y suelos degradados y niveles altos de insolación que generan condiciones de sequía estacionales. Las especies para este tipo de comunidades incluyen árboles como: el colorín (*Erythrina americana*), el pino prieto (*Pinus greggii*), primavera (*Tabebuia rosea*), pochote (*Ceiba aesculifolia*), nogalillo (*Cedrela dugesii*), *Buddleja cordata*, *Buddleja parviflora*, y los copales *Bursera fagaroides* y *Bursera cuneata*.

Entre los arbustos destacan: tronadora (*Tecoma stans*), cazahueta (*Ipomoea murucoides*), acotope (*Ipomoea wolcottiana*), Chapulixtle (*Dodonaea viscosa*), siempreviva (*Sedum oxypetalum*) jara (*Baccharis conferta*), jarilla (*Senecio salignus*), palo loco (*Pittocaulon praecox*; antes *Senecio praecox*) y el palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*).

Finalmente agaves, cactáceas y crasuláceas: Echeveria (*Echeveria gibbiflora*), maguey (*Agave salmiana*), yuca (*Yucca filifera*), nopales (*Opuntia tomentosa*, *Opuntia rzedowski*, *Opuntia heliobravoana*).

8. Plantación mixta para zonas de amortiguamiento y áreas jardinadas

Estas son plantaciones para aquellas áreas que corresponden a parques en donde la densidad del arbolado es menor que en los bosques y cuando un patrón de plantado regular es deseable para que haya mejor visibilidad del área. También para áreas jardinadas en donde la densidad arbórea es baja. Las especies a elegir dependerán de las condiciones de conservación del suelo y de exposición, pero en su mayoría son las especies enlistadas para la comunidad de especies funcionales, aunque es posible usar especies exóticas ornamentales en casos especiales.

Criterios generales para control de la erosión y mejoramiento de suelo

Con fundamento en el diagnóstico de la tercera sección, en particular las condiciones topográficas, los tipos de suelo y su estado de conservación, se establecieron criterios de intervención para seleccionar las técnicas más adecuadas para distintas condiciones del suelo que se pueden encontrar al momento de llevar a cabo las labores de restauración (Tabla 3). La correcta ejecución e implementación de las técnicas que se describen a continuación facilitarán el establecimiento de la vegetación tanto por dispersión natural en el mediano plazo, como por reforestaciones al corto plazo. Las obras de cobertura vegetal mediante barreras vivas requerirán que la preparación del sitio se realice en la temporada de sequía, para que al inicio de la temporada de lluvias se proceda a colocar el material vegetal. Mientras que los acolchados y las obras de ingeniería se deben iniciar previo a la temporada de reforestación, siendo la temporada de sequía el umbral más adecuado para intervenir, por lo que se deberá asegurar contar con el recurso material, humano y financiero para proceder con los trabajos y no parar hasta su conclusión.

Tabla 3. Criterios de evaluación del grado de erosión y técnicas de intervención.

Tipo de erosión	Criterio de intervención	Pendiente	Nivel de erosión	Cobertura vegetal	Estrategia	Intervención
Laminar	Ligero	Pendientes menores a 15°	Pérdida hasta del 25% de la capa superficial. Presencia de canalillos.	Cobertura hasta 95% de la superficie	Cobertura vegetal	Acolchados y barreras vivas
Laminar - canalizada	Moderado	Pendientes menores a 15°	El suelo ha perdido de 26 a 50% de la capa superficial; presencia de canalillos, canales y cárcavas de menos de 50 cm de profundidad	Cobertura hasta el 75%	Cobertura vegetal	Barreras vivas

Canalizada	Fuerte	Pendientes mayores a 15°	Pérdida de 51 a 75% de la capa superficial del suelo, presencia de manchones de material consolidado, tipo tepetate o afloramientos rocosos, cárcavas de todos los tamaños con profundidad de 50 cm a un metro	Cobertura del 50% o menor	Ingeniería	Presas de piedra acomodada
Cárcavas	Extremo	Pendientes mayores a 15°	Terrenos cuya productividad es irrecuperable con pérdidas superiores a 75% de la capa de suelo superficial, con cárcavas mayores a un metro de profundidad	Cobertura menor al 15% de la superficie	Ingeniería	Presas de gavión o geomembranas

1. Tipos de intervención

Cobertura vegetal

Esta técnica utiliza a una comunidad de plantas para aumentar la resistencia del suelo al agrietamiento, proteger de la erosión eólica o laminar una superficie de suelo expuesta, y atrapar las partículas de suelo que se deslizan por el talud. Esta técnica es única en el sentido de que las raíces y el follaje de las plantas funcionan como los elementos estructurales mecánicos para la protección de suelos desnudos, taludes, barrancas, laderas y zonas erosionadas. Las plantas actúan como refuerzo o como barreras para los sedimentos (Navarro 2008; Downs 2010). Es una estrategia de intervención menos agresiva al no requerir maquinaria, además de ser más adecuada cuando los recursos financieros se tornan insuficientes dada la magnitud de los espacios a intervenir.

La ventaja de emplear cobertura vegetal contra las intervenciones de ingeniería tradicional radica en el costo. Las obras con vegetación bien planificadas y ejecutadas implican un menor costo porque usan

materiales locales y detonan el empleo local al generar proveedores de insumos vegetales para el inicio de la intervención (Navarro 2008; Downs 2010).

La vegetación empleada como cobertura es variada. Usualmente se piensa en especies arbóreas para estabilizar suelos, aunque su uso no es exclusivo, sino que depende de la disponibilidad de recursos en el sitio a intervenir, lo cual ha llevado a la implementación de proyectos con pastos, arbustos y otros tipos de vegetación; e incluso materiales como rocas o el desperdicio de aserraderos y la combinación de ellos. En el listado de especies que forma parte de este documento se pueden encontrar especies arbóreas y arbustivas apropiadas para estas técnicas en la Tercera Sección, aunque se pueden usar especies no incluidas siempre y cuando no sean especies con hábito invasor.

Acolchados

Los acolchados son una estrategia derivada de la práctica agronómica que consiste en cubrir una superficie desnuda de suelo con material en general vegetal formando una capa de alrededor de 10 cm de profundidad. Con el uso de acolchados se busca favorecer el establecimiento y crecimiento de plantas o cultivos o evitar el crecimiento de especies invasoras, en particular pastos, para que no compitan con árboles de reforestaciones. Los acolchados incrementan la supervivencia vegetal, pueden favorecer el crecimiento si al descomponerse liberan nutrientes y contienen la erosión, ya que funcionan como barreras ante el flujo laminar (Barajas-Guzmán y Barradas, 2013).

Los sustratos empleados como acolchado pueden ser subproductos de origen vegetal, sustratos pétreos o, la combinación de ellos. Los primeros van desde el aserrín, astillas, virutas, corteza molida, hojas de diversas especies de árboles o arbustos, paja de distintos cereales, cascarilla de cereales, restos de podas trituradas o sin triturar, y otros residuos de la agroindustria. Mientras que los sustratos pétreos pueden ser grava o rocas molidas expofeso (Ziribi 2013, Díaz-Mendoza 2011). La elección de los sustratos mediante acolchados debe considerar las siguientes ventajas y desventajas para su aplicación.

Ventajas	Desventajas
Ahorro de agua en el suelo, impidiendo o limitando la evaporación desde su superficie.	Riesgo de incendios.
Disminución en las fluctuaciones de temperatura del suelo.	Posible proliferación de roedores.
Disminución de la escorrentía superficial y de la erosión del suelo, y protección de la estructura del suelo, incrementando su porosidad y la densidad de raíces de las plantas, lo que conduce a una mayor absorción de agua y nutrientes y a unos mayores rendimientos.	Puede incorporar semillas de malas hierbas al suelo, particularmente los que provienen de cultivos.
La degradación de los acolchados orgánicos aporta materia orgánica al suelo, restablecen el equilibrio biológico, físico, químico y ecológico del suelo.	Costos elevados de adquisición debido al traslado de materiales cuando éstos no están disponibles en el sitio intervenido.
Costos muy bajos de implementación.	

Barreras vivas

Las barreras vivas o vegetativas son una práctica empleada para contener la erosión en laderas. La vegetación ofrece protección física al suelo frente al impacto de la lluvia al aumentar la resistencia hidráulica del terreno; por lo tanto, disminuye la capacidad erosiva del agua. Si la velocidad se ha reducido lo suficiente, se sedimenta una parte de los materiales arrastrados y, a partir de este momento, se empieza a regenerar la vegetación natural (Hudson, 1982).

Una barrera viva es una técnica de establecimiento de vegetación con el objetivo de disminuir la degradación del suelo. La técnica se refiere a la plantación densa de especies en forma perpendicular a la pendiente, ya sea en curvas de nivel o en hileras, dispuestas de tal manera que su acomodo ayude a reducir la velocidad de escorrentía, provoque la sedimentación y la infiltración, lo que facilitará el establecimiento de nueva vegetación. Las barreras vivas proveen protección adecuada a los suelos cuando la ladera no excede de 12 a 15° de pendiente (CONAFOR 2018, PNUMA 2004, Chapingo 2010).

Existen especies vegetales que pueden ser utilizadas exitosamente como barreras vivas. Se tiene documentado que el uso de gramíneas reduce la escorrentía entre 50 y 60%, así como una reducción en las pérdidas de suelo por erosión de 60 a 80% (Morgan, 1996). Para el control de la erosión mediante esta técnica se ha explorado una amplia variedad de especies vegetales, las cuales van desde gramíneas, leguminosas, arbustos, árboles forestales y frutales.

La experiencia nacional reporta una amplia variedad de especies empleadas como barreras vivas. Si bien existen trabajos por todo el país donde reportan diversas especies empleadas, la mayoría de éstas no corresponden a las zonas climáticas y tipos de vegetación prevalecientes en el Bosque de Chapultepec, así como tampoco corresponden a trabajos en zonas forestales urbanas. Con base en lo anterior, se recomienda usar especies que se encuentren en condiciones del suelo similares a las que se quiere remediar en la Tercera Sección y se colecten semillas cuando se trate de herbáceas y las especies que se encuentran en el listado del presente documento para este fin; son particularmente útiles las que pueden establecerse por estacas o hijuelos (como los magueyes).

El INIFAP (2005) señala que el establecimiento de barreras vivas tiene varias ventajas, las principales son:

1. Es una práctica de conservación de suelo aplicable a todos los sistemas agrícolas de ladera;
2. Retiene la tierra deslavada;
3. Soporta flujos de agua relativamente altos;
4. Proporciona mayor eficiencia en el control del escurrimiento superficial por la acción filtrante de la vegetación, misma que provoca la acumulación de tierra deslavada, de sedimentos y la formación de capas orgánicas;
5. La capa orgánica formada reduce la velocidad de escurrimiento, favorece la filtración de agua al subsuelo y el suelo almacena mayor humedad, de tal forma que se mejoran las condiciones para los cultivos o el establecimiento de vegetación;
6. Se disminuyen las pérdidas de suelo, agua y nutrimentos;
7. Son sencillas, de simplicidad en el diseño y facilidad de mantenimiento;
8. Son económicas y de fácil adopción.

Obras de Ingeniería

Contener la erosión mediante obras de ingeniería es frecuente cuando es necesaria la estabilización física de surcos, cárcavas y laderas. Una cárcava se refiere a una incisión o canal natural causado por un flujo de agua concentrado, a través del cual fluye la escorrentía durante o inmediatamente después de un evento intenso de lluvia (SCSA, 1982), por lo cual es la expresión más evidente de procesos erosivos avanzados. Su origen depende de la confluencia de diversos factores;

entre ellos, el uso inapropiado del suelo y de la vegetación, el sobrepastoreo, los caminos o senderos creados por animales, vehículos o paseantes, la intensidad y cantidad de lluvia, la topografía, el tamaño y forma de la cuenca, la longitud y gradiente de las laderas y, las características del suelo; entre otros (Bocco, 1991; Strunk, 2005). Para lograr la estabilización de las cárcavas existe una amplia variedad de técnicas reportadas tanto en el ámbito forestal, agrícola como agroforestal. Por la naturaleza y objetivo del proyecto se extrapoló dicha experiencia al Bosque de Chapultepec, siendo las barreras físicas las técnicas a emplear para contener procesos erosivos en pendientes mayores a 15°

Para cárcavas medianas y grandes normalmente se utilizan estructuras estables construidas con material consolidado de carácter permanente como las presas de piedra acomodada, mampostería y de gaviones, las cuales se establecen en diferentes secciones transversales a lo largo de la cárcava, con el fin de frenar o reducir el flujo del agua, captar sedimentos y evitar el crecimiento de ésta (Martínez- Menés *et. al.* 2009). Las presas de piedra acomodada se consideran las obras más eficientes para el control de cárcavas por la facilidad en diseño, establecimiento y disponibilidad de materiales para su construcción, así como su adaptabilidad para el tratamiento tanto de cárcavas de formación incipiente como de tamaño mediano (Martínez- Menés *et. al.* 2009).

Las presas de gaviones son estructuras formadas con cajas de malla metálica (el gavión), rellenas de piedra acomodada. Las presas de gaviones son capaces de sufrir deformaciones derivadas de la acumulación de material. Estas estructuras poseen varias ventajas (Lindig-Cisneros 2017), entre ellas: reducen la velocidad del flujo de agua y por lo tanto su poder erosivo; retienen los azolves y conservan suelos, estabilizan el fondo y las paredes de la cárcava evitando su crecimiento; evita el azolvamiento de los cuerpos de agua y drenajes de aguas abajo y, favorecen la infiltración de agua y la recarga de acuíferos. Es importante considerar varios factores cuando se diseñan presas de gaviones; de acuerdo a López Martínez y Oropeza-Mota (2009), los más importantes son:

- 1) Determinar la sección transversal de la cárcava;
- 2) Calcular las cantidades de agua y sedimento que se acumularán aguas arriba de la presa;
- 3) Estimar el escurrimiento máximo que se puede dar en la cuenca de la cárcava para diseñar adecuadamente la capacidad máxima del vertedor;
- 4) Calcular los empotramientos requeridos en ambas márgenes de la cárcava para evitar filtraciones que debiliten la integridad de la presa y;
- 5) Diseñar un colchón amortiguador debajo del vertedor para evitar socavones de lecho

por la fuerza de la caída del agua.

Geomembranas

La generación de cobertura vegetal en un suelo degradado puede requerir de un lapso considerable de tiempo, para lograr la protección del suelo con mayor rapidez, se han generado alternativas para acelerar el proceso y facilitar el establecimiento, usando materiales conocidos como geomembranas. En el mercado existe una amplia gama de éstas, las primeras fueron elaboradas con materiales sintéticos como el PVC y el nylon, pero actualmente existen geomembranas de materiales biodegradables como viruta de madera, paja, yute y fibra de coco. Entre las ventajas reportadas por Díaz-Mendoza (2011) se encuentran las siguientes: ayudan en la estabilización del suelo, reduciendo inmediatamente la erosión producida por el viento y el agua; reducen las fluctuaciones en las temperaturas del suelo lo que fomenta una rápida germinación de las semillas y reduce el estrés por temperatura en las plántulas; retienen la humedad del sustrato facilitando la germinación de las semillas y el crecimiento temprano de las plántulas; la capacidad de transformarse en materia orgánica y carbono que se incorpora al suelo. Aunque hay que mencionar que la principal desventaja de las geomembranas es su alto costo y el conocimiento técnico que se requiere para su aplicación.

Criterios para la colecta de semillas o su adquisición y estándares para las plantas a utilizar en el proceso de restauración

La presente sección pretende proveer de algunos lineamientos generales a considerarse, sobre el origen y otras características deseable del germoplasma a utilizarse en la producción de planta para los programas de reforestación con fines de restauración ecológica en el bosque de Chapultepec, así como sobre métodos de propagación y adquisición de planta.

Colecta de semillas considerando clima contemporáneo y proyecciones de cambio climático

La colecta de semillas debe priorizar a las especies endémicas del bosque originario de Chapultepec, y debe realizarse en sitios de colecta con un clima similar al del bosque de Chapultepec. Sin embargo, también debe considerarse el introducir especies y procedencias (origen geográfico de

una población) que no necesariamente se encontraban presentes de manera natural en el bosque histórico, pero que actualmente se distribuyen de manera natural en sitios cercanos a menor altitud y ligeramente más cálidos y secos, y que por ese hecho, pudieran proveer de una mayor resiliencia al bosque restaurado de Chapultepec, al ser compatibles con un clima más cálido y seco, como el que se ha proyectado ocurrirá en el futuro cercano debido al cambio climático (Sáenz-Romero et al. 2016).

Las proyecciones indican un clima para México en promedio 1.5 °C más cálido (en Media Anual de Temperatura, MAT) para la década centrada en el año 2030, 2.3 °C más cálido para 2060 y 3.7 °C para 2090, en comparación con un clima de referencia promedio del período 1961-1990. La precipitación se proyecta disminuirá 6.7% para la década centrada en 2030, 9.0% para 2060 y 18.2% para 2090 (Sáenz-Romero et al 2010).

El incremento de temperatura proyectado para la década centrada en 2030 (+ 1.5 °C), en términos generales se puede compensar utilizando germoplasma colectado a una altitud 300 m menor que el sitio a reforestar, considerando que existe una tasa de cambio de temperatura de 0.5 °C por cada 100 m de diferencia altitudinal (Sáenz-Romero et al 2010). Si se desea colectar semilla para compensar el incremento de temperatura proyectado para 2060, se sugiere recolectar semilla a una elevación menor en 450 m. Considerando obtener germoplasma adaptado a las condiciones climáticas para el período entre la década centrada en el año 2030 y la de 2060, se recomienda entonces colectar semilla entre 300 y 450 m de menor elevación que el sitio a reforestar. Experimentos en campo de plantar procedencias a una altitud mayor que la fuente de origen de la semilla, indican que es factible tal desplazamiento altitudinal, si no se excede el movimiento a más de 400 m de diferencia altitudinal entre el sitio de origen de la semilla y el sitio de plantación (Castellanos-Acuña *et al.* 2015; Carbajal-Navarro *et al.* 2019).

Consideramos que las reforestaciones con fines de restauración ecológica debe considerar una estrategia híbrida: reforestar con planta originada de germoplasma local, o lo más cercano a lo local, para reintroducir individuos propios de la composición de especies y procedencias del bosque histórico original, pero también introducir individuos de especies y procedencias de sitios con un clima similar al que se proyecta ocurrirá entre la década centrada en 2030 y la centrada en 2060. Esto con la finalidad de incrementar la probabilidad de tener árboles sanos en el futuro, capaces de crecer y reproducirse bajo el clima proyectado futuro.

