

Establecimiento de tres módulos de restauración de ecosistemas forestales, utilizando para reforestación únicamente especies nativas

Ing. Salvador Martínez García



ENTREGA 2

Realización de las actividades de preparación del terreno previstas en el plan de trabajo para cada módulo.

Contenido

1. Introducción	1
2. Antecedentes.....	1
3. Objetivo general.....	2
4. Objetivos específicos	2
5. Justificación	3
6. Módulo región semiárida.....	3
6.1. Localización del módulo región semiárida.	3
6.2. Características generales	6
6.3. Obras de protección	7
6.3.1. Cercado	8
6.3.2. Brechas cortafuego	12
6.4. Obras para la rehabilitación, restauración y mejoramiento de suelos	14
6.4.1. Roturación	14
6.4.2. Cabeceo de cárcavas	17
6.4.3. Barreras vivas	20
6.4.4. Barreras de piedra	22
6.5. Reforestación	25
6.5.1. Especies propuestas.....	26
6.5.2. Diseño de plantación	29
6.5.3. Producción en vivero.....	30
7. Módulo templado-frío.....	33
7.1. Localización	33
7.2. Características generales.....	35
7.3. Obras de protección	36
7.3.1. Cercado	36
7.3.2. Brechas cortafuego	39
7.4. Obras para la rehabilitación, restauración o mejoramiento de suelos	40
7.4.1. Roturación	40
7.4.2. Zanja bordo.....	41
7.4.3. Cabeceo de cárcavas	44

7.5. Reforestación	47
7.5.1. Especies propuestas.....	47
7.5.2. Producción en vivero.....	50
8. Módulo región tropical.....	54
8.1. Localización	54
8.2. Características generales	57
8.3. Obras de protección	58
8.3.1. Cercado	58
8.3.2. Brechas cortafuego.....	60
8.4. Obras para la rehabilitación, restauración o mejoramiento de suelos	61
8.4.1. Roturación	62
8.5. Reforestación	66
8.5.1. Especies propuestas.....	66
8.5.2. Diseño de la plantación.....	69
8.5.3. Producción en vivero.....	70
9. Colecta de germoplasma	73
9.1 Colecta de semillas.	73
9.1.1. Tipos de colecta de semilla.....	74
10. Bibliografía consultada	79

INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Macro y micro localización del módulo de la región semiárida	5
Ilustración 2. Proceso para establecimiento de postes metálicos.....	10
Ilustración 3. Pasos para la colocación del cercado.	11
Ilustración 4. Proceso para la estructuración de cabeceo de cárcavas.	19
Ilustración 5. Mapa de obras de conservación de suelo.	24
Ilustración 6. Diseños de plantación.....	29
Ilustración 7. Croquis de ubicación del vivero en el cual se producirá la planta para el módulo región semiárida.....	30
Ilustración 8. Macro y micro localización del módulo región templado-frío.	34
Ilustración 9. Proceso de colocación del cercado en el módulo templado-frío.....	38
Ilustración 10. Distribución de obras de conservación de suelo en el módulo templado-frío.	46

Ilustración 11. Etapas de la reforestación.	47
Ilustración 12. Croquis de la ubicación del vivero al lugar donde se encuentra el módulo región templado-frío.....	51
Ilustración 13. Micro y macro localización del módulo región tropical.....	56
Ilustración 14. Proceso de colocación del cercado en el módulo región tropical.	59
Ilustración 15. Mapa de obras para el módulo tropical.	65
Ilustración 16. Diseño tresbolillo.	69
Ilustración 17. Croquis de la ubicación del vivero Los pulmones de Camila.....	70
Ilustración 18. Reproducción de planta mediante diferentes métodos.....	73
Ilustración 19. Recolección de semilla de árboles en pie en los que se accede trepando.	76
Ilustración 20. Recolección de semillas con apoyo de escalera.	77
Ilustración 21. Recolección de semilla mediante el sacudimiento manual.....	78

INDICE DE IMÁGENES

Imagen 1. Agricultura de temporal (maíz) en el estado de Zacatecas.....	6
Imagen 2. Vista panorámica del estado actual del módulo región semiárida.	7
Imagen 3. Ganado bovino en los alrededores del módulo propuesto.....	8
Imagen 4. Cercado colocado para protección del módulo región semiárida.....	9
Imagen 5. Obras de protección ya concluidas para el módulo semiárido.	12
Imagen 6. Apertura de brecha cortafuego con un ancho de tres metros.	13
Imagen 7. Vista aérea del establecimiento de brechas cortafuego en el perímetro del módulo.....	14
Imagen 8. Implemento agrícola denominando subsoleador para la roturación de suelo. .	15
Imagen 9. Tractor agrícola abriendo líneas de subsoleo.....	16
Imagen 10. Subsoleo a tres metros de distancia entre línea y línea.....	16
Imagen 11. Conclusión de subsoleo a curvas de nivel a cada 3 metros.....	17
Imagen 12. Profundidad del suelo en el módulo región semiárido.	17
Imagen 13. Cabeceo de cárcavas con piedra en el módulo semiárido.....	18
Imagen 14. Avance de recubrimiento de una cárcava con piedra.	20
Imagen 15. Transporte de cladodios del género <i>Opuntia</i> , para el establecimiento de barrera viva.....	21
Imagen 16. Establecimiento de nopal en líneas, con una separación de 20 cm entre líneas.....	22

Imagen 17. Establecimiento de líneas de piedra acomodada.	23
Imagen 18. Reforestaciones con <i>Pinus cembroides</i> cercanas al módulo región semiárida.	25
Imagen 19. Aspecto del módulo región semiárida, previa a la reforestación.	26
Imagen 20. <i>Pinus cembroides</i>	27
Imagen 21. <i>Acacia farnesiana</i>	29
Imagen 22. Producción de planta de <i>Pinus cembroides</i>	31
Imagen 23. Producción de planta en el vivero “Productores de Plantas Forestales y Otros Juchipila”.	32
Imagen 24. Vista panorámica de la parcela demostrativa.	35
Imagen 25. Vista aérea de la parcela demostrativa clima templado-frío.....	36
Imagen 26. Colocación de postes para dar soporte y mayor tensión en el cercado.	39
Imagen 27. Apertura de brecha cortafuego en el módulo región templado-frío.	40
Imagen 28. Roturación de suelo en el módulo de la región templado-frío.	41
Imagen 29. Trazado de líneas a curvas de nivel para elaboración de zanjas bordo.....	42
Imagen 30. Realización de zanjas bordo en el módulo región templada-fría, de forma manual.....	43
Imagen 31. Combinación de Zanjas bordo con roturación de suelo.	43
Imagen 32. Colecta de piedra y recubrimiento de cárcava.....	44
Imagen 33. Primera cárcava y su proceso de recubrimiento con piedras.....	45
Imagen 34. Segunda cárcava y su proceso de recubrimiento con piedras.....	45
Imagen 35. <i>Pinus pseudostrobus</i>	49
Imagen 36. <i>Pinus teocote</i>	50
Imagen 37. Producción de <i>Pinus pseudostrobus</i> en etapa de cerillo.	52
Imagen 38. Producción de planta en el vivero Silvícola Cutzamala.....	53
Imagen 39. Vista paronímica de las condiciones iniciales del módulo región tropical.....	55
Imagen 40. Vista panorámica del módulo región tropical.	57
Imagen 41. Ganado bovino en presente en el módulo región tropical.....	58
Imagen 42. Cercado en el módulo región tropical.	60
Imagen 43. Realización de brecha cortafuego en el módulo región tropical.....	61
Imagen 44. Brecha cortafuego ya concluida en el módulo región tropical.	61
Imagen 45. Arado de subsoleo adaptado a tractor agrícola.	62
Imagen 46. Vista panorámica del terreno del módulo región tropical.	63
Imagen 47. Roturación de suelo.	64

Imagen 48. Plantación comercial de <i>Pinus caribaea</i> cercana al módulo región tropical...	66
Imagen 49. <i>Swietenia macrophylla</i> (Caoba).....	68
Imagen 50. <i>Tabebuia rosea</i> (Maculís).....	69
Imagen 51. Producción de <i>Tabebuia rosea</i> (Maculís) en el Vivero Los pulmones de Camila.	71
Imagen 52. Producción de planta en el vivero Los pulmones de Camila.....	72
Imagen 53. Recolección de semilla.....	75

1. Introducción

Para el desarrollo del proyecto de “Establecimiento de tres módulos de restauración de ecosistemas forestales, utilizando para reforestación únicamente especies nativas” se establecieron módulos representativos ubicados en los municipios de Villanueva, Zacatecas; Texcoco, Estado de México y Huimanguillo, Tabasco, con los cuales se cubren los tres ecosistemas dominantes en México: semiárido, templado-frío y tropical respectivamente.

Mediante la ejecución de las obras de conservación de suelo propuestas y con la utilización de especies forestales nativas para el restablecimiento de la estructura arbórea se buscará el éxito en la restauración de los ecosistemas forestales demostrando con ello que mediante una metodología y procedimientos adecuados se puede lograr la conservación de la biodiversidad.

Las obras realizadas en el municipio de Villanueva, Zacatecas son: barreras de piedra, barreras vivas, subsoleo y cabeceo de cárcavas. Mientras tanto, para la zona del estado de México se trabajó con zanja bordo, subsoleo y cabeceo de cárcavas. Finalmente, para Huimanguillo, Tabasco solamente se realizó subsoleo.

Para asegurar la sobrevivencia en cada módulo propuesto se realizaron también actividades de protección tales como cercado y brechas cortafuego. Será de suma importancia que estas obras se evalúen constantemente con la finalidad de observar su efectividad en las diferentes condiciones presentes, considerando principalmente el relieve, condición topográfica, tipo de suelo, así como el clima dominante.

2. Antecedentes

Durante el periodo 2015-2016 la CONAFOR con financiamiento del Global Environmental Facility (Proyecto GEF-Invasoras 00083999) y a través de un servicio de consultoría obtuvo el proyecto denominado “Manual de mejores prácticas para restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias”. En ese documento se plantearon las herramientas prácticas para que las especies que se pretendan utilizar en proyectos y programas de reforestación con fines de restauración de ecosistemas degradados, se establezcan en sitios ubicados dentro de su área de distribución natural.

Las áreas prioritarias en que se enfatiza son los ecosistemas templados, tropicales y de zonas áridas y semiáridas, la restauración forestal es la intervención que a través de distintas herramientas logra el restablecimiento de la estructura, la productividad y la diversidad de las especies originalmente presentes en el bosque. Existen diversas estrategias encaminadas a lograr la restauración de los ecosistemas, entre las más importantes se puede mencionar la rehabilitación, el saneamiento o reclamación, reemplazamiento vegetal y el recubrimiento vegetal o revegetación. En términos de restauración, la sucesión ecológica es imprescindible, ya que permite establecer la base sobre los procesos mediante los cuales las comunidades bióticas dentro del ecosistema restaurado responden a las distintas afectaciones y permite valorar si estas ocurren de manera similar a las condiciones de un ecosistema no perturbado.

Son cuatro los ecosistemas donde se realiza la mayor parte del trabajo de restauración en el país: bosques (templados), selvas (tropicales), zonas semiáridas y manglares. Para restaurarlos la CONAFOR produce diferentes especies de plantas con base a las características de los ecosistemas. Sin embargo, los proyectos de producción tienden a generalizar la composición de especies para cada región y, aun cuando se utilizan especies nativas para México, no necesariamente son las que se encuentran en una localidad natural que se restaura, por lo que se introducen a este, especies traslocadas.

3. Objetivo general

Validar el “Manual de mejores prácticas para restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias”, a través de su implementación en campo para llevar a cabo el proceso de la restauración de tres áreas piloto en el país.

4. Objetivos específicos

Poner en práctica las obras de conservación de suelo y filtración de agua adecuadas al tipo de terreno presente y a los recursos disponibles para la ejecución cada una de ellas.

Establecer especies nativas para lograr el restablecimiento de la estructura, la productividad y la diversidad de las especies originalmente presentes en los tres principales tipos de ecosistemas de México: bosques (templados), selvas (tropicales) y zonas semiáridas.

5. Justificación

El suelo es un recurso natural considerado como no renovable, debido a lo difícil y costoso que resulta recuperarlo o mejorar sus propiedades después de haber sido erosionado o deteriorado físico o químicamente (García, 2010).

El suelo contribuye a un sistema abierto, con entradas de tipo atmosféricas y salidas que pueden ser superficiales, en forma de escurrimiento y erosión. Por otro lado, en el cuerpo mismo del suelo se producen una serie de transformaciones que involucran la presencia de microorganismos, agua raíces, intercambio de gases, descomposición y neoformaciones, entre muchos otros procesos. La evolución del suelo es contante bajo condiciones propicias, pero con lapsos que fluctúan de cientos a miles de años requeridos para la formación de algunos centímetros, este largo periodo hace que se considere al suelo como un recurso natural no renovable (Cotler *et al.*, 2007).