Se enfatiza la importancia de la correcta selección de procedencias dentro de especies, porque se ha demostrado que para especies forestales de amplia distribución, las poblaciones se han diferenciado

genéticamente para caracteres adaptativos (resistencia a heladas, a sequía, velocidad de crecimiento, etc.), como una respuesta adaptativa al clima del lugar en el que crecen (Sáenz-Romero 2014).

Las especies endémicas que posiblemente se encontraban en el bosque histórico de Chapultepec, usando como ecosistema de referencia la Barranca de Tarango, se enlistan en la Tabla 2. Las especies deseables a utilizar en la restauración, para cada zona, se enlistan en la última sección del presente documento (paleta vegetal).

Para seleccionar especies y procedencias de sitios de una región con un clima comparable al del bosque histórico de Chapultepec, se puede utilizar la zonificación climática elaborada por Castellanos-Acuña et al (2018; “grids” de la zonificación disponible en: <https://doi.org/10.5281/zenodo.1052141>). El bosque de Chapultepec cae dentro de la zona climática con un intervalo de Media de Temperatura del mes más frío (MTCM por sus siglas en inglés usadas en ese trabajo) entre 11.2 y 14 °C, y un índice de aridez (AHM por su acrónimo en inglés de “anual heat:moisture index”) de entre 20 y 30 para la parte alta del bosque (menos árido) y entre 30 y 45 para la parte baja del bosque (más árido).

Si se proyecta el clima para la década centrada en el año 2050, el clima de la parte alta de Chapultepec cambia a una zona climática con un índice de aridez (AHM) de entre 30 y 45. Es decir, la parte alta de Chapultepec se vuelve similar a lo que en el período 1961-1990 era el clima de la parte baja del bosque. Para la misma década centrada en el año 2050, la parte baja del bosque cambia a un clima entre 14 y 16.8 °C de MTCM y un índice de aridez (AHM) de entre 30 y 45, es decir, se hace más árido, (los detalles de este modelo se presentan en el documento acompañante de esta propuesta ejecutiva de restauración).

Entonces, si se desea coleccionar semilla de un sitio con un clima como el que se proyecta en Chapultepec para la década centrada en 2060, es necesario coleccionar en el presente en regiones con dicho clima. Simplificando: para reforestar la parte alta de Chapultepec, es recomendable coleccionar semilla de la parte baja del bosque. Para reforestar la parte baja, es necesario coleccionar semilla a menores altitudes, fuera del bosque de Chapultepec.

Es importante enfatizar que tales movimientos altitudinales aplican a sitios con altitud diferente pero cierta similitud orográfica. Es decir, excluimos de tal recomendación a barrancas, que si bien pueden estar a menor altitud, y en ese sentido podrían considerarse fuente de semillas adaptadas a un clima más cálido, por su particular orografía pueden ser mucho más húmedas que su entorno, y con una sombra (debido a la pronunciada pendiente) tal que en realidad contenga especies y procedencias adaptadas a sitios más húmedos y fríos.

Otra alternativa es ubicar las coordenadas y altitud del sitio en Chapultepec que se desea restaurar, estimar el clima histórico (por ejemplo, promedio 1961-1990) utilizando un modelo climático disponible en la web (por ejemplo: <http://charcoal.cnre.vt.edu/climate/customData/>), y luego, buscar sitios con climas aproximadamente entre 1.5 °C más cálidos (proyección para 2030) y 2.3 °C (proyección para 2060), con una precipitación menor entre 6.7% y 9.0%, proyecciones para 2030 y 2060, respectivamente). Hay diversos recursos para ello en la Web; además del citado, se puede usar por ejemplo <https://seedlotselectiontool.org/sst/#>. Actualmente está en construcción un sitio web para facilitar el uso de la zonificación de Castellanos-Acuña *et al.* (2018).

Número de individuos a recolectar

Es sumamente importante que el germoplasma colectado para producir planta en vivero, provenga de un número de individuos suficiente para contener un mínimo de variación genética, que prevenga el efecto nocivo de la endogamia (exceso de parentesco en una población). La colecta de semillas o estacas de una especie y procedencia determinada, es deseable que se realice de un mínimo de entre 30 y 50 individuos, que es el mínimo usado habitualmente para por ejemplo establecer ensayos de procedencias de especies forestales. Sin embargo, si es posible colectar de un mayor número de individuos, sería mejor. Cuando sea posible, es recomendable que los individuos colectados estén distantes entre sí un mínimo de 30 m, para prevenir que los individuos colectados sean parientes entre sí.

Como referencia del número mínimo de individuos que sirvan como fuente de semilla, la Norma Mexicana NMX-AA-169-SCFI-2016 para el “Establecimiento de Unidades Productoras y Manejo de Germoplasma Forestal – Especificaciones Técnicas” (<http://www.economia-nmx.gob.mx/normas/nmx/2010/nmx-aa-169-scfi-2016.pdf>), prevé que cuando se utilice semilla de un rodal semillero (población natural de árboles forestales), el rodal debe contener al menos 50 individuos; cuando se seleccionen individuos con características deseables, éstos deben estar separados entre sí un mínimo de 20 m. Respecto a un huerto semillero (una plantación de árboles destinados a ser fuente de semilla, que han demostrado en pruebas genéticas que son genéticamente superiores para un conjunto de características deseables), la Norma de CONAFOR citada prevé que el huerto debe estar conformado por individuos originados de un mínimo de 20 árboles padre (es decir, que los árboles del huerto deben ser de al menos 20 familias de medios hermanos o hermanos completos).

Características de los individuos a recolectar

Es importante que los individuos que sean colectados como fuente de semilla, no sean individuos asilados, ya que ello incrementa las probabilidades de que la semilla sea originada por autopolinización, y con ello, aumente el nivel de endogamia, que comúnmente causa severa depresión del crecimiento, además de disminuir la tasa de germinación.

También es deseable que los individuos colectados estén libres de ataques visibles de plagas y enfermedades, ya que ello disminuye (aunque no garantiza) la posibilidad de que tengan cierto nivel de resistencia a plagas y enfermedades. Cuando sea posible, es deseable colectar individuos de buena conformación fenotípica.

Existen numerosas y excelentes guías para la recolección de germoplasma de especies forestales. Por citar algunos ejemplos: Willan (1991), y Schmidt (2000).

Almacenamiento de semilla colectada

Las condiciones deseables de almacenamiento de semilla dependen en gran medida de las características particulares de las semillas. Sin embargo, como recomendación general, lo que se sugiere para el grupo conocido como semillas “ortodoxas”, es almacenar la semilla a 4 °C, con un contenido de humedad de aproximadamente 5 al 10 %. Sin embargo, las semillas carnosas son difíciles de almacenar, ya que la falta de humedad las hace secarse, y a la vez, un elevado contenido de humedad facilita que sea atacadas por hongos. Tal es el caso de las semillas de encinos, que no es recomendable almacenar, sino germinar lo antes posible después de la colecta, pues pierden viabilidad en un plazo de alrededor de tres meses.. En ese caso, es más recomendable tener un banco de plántulas que un banco de semillas.

Producción de planta en vivero

Es deseable que la producción de planta para el proyecto se realice con individuos de origen geográfico y altitudinal conocido, ya que un error muy común que se comete al reforestar es usar planta producida en los abundantes viveros comerciales o gubernamentales y desafortunadamente en muy

pocas ocasiones se verifica que dicha planta muestre un acoplamiento entre el sitio de colecta del germoplasma y el sitio de reforestación, a lo que hay que agregar las consideraciones de acoplamiento en función de los efectos esperados del cambio climático.

Existe un muy diverso abanico de opciones para producir planta en vivero, y numerosos manuales disponibles. Una recomendación general que nos ha resultado en la producción de planta de especies forestales, es el uso de envase rígidos de plástico, con costillera interior (protuberancias verticales interiores que guían el crecimiento vertical de la raíz), que se colocan en rejillas para que los envases estén sin contacto directo con el suelo (para evitar la salida de raíces por los orificios de drenaje y posterior enraizamiento en el suelo), de un tamaño variable, entre 350 y 380 cm³ para producir planta de especies forestales de 8 a 12 meses de edad, y envases de 1 litro para planta de uno a dos años de edad.

En cuanto al sustrato, es ideal lo que se conoce como tierra de monte (suelo forestal rico en materia orgánica). Sin embargo, su obtención necesariamente tiene cierto impacto ecológico. Por ello, una alternativa es un sustrato que imite la tierra de monte. Ello se puede lograr haciendo una mezcla con tierra conocida como “polvilla” (rica en limo), añadiendo materia orgánica (puede ser material de podas de árboles, como ramas y hojas picadas). El sustrato se puede enriquecer añadiendo alguna fuente de nitrógeno. Un sustrato ampliamente utilizado es una mezcla de turba, agrolita y vermiculita, en proporción 50:25:25, enriquecida con un fertilizante de lenta liberación, como Osmocote® (Domínguez et al 2005).

Es importante el control de plagas y enfermedades durante la producción en vivero, además evidentemente del deshierbe y riego según se necesite. Un control efectivo de por ejemplo el “damping off” (enfermedad fungosa en el cuello de la planta) es con el uso de Captán® (2 a 3 g por litro). Para el control de áfidos, se sugiere el producto comercial H24®. Somos partidarios de no utilizar para el deshierbe de pasillos de vivero herbicidas que contengan glifosato (como el producto comercial RoundUp® o Faena®).

Edad y tamaño de las plantas a utilizar

En reforestaciones de sitios degradados, la experiencia indica que es mejor reforestar usando planta de más edad crecida en vivero en envases grandes, que con reforestar con planta pequeña crecida en envases de menor volumen. Desde la perspectiva de costos de los viveros comerciales, con frecuencia existe un incentivo económico para producir mayor número de plantas en un menor espacio,

utilizando envases más pequeños, y con ello, disminuir los volúmenes de sustrato necesario. Sin embargo, desde la perspectiva de la supervivencia en campo en sitios perturbados, esto resulta contraproducente hasta cierto punto.

Por ejemplo, en la restauración ecológica mediante reforestación de dos sitios de pino perturbado y pobre en nutrientes en la Meseta Purépecha, Michoacán, la planta de *Pinus pseudostrobus* de 19 meses de edad, crecida en bolsa de vivero de 1178 cm³, tuvo mucho mejor supervivencia que la planta de 8 meses de edad, creciendo en bolsa de 577 cm³ (Blanco-García et al 2008; 2011). Esto podría deberse a que la planta de mayor edad tiene más reservas que le son útiles durante el período de establecimiento (inmediato posterior a su plantación en campo), además del subsidio que puede representar, al plantar la planta junto con el cepellón, un mayor volumen de sustrato rico en nutrientes utilizado en el envase de vivero.

Ahora bien, la plantación de árboles de gran tamaño, de 1.5 a 2 m de alto, o más, con volúmenes de cepellón de decenas o centenas de litros, resulta excesivamente costoso, debido al tiempo de mantenimiento en vivero, las dificultades de extraer del suelo el árbol sin dañar severamente la raíz cuando la producción no se hace en vivero en envase, y el peso de grandes cepellones que tienen que ser transportados desde el vivero hasta el sitio de plantación. Por ello, recomendamos realizar las reforestaciones, en el caso de especies forestales como coníferas, con planta de 1 a dos años de edad. En el caso de los encinos, se recomienda que las plantas tengan entre 2 y 3 años de edad, ya que presentan un crecimiento lento. Consideramos que una mayor edad y tamaño es innecesario y excesivamente costoso.

Época de plantación en reforestaciones

Existe en nuestro país cierta tradición de buscar que los programas de reforestación privilegien el número de plantas y hectáreas plantadas por año, por encima de otros criterios necesarios para lograr una mayor supervivencia (Sáenz-Romero et al 2003; Sáenz-Romero y Lindig-Cisneros 2004). Es relativamente frecuente que se establecen metas de reforestación elevadas en número de plantas y superficie a reforestar, que al momento de realizarlas, presentan la dificultad de que por razones logísticas (falta de vehículos y personal para el rápido transporte de planta del vivero a los sitios de plantación, y la plantación en sí), el período de reforestación se alarga. Esto se traduce en que un número importante de plantas se plantan en la segunda mitad o al final de la temporada de lluvias

(considerando que una temporada de lluvias típica es de finales de mayo a fin de octubre). Está demostrado que los meses óptimos para llevar a cabo las plantaciones es los dos primeros meses de la temporada de lluvias: junio y julio (Burney *et al.* 2015). Reforestaciones realizadas posteriormente típicamente tienen una mortalidad mayor, debido a que a la planta no tiene el tiempo suficiente para expandir su raíz en el sitio de plantación, y poder resistir la temporada cálida y seca del siguiente año (marzo a mayo). Por ello, se hace énfasis en la importancia de no realizar reforestaciones con posterioridad a julio.

Descripción de las técnicas y estrategias generales de sembrado y plantado de hierbas, arbustos y árboles

Previo a una reforestación se debe establecer la fecha y objetivo de la misma, identificar el sitio a intervenir, seleccionar las especies; cantidades y fuentes de abastecimiento de planta de calidad, diseñar la plantación, establecer la técnica de plantación y prepara el terreno. A continuación, se hace una breve descripción de las mismas:

Fecha y objetivo de la plantación

La temporada más recomendable para la reforestación es la de lluvias. Ante las fluctuaciones en el inicio de ésta se recomienda manejar un periodo de plantación, el cual deberá iniciar a partir de que se han presentado una o dos semanas con lluvias continuas, garantizando así humedad en las capas más profundas del suelo para favorecer el desarrollo radicular y, por consiguiente, el establecimiento de los ejemplares. El plazo final se recomienda a los dos meses a partir del inicio de dichas actividades, lo que nos deja al menos un mes con lluvias continuas. De esta manera los últimos ejemplares reforestados, ya sean por sustitución o por plantaciones finales, contarán con humedad suficiente en el suelo para establecerse.

El escenario anterior se plantea como óptimo y dependerá de cómo se presente la temporada de lluvias cada año. Si nos encontramos con un año con poca humedad se deberá reducir la meta de reforestación, considerar riegos de auxilio tempranos, e incluso agregar acolchados con sustratos rocosos para retener humedad.

Los objetivos de la reforestación son parte importante en el proceso de revegetación urbana. Además de establecer vegetación en espacios urbanos nuevos o existentes, se deben considerar las necesidades del usuario final de dichos espacios, lo que permitirá definir la vocación que se quiera dar al sitio, ya que de ello dependerá la paleta vegetal, el diseño de plantación, la densidad y, disposición de la misma. Por ello, establecer objetivos en las reforestaciones urbanas es una parte fundamental en el proceso para lograr el establecimiento y apropiación de las intervenciones.

Sitio a intervenir

En este punto se debe observar la correspondencia entre el espacio existente y la densidad de la plantación, la exposición solar y el viento, la calidad del suelo y, la infraestructura existente. Para coadyuvar en el desarrollo óptimo de los árboles se debe considerar el crecimiento a futuro de los ejemplares, es decir, la densidad de la reforestación se debe estimar con base en el crecimiento a futuro de los ejemplares. De esta forma podrán desarrollar su fronda y el sistema radicular a plenitud, lo que favorecerá un buen estado sanitario y la prestación de servicios ambientales del arbolado urbano a futuro.

En términos generales, se debe establecer vegetación de talla grande (>5 m de altura) en espacios abiertos, con una separación entre sí de 5 a 8 m., que no interfieran con la infraestructura y equipamiento urbano existente o, en su defecto, que se localicen a 2 m. de ésta.

Si en el sitio hay infraestructura o equipamiento se recomiendan los ejemplares de talle pequeño (<3 m.). Es precisamente el porte bajo de las especies lo que permite que convivan mejor en espacios reducidos.

Los espacios urbanos pueden limitar las horas de exposición solar diarias. Los edificios, pasos a desnivel y la densidad de la ciudad en ocasiones generan un efecto de sombras que pocas veces es considerado, particularmente en los bajo puentes de los distribuidores viales, los cuales proyectan sombras que, si se conjuga con edificios altos reducen mucho la incidencia solar, lo cual limita el establecimiento de especies de media sombra o de sol. Adicionalmente, los sitios cuya orientación coincide con los vientos dominantes tendrán efecto en la vegetación ya sea porque dañan o deforman las ramas o porque promueven la pérdida de humedad del suelo, lo cual incide en el establecimiento y éxito de la reforestación.

Considerar la infraestructura existente, tanto la evidente como la no evidente permitirá una sana convivencia del árbol con la ciudad. En el primer caso tenemos a las banquetas, guarniciones, postes, cableado, bancas, paradores, etc., los cuales son fácilmente identificables y con los que se puede convivir mediante una adecuada selección de especies. En este caso la NADF-006-RNAT-2016 establece la distancia mínima a observar respecto a la infraestructura, equipamiento y mobiliario urbanos, la cual es la siguiente:

Tipo de equipamiento, infraestructura y mobiliario urbano	Distancia horizontal (m) (a la línea de goteo en la madurez)
Teléfono, buzón	2
Luminaria, semáforos	5
Poste de línea (eléctrica/telefónica/otra)	4
Poste con transformador	8
Toma y tubería de agua potable	5
Tubo (brocal) de agua negra	5
Esquina de calle	4
Paradero de autobuses	5
Coladera	5
Bardas y construcciones	3
Entradas	3
Señalización vial y nombre de calle	3
Cableado subterráneo	3
Drenaje	5
Cámaras de seguridad	5

Respecto a la vegetación en banquetas y jardineras la NADF establece lo siguiente:

- En banquetas con un ancho hasta de 1.5 m se podrán establecer arbustos y herbáceas, siempre y cuando se conserve un ancho mínimo de andador de 1.0 m.
- Las jardineras o cepas podrán ubicarse en el centro de la banqueta, siempre y cuando se conserve un ancho mínimo de andador de 1.0 m, en dirección al paramento.
- Se plantarán únicamente especies que en la madurez puedan conservar una distancia mínima entre el tronco y el límite de la cepa, equivalente a la mitad del diámetro del tronco.
- No se podrán establecer árboles cercanos a paramentos.
- Las dimensiones de jardineras o cepas deben ajustarse a lo dispuesto en el ANEXO D

Para camellones

- La plantación de árboles y arbustos debe ajustarse a lo dispuesto en la Tabla D1 (ANEXO D) de la NADF.
- En camellones con ancho de hasta de 1.0 m, plantar arbustos tipo seto y herbáceas;
- En camellones con ancho mayor a 1.0 m y hasta 1.5 m se podrán colocar además de arbustos y herbáceas, árboles que justifiquen técnicamente su desarrollo óptimo;
- En camellones con ancho mayor a 1.5 m y hasta 2.5 m, árboles al centro del camellón; y
- En camellones con ancho mayor a 2.5 m se debe cumplir que la distancia del tronco (en la madurez) a la guarnición sea de por lo menos 1.0 m.

Cableado

Cuando el proyecto incluya plantación de árboles y arbustos bajo cableado aéreo, se debe considerar una distancia libre de 0.5 m como mínimo entre su copa en la madurez y la línea de conducción; excepto en las líneas de alta tensión donde deberá cumplir con los lineamientos técnicos aplicables.

Técnica de Plantación

Entre las técnicas empleadas para el establecimiento de vegetación la que más se ha empleado en zonas urbanas es la de cepa común. Las técnicas desarrolladas para restablecer vegetación son variadas y competen más a la intervención forestal en zonas rurales, ya sean para fines productivos o de restauración ecológica. Desde esta óptica, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático clasifica las diversas técnicas existentes en individuales y colectivas. Las técnicas individuales que identifica son: Cepa común, pico de pala, tuceros, sistema español, sauceda I, sauceda II. Entre las técnicas que denomina colectivas se encuentran la zanja ciega, zanja trinchera (sólo en ambientes áridos o semi-áridos con suelos superficiales, presencia de rasgos de erosión y vegetación escasa y degradada; (Cotler *et. al.* 2014), el sistema Nezahualcóyotl y el sistema Gradoni. De todas ellas, la técnica de cepa común es la más usada en las reforestaciones realizadas en el país por ser simple y económica (INECC 2020).

La técnica de cepa común se resume en diez pasos (Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático 2020, CONAFOR 2010 y Pimentel-Bribiesca 2007, Sociedad Internacional de Arboricultura) los cuales son:

- 1) Excavar un hoyo de dimensiones variables según la calidad del terreno, puede ser cúbico o cilíndrico, generalmente de 40 x 40 x 40 cm (a), o de dos a tres veces el tamaño del cepellón de la planta (b). Al hacer la cepa separe la tierra superficial (primeros 20 cm por ser más fértil) de la más profunda (menos fértil) y se colocan del lado derecho de la cepa, cuidando que siempre sea el mismo lado. El resto del suelo se coloca en el lado contrario.
- 2) Depositar una capa de tierra fértil en el fondo de la cepa para facilitar el desarrollo de las raíces, aplicar una cama de composta o humus sería de gran utilidad. En caso contrario se coloca la capa de tierra fértil que retiró del sitio de excavación. Una vez abierta la acepa se debe dar un riego pesado (inundar) un día antes de la plantación si las lluvias no se han establecido.
- 3) Posteriormente se procede a extraer la planta del recipiente que la contiene, para lo cual se recomienda hacerlo sobre la cepa. En caso de que las raíces sobresalgan de la bolsa éstas se deben cortar. Acto seguido se inclina la planta sobre la cepa para desprender el envase; (i) si el envase es suave (bolsas) se corta con cuidado. (ii) Si el envase es rígido se comprimen los costados del envase para facilitar el desprendimiento de éste, cuidando en ambos casos de hacerlo sobre la cepa. Al liberarse la planta se debe cuidar de que el cepellón no se deshaga y, en caso de hacerlo, cuidar que el sustrato desprendido caiga dentro de la cepa. Se recomienda regar los árboles un día antes de la plantación y traslado para evitar daños al sistema radicular.
- 4) Se coloca la planta dentro de la cepa cuidando que quede vertical y de que el tronco de la planta no quede a más de un cm por debajo del nivel del suelo donde se colocó, también se verifica que las raíces no queden dobladas hacia arriba.
- 5) Se llena la cepa con la tierra menos fértil extraída cuando se abrió la cepa, con tierra mejorada o composta. Es recomendable rellenar por capas y entre cada una regar. El agua ayudará a eliminar bolsas de aire. Se debe cuidar que la base del tallo no quede por debajo del nivel del suelo.
- 6) Ya que se llena la cepa se procede compactar o presionar ligeramente alrededor del árbol para sacar bolsas de aire, evitando así la deshidratación de la raíz.

7) Posterior a la plantación, se cerciorará la correcta colocación de los ejemplares, observando y verificando la profundidad de la siembra, la firmeza de los árboles, su alineación, la eliminación de bolsas de aire debajo de la superficie; así como la limpieza del lugar.

8) Finalmente deberá regar de inmediato y una vez cada tercer día en la época de secas. Si se tiene acceso a agua tratada se debe de dar preferencia a ésta sobre el agua potable.

9) Para prevenir los efectos de las heladas se recomienda aplicar en la temporada invernal una capa de “mulch” o acolchado (materia vegetal seca de 5 a 10 cm.) en la base del árbol para protegerlo del frío, esta capa no debe tocar el tallo para evitar pudriciones.

10) Tutores: Si el tronco del árbol es muy delgado y no puede sostenerse por sí mismo o se mueve fácilmente, si existe vandalismo en la zona de la plantación, o si los vientos llegan a ser muy fuertes será necesario colocar tutores o tensores. Los tutores son apoyos estructurales para el árbol, pueden ser de madera o mediante cables tensores que ayuden a estabilizar al árbol, los materiales deben ser biodegradables, flexibles y holgados para evitar dañar la corteza del ejemplar intervenido. Cuando pueda sostenerse solo se deberá retirar el material que le sirvió de apoyo. Para un tutorado correcto consultar las técnicas establecidas por la Sociedad Internacional de Arboricultura.

Estándares y métodos para el monitoreo de la implementación y los resultados del proceso de restauración

El monitoreo del proceso de restauración durante y después de la implementación es de gran importancia para asegurar, por un lado, que se estén cumpliendo los estándares al momento de implementar las diversas técnicas, y por otro, que se logren las metas y objetivos planteados para la intervención. Los estándares generales en términos del suelo y la vegetación se presentan en la siguiente tabla.

Listado de criterios para decidir tipo de intervención, en función del tipo de erosión

Estándares para la intervención de suelos				
Tipo de erosión	Criterio de intervención	Pendiente	Intervención	Estándares
Laminar	Ligero	Pendientes < 15°	Acolchados y barreras vivas	Los acolchados deben de tener al menos 10 cm de profundidad, los materiales deben ser de naturaleza orgánica o mineral y estar libres de sustancias tóxicas para flora y fauna. Las especies seleccionadas para las barreras vivas deben cumplir con las características en cuanto a su identidad y origen establecidas en las secciones 4 y 5 del presente documento.
Laminar - canalizada	Moderado	Pendientes < 15°	Barreras vivas	Las especies seleccionadas para las barreras vivas deben cumplir con las características en cuanto a su identidad y origen establecidas en las secciones 4 y 5 del presente documento.
Canalizada	Fuerte	Pendientes > 15°	Presas de piedra acomodada	
Cárcavas	Extremo	Pendientes > 15°	Presas de gavión o geomembranas	Las dimensiones de los gaviones deben de seguir los estándares establecidos internacionalmente. La presa debe de estar empotrada correctamente y contar con un colchón amortiguador para evitar la erosión de la base causada por el flujo de agua a través del vertedor.

Estándares para el material vegetal , sembrado y plantado			
Forma de Vida	Fuente del material	Características generales	Sembrado o plantado
Herbáceas	Las semillas o las plantas deben de ser de origen geográfico conocido y lo más cercano posible al Bosque de Chapultepec, o bien, de un sitio 1.5 °C más cálido que el sitio a reforestar, para compensar los efectos proyectados del cambio climático para el año 2030.	En el caso de semillas se debe de saber la viabilidad o la capacidad germinativa. Deben de estar libres de patógenos o insectos. Las plantas deben de presentar buen estado de salud, libres de plagas y enfermedades.	Cuando se practique el sembrado se debe hacer en un suelo que no se encuentre compactado, se deben de considerar los requerimientos de la especie con la que se esté trabajando en términos de la profundidad de sembrado. La densidad de sembrado debe de establecerse en ensayos previos al trabajo en gran escala. El plantado se debe de llevar a cabo asegurándose que la cepa sea de profundidad apropiada y cuidando la integridad del sistema de raíces. En el caso de que se use material en rollo se debe de preparar el suelo siguiendo los requerimientos de la especie con la que se está trabajando.
Arbustivas	Las semillas o las plantas deben de ser de origen geográfico conocido y lo más cercano posible al Bosque de Chapultepec, o	En el caso de semillas se debe conocer la viabilidad o la capacidad germinativa. Deben estar libres de patógenos o insectos. Las plantas deben presentar buen estado de salud, libres de plagas y	Cuando se practique el sembrado (semillas) se debe hacer en un suelo que no esté compactado, se deben de considerar los requerimientos de la especie con la que se esté trabajando en términos de la profundidad de sembrado. La densidad de sembrado debe de establecerse en ensayos previos al trabajo en gran escala. El plantado se debe de llevar a cabo asegurándose que la cepa sea de profundidad apropiada y cuidando la integridad del sistema de raíces. En el caso de que se use material en rollo se debe de preparar el suelo siguiendo los requerimientos de la especie con la que se trabaje. Dependiendo de la talla en la etapa adulta de la especie

	bien, de un sitio 1.5 °C más cálido que el sitio a reforestar, para compensar los efectos proyectados del cambio climático para el año 2030.	enfermedades.	se deben establecer las distancias mínimas de plantado, considerando la mortalidad. En términos generales la distancia mínima de plantado debe ser el igual al diámetro de copa del arbusto adulto.
Arbóreas	Las semillas a partir de las que se desarrollen las plantas en vivero deben tener un origen geográfico conocido y lo más cercano posible al Bosque de Chapultepec, o bien, de un sitio 1.5 °C más cálido que el sitio a reforestar, para compensar los efectos proyectados del cambio climático para el año 2030.	Dependiendo de la edad el contenedor debe ser del volumen adecuado. Las plantas no deben presentar raíces principales fuera del contenedor ni raíces que hayan sido cortadas por haber salido del contenedor en el vivero. Deben presentar un estado de salud adecuado, libres de plagas y enfermedades. Los contenedores no deben de tener malezas.	La distancia de plantado dependerá de la especie y la edad de la planta. En términos generales, considerando que la mortalidad es mayor en plantas más chicas, se deben seguir los siguientes criterios: Para plantas de 9 a 18 meses de edad una distancia de plantado no menor a dos metros. Para plantas de 18 a 36 meses de edad una distancia no menor 3.5 metros. En todos los casos la cepa debe ser del volumen apropiado para que la masa de raíces esté debidamente protegida por el suelo.

El proceso de monitoreo debe iniciar al momento de implementar las acciones de restauración contando con una descripción detallada de las condiciones iniciales. Un programa de monitoreo es una serie de muestreos que se realizan a lo largo del tiempo con la finalidad de analizar las variaciones temporales en diversas propiedades del sistema de interés. En general, la duración de un programa de monitoreo es de por lo menos un año, ya que de esta forma podremos observar cómo varía una población durante las distintas estaciones. Sin embargo, mientras más años abarque el monitoreo, mayor será la información sobre los patrones de cambio que nos permita entender como están cambiando las cosas y que dirección siguen estos cambios (Lindig-Cisneros 2017).

Para reforestaciones, se debe de evaluar la supervivencia y desempeño de las plantas. En caso de que la plantación sea igual o menor a 300 individuos, se deben tomar datos de todos los árboles, si el número es mayor se puede tomar una muestra, siguiendo los siguientes criterios:

A) En plantaciones en sitios que no presenten heterogeneidad evidente (cambios en la estructura del suelo, pendiente, cobertura de herbáceas y/o arbustivas) es posible elegir los individuos de manera totalmente aleatoria.

B) Cuando el terreno en el que se encuentra la plantación presenta diferencias evidentes en términos de la estructura del suelo (textura, contenido de materia orgánica, presencia de hojarasca, etc.), en la topografía (cambios en la pendiente o aspecto de la ladera, zonas inundables o bajas, etc.), o en la cobertura de especies vegetales, es recomendable elegir a un número igual de individuos al azar en cada zona que se distinga en el terreno. Esto con la finalidad de contar con un muestreo aleatorio con la restricción de que todas las zonas definidas dentro de la plantación se encuentren representadas.

La supervivencia es la primera variable que debe ser registrada. De los árboles vivos se debe registrar al menos dos medidas, la altura y el diámetro. El diámetro se mide en la base del tallo de cada planta, a un centímetro del suelo. La altura se mide desde la base de la planta hasta el meristemo apical. Dado que el Bosque de Chapultepec es un área con cambios estacionales muy marcados, las evaluaciones deben llevarse a cabo al finalizar la reforestación, al finalizar la temporada de lluvias (octubre), durante la época invernal (febrero), y al finalizar la época seca (junio), por al menos dos años.

Para el monitoreo de las especies arbustivas y herbáceas, deben registrarse otros parámetros siguiendo el mismo patrón temporal de muestreo. En el caso de las arbustivas se registra la altura y el diámetro de la copa, para las herbáceas el porcentaje de cobertura. El porcentaje de cobertura se puede

estimar por medio de un cuadrante de 1 m² dividido en 100 secciones, se registra la presencia o ausencia de la especie que se está evaluando en cada sección y de esta manera se puede estimar el porcentaje de cobertura. La estimación es más precisa si la hacen mentalmente dos personas y luego comparan sus resultados y los promedian.

Además de las variables relativas a las plantas, es recomendable registrar algunas variables del medio físico en las distintas zonas que diferenciaron al establecer la plantación. Esto puede hacerse usando variables categóricas, por ejemplo: pendiente (plana, ligera, fuerte), ambiente lumínico (sombra, parcialmente iluminado, abierto), suelo (somero, medio, profundo), hojarasca (poca, media, mucha), etc.

Propuestas técnicas de intervención para cada área a restaurar por Zona

A continuación se describen las propuestas técnicas de intervención para las subzonas de restauración que fueron definidas en la zonificación de la “Propuesta de Manejo y Restauración para la Tercera Sección del Bosque de Chapultepec”. Para esta zonificación se llevó a cabo un análisis de las condiciones de cobertura del suelo y pendiente y se determinaron las áreas críticas de atención que cubren 76 hectáreas (figura 5), se hace referencia a ellas en cada subzona de restauración.

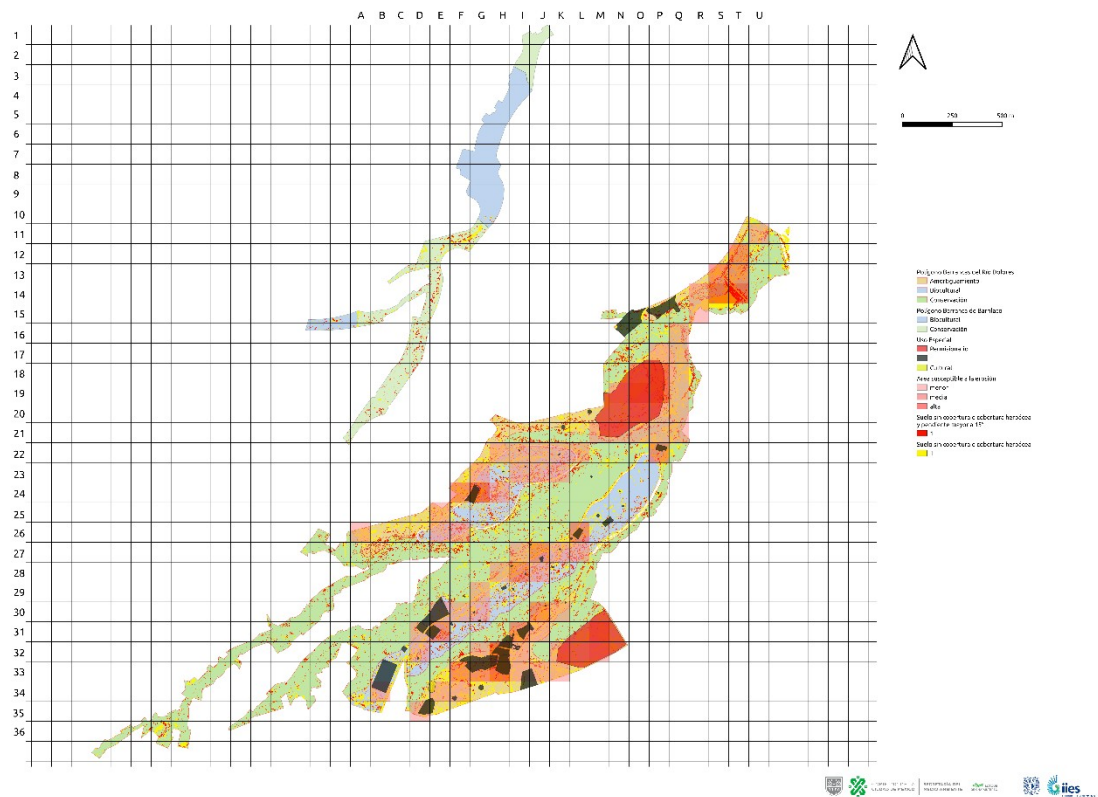


Figura 5. Áreas en donde se presenta suelo sin cobertura o con cobertura herbácea, en total cubren 76 hectáreas que requieren atención prioritaria. En amarillo las áreas con estas características, en rojo cuando la pendiente es mayor a 15°. Los polígonos negros son construcciones y los rojos son áreas bajo permisos administrativos.

Zonas Bioculturales

Zona Biocultural Clausell

Está delimitado por las calles Clausell, José María Velasco y Calle 5, tiene un área de 14.5 ha, y presenta una topografía con una altitud máxima de 2381 m snm y una mínima de 2327 m snm siguiendo una dirección general de oeste a este. Destaca que la mayor parte del área está desprovista de un dosel denso de árboles vivos y que dominan arbustos y pastos. Al menos la tercera parte de la zona presenta pendientes mayores a 15°; en donde las pendientes son más pronunciadas se forman tres zonas de escurrimiento de oeste a este que cubren aproximadamente 1.2, 0.7 y 1.6 ha respectivamente. La

única muestra de suelo analizada por Microdiversa extraída de esta subzona (muestra 85) indica que se trata de un suelo franco, con un pH de 7.02, un contenido de materia orgánica del 9.8% y niveles bajos de nitrógeno y fósforo, sin embargo hay áreas con suelos muy erosionados y compactados.