De ahí la importancia de controlar su degradación en áreas forestales mediante la implementación de obras de conservación y recuperación de suelos, además de las reforestaciones propuestas lo que ayudara a evitar diferentes tipos de erosión que pudiesen presentarse.

6. Módulo región semiárida

6.1. Localización del módulo región semiárida.

Este se encuentra ubicado dentro del Ex-Rancho Las Chilitas perteneciente a la comunidad de Villanueva, Zacatecas, delimitado por las coordenadas de los vértices mostrados en la Tabla 1, con una superficie de 3.05 hectáreas y la periferia de 1.02 kilómetros. Las comunidades cercanas que se pueden encontrar son El Molino, Malpaso y el Tepetate.

Tabla 1. Coordenadas geográficas del módulo región semiárido.

Vértice	X	Y
1	735982	2503795
2	735976	2503718
3	735808	2503759
4	735727	2503784
5	735592	2503811
6	735549	2503818
7	735561	2503890
8	735653	2503867

Fuente: Datos obtenidos en campo.

En el siguiente mapa (Ilustración I) se puede apreciar la macro y micro localización del módulo, así como el deterioro que se ha tenido en la parcela, principalmente por la ganadería que se maneja de forma extensiva en toda la zona.

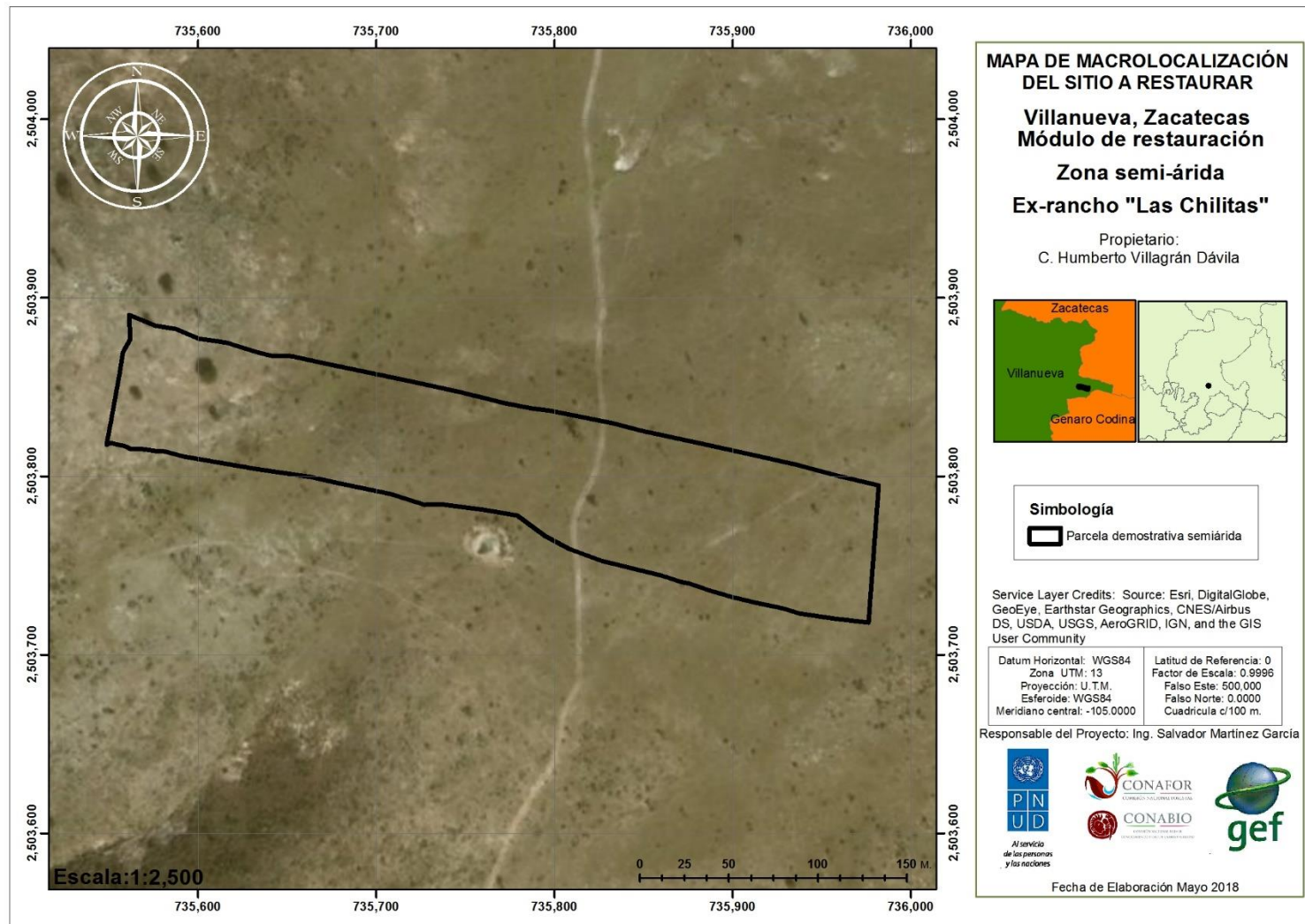


Ilustración 1. Macro y micro localización del módulo de la región semiárida

6.2. Características generales

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2015) indica que el polígono propuesto para la restauración del ecosistema presenta una topoforma de sierra en su totalidad, con una altitud de 2,496 msnm y pendientes menores al 30%. Está área se ubica en la cercanía de dos escorrentías perennes y dos cuerpos de agua, de igual forma se observa un clima semiárido con temperatura media de entre 12 °C y 18°C, donde el mes más frío va de los 3 °C a 18 °C, con lluvias en verano.

Durante la visita al predio y tomando como base las cartas de INIFAP-CONABIO (1995) donde se define que los suelos existentes son alcalinos, con una textura media de Castañozem lúvico, ricos en materia orgánica y nutrientes. Considerando las condiciones ambientales y de suelo antes descritas, las principales actividades económicas que se desarrollan en el estado de Zacatecas son: la minería, agricultura de temporal (maíz, frijol, chile seco y avena forrajera principalmente, y en menor proporción cebolla, ajo, zanahoria y jitomate), ganadería (mayormente bovinos) y cultivo de frutales (durazno, tuna y guayaba).

Estas actividades han ocasionado una degradación notoria de los suelos a lo largo de los años, como se muestra en la Imagen 1, por ello Zacatecas ha sido catalogada como uno de los estados con mayor índice de degradación de sus suelos, destacando los municipios de Fresnillo, Guadalupe y Zacatecas.