A. Metas

Componente	Plazo		
	Corto (1 a 2 años)	Mediano (2 a 4 años)	Largo (4 a 6 años)
Suelo	Control de la erosión de caminos y senderos a través de las obras de adecuación necesarias. Planear la intervención de los sitios que requiere de estructuras de control de la erosión.	Construcción de estructuras de control de la erosión. Control de la erosión y recuperación de una capa orgánica.	Estabilización del suelo en todo el polígono
Vegetación	Eliminación del arbolado muerto o enfermo en las zonas planas del polígono y su reemplazo plantando especies arbóreas y arbustivas de las comunidades vegetales que corresponden a este polígono	Plantado y/o sembrado de especies herbáceas en sitios que presenten suelo desnudo en las partes planas. Plantar o sembrar en particular individuos de la comunidad vegetal que atraiga polinizadores.	Eliminación del arbolado muerto o enfermo que represente un riesgo en las partes con pendientes mayores a 15°
Hídrico	Elaboración de un proyecto ejecutivo para tratar las aguas residuales que se descargan directamente en el polígono al oeste del helipuerto. Identificación de sitios que puedan requerir de construcción de infiltración de agua	Ejecución del proyecto de tratamiento de aguas residuales, construcción de estructuras de infiltración de agua.	N/A

B. Objetivos

Componente	Plazo		
	Corto (1 a 2 años)	Mediano (2 a 4 años)	Largo (4 a 6 años)
Suelo	Eliminar la erosión en caminos y senderos. Mapa de las áreas en donde se requieren estructuras de control de la erosión.	Reducir en un 80% el área de suelo desnudo en las áreas intervenidas, lograr establecer una capa orgánica en al menos el 60% del área intervenida.	El suelo desnudo no debe de representar más del 10% del área en donde se llevaron a cabo medidas de restauración, de la misma manera se debe de contar con una capa orgánica del suelo en todas ellas.
Vegetación	Eliminar 100% de los árboles muertos en las zonas planas intervenidas. Al segundo año se debe de contar con un número de árboles vivos que no sea menor al 80% de los individuos plantados originalmente.	Contar en al menos 60% de las áreas intervenidas con vegetación que incluya especies de árboles, arbustos y herbáceas formando una cobertura cerrada.	Al menos 70% de los individuos arbóreos en las áreas intervenidas deben pertenecer a especies incluidas en la paleta vegetal o ser especies nativas aunque no se encuentren incluidas.
Hídrico	Contar con un proyecto ejecutivo aprobado por las autoridades correspondientes. Mapa de las áreas en donde se requieren estructuras de infiltración de agua.	El agua de descarga debe cumplir con las normas oficiales, NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997. Construcción de las estructuras de infiltración de agua.	N/A

C. Identificación de necesidades de control de la erosión y mejoramiento del suelo

En la subzona de restauración del polígono Clausell se han identificado áreas con suelos erosionados, particularmente en las partes más planas y a lo largo de senderos y caminos. En estas mismas áreas se ha perdido la capa superior de materia orgánica (mantillo). Cuando los arbustos de *Amelanchier denticulata* o de *Pyracantha* spp. son muy densos, el suelo bajo ellos se encuentra

desnudo. En las áreas con pendientes mayores la vegetación protege al suelo. De acuerdo con el análisis de cobertura del suelo y pendientes, en esta subzona se encuentran 12 de los cuadrantes de una hectárea que requieren atención prioritaria para control de la erosión; algunos se comparten con subzonas aledañas.

D. Identificación de necesidades de remoción de arbolado muerto

En esta subzona Benavides-Meza censó un total de 460 árboles, de los cuales 243 están muertos, aunque un recorrido permite apreciar que hay más árboles muertos en las áreas no censadas. En las partes planas es en donde se concentra la mayor cantidad de árboles muertos, en particular eucaliptos. Es prioritario que se lleven a cabo los dictámenes correspondientes para la identificación y posterior remoción de los árboles muertos que representen una barrera para la restauración o un riesgo para los visitantes.

E. Identificación de necesidades de control de especies invasoras

En este polígono se identificaron individuos de especies introducidas que tienen hábito malezoso o invasor, particularmente dos especies de pastos: *Rhynchelytrum repens* y *Pennisetum villosum*. Entre los arbustos destaca *Ricinus communis*, que es una especie invasora. Los dos pastos mencionados, y otras especies que se encuentran en este polígono, representan una barrera para el establecimiento de las especies arbustivas y arbóreas que se introduzcan como parte de los esfuerzos de restauración, por lo que se recomienda que se establezcan medidas para controlarlos, incluyendo el chaponeo y aplicación de acolchados para controlar o reducir el rebrote. En el caso de los arbustos, en particular de higuerilla (*Ricinus communis*), se recomienda la eliminación mecánica como parte del esfuerzo de restauración. En el caso de los arbustos de *Amelanchier denticulata* y *Pyracantha* spp. es necesario establecer si su presencia es un factor de deterioro del suelo y una barrera para el establecimiento de especies nativas, en particular herbáceas y arbustivas bajo su dosel. En caso de ser un factor de deterioro se deberá establecer un subprograma de control de estas especies, que llegan a ser muy abundantes en algunas áreas.

F. Esquema de plantado

Se propone dividir esta subzona de restauración en cinco áreas para establecer distintas comunidades vegetales (Figura 6). De oeste a este, la primera corresponde a un área en que por su ubicación aledaña a la zona de conservación y las pendientes, se puede establecer una comunidad de coníferas; la segunda es un área de transición en donde se debe restaurar una comunidad transicional, para dar lugar a una tercera área en donde se puede establecer una comunidad de encinos. En la parte noreste, debido a que es el área más plana, los suelos están más deteriorados y es más seca, se puede establecer una comunidad especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía. En el borde entre las comunidades de encinos y la tolerante suelos erosionados se pueden establecer manchones de la comunidad de especies funcionales para polinizadores.

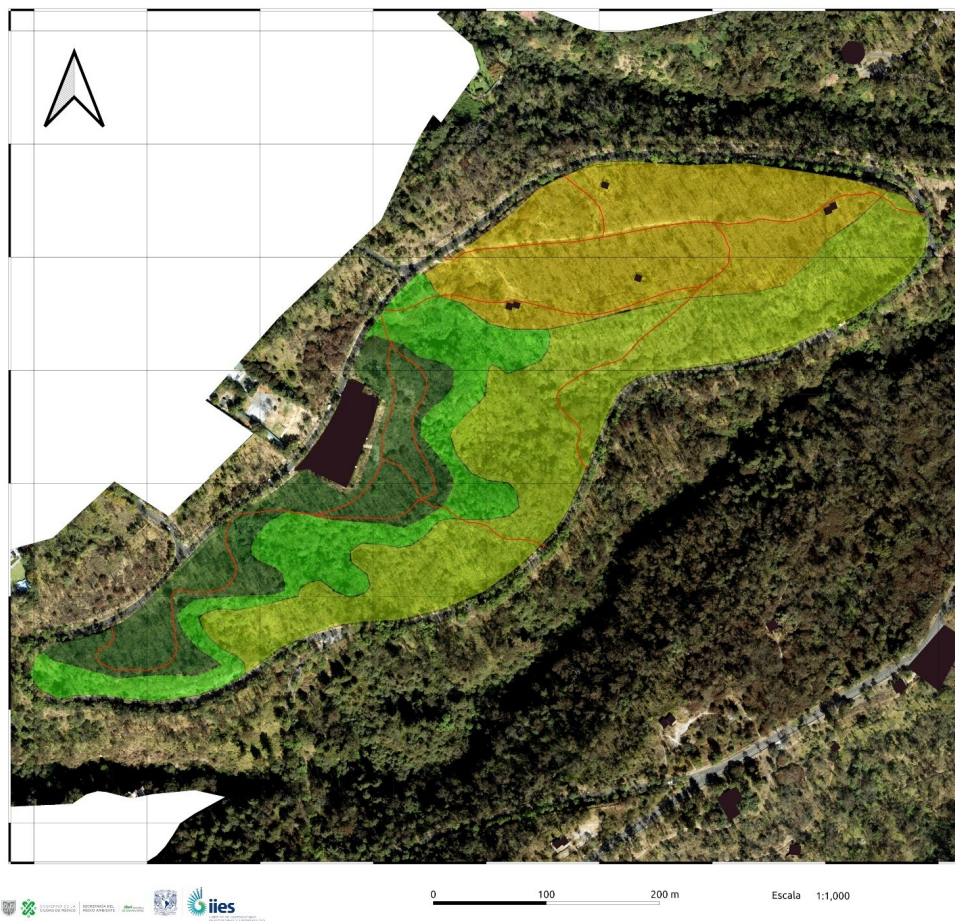


Figura 6. Áreas de vegetación y senderos en la Zona Biocultural Clausell. Verde oscuro corresponde a bosque de coníferas, verde brillante a comunidad mixta, verde claro a encinar y el amarillo a la comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía.

En todas las áreas es importante que el establecimiento de las plantas, tanto árboles como arbustos, se haga siguiendo un patrón irregular tanto por cuestiones estéticas como por cuestiones ecológicas, pues es sabido que los patrones regulares de plantado de árboles (ya sea en cuadrículas o tresbolillo) no proporcionan un hábitat adecuado para la fauna y tampoco generan condiciones heterogéneas a nivel del suelo que son necesarias para mantener una mayor diversidad de plantas herbáceas que, entre otras cosas, proporcionan protección adicional contra la erosión.

Zona Biocultural Sur

La zona biocultural sur cuenta con 29.5 hectáreas y tiene dos características importantes para su manejo de restauración. La primera, en términos de la vegetación, Benavides Meza (2019), censó en el extremo oeste 821 árboles, incluyendo 752 individuos vivos y 69 muertos, que pertenecen a 24 especies. El género con un mayor número de individuos es *Eucalyptus*, al igual que en la subzona Clausell. Sin embargo la parte sur y sur este de este polígono se encuentra en buen estado de conservación y son parte del continuo de cobertura arbórea que lleva a la barranca que es ya zona de conservación. La segunda, es que en esta zona biocultural se encuentran un número importante de subzonas de uso especial. En particular hay que mencionar dos tanques de agua, uno en el extremo oeste y otro cercano al extremo este. Además de tres estacionamientos (dos de los cuales en el extremo oeste son utilizados por la Secretaría de Seguridad Ciudadana de la Ciudad de México, y uno para visitantes cercano al otro extremo geográfico). Finalmente, al menos veinte construcciones que incluyen quioscos y mesas de concreto. Toda esta infraestructura, sumada a que esta subzona cobre una parte importante de la Tercera Sección en su eje mayor y a la topografía que presenta pendientes moderadas, hace que sea la de mayor potencial para recibir visitantes después de la zona de amortiguamiento que corre a lo largo de Avenida Constituyentes. La subzona de restauración se caracteriza en general por suelos mejor conservados que en la zona biocultural Clausell. Pero al igual que en esta última, los senderos y caminos deben ser intervenidos para evitar la erosión. De manera similar, los caminos de acceso a las diferentes subzonas de uso especial deben ser adecuados.

A. Metas

Componente	Plazo		
	Corto (1 a 2 años)	Mediano (2 a 4 años)	Largo (4 a 6 años)
Suelo	Control de la erosión de caminos y senderos a través de las obras de adecuación necesarias. Adecuación de los caminos de acceso a las subzonas de uso especial, en particular a los tanques de agua. Planear la intervención de los sitios que requiere de estructuras de control de la erosión.	Control de la erosión y recuperación de una capa orgánica, en las áreas que así lo requieran. Construcción de estructuras de control de la erosión.	Estabilización del suelo en todo el polígono.
Vegetación	Eliminación del arbolado muerto o enfermo en las zonas planas del polígono y plantado de especies arbóreas y arbustivas correspondientes a cada comunidad contemplada para este polígono	Plantado y/o sembrado de especies herbáceas en sitios que presenten suelo desnudo en las partes planas.	Eliminación del arbolado muerto que represente un riesgo en las partes con pendientes mayores a 15°, hacia la barranca (zona de conservación) que corre al sur.
Hídrico	Identificación de sitios que puedan requerir de construcción de estructuras de infiltración de agua.	Construcción de estructuras de control de la erosión y de infiltración de agua	N/A

B. Objetivos

Componente	Plazo		
	Corto (1 a 2 años)	Mediano (2 a 4 años)	Largo (4 a 6 años)
Suelo	Eliminar la erosión en caminos y senderos. Que la totalidad de los accesos a la subzonas de uso especial estén en condiciones apropiadas.	Reducir en 80% el área de suelo desnudo en las áreas intervenidas, lograr una capa orgánica en al menos 60% del área intervenida. Control de la erosión por medio de estructuras adecuadas en donde se requiera. Plantar o sembrar individuos de la comunidad atractora de polinizadores.	El suelo desnudo no debe de representar más de 10% del área en donde se llevaron a cabo medidas de restauración, y contar con una capa orgánica en todas ellas.
Vegetación	Eliminar 100% de los árboles muertos en las zonas planas intervenidas. Al segundo año se debe contar con un número de árboles vivos que no sea menor al 80% de los individuos plantados originalmente.	Contar en al menos 60% de las áreas intervenidas con vegetación que incluya especies de árboles, arbustos y herbáceas formando una cobertura cerrada.	Al menos 70% de los individuos arbóreos en las áreas intervenidas deben pertenecer a especies incluidas en la paleta vegetal o especies nativas que no se encuentren incluidas.
Hídrico	Mapa de las áreas en donde se requieren estructuras de infiltración de agua.	Construcción de las estructuras de infiltración de agua.	N/A

C. Identificación de necesidades de control de la erosión y mejoramiento del suelo.

En la subzona de restauración de la zona sur se han identificado áreas con suelos erosionados, entre las que destacan el área al oeste del tanque de agua adyacente al parque Cri Cri, en la cercanía de estacionamientos, construcciones y a lo largo de senderos y caminos. En estas mismas áreas se ha perdido la capa superior de materia orgánica (mantillo). En todas ellas se propone restaurar con las especies que corresponden a la comunidad de especies funcionales. De forma similar a lo que ocurre en

la zona cultural Clausell, en la zona sur hay algunas áreas en donde los arbustos de *Amelanchier denticulata* o de *Pyracantha* spp. son muy densos y debajo de ellos el suelo se encuentra desnudo, por lo que es importante monitorear el suelo bajo estos arbustos para determinar si es necesario establecer medidas de control y restauración. En las áreas con pendientes mayores el estado de la vegetación es bueno y protege al suelo, en particular hacia la subzona de preservación. De acuerdo con el análisis de cobertura del suelo y pendientes, en esta subzona se encuentran 15 de los cuadrantes de una hectárea que requieren atención prioritaria para control de la erosión, algunos de los cuales se comparten con subzonas aledañas.

D. Identificación de necesidades de remoción de arbolado muerto.

En esta subzona, como ya se mencionó, Benavides Meza censó un total de 752 individuos vivos y 69 muertos, aunque los recorridos realizados permiten apreciar que hay más árboles muertos en las áreas no censadas. En las partes planas se localiza la mayor concentración de árboles muertos, en particular eucaliptos. Es necesario que se lleven a cabo los dictámenes correspondientes para la identificación y posterior remoción de los árboles muertos que representen una barrera para la restauración o un riesgo para los visitantes.

E. Identificación de necesidades de control de especies invasoras

En este polígono se identificaron individuos de especies introducidas que tienen hábito malezoide o invasor; en este grupo dominan las mismas especies que en la zona biocultural Clausell: *Rhynchelytrum repens* y *Pennisetum villosum*. Al representar una barrera a la restauración, se recomienda que se consideren medidas para controlarlos, incluyendo el chaponeo y aplicación de acolchados para controlar o reducir el rebrote. En el caso de los arbustos, en particular de higuerilla (*Ricinus communis*), se recomienda la eliminación mecánica. Para los arbustos de *Amelanchier denticulata* y *Pyracantha* spp. es necesario establecer si su presencia es un factor de deterioro del suelo y una barrera para el establecimiento de especies nativas, en particular herbáceas y arbustivas, bajo su dosel. En caso de ser un factor de deterioro se deberá establecer un subprograma de control de estas especies.

F. Esquema de plantado

Se propone dividir la subzona de restauración de la zona biocultural sur en dos áreas para establecer a la comunidad mixta y las comunidades de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía (Figura 7). En la cercanía a las subzonas de uso especial se pueden establecer manchones de la comunidad de especies funcionales para polinizadores.

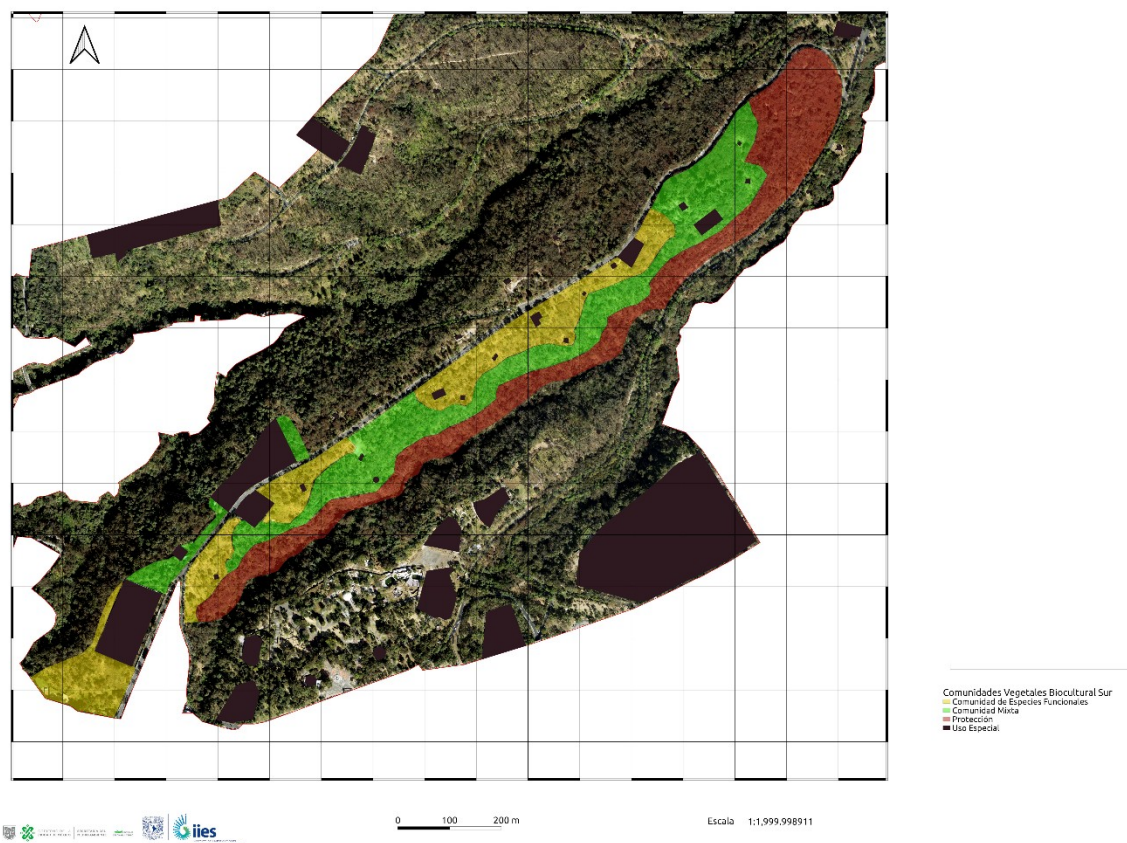


Figura 7. Áreas de vegetación y senderos en la Zona Biocultural Sur. Las áreas de color verde corresponde a la comunidad mixta, amarillo a la comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía. En rojo la subzona de preservación y en gris los polígonos de subzona de uso especial.

En todas las áreas es importante que el establecimiento de las plantas, tanto árboles como arbustos, se haga siguiendo un patrón irregular tanto por cuestiones estéticas como por cuestiones ecológicas, pues es sabido que los patrones regulares de plantado de árboles (ya sea en cuadrículas o tresbolillo) no proporcionan un hábitat adecuado para la fauna y tampoco generan condiciones heterogéneas a nivel del suelo que son necesarias para mantener una mayor diversidad de plantas herbáceas que, entre otras cosas, proporcionan protección adicional contra la erosión. En la medida en que el trabajo de reforestación se aproxime al polígono de la subzona de preservación se recomienda que las especies seleccionadas sean las mismas que de manera natural se encuentran en la vecindad, o del mismo género, para no crear un borde marcado entre áreas con diferente composición de especies.

Zona de Conservación

En la Zona de Conservación de la Tercera Sección hay dos polígonos que corresponden a subzona de preservación que cubren un área de 31.6 hectáreas; el resto corresponde a zona de restauración con tres polígonos. En esta sección se deben de llevar a cabo las obras necesarias para resolver el daño que general las descargas de aguas negras en las barrancas, en particular las de mayor aporte, como la que se encuentra en la cercanía del Colegio de Arquitectos o en la calle Rosaleda. Además, de llevar a cabo los estudios necesarios para elaborar un subprograma para construir estructuras que incrementen la infiltración de agua y que reduzcan el aporte de sedimentos al vaso regulador. También es necesario, antes de llevar a cabo las acciones de restauración en los alrededores del vaso regulador, que se llevan a cabo las obras de mantenimiento y desazolve necesarias para rehabilitarlo.

A. Metas

Componente	Plazo		
	Corto (1 a 2 años)	Mediano (2 a 4 años)	Largo (4 a 6 años)
Suelo	En la parte más alta de las barrancas se debe controlar la erosión de caminos y senderos que llevan a las pocas estructuras de uso	Control de la erosión y recuperación de una capa orgánica en las partes altas de las barrancas que lo requieran.	Estabilización del suelo en toda la zona de conservación.

	especial, a través de las obras de adecuación necesarias. Planear la intervención de los sitios que requiere de estructuras de control de la erosión.	Construcción de estructuras de control de la erosión.	
Vegetación	Eliminación del arbolado muerto en las zonas con menor pendiente del polígono. Plantado de especies arbóreas y arbustivas en las partes planas y accesibles. En áreas con mayor pendiente correspondientes a comunidades mixta y de afinidad mesófila plantar en las zonas que presenten menor densidad arbórea indicadas en el mapa correspondiente (figura 7 sección de esquema de plantado).	Plantado y/o sembrado de especies herbáceas en sitios que presenten suelo desnudo en las partes planas. En áreas con mayor pendiente correspondientes a comunidades mixta y de afinidad mesófila plantar en las zonas que presenten menor densidad arbórea indicadas en el mapa correspondiente (Figura 7 sección de esquema de plantado).	Plantado en las áreas de comunidad mixta y galería, así como en el área de comunidad mixta tras la cortina del vaso regulador.
Hídrico	Elaboración de un proyecto ejecutivo para tratar las aguas residuales que se descargan directamente en las barrancas. Identificación de sitios que puedan requerir de construcción de estructuras de infiltración de agua, elaboración de estudios de mecánica de suelos para presas infiltrantes en el fondo de las cañadas.	Ejecución del proyecto de tratamiento de aguas residuales, construcción de estructuras de infiltración de agua. Construcción de estructuras de control de la erosión y de infiltración de agua	N/A

B. Objetivos

Componente	Plazo		
	Corto (1 a 2 años)	Mediano (2 a 4 años)	Largo (4 a 6 años)
Suelo	Concluir las obras de control de la erosión a lo largo de caminos. Mapa de sitios que requieren de estructuras de control de la erosión.	Construcción de estructuras de control de la erosión.	Estabilización del suelo en las partes altas y de pendiente moderada de la zona de conservación.
Vegetación	Eliminar el 100% de los árboles muertos o enfermos en las zonas planas intervenidas. Al segundo año se debe contar con un número de árboles vivos que no sea menor al 80% de los individuos plantados originalmente. Contar con un 20 % de las áreas con mayor pendiente correspondientes a bosque mixto y de afinidad mesófila reforestadas.	Plantado y/o sembrado de especies herbáceas en la totalidad de los sitios que presenten suelo desnudo en las partes con menor pendiente. Contar con un 70% de las áreas con mayor pendiente correspondientes a bosque mixto y de afinidad mesófila reforestadas.	El 100% de las áreas con mayor pendiente correspondientes a bosque mixto y de afinidad mesófila estén reforestadas. Plantado en las áreas de comunidad mixta y galería, así como en el área de comunidad mixta detrás de la cortina del vaso regulador.
Hídrico	Contar con un proyecto ejecutivo aprobado por las autoridades correspondientes. Identificación de sitios que puedan requerir de construcción de estructuras de infiltración de agua, elaboración de estudios de mecánica de suelos para presas infiltrantes en el fondo de las cañadas.	El agua de descarga debe cumplir con las normas oficiales, NOM-001-SEMARNAT-1996 y NOM-003-SEMARNAT-1997. Construcción de estructuras de control de la erosión y de infiltración de agua.	N/A

C. Identificación de necesidades de control de la erosión y mejoramiento del suelo

En la subzona de conservación la erosión está limitada a las partes más altas del polígono y en las partes más profundas de las barrancas, en donde el flujo erosivo del agua ha generado pozas y paredes muy escarpadas. La erosión en las partes altas se debe de tratar revegetando y construyendo las estructuras de control que sean necesarias. De acuerdo con el análisis de cobertura del suelo y pendientes, en esta subzona se encuentran 26 de los cuadrantes de una hectárea que requieren atención prioritaria para control de la erosión, algunos se comparten con subzonas aledañas.

D. Identificación de necesidades de remoción de arbolado muerto

En la zona de conservación sólo se deben eliminar los árboles muertos o enfermos que representen un riesgo para los visitantes, es decir lo que se encuentren cerca de veredas y caminos.

E. Identificación de necesidades de control de especies invasoras

Para la zona de conservación los arbustos *Amelanchier denticulata* y *Pyracantha* spp. deben ser monitoreados en su expansión ya que es necesario establecer si su presencia es un factor de deterioro del suelo y una barrera para el establecimiento de especies nativas, en particular herbáceas y arbustivas bajo su dosel. En caso de que estas especies muestren un comportamiento invasor se deberá establecer un subprograma de control de estas especies. En el caso de los pastos, se debe de preparar el sitio si se va a reforestar, cortándolos antes del plantado y usando acolchado para retrasar o controlar su rebrote. En caso necesario se deberán cortar hasta que ya no representen un factor limitante para el crecimiento de los árboles (es decir cuando los árboles tengan un metro o más de altura si fueron plantados con alturas menores a un metro).

F. Esquema de plantado

En la subzona de restauración se proponen tres polígonos; el mayor, con 75.8 ha, corresponde a las comunidades mixta y de afinidad mesófila, la primera en la parte más alta de las barrancas y la segunda en las partes bajas. En el fondo de las barrancas, en donde las condiciones topográficas e hídricas lo permitan, se puede establecer vegetación hidrófita emergente para reducir el impacto de las fuentes no puntuales de contaminación del agua que afectan a la Tercera Sección (figura 8). También a

lo largo de los cauces se deben de plantar especies de bosque de galería en los sitios apropiados. Este tipo de vegetación se propone para 5.7 hectáreas en la parte más baja de la Tercera Sección, en los alrededores del vaso regulador Paso del Conejo (Presa de Dolores), mezclada en las partes más altas con la comunidad mixta. Finalmente, en la parte posterior de la cortina del vaso regulador 6.4 hectáreas de comunidad mixta.

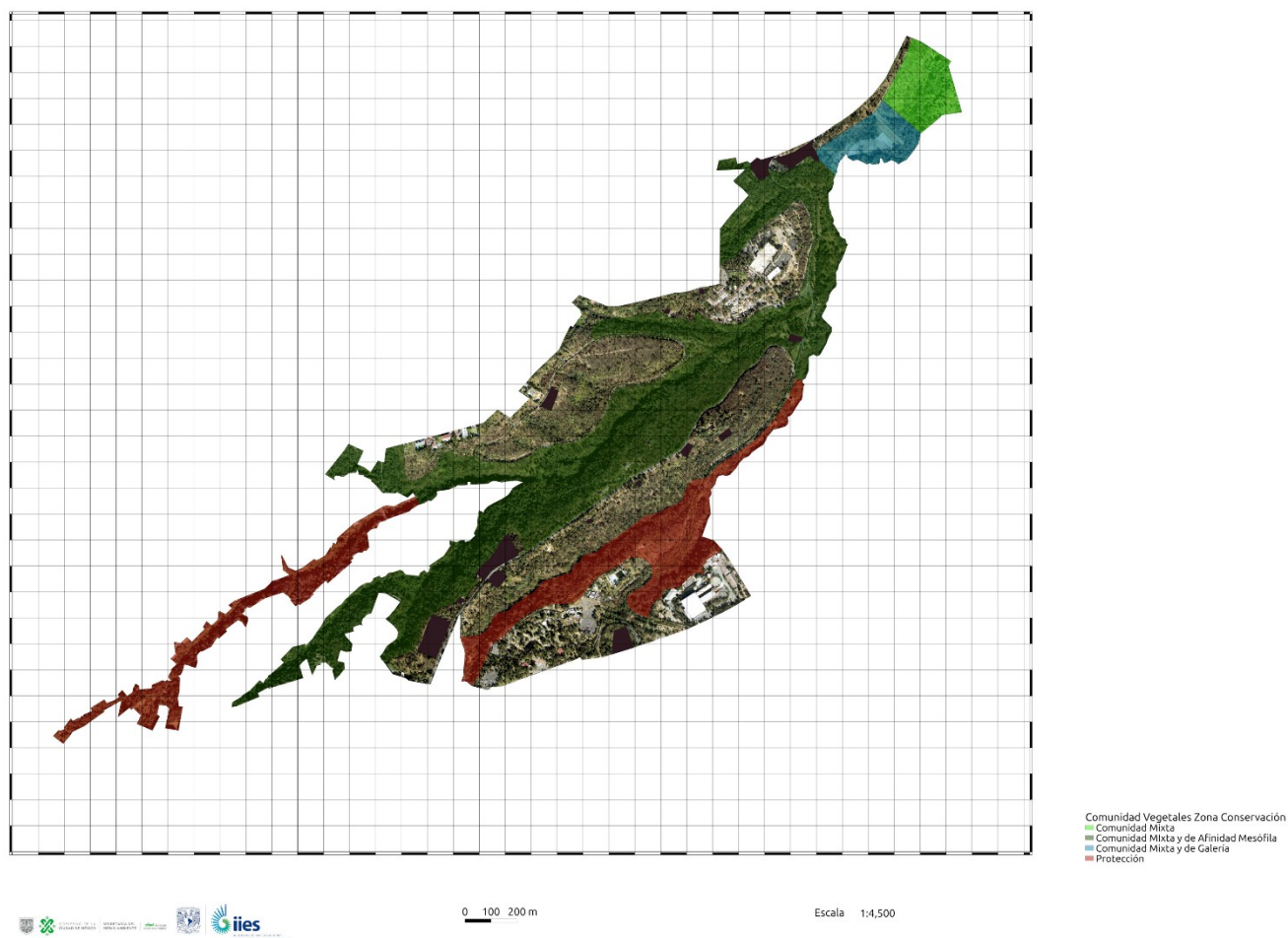


Figura 8. Tipos de vegetación en la Zona de Conservación. En rojo los polígonos de la subzona de preservación. De la subzona de restauración, en verde el área de comunidades mixta y de afinidad mesófila, en azul de comunidad mixta y bosque de galería y en verde claro de comunidad mixta.

Zonas de Amortiguamiento

En la Tercera Sección hay tres polígonos que corresponden a la categoría de zona de amortiguamiento. La primera se encuentra delimitada por la colindancia con la urbanización de Lomas de Chapultepec, la calle 5, la Calle Joaquín Clausell, la Calle José María Velasco y la Avenida Montes Auvernia; la divide la Calle Montes Apalaches. Por sus características se clasifica como subzona de restauración. La segunda se encuentra al norte del Vaso Regulador de la Barranca de Dolores "Paso de Conejo", la Presa de Dolores y es un área pequeña delimitada por la Avenida Toluca y la Avenida Bosques. En su extremo oeste se encuentra la Planta Potabilizadora Paso del Conejo, que corresponde a una subzona de Uso Especial, el resto se propone como área de restauración.

La tercera se encuentra a lo largo de la Avenida Constituyentes y es cruzada por la Calle 10, que en un tramo es paralela a Constituyentes. Está limitada al norte por la zona de conservación propuesta en este documento. En ella se encuentra el Parque Cri Cri y los edificios de lo que fueran el Parque Atlantis y El Rollo. Es la zona más impactada de la Tercera Sección. En ella es necesario implementar la rehabilitación de las construcciones que constituirían subzonas de infraestructura o uso especial. Las zonas cubiertas por vegetación son susceptibles de ser restauradas con especies de la comunidad para sitios erosionados y resiliente a la sequía.

A. Metas

Componente	Plazo		
	Corto (1 a 2 años)	Mediano (2 a 4 años)	Largo (4 a 6 años)
Suelo	Control de la erosión de caminos y senderos a través de las obras de adecuación necesarias. Planear la intervención de los sitios que requiere de estructuras de control de la erosión.	Control de la erosión y recuperación de una capa orgánica en las áreas que así lo requieran. Construcción de estructuras de control de la erosión.	Estabilización del suelo en los tres polígonos que corresponden a la zona de amortiguamiento.
Vegetación	Eliminación del arbolado muerto en las partes planas y plantado de especies arbóreas y arbustivas de las comunidades que corresponden en los	Plantado y/o sembrado de especies herbáceas y arbustivas en sitios que presenten suelo desnudo en las partes planas.	Contar con una cobertura vegetal en todas las áreas deforestadas

	polígonos de amortiguamiento		
Hídrico	Identificación de sitios que puedan requerir de construcción de estructuras de infiltración de agua.	Construcción de estructuras de control de la erosión y de infiltración de agua	N/A

B. Objetivos

	Plazo		
Componente	Corto (1 a 2 años)	Mediano (2 a 4 años)	Largo (4 a 6 años)
Suelo	Eliminar la erosión en caminos y senderos. Que la totalidad de los accesos a la subzonas de uso especial y de permisionarios estén en condiciones apropiadas.	Reducir en 80% el área de suelo desnudo en las áreas intervenidas, lograr una capa orgánica en al menos 60% del área intervenida. Reforestar jardineras y camellones. Control de la erosión por medio de estructuras adecuadas en donde se requiera.	El suelo desnudo no debe de representar más del 5% del área en donde se llevaron a cabo medidas de restauración, de la misma manera se debe de contar con una capa orgánica en todas ellas.
Vegetación	Eliminar 100% de los árboles muertos. Al segundo año se debe de contar con un número de árboles vivos que no sea menor a 80% de los individuos plantados originalmente.	Contar en al menos 60% de las áreas intervenidas con vegetación que incluya especies de árboles, arbustos y herbáceas, formando una cobertura cerrada.	Al menos 70% de los individuos arbóreos en las áreas intervenidas debe pertenecer a especies incluidas en la paleta vegetal o especies nativas que no se encuentren incluidas.
Hídrico	Mapa de las áreas en donde se requieren estructuras de infiltración de agua.	Construcción de las estructuras de infiltración de agua.	N/A

C. Identificación de necesidades de control de la erosión y mejoramiento del suelo.

En los polígonos que corresponden a zona de amortiguamiento hay áreas considerables con suelos descubiertos de vegetación. También hay depósitos de cascajo que es necesario eliminar para llegar al suelo. En la zona de amortiguamiento Clausell y en la de Paso del Conejo, se pueden llevar a cabo las labores de acuerdo a lo establecido en la sección de metas y objetivos, en el caso de la zona de amortiguamiento de Avenida Constituyentes, particularmente en la cercanía de las construcciones existentes, es recomendable que el trabajo se lleve a cabo una vez las obras de recuperación de éstas estén concluidas. De acuerdo con el análisis de cobertura del suelo y pendientes en esta subzona se encuentran 25 de los cuadrantes de una hectárea que requieren atención prioritaria para control de la erosión, algunos se comparten con subzonas aledañas, de ellos, 6 en la zona de amortiguamiento Clausell, 3 en la de Paso del Conejo y 16 en la de Constituyentes.

D. Identificación de necesidades de remoción de arbolado muerto.

Los individuos muertos o enfermos que se enlistan en el estudio de Benavides-Meza antes citado, que se encuentran en zonas que representan un riesgo deben ser retirados.

E. Identificación de necesidades de control de especies invasoras.

Al igual en que el resto de la Tercera Sección, se deben tomar las medidas de identificación y control antes descritas. En el caso de los pastos, se debe de preparar el sitio si se va a reforestar, cortándolos antes del plantado y usando acolchado para retrasar o controlar su rebrote. En caso necesario se deberán cortar hasta que ya no representen un factor limitante para el crecimiento de los árboles (es decir cuando los árboles tengan un metro o más de altura si fueron plantados con alturas menores a un metro).