Imagen 1. Agricultura de temporal (maíz) en el estado de Zacatecas.

Fuente: propia.

La condición actual del módulo propuesto (Imagen 2) denota la importancia y necesidad de la restauración de la zona, de tal manera que, con ayuda del manual de mejores prácticas de restauración de Vanegas (2016), se proponen obras de conservación de suelos y obras de protección acordes a las características antes descritas, como lo son tipo de suelo, pendientes, exposición, clima, entre otros factores.



Imagen 2. Vista panorámica del estado actual del módulo región semiárida.

Fuente: propia.

6.3. Obras de protección

Las obras de protección son aquellas actividades encaminadas a evitar daños de cualquier índole en la reforestación, tales como incendios y daños mecánicos por diferentes animales de porte mediano y/o mayor. Es importante precisar que el proceso de la reforestación no termina en el momento de concluir la plantación, pues se puede tener una gran mortandad de las plantas si no se establecen medidas adecuadas de protección y mantenimiento.

Ahora bien, una de las principales actividades económicas dentro de la zona como se muestra en la Imagen 3, es la ganadería extensiva, razón por la cual se contempla el cercado sobre periferia del módulo, así como la realización de brechas corta fuego para el caso de llegarse a presentar una conflagración.



Imagen 3. Ganado bovino en los alrededores del módulo propuesto.

Fuente: propia.

6.3.1. Cercado

El cercado con alambre de púas se caracteriza por su rigidez, la cual deriva de la corta distancia entre postes y el uso de grapas, tubos o ángulos metálicos. Para el caso del módulo de la región semiárida se propuso cercado en la periferia, con postes metálicos de 1.8 m de alto, a una distancia de 4 m entre postes, además de una base de cemento para cada poste, esto para obtener firmeza y un mejor soporte.

Los postes se colocaron con una altura de 1.4 m desde la superficie del suelo con cuatro hilos de alambre de púas de calibre intercalado de 12.5 y 15 (Imagen 4). Para el caso de los quiebres que se tuvieron en el cercado se colocaron vigas de madera, los cuales dan una mayor resistencia y soporte en el momento de la tensión de los hilos de alambres.

Esta obra de protección fue la primera en realizarse ya que los postes al ser metálicos deben quedar establecidos antes de colocar los hilos de alambre de púas; para esta actividad se requirió de 6 jornales, cuatro de ellas haciendo los orificios en suelo y las otras dos realizando la mezcla y colocando los postes metálicos, en total se ocuparon 5 días para poder concluir la actividad.

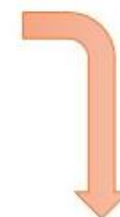


Imagen 4. Cercado colocado para protección del módulo región semiárida.

Fuente: propia.

Para que el cercado tenga un buen funcionamiento se consideraron los siguientes aspectos:

- La primera actividad realizada, fue el diseño de una línea guía sobre la cual se establecieron los postes y la limpieza manual del área a trabajar.
- Para la colocación de los postes se consideró una profundidad de 40 cm, con la finalidad de que tuviesen un mejor anclaje. Dependiendo del material del que están hechos los postes, se puede considerar colocar una base de concreto, esto con la finalidad de dar mayor estabilidad. Para este caso en específico, los postes se colocaron con una base de concreto y piedras.
- Los diferentes tamaños de los animales que pudieran afectar la reforestación determina el espaciamiento entre hilos, quedando con el siguiente arreglo: el primer hilo de alambre a 20 cm del suelo y los demás se colocan a una separación de 40 cm entre ellos.



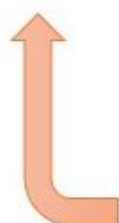
Marcaje de la línea del cercado



Colocación de postes metalicos



Colocación de durmientes



Excavación para colocar postes metálicos



Ilustración 2. Proceso para establecimiento de postes metálicos.
Fuente: propia.