F. Esquema de plantado

Para la subzona de restauración del polígono Clausell se proponen tres tipos de comunidades: mixta, especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía, y especies funcionales para polinizadores (figura 9). El primer tipo de comunidad para las áreas que se encuentran colindantes con calles y avenidas hasta una distancia de 25 metros a partir de éstas, y la segunda en el resto de la zona

de amortiguamiento. En esta zona es recomendable que el plantado de los árboles de la comunidad para sitios erosionados y resiliente a la sequía también sigan un patrón regular (en cuadrícula o tresbolillo) para aumentar la visibilidad y en consecuencia mejorar las condiciones de seguridad para peatones y automovilistas. Para la subzona de restauración del polígono de Paso del Conejo, la comunidad que corresponde es mixta, con la finalidad de crear un continuo con la zona de conservación colindante. Finalmente, en el polígono de la zona de amortiguamiento de avenida Constituyentes, las especies apropiadas son las que corresponden a la comunidad para sitios erosionados y resiliente a la sequía.

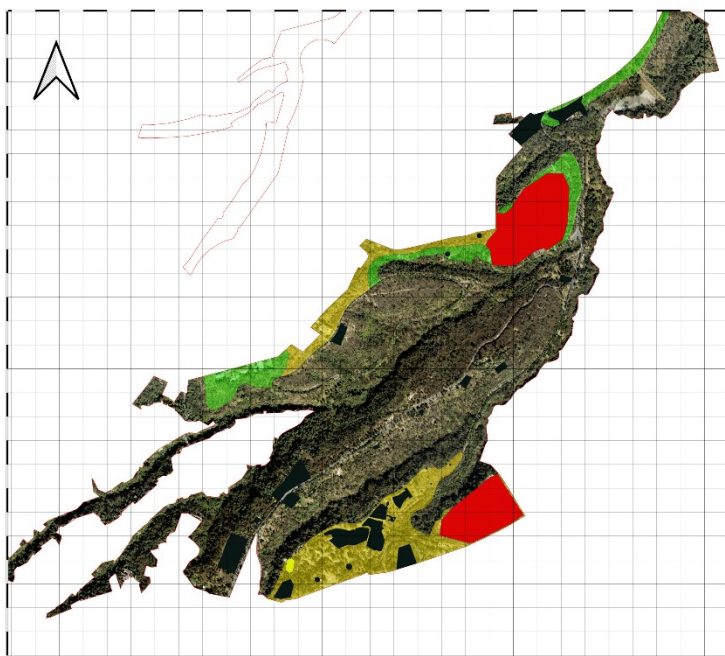


Figura 9. Tipos de vegetación para los polígonos de la zona de amortiguamiento. En amarillo la vegetación correspondiente comunidad para sitios erosionados y resiliente a la sequía y en verde la comunidad mixta, en gris las subzonas de uso especial y en rojo de permisionarios.

Barranca de Barrilaco

La Barranca de Barrilaco se cuenta con 27.4 ha en el polígono protegido como Área de Valor Ambiental de la Tercera Sección del Bosque de Chapultepec. En ella se establecieron 2 zonas de conservación y dos zonas bioculturales en la Propuesta de Programa de Manejo de la Tercera Sección de Chapultepec. Para la restauración de la barranca es indispensable resolver los problemas que están relacionados con la contaminación por aguas residuales del cauce que la atraviesa. Además de los riesgos a la salud de los visitantes y vecinos hay que considerar que se está infiltrando agua contaminada al subsuelo. Además, las aguas negras se acumulan la parte alta del escurrimiento en las barreras que representan las calles de Sierra Aconcagua y Monte Blanco en donde se forman lagunas. La primera está invadida por lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), esta especie debe ser eliminada una vez que se resuelva el problema de las descargas de aguas negras. En la parte más alta de la Barranca hay un área en donde hay cárcavas que deben ser atendidas así como los puntos en donde se presentan socavamientos y deslaves.

En relación a la flora, en la barranca existen remanentes de bosque de encino, en particular en las partes más altas, además de las especies del género *Quercus*, hay ejemplares de Capulín (*Prunus serotina*), Tepozán (*Buddleja cordata*), Fresno (*Fraxinus uhdei*) y Aguacatillo (*Garrya laurifolia*) (GODF, 2012). Sin embargo, casi la mitad (45%) de las especies vegetales en la barranca son exóticas, ya sea introducidas como parte de programas de reforestación o para jardinería, por lo que se deben de llevar a cabo labores de reforestación con especies nativas. Debido a la magnitud que representa el problema de las descargas de aguas negras en la barranca de Barrilaco se debe de priorizar su solución para lograr la restauración del área.

A. Metas

Componente	Plazo		
	Corto (1 a 2 años)	Mediano (2 a 4 años)	Largo (4 a 6 años)
Hídrico	Cuantificar el caudal de las descargas de los 17 puntos identificados, elaborar los planes ejecutivos para tratarlas en el punto de descarga	Concluir con los trabajos relacionados con las descargas de aguas negras. En las áreas con cárcavas construcción de	N/A

	o eliminar el punto de descarga, según sea el caso. Inicio de construcción de las obras para el tratamiento de aguas negras o eliminación de los puntos de descarga. Desazolve de las obras hidráulicas que corren debajo de las avenidas que cruzan la barranca. Elaboración de planes ejecutivos para la reparación y adecuación de las obras hidráulicas que corren debajo de las avenidas que cruzan la barranca.	estructuras de control de la erosión y de infiltración de agua. Reparación y adecuación de las obras hidráulicas que corren debajo de las avenidas que cruzan la barranca.	
Suelo	Control de la erosión de caminos y senderos a través de las obras de adecuación necesarias. Iniciar el trabajo de construcción de estructuras de control de la erosión en cárcavas y estabilización de taludes.	Control de la erosión y recuperación de una capa orgánica, en las áreas que así lo requieran. Construcción de estructuras de control de la erosión y de estabilización de taludes.	Erosión controlada, suelos estables y saludables. Taludes estabilizados.
Vegetación	Eliminación del arbolado muerto o enfermo y plantado de especies arbóreas y arbustivas nativas	Plantado y/o sembrado de especies herbáceas y arbustivas en los sitios en donde se realizaron obras de control de la erosión y estabilización de taludes.	Contar con una cobertura vegetal en todas las áreas deforestadas. La laguna que se forma en la parte alta del cauce de la calle Sierra Aconcagua debe estar libre de lirio acuático, plantado de vegetación hidrófita emergente en la orilla de esta laguna y en la laguna estacional de la calle de Monte Blanco.

B. Objetivos

Componente	Plazo		
	Corto (1 a 2 años)	Mediano (2 a 4 años)	Largo (4 a 6 años)
Hídrico	Contar con un avance de al menos el 50% de las obras para el tratamiento de aguas negras o eliminación de los puntos de descarga. En este 50% deben estar incluidos los 5 puntos de mayor caudal de descarga. Contar con un flujo ininterrumpido de agua como resultado del desazolve de las obras hidráulicas que corren debajo de las avenidas que cruzan la barranca. Contar con los planes ejecutivos para la reparación y adecuación de las obras hidráulicas que corren debajo de las avenidas que cruzan la barranca.	Los trabajos relacionados con las descargas de aguas negras deben estar concluidos, la calidad del agua que corra por la barranca debe de cumplir con las normas oficiales respectivas. Las obras de control de la erosión y de infiltración de agua deben estar concluidas al igual que las relacionadas con la estructura hidráulica que corre debajo de las avenidas que cruzan la barranca.	N/A
Suelo	La erosión asociada a caminos y senderos debe estar controlada. Las estructuras de control de la erosión y estabilización de taludes deben tener un avance de al menos el 50%.	La construcción de estructuras de control de la erosión y de estabilización de taludes deben estar concluidas. La recuperación de la capa orgánica debe de tener un avance de al menos el 70%.	Erosión controlada, suelos estables y saludables. Taludes estabilizados.
Vegetación	La eliminación del arbolado muerto o enfermo debe estar concluida. El plantado de especies arbóreas y arbustivas nativas debe de mostrar un avance	El plantado y/o sembrado de especies herbáceas y arbustivas en los sitios en donde se realizaron obras de control de la erosión y estabilización de taludes	El lirio acuático debe de estar eliminado de la barranca y el plantado de vegetación hidrófita emergente concluida.

	del al menos el 50%.	debe estar concluida así como el plantado de especies arbóreas.	
--	----------------------	---	--

C. Identificación de necesidades de control de la erosión y mejoramiento del suelo.

En la Barranca de Barrilaco hay problemas de erosión evidentes que incluyen cárcavas y un deslizamiento. Las cárcavas se encuentran localizadas a todo lo largo del área de valor ambiental en las coordenadas UTM que se presentan en la siguiente tabla.

Ubicación de las cárcavas y el deslizamiento en la barranca de Barrilaco (WGS84 – UTM 14)

Tipo	Longitud	Latitud
Cárcavas	476923.688	2147301.546
Cárcavas	476922.506	2147285.354
Cárcavas	476077.598	2146683.837
Cárcavas	476063.179	2146690.152
Cárcavas	476059.102	2146706.848
Cárcavas	476453.396	2146439.534
Cárcavas	476391.581	2146347.522
Deslizamientos	477066.769	2147846.929
Cárcavas	477066.757	2147832.794
Cárcavas	476937.273	2147198.421
Cárcavas	476849.599	2147119.555
Cárcavas	476640.987	2146715.03

En la zona Biocultural de Sierra Tarahumara y en la zona de conservación de Alpes-Sierra Tezonco, hay diversos puntos con suelo desnudo o cobertura herbácea que necesitan ser atendidos, los principales coinciden con las áreas en donde hay cárcavas.

D. Identificación de necesidades de remoción de arbolado muerto.

El arbolado muerto se concentra en la zona biocultural de la calle Alpes y es en donde representa el mayor riesgo para los visitantes. De acuerdo al Programa de Manejo para la barranca, elaborado por

el Instituto de geografía de la UNAM bajo la dirección de la Dra. Silke Cram-Heydrich, mediante el conteo directo del arbolado muerto en pie se contabilizaron un total de 172 árboles en esta condición (la mayoría pertenecientes a eucaliptos), complementario a este conteo se registró arbolado que representa una amenaza, obteniéndose un total de 31 individuos.

E. Identificación de necesidades de control de especies invasoras

Las necesidades de control de especies invasoras en la Barranca de Barrilaco se relacionan con la presencia de pastos introducidos que tienen un comportamiento invasor y el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), ya mencionado. Los primeros pueden ser controlados a través de la reforestación de las áreas abiertas y la segunda una vez que se resuelva el problema de descargas de aguas negras. En el caso de los pastos, se debe de preparar el sitio si se va a reforestar, cortándolos antes del plantado y usando acolchado para retrasar o controlar su rebrote. En caso necesario se deberán cortar hasta que ya no representen un factor limitante para el crecimiento de los árboles (es decir cuando los árboles tengan un metro o más de altura si fueron plantados con alturas menores a un metro).

F. Esquema de plantado

En la Barranca de Barrilaco las comunidades para restauración corresponden a la Comunidad de Encinos, la Comunidad de Bosque de Galería, y a la de Plantación Mixta para Zonas de Amortiguamiento y Áreas Jardinadas, adicionalmente se pueden establecer manchones de la Comunidad de especies funcionales para polinizadores en las áreas de conservación. Cabe mencionar que las especies de la comunidad de galería se pueden establecer a todo lo largo del cauce de la barranca como elementos aislados (Figura 10).

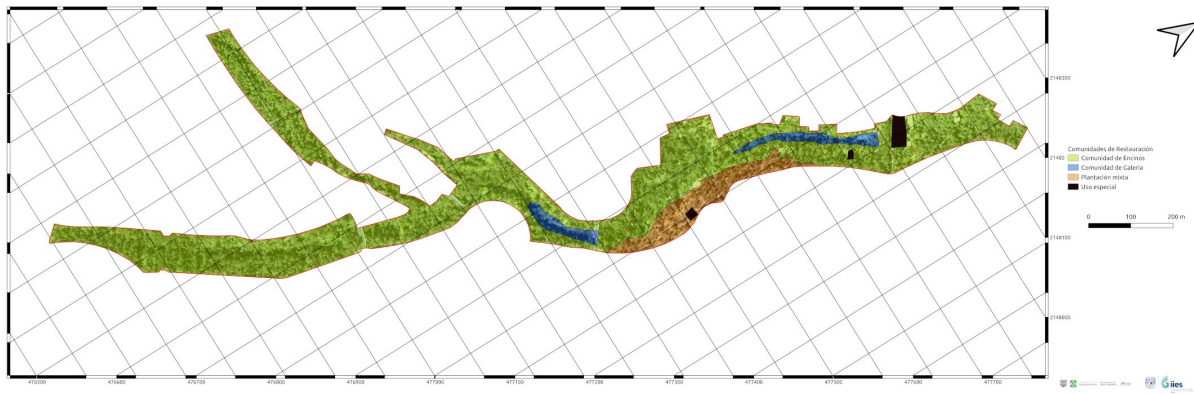


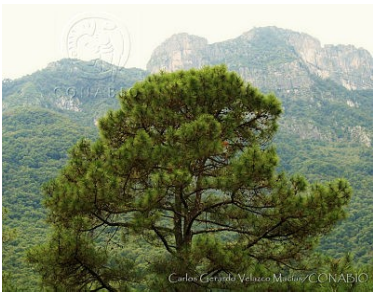
Figura 10. Tipos de vegetación para la Barranca de Barrilaco. En verde la vegetación correspondiente a la comunidad de encinos, en café plantación mixta y en azul bosque de galería. En negro las subzonas de uso especial.

Paleta vegetal

La selección de especies vegetales para la zona de conservación seguirá dos criterios generales: a) selección de especies nativas que históricamente se pudieron encontrar en las barrancas de la Tercera Sección. Lo anterior para conformar comunidades con una composición dominada por especies nativas y que sean reminiscentes de los bosques mesófilo, de encino y de pinos de la Sierra de las Cruces; y b) considerar los efectos esperados del cambio climático para la región en la que se ubica la Tercera Sección del Bosque de Chapultepec, de tal forma que se favorezca el uso de especies nativas cuyo hábitat climático corresponda al que tendrá la Tercera Sección en las décadas venideras (fotografías de los autores o tomadas de Comisión Nacional de Biodiversidad, Banco de Imágenes, <http://bdi.conabio.gob.mx/fotoweb/>).

Especie		Tipo de vegetación/ Hábitat	Habito de crecimiento	Tipo de comunidad de restauración
<i>Fraxinus uhdei</i> Nombre común: Fresno		Bosque de encino, bosque pino, bosque de pino-encino y bosque de mesófilo de montaña	Árbol perennifolio o caducifolio, tronco recto con ramas ascendentes	Comunidad mixta o transicional

<i>Liquidambar styraciflua</i> Nombre común: Liquidambar		Habita principalmente en bosques mesófilos de montaña, también se encuentra en bosques de pino-encino.	Árbol caducifolio, tronco recto con ramas alternas, copa redonda y amplia	Comunidad de afinidad mesófila de montaña
<i>Pinus greggii</i> Nombre común: Pino prieto		Bosques de encinos (<i>Quercus</i>) y bosque de coníferas, a una altitud que va de los 1400 a 3000 msnm	Árbol de 10 a 25 m de altura, de crecimiento rápido	Comunidad de coníferas Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Pinus devoniana</i> (= <i>Pinus michoacana</i>) Nombre común: Pino michoacana		Bosques de encinos (<i>Quercus</i>) y bosque de coníferas, a una altitud (en el Eje Neovolcánico) que va de los 1600 a 2450 msnm	Árbol de 15 a 25 m de altura, con estado cespitoso en estado de plántula joven	Comunidad de coníferas Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento

<i>Pinus teocote</i> Nombre común: Pino azteca		Se encuentra en bosques de coníferas en elevaciones de 2000 a 2700 msnm.	Árbol mediano de aproximadamente 8 m de altura.	Comunidad de coníferas
<i>Pinus leiophylla</i> Nombre común: Tlacocote, Ocote chino		Bosque de pino y pino- encino, se encuentra desde los 2000 a 2500 msnm	Árbol de 20 a 30 m de altura.	Comunidad de coníferas
<i>Pinus montezumae</i> Nombre común: Ocote, Pino blanco, Pino real		Se encuentra en bosque de pino y encino, a una altitud que va de 2400 a 3200 msnm	Árbol de 25 a 30 m de altura, con un crecimiento de rápido a moderado	Comunidad de coníferas
<i>Cupressus lusitanica</i> Nombre común: Cedro blanco		Bosque de coníferas, de encino y mesófilo de montaña	Árbol o arbusto de 10 a 30 m de altura, presenta un tronco recto y ramas extendidas	Comunidad de coníferas, Comunidad de afinidad mesófila de montaña

<i>Prunus serotina</i> Nombre común: Capulín		Se puede encontrar en bosques de pino, pino-encino, encino, mesófilo de montaña y pastizales	Árbol o arbusto, de 5 a 15 m de altura, copa ancha de forma ovoide	Comunidad de encinos
<i>Garrya laurifolia</i> Nombre común: Aguacatillo o azulillo		Habita en bosques de pino- encino y encino.	Árbol o arbusto pequeño, base del tallo ramificada, corteza de color pardo-rojiza	Comunidad de encinos. Comunidad de afinidad mesófila de montaña.
<i>Quercus rugosa</i> Nombre común: Encino de asta, Encino blanco, Tulán, Roble		Habita en bosque de pino, encino, pino-encino, mesófilo de montaña y matorral subtropical. Se encuentra en suelo someros o profundos	Árbol perennifolio o caducifolio, de 3 a 8 m de altura, con una copa densa y redondeada	Comunidad de encinos.
<i>Quercus castanea</i> Nombre común: Capulincillo, Encino amarillo, Encino chino, Roble		Habita en laderas y cañadas, bosque de pino-encino y encino, de 1400 a 2000 msnm	Árbol de 5 a 20 m de altura con una corteza café oscura, las hojas presentan el haz verde grisáceo y rugoso, envés gris a amarillento	Comunidad de encinos