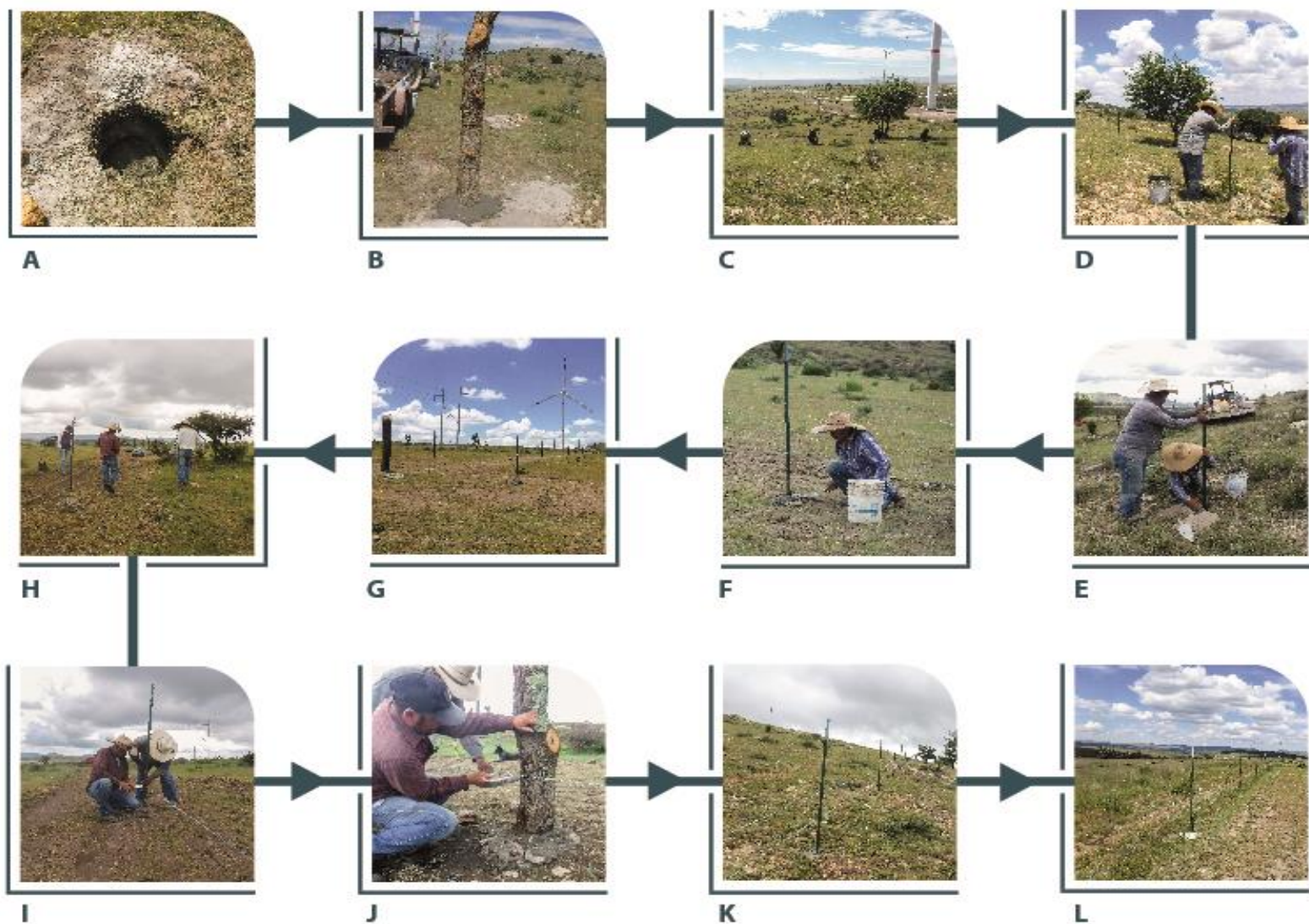


Ilustración 3. Pasos para la colocación del cercado.
Fuente propia.

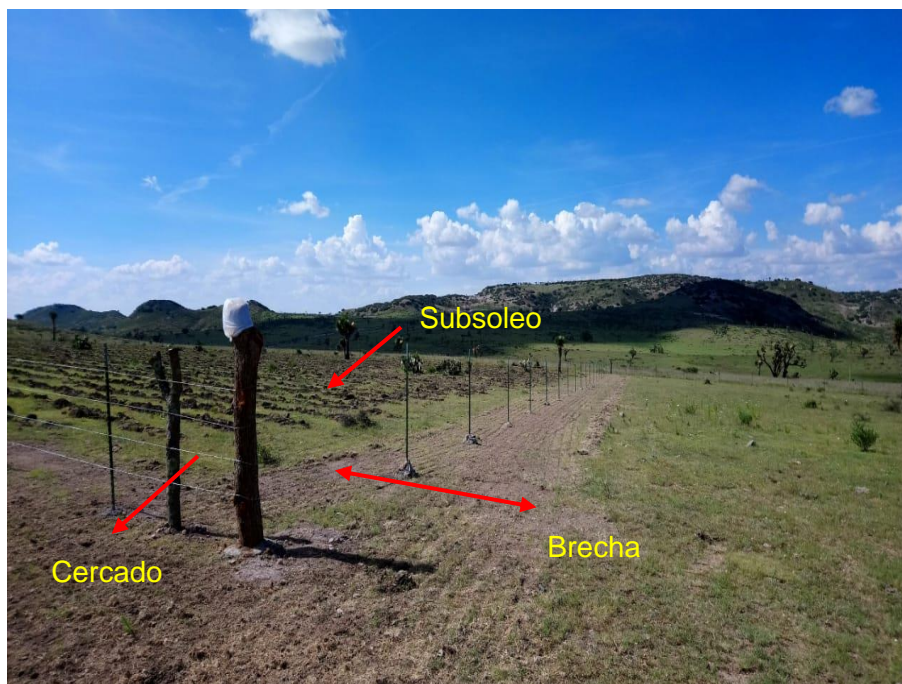


Imagen 5. Obras de protección ya concluidas para el módulo semiárido.
Fuente: propia.

6.3.2. Brechas cortafuego

La apertura de brechas cortafuego es una medida que sirve para prevención y combate de incendios. Esta obra consiste en trazar líneas de tres a cuatro metros de ancho, dentro de la superficie reforestada, distribuyéndolas de manera estratégica, debe permanecer libre de materiales inflamables (Imagen 6) con el objetivo de evitar un incendio o romper la continuidad del fuego si es que llegara a presentarse.



Imagen 6. Apertura de brecha cortafuego con un ancho de tres metros.

Fuente: propia.

Las brechas cortafuego requieren además de la apertura de 3 m de ancho como mínimo, y deben estar libre de materia orgánica, removiendo ésta debiendo llegar hasta el suelo mineral.

En el caso del módulo región semiárida, se realizó 1.1 kilómetros de brecha cortafuego distribuidos en toda la parcela, con un ancho de 3 metros como se muestra en la Imagen 7.

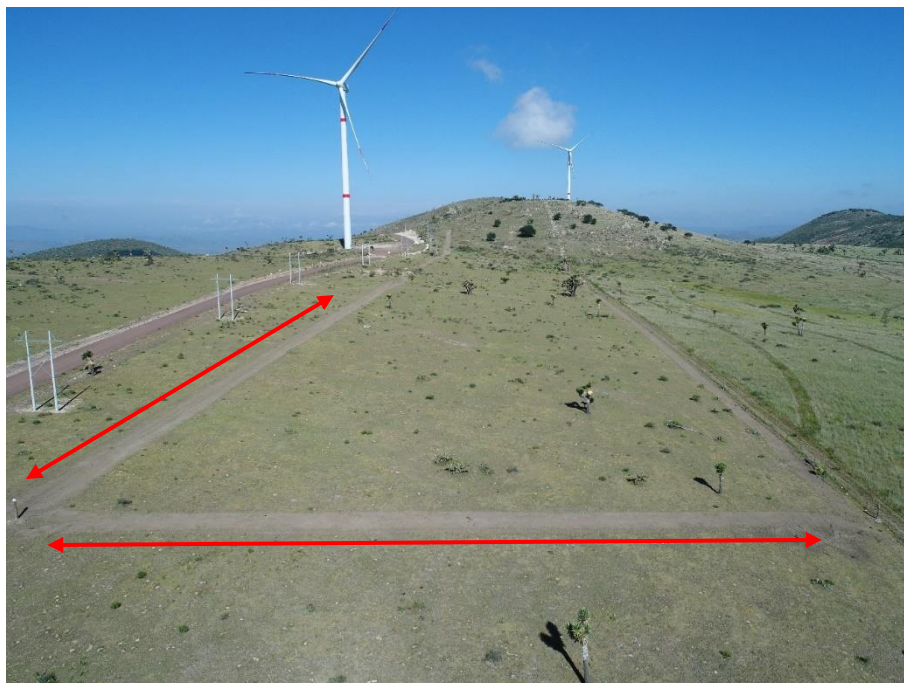


Imagen 7. Vista aérea del establecimiento de brechas cortafuego en el perímetro del módulo.
Fuente: propia

6.4. Obras para la rehabilitación, restauración y mejoramiento de suelos

Para este apartado se describirán las actividades desarrolladas en el módulo región semiárida, con las cuales se pretende mejorar la estructura del suelo, su capacidad de retención e infiltración, de igual forma ayudar en la conservación de sus propiedades químicas

6.4.1. Roturación

La roturación de suelo o subsoleo consiste en la fragmentación del suelo en franjas, de la primera capa endurecida, generalmente se necesita de maquinaria especializada para poder realizar esta actividad, sin embargo, los tractores agrícolas pueden cumplir la misma función siempre y cuando se cuente con los implementos adecuados como lo son el ripper o un subsoleador (Imagen 8).



Imagen 8. Implemento agrícola denominando subsoleador para la roturación de suelo.

Fuente: propia.

Durante esta actividad se consideraron las recomendaciones de CONAFOR (2013):

- Cuando la maquinaria genere terrones grandes, deben ser desintegrados de manera manual para permitir un mejor desarrollo en la plantación.
- Para suelos que presenten poca fertilidad, se debe considerar la incorporación de algún elemento como abono, de preferencia orgánico para favorecer el crecimiento.
- Si en el área llegaran a existir materiales muy duros o algún conjunto de vegetación, se debe evitar pasar la maquinaria y continuar librando el espacio.

Esta actividad está encaminada a facilitar la plantación de especies y la recuperación de la cobertura vegetal, es por ello que solo se requiere de la labor en franjas sobre curvas de nivel (Imagen 9), las cuales son planeadas de acuerdo a la densidad de plantación que se desea. En este caso las franjas se hicieron cada 3 m (Imagen 10) para posteriormente tener una densidad de 722 plantas por hectárea (distancia entre plantas de 4 metros), siendo un total de 1,986 plantas en una superficie de 2.75 hectáreas destinadas a la reforestación (Imagen 11).

Esta actividad se realizó en un día con dos jornales, una de ellas marcando las líneas a curvas de nivel y la otra operando el tractor. Es importante mencionar que esta actividad demoró. Lo anterior debido a que en el suelo no se tenía la humedad suficiente que permitiera tanto el adecuado subsoleo como la profundidad.



Imagen 9. Tractor agrícola abriendo líneas de subsoleo.
Fuente: propia.



Imagen 10. Subsoleo a tres metros de distancia entre línea y línea.
Fuente: propia.



Imagen 11. Conclusión de subsoleo a curvas de nivel a cada 3 metros.
Fuente: propia.

Es importante mencionar que, de acuerdo con el perfil de suelo realizado dentro del predio (Imagen 12), se presentan suelos poco profundos, por lo cual la roturación se realizó a una profundidad de 0.40 m.



Imagen 12. Profundidad del suelo en el módulo región semiárido.
Fuente: propia.

6.4.2. Cabeceo de cárcavas

Es el proceso en el cual se realizan labores en la parte inicial de la cárcava para evitar su crecimiento en longitud, así como prevenir el proceso de erosión. Esta actividad consiste

en cubrir la parte inicial de la cárcava para amortiguar los escurrimientos con material como: piedras, cemento o material vegetal muerto (Imagen 13).



Imagen 13. Cabeceo de cárcavas con piedra en el módulo semiárido.
Fuente: propia.

Antes de comenzar estas actividades es necesario contar con los datos de la pendiente o grado de inclinación del talud, la profundidad de la cárcava y el tipo de suelo para determinar las medidas perimetrales de la cárcava, así como la inclinación más adecuada del talud. Posteriormente se lleva a cabo el despalme de manera manual, continuando con el recubrimiento de la cárcava.

Debido al estado en el que se encontró el módulo región semiárida se realizaron tres obras de este tipo; las medidas de cada cárcava se señalan en los siguientes cuadros, por consecuente se recomendó el recubrimiento de las cárcavas con piedra:

Tabla 2. Primera cárcava: datos dasométricas.

Cárcava 1			
Transecto	Longitud	Ancho (m)	Profundidad (cm)
0	0.0	0.50	0.38
1	1.8	1.40	0.20
2	4.0	4.60	0.10

Fuente: Datos obtenidos en campo.

Tabla 3. Segunda cárcava: datos dasométricos.

Cárcava 2			
Transecto	Longitud	Ancho (m)	Profundidad (cm)
0	0.00	1.36	0.37
1	2.47	3.91	0.20
2	6.20	5.50	0.08

Fuente: Datos obtenidos de campo.

Tabla 4. Tercera Cárcava: datos dasométricos.

Cárcava 3			
Transecto	Longitud	Ancho (m)	Profundidad (cm)
0	0.00	1.60	0.27
1	1.96	3.10	0.16
2	4.40	3.70	0.10

Fuente: Datos obtenidos en campo.



Ilustración 4. Proceso para la estructuración de cabeceo de cárcavas.
Fuente: propia.

La CONAFOR (2013) recomienda prolongar el recubrimiento en la parte del fondo de la cárcava un tercio de la longitud del talud despalmado para amortiguar la caída directa de la corriente de agua sobre el suelo.



Imagen 14. Avance de recubrimiento de una cárcava con piedra.
Fuente: propia.

El cabeceo de cárcavas se realizó con cuatro jornales, las cuales se coordinaron para acarrear piedra y colocarla como se muestra en la imagen anterior. Esta actividad se ejecutó y concluyó en 5 días.

6.4.3. Barreras vivas

Las barreras vivas o cercos vivos son una opción para la restauración del suelo en las zonas áridas y semiáridas, que se pueden elaborar en suelos poco profundos y compactados. La obra consiste en la colocación de plantas en hileras sobre curvas de nivel para evitar el paso de escurrimientos y sedimentos, estas especies deben ser plantadas con alta densidad y el acomodo de ellas depende de sus características. La función general de dicha obra es disminuir la degradación del suelo al reducir la velocidad de escorrentía y ayudar a la infiltración (Bravo *et al.*, 2001).

Las especies para la barrera viva pueden variar, pero es conveniente utilizar especies de fácil establecimiento y propagación que logren de forma natural restaurar las áreas degradadas y tener un aprovechamiento a futuro. Para el caso del módulo región semiárida

se establecieron cladodios de nopal, debido a que en la región se presenta una cantidad elevada de individuos del género *Opuntia* que se han propagado de manera natural.

Para llevar a cabo la obra se hizo la recolección de los cladodios en la cercanía del predio, se recolectaron aproximadamente 1,000 unidades (Imagen 15) para cubrir una superficie de 200 metros (Imagen16).