<i>Quercus obtusata</i> Nombre común: Charari, Encino blanco, Encino chino, Encino roble		Habita en barrancas en bosques de encino, pino-encino, mesófilo de montaña y matorral subtropical, a una altitud de 1500 a 2600 msnm	Árbol de 3 a 20 m de altura, tronco de 10 a 60 cm de diámetro, con una corteza gris y escamosa	Comunidad de encinos
<i>Quercus crassipes</i> Nombre común: Capulincillo, Encino colorado, Encino saucillo		Se encuentra en barrancas en bosques de pino-encino, encino y pastizales, a una altitud de 1100 a 2700 msnm	Árbol de 10 a 35 m de altura, con un diámetro de 15 a 100 cm, presenta una corteza pardo oscura con placas alargadas	Comunidad de encinos
<i>Crataegus pubescens</i> Nombre común: Tejocote, Chisté, manzanillo		Habita en claros de bosque de pino, pino encino, encino y mesófilo de montaña.	Árbol o arbusto caducifolio de 4 a 10 m de altura, tronco recto, ramas rígidas y a menudo cubiertas de espinas, presenta una copa ovoide extendida	Comunidad de encinos
<i>Begonia gracilis</i> Nombre común: Ala de ángel		Bosque mesófilo de montaña bosque de encino y de pino	Planta herbácea con un tamaño de 25 a 50 cm de altura. El tallo presenta líneas rojizas. Hojas en forma de ala, con bordes ondulados, hojas de color rosado se agrupan en la unión del tallo con la hoja	Comunidad de encinos

<i>Alnus jorullensis</i> Nombre común: Aile		Árbol común a la orilla de arroyos y laderas cercanas, en bosque de pino-encino, oyamel y encino. Se distribuye a una altitud de 2500 a 3500 msnm	Árbol de corteza café, con hojas alternas y simples. Florece prácticamente durante todo el año, aunque en invierno presenta una mayor abundancia	Comunidad mixta o transicional
<i>Buddleja cordata</i> Nombre común: Tepozán		Crece en bosques de encino, pino, mesófilo de montaña. Tolerancia condiciones de sequía por lo que también se puede encontrar en matorral xerófilos y suelos erosionados	Árbol o arbusto de hasta 20 m de alto. Planta de crecimiento rápido	Comunidad mixta o transicional
<i>Quercus laurina</i> Nombre común: Chilillo, Encino colorado, Encino jarilla		Se distribuye con mayor abundancia a lo largo del eje Neovolcánico en bosques de encino, pino y mesófilo de montaña	Árbol perennifolio de 10 a 20 m de altura con un diámetro de 30 a 40 cm	Comunidad de afinidad mesófila de montaña
<i>Sambucus mexicana</i> Nombre común: Condumbo, Ocoquihui		Habita en bosques de oyamel (<i>Abies</i>), mesófilo de montaña. Se encuentra con frecuencia a las orillas de las parcelas, principalmente en las regiones de bosque de pino-encino	Árbol pequeño o arbusto, de hasta 15 m de alto, tallo gris, hueco (con un tejido esponjoso en el interior). Presenta flores pequeñas y fragantes agrupadas hacia la puntas de las ramas	Comunidad de afinidad mesófila de montaña

<i>Acer negundo</i> var. <i>Mexicana</i> Nombre común: Negundo, Maple		Bosque caducifolio, pino-encino y vegetación riparia	Árbol caducifolio de crecimiento rápido, presenta una altitud de hasta 20 m	Comunidad de afinidad mesófila de montaña
<i>Taxodium mucronatum</i> Nombre común: Ahuehuete, Ciprés de río, Ciprés		Habita cercas de pantanos, arroyos y manantiales	Árbol muy longevo, de 18 a 25 m, y hasta 40 m de altura, con tronco grueso, presenta una copa globosa y follaje durante algunos meses. Hojas pequeñas y alargadas (2 cm)	Comunidad de bosque de galerías
<i>Platanus mexicana</i> Nombre común: Alamo, Alamo blanco, Guayabillo		Habita en bosque encino, galería, mesófilo de montaña, tropical caducifolio tropical subcaducifolio y tropical subperennifolio cerca de ríos y arroyos.	Árbol caducifolio o perennifolio, de 15 a 25 m de altura, presenta un tronco con ramificación irregular. Durante otoño las hojas toman un color amarillo y anaranjado	Comunidad de bosque de galerías
<i>Alnus acuminata</i> Nombre común: Aile, Lite, Aliso		Bosque de galería, tropical subperennifolio, tropical caducifolio, encino, pino-encino y mesófilo de montaña	Árbol o arbusto perennifolio/caducifolio, de 10 a 25 m de altura, con un diámetro a la altura del pecho de 35 a 40 cm. Copa estrecha y piramidal	Comunidad de bosque de galerías

<i>Salix bonplandiana</i> Nombre común: Sauce, Aguejote, Huejote		Bosque de pino, encino, galería, pino-encino y tropical caducifolio	Árbol caducifolio o perennifolio, de 6 a 10 m de altura, presenta una copa columnar estrecha. Tronco con ramas abundantes, delgadas y ascendentes	Comunidad de bosque de galerías
<i>Typha spp</i> Nombre común: Tule, Masa de agua, Cola de gato		Habita en lagos de agua dulce, lagunas, pantanos, zanjas y canales. Se distribuye en lugares cálidos-húmedos	Hierva acuática, enraizada, emergente, presenta un taño de hasta 2.5 m de altura	Comunidad de bosque de galerías
<i>Salvia elegans</i> Nombre común: Hierva del burro, Mirto de flor roja		Habita en bosques de oyamel (<i>Abies</i>), pino, encino y mesófilo de montaña. Se encuentra a altitudes que van de los 2550 a 3100 msnm	Planta herbácea perenne o arbustiva de 0.8 a 2 m de alto.	Comunidad de especies funcionales para polinizadores Comunidad de encinos
<i>Salvia fulgens</i> Nombre común: Mirto		Bosque de coníferas, encino y mesófilo de montaña. Se distribuye a altitudes de 2650 a 3400 msnm	Arbusto de 1 a 4 m de alto, a menudo trepador. Tallos tomentosos a pilosos con pelos generalmente glandulosos y pegajosos	Comunidad de especies funcionales para polinizadores Comunidad de encinos

<i>Salvia polystachya</i> Nombre común: Chía, Tepechía		Pastizales, bosques de encino y pino, matorrales secundarios y áreas perturbadas en general	Planta herbácea perenne a arbustiva, de 50 cm a 3.5 m de altura. Tallo cubierto de pelos largos y enredados o bien de pelillos recostados sobre la superficie y dirigidos hacia abajo, o sin pelos. Hojas opuestas, ovadas o elípticas	Comunidad de especies funcionales para polinizadores Comunidad de encinos
<i>Salvia mexicana</i> Nombre común: Tacote, Tapachichi		Bosques de pino y encino, preferentemente en lugares perturbados. Se distribuye a altitudes de 2250 a 3000 msnm	Planta herbácea perenne o arbustiva, de 50 cm a 3 m de alto. El tallo presenta generalmente pelos blancos, largos y entrecruzados. Hojas ovadas, opuestas, puntiagudas con abundantes pelos blancos.	Comunidad de especies funcionales para polinizadores Comunidad de encinos
<i>Salvia sessei</i> Nombre común: Salvia roja de árbol		Bosque de pino y pino-encino	Planta perenne, alcanza hasta los 5 m de altura, las hojas son de color verde fresco. Flores color rojo suave. Planta muy sensible a heladas	Comunidad de especies funcionales para polinizadores Comunidad de encinos
<i>Penstemon roseus</i> Nombre común: Campanita rosa		Bosque de pino, encino, oyamel, mesófilo y pastizal. Se encuentra a altitudes de 2250 a 3900 msnm	Hierva con tallos erectos, de 40 cm a 1.2 m de altura muy ramificados en ocasiones teñidos de color púrpura. Hojas sésiles, lanceoladas.	Comunidad de especies funcionales para polinizadores

<i>Penstemon gentianoides</i> Nombre común: Campanita morada		Habita en bosques de coníferas y praderas alpinas. Se distribuye entre los 3000 y 4200 msnm	Hierba perenne de hasta 1.5 m de altura. Tallo leñoso, erecto y muy ramificado. Presenta flores tubulares de color azul, violeta o morada	Comunidad de especies funcionales para polinizadores
<i>Penstemon barbatus</i> Nombre común: Jarritos		Habita en bosques de pino o encino	Hierba perenne, con base leñosa, de hasta 1 metro de altura. Tallo erecto algunas veces con presencia de pelillos	Comunidad de especies funcionales para polinizadores
<i>Zinnia elegans</i> Nombre común: Cabezona, Mal de ojo, Miguel, San Miguel		Matorrales y pastizales, preferentemente en condiciones de disturbio	Planta herbácea de hasta 90 cm de alto presenta hojas ovales, opuestas	Comunidad de especies funcionales para polinizadores
<i>Tecoma stans</i> Nombre común: Tronador, Tronadora, Saúco amarillo, Retama, Lluvia de oro, Corneta amarilla, Campanas amarilla		Abunda entre la selva baja caducifolia y el bosque de encino, también se encuentra en bosque de pino-encino y mesófilo de montaña	Árbol pequeño o arbusto bajo, de 1 a 10 m de altura, perennifolio o caducifolio con hojas compuestas	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento

<i>Ipomoea murucoides</i> Nombre común: Cazahuate		Habita principalmente en la selva baja caducifolia, también se llega encontrar en el bosque de pino-encino	Árbol de 2 a 13 m de altura	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Ipomoea wolcottiana</i> Nombre común: Acotope		Bosque tropical caducifolio	Árbol de tronco robusto y torcido con ramas ascendentes de 4 a 8 m de altura	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Tabebuia rosea</i> Nombre común: Primavera, Palo de rosa, Rosa morada		Habita en bosques de pino-encino, galerías y mesófilo de montaña	Árbol caducifolio de 15 a 25 m de altura, tronco derecho algunas veces ligeramente acanalado	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento

<i>Ceiba aesculifolia</i> Nombre común: Pochote		Frecuente en matorral subtropical y en el bosque tropical caducifolio	Árbol de hasta 15 m de altura de tronco delgado, copa extendida, hojas dispuestas en espiral	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Cedrela dugesii</i> Nombre común: Nogalillo		Bosque tropical caducifolio, pero se encuentra mayormente en algunos malpaíses	Árbol de 12 a 15 m de altura	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Dodonaea viscosa</i> Nombre común: Chapulixtle		Selva baja caducifolia, bosque de pino-encino y matorrales xerófilos	Arbusto perennifolio de hasta 3 m de altura, muy resinoso	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Baccharis conferta</i> Nombre común: Escoba o jara		Habita en los bosques de pino y mesófilo de montaña, entre los 2370 y 3500 msnm	Arbusto de hasta 2.5 m de altura, hojas gruesas y pegajosas al tacto	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía

				Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Senecio salignus</i> Nombre común: Jarilla		Habita en bosques de oyamel (<i>Abies</i>), pino, encino (<i>Quercus</i>) y tropical caducifolio	Arbusto comúnmente muy ramificado y algo frondoso, de hasta 2.5 m de altura	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Eysenhardtia polystachya</i> Nombre común: Palo dulce		Bosque de pino-encino, encino, mesófilo, tropical caducifolio, tropical perennifolio y Matorral xerófilo	Árbol o arbusto caducifolio, de 3 a 6 m de altura, prospera en terrenos pedregosos y de suelo somero	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Erythrina americana</i> Nombre común: Colorín		Habita en matorrales y bosque tropical caducifolio	Árbol de hasta 9 m de alto, tronco grueso, corteza café lisa, copa globosa con ramas espinosas	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento

<i>Buddleja cordata</i> Nombre común: Tepozán blanco		Bosque de encino y pino y matorral xerófilo, a una altitud de 1500 a 3000 msnm	Arbusto o árbol de hasta 20 m de altura	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Buddleja parviflora</i> Nombre común: Tepozán		Habita en bosques a una altitud de 750 a 3500 msnm	Arbustos o pequeños árboles de 1 a 7 m de alto, hojas lanceoladas, ovadas a oblongo-ovadas	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Bursera fagaroides</i> Nombre común: Aceitillo		Bosque tropical caducifolio, bosque de encino	Arbusto de hasta 10 m de altura con corteza de color beige a amarillenta, las flores nacen en un racimo corto, poco numeroso	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento

<i>Bursera cuneata</i> Nombre común: Copal		Bosque tropical caducifolio, bosque de encino frecuentemente se encuentra en malpaíses	Árbol (o a veces arbusto), hasta de 10 m de altura, resinoso, con corteza gris o gris rojiza	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Sedum oxypetalum</i> Nombre común: Siempreviva		Habita en matorrales pedregosos	Arbusto de 50 cm a 1 m de altura, el tallo principal se ramifica en ramas delgadas y papilosas	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento Comunidad de especies funcionales para polinizadores
<i>Pittocaulon praecox</i> Nombre común: Palo loco		Nativo de las zonas semiáridas y templadas del centro y sur de México	Arbusto caducifolio de tallos gruesos, de hasta 4 m de altura las hojas se agrupan en el extremo superior de las ramas	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento

<i>Echeveria gibbiflora</i> Nombre común: Conchita, Tememetla		Habita en climas semicálido a templado entre 1800 a 2600 msnm	Tallos carnosos color rosa, hojas carnosas en forma de roseta con apariencia cerosa	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Agave salmiana</i> Nombre común: Maguey manso, Maguey de pulque		Habita en bosque de pino-encino, encino, tropical caducifolio y matorral xerófilo a elevaciones de 1500 a 2600 msnm	Hojas grandes suculentas de color verde con largos ápices acuminados, tallo corto	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Yucca filifera</i> Nombre común: Palma pita		Habita en lugares xéricos	Palma de 10 m de altura y con un diámetro de hasta 90 cm	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Coryphantha pycnacantha</i> Nombre común: Biznaga partida, Chiche de burro.		Bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo y áreas perturbadas. 600 a 1600 msnm.	Planta globosa o cilíndrica que crece por separado o juntas formando un grupo.	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía

				Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Cylindropuntia imbricata.</i> Nombre común: Cardenche, Abrojo, Cardón, Xoconochtli Tuna agria, Tencolote.		Ampliamente distribuida en matorral xerófilo, pastizal y bosque abierto de junípero, pino y encino. 500-2800 msnm.	Arbusto pequeño con tallos verdes, largos, cilíndricos, ramificados.	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Cylindropuntia tunicata</i> Nombre común: Abrojo, Cholla Clavellina, Clavellina, Perros.		En matorral xerófilo, pastizal y áreas perturbadas.	Planta arbustiva con tallos cilíndricos, armados de espinas.	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Echinocereus cinerascens</i> Nombre común: Cocúa, Organito, Alicoche.		Habita en matorrales de mezquite y en matorrales xerófilos. 1800-2200 msnm.	Planta erecta, cespitosa (forma agrupaciones), rupícula (se apoya en roca o tronco para crecer) o terrestre. Crece con ramificaciones desde la base y forma agrupaciones de tallos postrados o erectos.	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento

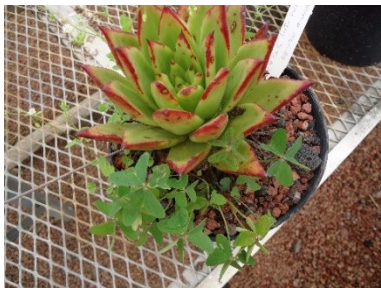
<i>Ferocactus latispinus</i> Nombre común: Biznaga ganchuda		Bosque tropical caducifolio, matorral xerófilo y bosques de encino. 600 a 2500 msnm.	Planta globosa con la parte superior plana.	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Mammillaria discolor</i> Nombre común: Biznaga de muchos colores		Bosque de encino y junípero, matorral xerófilo y en cañadas húmedas. 2000 a 2700 msnm.	Planta globosa, solitaria.	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Mammillaria haageana</i> Nombre común: Chilito, Biznaguita, Caca de burro, Biznaguita blanca de chiles.		Matorral xerófilo, bosque de encino y vegetación secundaria. Con frecuencia se encuentra en lugares abiertos y perturbados. En elevaciones de 800 a 2550 m.	Planta esférica a cilíndrica, perenne y casi siempre solitaria	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento

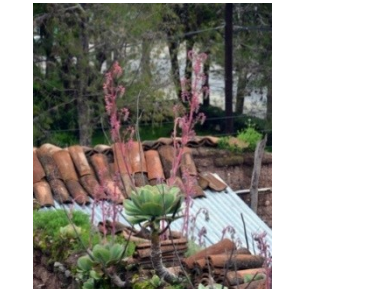
<i>Mammillaria magnimamma</i> Nombre común: Biznaga de bucareli, Biznaga de dedos largos, Biznaga de espina solitaria.		Crece en terrenos planos o laderas poco pronunciadas, de los matorrales xerófilos, pastizales y áreas abiertas de bosques de <i>Quercus</i>, en elevaciones de 1700 a 2600 m.	Planta de forma esférica, tiende a formar grupos o colonias.	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Mammillaria rhodantha</i> Nombre común: Biznaga de flores rosadas		Crece en sitios rocosos, en acantilados y en las fisuras de las rocas. Tiene un alto valor ornamental.	Su tallo es globoso con el ápice ligeramente redondeado.	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Mammillaria wiesingeri</i> Nombre común: Biznaga, Biznaga de Wiesinger		Su hábitat natural son los áridos desiertos. Se ha extendido por todo el mundo como planta ornamental.	Crece individualmente con tallos deprimidos que son verdes, esféricos y sin brillo.	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Opuntia lasiacantha</i> Nombre común: Nopal de espinas lacias, Nopal del pedregal,		Habita en el matorral xerófilo crasicaule y en encinar arbustivo. 1800-2200 msnm.	Es un arbusto con estructura de árbol con ramas erguidas, alcanzando un tamaño hasta de 4 m de alto.	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía

Nopal de tuna colorada.				Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Opuntia robusta</i> Nombre común: Nopal tapón, Calueso, Bartolona, Tuna tapon, Cochinera		Habita en el matorral xerófilo crasicaule y en transición a bosque de pino y encino. 1500-2400 msnm.	Es una cactácea arbustiva con los segmentos del tallo aplanados y circulares, verde-azules.	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Opuntia heliabravoana</i> Nombre común: Nopal		Habita en zonas semiáridas, característica del matorral xerófilo	Especie de hábitos rastreros alcanza hasta los 1.30 m de altura. Tronco ausente. Flores amarillosas	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Opuntia rzedowski</i> Nombre común: Nopal		Crece principalmente en pedregales	Planta arbustiva de 1.5 a 2 m de altura, presenta flores de color naranja con tintes rojizos, pasando a rojo con el tiempo y con el frío	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento

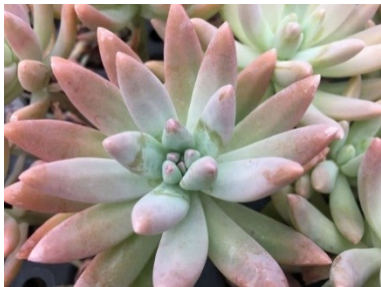
<i>Opuntia streptacantha</i> Nombre común: Nopal cardón, Nopal hartón, Tuna cardona, Tuna cascarona		Habita en los climas templados y secos del centro de México (Mesa del Centro y Eje Neovolcánico) y es uno de los nopales productores de tunas. 1200-2300 msnm.	Cactácea arbustiva con pencas muy grandes.	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Opuntia tomentosa</i> Nombre común: Nopal de San Gabriel. Lengua de vaca.		Habita en el matorral xerófilo crasicaule y en pastizales, en suelos volcánicos. 1000- 2250 msnm. Naturalizada en numerosas zonas cálidas y secas del mundo.	De porte arbóreo o arbustivo, puede alcanzar los 8 m de alto. Carece de espinas.	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Opuntia undulata</i> Nombre común: Nopal oreja de elefante		Ampliamente distribuida en México. Cultivada.	Arbustiva. Pencas sin espinas y brillantes.	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
<i>Stenocactus obvallatus</i> Nombre común: Biznaga ondulada.		Su hábitat natural son los áridos desiertos pero también se puede encontrar en pastizales secundarios.	Cactácea con tallo carnoso y esférico que alcanza un diámetro de 6-11 centímetros. Sus 30-50 costillas son delgadas y onduladas con las areolas muy amplias.	Comunidad de especies funcionales para sitios erosionados y resiliente a la sequía

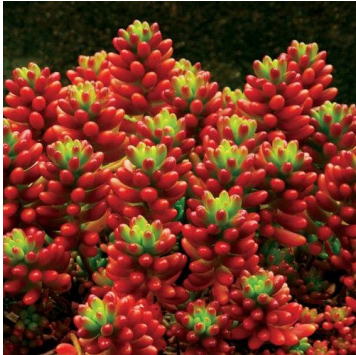
Tepexcomitle.				Plantación mixta para zonas de amortiguamiento
---------------	--	--	--	--

Especie			Características
<i>Echeveria agavoides</i> Nombre común: Conchita maguey, lechuguita, Magueyito.			Fácil propagación. Puede producir varios hijuelos en periodos cortos. Flores amarillas
<i>Echeveria cante.</i> Nombre común: Roseta maguey			Planta en general solitaria. Color verde pálido cerosa. Flores amarillas-con la base anaranjada
<i>Echeveria dactylifera</i> Nombre común: Siempre viva dedos rojos			Hojas largas que cuando van madurando se tiñen de rojo intenso. Forma tapetes muy coloridos.