Imagen 15. Transporte de cladodios del género *Opuntia*, para el establecimiento de barrera viva.
Fuente: propia.

Posteriormente en el área propuesta se marcaron cuatro líneas a curvas de nivel de barrera viva con las unidades recolectadas, estas líneas tienen una longitud de 50 m. Cada cladodio se estableció con una distancia entre ellas de 20 cm aproximadamente a una profundidad entre 10 y 15 cm.

La presente actividad requirió de 4 jornales dispersas en la recolección, transporte y colocación de gladiolos. Dicha obra requirió de 3 días de trabajo para concluirse.



Imagen 16. Establecimiento de nopal en líneas, con una separación de 20 cm entre líneas.
Fuente: propia.

6.4.4. Barreras de piedra

Son un tipo de barreras muertas que también son conocidas como muros de piedra, son acomodados a curvas de nivel con la finalidad de retener suelo en zonas con erosión laminar y disminuir la velocidad de los escurrimientos, reteniendo los nutrientes del suelo. Una de las ventajas de esta obra es el aprovechamiento de las piedras presentes en el terreno, lo que favorece y libera espacio para las demás actividades dentro del área.

De acuerdo con la Fundación Hondureña de Investigación Agrícola (FHIA, 2011) el muro de piedra se establece en pendientes entre 5 y 60% con dimensiones en altura de 50 cm y un ancho de 30 cm, sin embargo, cuando se hacen de tipo cemento las dimensiones cambian, teniendo una profundidad de 10 cm por cada 50 cm de altura. CONAFOR (2013) menciona que las dimensiones deben ser de 40 cm de alto y de 30 a 40 cm de ancho (varía de acuerdo con el material).

Esta obra se realizó en la parte alta del terreno donde presenta mayor daño ocasionado por los escurrimientos debido a la pendiente. Se elaboraron 3 líneas de piedra acomodada separadas cada 15 m, con dimensiones de 40 cm de ancho por 40 cm de altura para cubrir una superficie de 166 metros (Imagen 17). Se necesitaron dos jornales para realizarla en cuatro días.



Imagen 17. Establecimiento de líneas de piedra acomodada.

Fuente: propia.

En el siguiente mapa es posible apreciar la distribución de las obras de conservación de suelo en la parcela demostrativa.

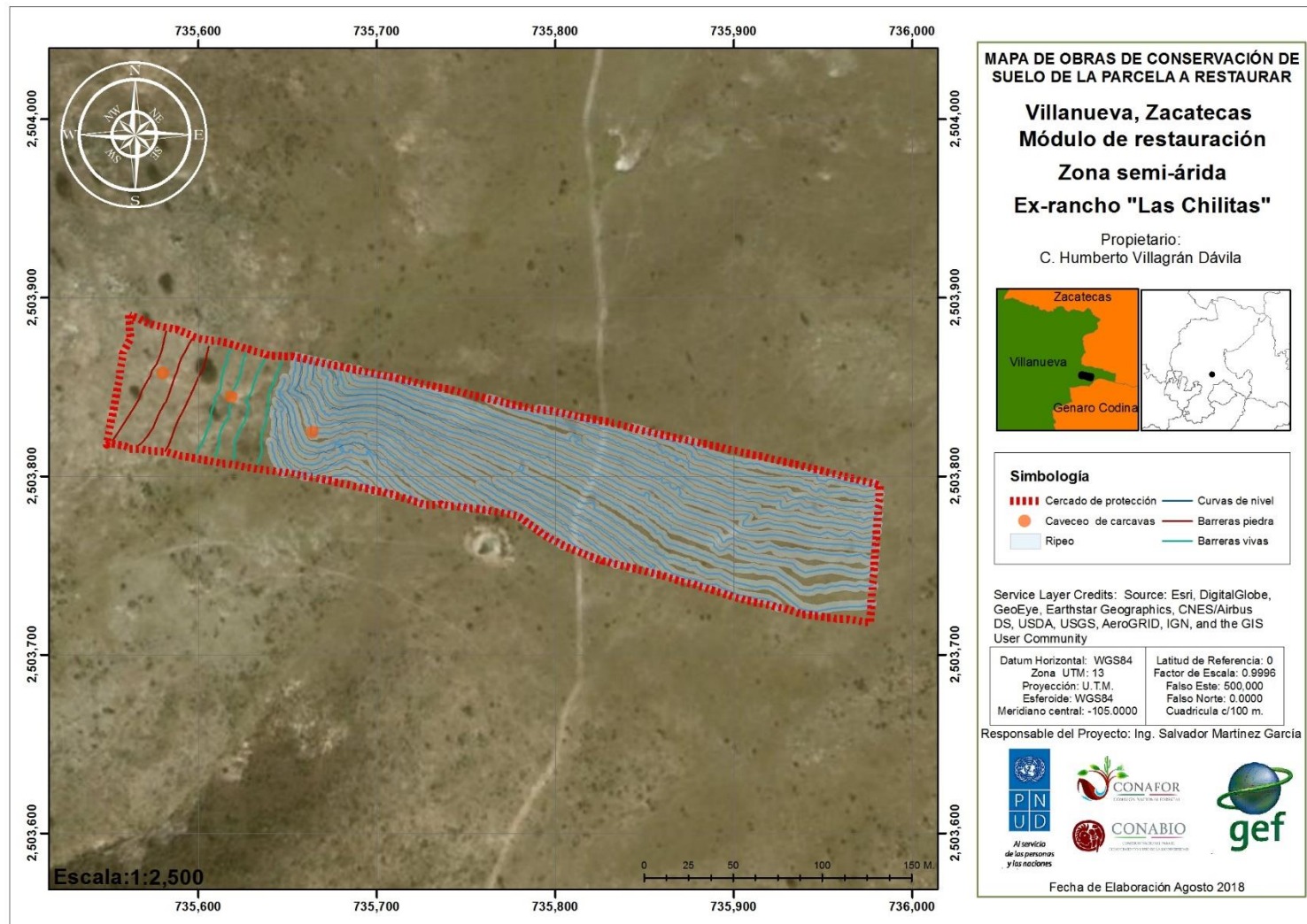


Ilustración 5. Mapa de obras de conservación de suelo.

6.5. Reforestación

Según la Autoridad del Canal de Panamá (2006) la reforestación es la acción de poblar con especies arbóreas o arbustivas mediante una plantación en cualquier tipo de terreno.



Imagen 18. Reforestaciones con *Pinus cembroides* cercanas al módulo región semiárida.

Fuente: propia.