<i>Echeveria elegans</i> Nombre común: Conchita de Hidalgo, Repollito, Rosa de alabastro	 	Planta verde azulosa. Rosetas globosas. Forma agrupaciones muy vistosas.
<i>Echeveria gibbiflora</i> Nombre común: Tememetla, Lengua de vaca, Hoja metálica, Oreja de burro.	 	Tallos largos, robustos y carnosos de color rosa. Hojas de color verde pálido a rosado.
<i>Echeveria gigantea</i> Nombre común: Flor bonita	 	Planta solitaria, tallos carnosos. Hojas verdes claro con los bordes rojizos
<i>Echeveria laui</i> Nombre común: Roseta, Flor cuicateca	 	Planta con hojas verde pálido, tono azul claro y algunas veces rosa claro. Preferentemente crece en cañadas en paredes casi verticales. Alto valor ornamental.

<i>Echeveria pallida</i> Nombre común: Siempreviva			Planta ornamental con hojas verde claro brillantes. Fácil cultivo.
<i>Echeveria secunda</i> Nombre común: Conchita, Chupa huevo, Orejas de ratón.			Plantas sin tallo o muy pequeño, postrado. Hojas de color verde azuladas, apiculadas, arregladas en roseta. Crece generalmente sobre rocas y en ocasiones, como epífitas
<i>Echeveria shaviana</i> Nombre común: Roseta orejona			Hojas verdes pálido, y cuando van madurando se ven color lila, su borde ondulado
<i>Graptopetalum paraguayense</i> Nombre común: Madreperla			Hojas apiculadas, verde-lila-grisáceo. Flores blancas con forma de estrella

<i>Graptosedum</i> (HÍBRIDO) Nombre común: Siempreviva			Es una cactácea arbustiva con los segmentos del tallo aplanados y circulares, verde-azules.
<i>Sedum booleanum</i> Nombre común: Siempreviva.			Forman densas colonias. Tallos ramificados y postrados. Flores de color rojo intenso. Asociada a matorral xerófilo
<i>Sedum burrito</i> Nombre común: Siempreviva, Conchita, Flor de Piedra.			Tallos ramificados desde la base, colgantes, hojas color verde claro. Flores rosadas. Ornamental
<i>Sedum dendroideum</i> Nombre común: Lágrima de María, Flor de niño, Siempreviva.			Crece en climas áridos, pero también en climas más fríos y es cuando sus hojas se tornan rojizas. Es una planta muy resistente.

<i>Sedum griseum</i> Nombre común: Chisme	 	Arbustiva. Tallos verde grisáceos y muy ramificados, colgantes.
<i>Sedum moranense</i> Nombre común: Jaspalache, Cardoncillo, Chisme	 	Pequeña planta arbustiva, muy ramificada, tallos rosados, hojas triangulares. Flores blancas.
<i>Sedum nanifolium</i> Nombre común: Cordoncillo.	 	Crece muy cerca del suelo, pero sus tallos son erectos, de color rojo a guinda. Flores amarillas.
<i>Sedum pachyphyllum</i> Nombre común: Dedos de Dios.	 	Arbusto pequeño, hojas suculentas en forma de dedos. Flores en forma de estrella y color amarillas.
<i>Sedum rub Rotinctum</i> Nombre común: Deditos	 	Hojas pequeñas, carnosas con forma de deditos. Con el sol se ponen de color rojizos, tinte que les sirve como protector solar.

Referencias

- Barajas-Guzmán y Barradas, 2013. Costos y beneficios de la aplicación de acolchados en la reforestación de los bosques tropicales caducifolios. *Botanical Sciences* 91 (3): 363-370, 20138
- Benavides-Meza, H., B. Gazca-Guzmán y S. Espinoza-González. 2020. Curso taller de dasonomía urbana. Recuperado el 12 de septiembre de 2020, de <http://areasverdesyarboladourbano.com.mx/wp-content/curso/chihuahua/curso-dosonomia-chihuahua-cap7.pdf>.
- Blanco-García A, Sáenz-Romero C, Martorell C, Alvarado-Sosa P, Lindig-Cisneros R. 2011. Nurse-plant and mulching effects on three conifer species in a Mexican temperate forest. *Ecological Engineering* 37(6):994-998. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2011.01.012>.
- Blanco-García, A., C. Sáenz-Romero, P. Alvarado-Sosa y R. Lindig-Cisneros. 2008. Native pine species performance in response to age at planting and mulching in a site affected by volcanic ash deposition. *New Forests* 36: 299-305. <https://doi.org/10.1007/s11056-008-9101-z>
- Bravo-Espinosa , M. E. Mendoza , L. Medina-Orozco y T. Sáenz-Reyes. 2010. Características y control de cárcavas. *Terra Latinoamericana* 28: 281-285
- Burney O, Aldrete A, Alvarez-Reyes R, Prieto-Ruiz J A, Sánchez-Velazquez J R, Mexal J G,. 2015. México—Addressing challenges to reforestation. *Journal of Forestry* 113(4):404–413. <https://doi.org/10.5849/jof.14-007>
- Carbajal-Navarro A, Navarro-Miranda E, Blanco-García A, Cruzado-Vargas AL, Gómez-Pineda E, Zamora-Sánchez C, Pineda-García F, O'Neill G, Gómez-Romero M, Lindig-Cisneros R, Johnsen KH, Lobit P, Lopez-Toledo L, Herrerías-Diego Y and Sáenz-Romero C (2019) Ecological restoration of *Abies religiosa* forests using nurse plants and assisted migration in the Monarch Butterfly Biosphere Reserve, Mexico. *Frontiers in Ecology and Evolution* 7(Article 421):1-16. doi: <https://doi.org/10.3389/fevo.2019.00421>

- Castellanos-Acuña D, Lindig-Cisneros RA, Sáenz-Romero C. 2015. Altitudinal assisted migration of Mexican pines as an adaptation to climate change. *Ecosphere* 6(1):Article 2:1-16. <https://doi.org/10.1890/ES14-00375.1>
- Castellanos-Acuña D, Vance-Borland KW, St. Clair JB, Hamann A, López-Upton J, Gómez-Pineda E, Ortega-Rodríguez JM, Sáenz-Romero C. 2018. Climate-based seed zones for Mexico: guiding reforestation under observed and projected climate change. *New Forests* 49:297-309 <https://doi.org/10.1007/s11056-017-9620-6>.
- Castillo-Arguero, S., Montes-Cartas, G., Romero-Romero, A., Martínez-Orea, Y., Guadarrama-Chávez, P., Sánchez-Gallén, I., Núñez-Galindo, O. 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral xerófilo de la reserva ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F., México). *Boletín Sociedad Botánica Mexicana*. 74:51-75.
- Castillo Rodríguez, L., & Armando Ferro Cisneros, So. 2015. La problemática del diseño con árboles en vías urbanas: verde con respaldos negros. *Arquitectura y Urbanismo*, 36(1), 5-24. Recuperado en 11 de octubre de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-58982015000100002&lng=es&tlng=es.
- Castillo Rodríguez, Larisa, & Armando Ferro Cisneros, Sergio. (2015). La problemática del diseño con árboles en vías urbanas: verde con respaldos negros. *Arquitectura y Urbanismo*, 36(1), 5-24. Recuperado en 11 de octubre de 2020, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-58982015000100002&lng=es&tlng=es.
- Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2010. Manual Básico de prácticas de reforestación. Guadalajara, México 66p.
- Comisión Nacional Forestal. 2020. Manual básico de prácticas de reforestación. Guadalajara, México 66p.
- Cotler, H., S. Cram, S. Martínez T. y V. Bunge (2015), “Evaluación de prácticas de conservación de suelos forestales en México: caso de las zanjas trinchera”, *Investigaciones Geográficas*, Boletín, núm. 88, Instituto de Geografía, UNAM, México, pp. 6-18, [dx.doi.org/10.14350/rig.47378](https://doi.org/10.14350/rig.47378).

- Díaz Mendoza, C. 2011. Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización. *Ingeniería e Investigación* 31: 3, diciembre 2011 (80-90)
- Domínguez P A., Navar J, Hernández C, Tienda J. 2005. Factors influencing the quality of nursery seedlings of *Pinus pseudostrobus* Lindl. *Tree Planter's Notes* 51(1):47-52
- Downs, S. 2010. Manual de bioingeniería, reduciendo riesgos y adaptándonos al cambio climático. Cooperación Suiza en America Central.
- Hudson, N., Conservación del suelo., Editorial Reverte España, 1982.
- Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Reforestación. Recuperado el 6 de octubre de 2020 de, <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/21/reforest.html#top>.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP). 2005. Barreras vivas antierosivas para la agricultura de ladera en la Huasteca Potosina. Fundación PRODUCE folleto para productores No. 6
- Lindig-Cisneros R. 2017. Ecología de Restauración y Restauración Ambiental. UNAM, ENES-Morelia, IIES. 319 p. ISBN 978-607-02-9449-5.
- Llanos, C. y H. Meyer. 2011. Plantación de árboles nuevos Sociedad Internacional de Arboricultura Hispana. Recuperado en 5 de octubre de 2020, de <https://www.yumpu.com/es/document/read/5327127/plantacion-de-arboles-nuevos-isa-hispana>.
- López Martínez, R y Oropeza-Mota, José L., 2009. Presas de gaviones. Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Pp. 14.
https://0201.nccdn.net/4_2/000/000/008/486/Presa-de-gaviones.pdf
- López Martínez, R., Fernández-Reynoso D., y Martínez-Menés, M. 2017. Presas filtrantes de piedra acomodada. Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación
- Martínez-Menés, M., Rubio-Granados, E., Oropeza-Mota, J., y Palacios-Espinoza, C. 2009. Control de Cárcavas. Secretaría de Agricultura Ganadería Desarrollo Rural Pesca y Alimentación. Pp. 9.
- Morgan, R. P., Urbano López, Meneses C., J. Erosión y conservación del suelo., Longman group limited, 1995. ISBN: 84- 7114-679-7

Navarro, S. 2008. Manual de bioingeniería. URL.

<https://sjnavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-bioingenieria.pdf>

Osuna-Vallejo V, Lindig-Cisneros R A, Blanco-García A, Cruz-deLeón J, Sánchez-Vargas N M y Sáenz-Romero C. 2020. Ensayo de especies y procedencias para restauración ecológica de residuos mineros en Tlalpujahua, Michoacán, México. *Agrociencia* 54: 101-114. 2020.
<https://agrociencia-colpos.mx/index.php/agrociencia/article/view/1885/1882>

Osuna-Vallejo V, C. Sáenz-Romero, J. Villegas, R. Lindig-Cisneros. 2017. Species and provenance trial conducted for selection of conifers to be used in the restoration of mine dumps. *Ecological Engineering* 105:15-20

Pimentel Bribiesca, L. 2007. sistemas manuales de preparación del terreno con fines forestales. Universidad Autónoma Chapingo. Recuperado el 5 de octubre de 2020 de, http://dicifo.chapingo.mx/pdf/publicaciones/sis_man_de_prep_del_terr_c_fines_ftals_2007.pdf.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). 2004. Manual para la gestión ambiental comunitaria, uso y conservación de la biodiversidad de los campesinos indígenas de América Latina. http://www.cdi.gob.mx/pnuma/c5_04.html.

Rivera, J. E., Espinosa, A., 2011. Nueva información sobre registros recientes de las familias Meliaceae, Poaceae y Viscaceae en la flora fanerogámica del Distrito Federal, México. Nota técnica. *Revista Científica UDO Agrícola*. 11:83-88.

Sáenz-Romero C, Rehfeldt GE, Soto-Correa JC, Aguilar-Aguilar S, Zamarripa-Morales V, López-Upton J. 2012. Altitudinal genetic variation among *Pinus pseudostrobus* populations from Michoacán, México; two location shadehouse test results. *Revista Fitotecnia Mexicana* 35(2):111-120.

Sáenz-Romero C; Lindig-Cisneros RA; Joyce DG; Beaulieu J; St-Clair JB; Jaquish BC. 2016. Migración asistida de las poblaciones forestales para la adaptación de árboles ante el cambio climático. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 22(3): 303 - 323.
<https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2014.10.052>

Sáenz-Romero C. 2014. Guía técnica para la planeación de la reforestación adaptada al cambio climático. Comisión Nacional Forestal, Guadalajara, México. 72 p.
<http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/19/6688Gu%C3%ADa%20T%C3%A9cnica%20para%20la%20Planeaci%C3%B3n%20de%20la%20Reforestaci%C3%B3n.pdf>

- Sáenz-Romero, C. y Lindig-Cisneros, R. 2004. Evaluación y propuestas para el programa de reforestación en Michoacán, México. *Ciencia Nicolaita* 37:107-122
- Sáenz-Romero, C., Rehfeldt, G.E., Crookston, N.L. et al. Spline models of contemporary, 2030, 2060 and 2090 climates for Mexico and their use in understanding climate-change impacts on the vegetation. *Climatic Change* 102, 595–623 (2010). <https://doi.org/10.1007/s10584-009-9753-5>
- Sáenz-Romero, C., Snively, A. and Lindig-Cisneros, R. 2003. Conservation and restoration of pine forest genetic resources in México. *Silvae Genetica* 52 (5-6):233-237
- SCSA (Soil Conservation Society of America). 1982. Resource conservation glossary. Ankeny, IA, USA en Bravo-Espinosa, M. E. Mendoza, L. Medina-Orozco y T. Sáenz-Reyes. 2010. Características y control de cárcavas. *Terra Latinoamericana* 28: 281-285
- Vanegas López, M. 2016. Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias. Informe final dentro del proyecto GEF 00089333 “Aumentar las capacidades de México para manejar especies exóticas invasoras a través de la implementación de la Estrategia Nacional de Especies Invasoras”. CONAFOR, CONABIO, GEF-PNUD. México. 158 p.
- Willan, R.L. 1991. Guía para la manipulación de semillas forestales. Estudio FAO Montes 20/2. Centro de Semillas Forestales de DANIDA, FAO. <http://www.fao.org/3/ad232s/ad232s00.htm#TOC>.
- Yuan et al., 2006 en Díaz Mendoza, C. 2011. Alternativas para el control de la erosión mediante el uso de coberturas convencionales, no convencionales y revegetalización. *Ingeniería e Investigación* 31: 3, diciembre 2011 (80-90)
- Ziribi, W. 2013. Efectos del acolchado sobre distintos parámetros del suelo y de la nectarina en riego por goteo. Tesis de Doctorado Universitat de Lleida

Autores y contribución

Lindig Cisneros Roberto. Coordinación, concepción del proyecto, evaluación diagnóstica, zonificación, selección de especies, criterios, metas y objetivos, autoría principal en la elaboración de los informes del proyecto.

Torres García Alejandro. Evaluación diagnóstica, establecimiento de criterios de zonificación, elaboración de propuesta normativa.

Blanco García Arnulfo. Evaluación diagnóstica, selección de especies, zonificación.

Bonfil Sanders Consuelo. Evaluación y diagnóstico, propuesta de especies para restauración y de estrategias de restauración.

Gómez Pineda Erika. Modelado de escenarios de cambio climático, evaluación diagnóstica, desarrollo de SIG, elaboración de mapas.

Navarro Miranda Esmeralda. Elaboración de la paleta vegetal, investigación bibliográfica.

Pérez Nasser Nidia. Elaboración de las paletas vegetales de suculentas.

Rojas Solis Daniel. Investigación documental, estudio de socioeconómico.

Sáenz Figueroa Rebeca. Diseño y propuestas arquitectónicas y gráficas.

Sáenz Romero Cuauhtémoc. Modelado de escenarios de cambio climático, evaluación diagnóstica, selección de especies ante escenarios de cambio climático, elaboración de criterios de colecta, técnicas de propagación.

Valle Díaz Oscar. Evaluación diagnóstica, propuestas de restauración de suelos, técnicas de plantación.