Esta actividad forestal ha tomado mayor importancia año con año ya que la destrucción desmedida de los bosques ocasiona una disminución en la disponibilidad de productos derivados de él, así como la disminución en la diversidad de especies animales y vegetales. Las severas consecuencias son la razón que ha llamado la atención de algunos investigadores, para encontrar la solución a recuperar la cobertura vegetal, a través de evitar el cambio de uso de suelo por la expansión de las fronteras agrícolas y pecuarias, incluso se plantea la posibilidad de evaluar los servicios ambientales que ofrece la permanencia de los ecosistemas hacia los pobladores (Aguilar *et al.*, 2000).

Por lo anterior es necesario que antes de la reforestación se determinen las especies a establecer de acuerdo a las condiciones actuales del ecosistema, es importante considerar las condiciones climáticas, edafológicas, topográficas (Imagen 19), la disponibilidad de agua y definir los objetivos de la plantaciones ya que también influye en la selección de las especies; por ejemplo: las plantaciones con fines de restauración se deben elegir especies

forestales nativas para aumentar la posibilidades de cubrir con rapidez las superficies desprovistas de vegetación.



Imagen 19. Aspecto del módulo región semiárida, previa a la reforestación.

Fuente: propia.

6.5.1. Especies propuestas.

Considerando el “Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias” y tomando en consideración el aspecto ecológico, económico y social para el éxito de la plantación, se determinó que las especies adecuadas a establecer son: *Pinus cembroides* y *Acacia farnesiana*.

6.5.1.1. *Pinus cembroides* (Pino piñonero)

Árbol perennifolio, de 5 a 10 m (hasta 15 m) de altura con un diámetro a la altura del pecho de 30 cm (hasta 70 cm). Sus conos son subglobosos de 5 a 6 cm de ancho, presentan un color café-anaranjado o rojizo cuando el cono madura (CONABIO, 2009).

Considerando la ficha técnica de CONABIO (2009) esta especie es nativa de México y con mayor distribución, encontrada en 19 estados principalmente al norte y centro de la República Mexicana. Se desarrolla en laderas de cerros y lomeríos, pendientes secas y rocosas con altitudes entre los 1,350 a 2,800 msnm y con precipitaciones anuales que va de los 365 a 450 mm (soportando los 800 mm). En cuanto a los requerimientos de

temperatura su promedio es de 18 °C pero presenta un rango desde los 7 °C hasta los 40 °C (esta especie llega a soportar temperaturas mínimas de -7 °C y máximas de 45 °C).

Su propagación puede ser mediante cortes de tallo, estacas, cultivo de tejidos, semilla (plántulas) y regeneración natural (CONABIO, 2009).

De acuerdo con Gaytan (2001) esta especie es una de las utilizadas con mayor frecuencia para la reforestación, ya que presenta características que lo hacen tolerante a la sequía, aparte de que sus semillas son comestibles y su madera al ser dura se ha utilizado para construcción en los últimos años.



Imagen 20. *Pinus cembroides*.
Fuente: Inventario Nacional Forestal y de Suelos, 2018

6.5.1.2. *Acacia farnesiana* (Huizache)

Arbusto espinoso o árbol pequeño, perennifolio o subcaducifolio, de 1 a 2 m de altura la forma arbustiva y de 3 a 10 m la forma arbórea, con un diámetro a la altura del pecho de hasta 40 cm (CONABIO, 2009).

Es originaria de América tropical. Naturalizada en todo el mundo tropical y en el Mediterráneo. Se cultiva en Argelia y sur de Francia, principalmente en la región de Grasse. Se extiende del sur de Estados Unidos, pasando por México y Centroamérica hasta Argentina y Chile. También a lo largo de las Antillas, desde Bahamas y Cuba hasta Trinidad y Tobago, Curazao y Aruba; se ha naturalizado en los trópicos del Viejo Mundo.

Tiene una alta distribución en México ya que se encuentra presente en 28 estados, por sus requerimientos ambientales puede ubicarse desde los 36 a 1,500 (2,500) msnm, desarrollándose a la orilla de arroyos, parcelas, caminos y acahuales. Requiere de una precipitación anual de al menos 900 mm y temperaturas que van de 5 a 30 °C. Esta especie puede propagarse por estacas y/o por semilla (CONABIO, 2009).

La razón por la que se eligió esta especie en las actividades de reforestación radica en que presenta propiedades ideales para el mejoramiento de la fertilidad de los suelos debido a su asociación con bacterias fijadoras de nitrógeno; también es una especie que tiene la capacidad de adaptarse a suelos pobres por lo que se considera útil para la estabilización de suelos degradados, siendo funcional para el control de la erosión.



Imagen 21. *Acacia farnesiana*.

Fuente: Inventario Nacional Forestal y de Suelos, 2018

6.5.2. Diseño de plantación

Dadas las condiciones del terreno y las obras de suelo realizadas, se recomienda el diseño de la plantación a tresbolillo a un distanciamiento entre planta de 4 metros, la plantación se realizará mediante cepa común.

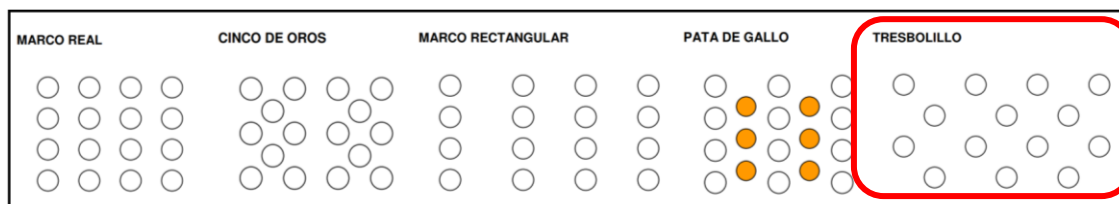


Ilustración 6. Diseños de plantación.

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (2008).

Con la separación entre plantas que se considera para esta parcela, se tendría una densidad de 722 plantas por hectárea para un total de 1,985 plantas en las 2.75 hectáreas en donde se establecerá dicha plantación.

6.5.3. Producción en vivero

Algunos datos obtenidos por INIFAP (2009), indican que en México la producción en vivero va en aumento, debido a la demanda creciente sobre la obtención de plantas de calidad que están destinadas a proyectos de reforestación. Venegas (2016) en su “Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias” indica que la ubicación para la producción de las especies nativas en vivero debe estar en los alrededores del área degradada, con la finalidad de que la planta se desarrolle en condiciones similares al lugar destinado y evitar que sufra daños mecánicos durante su transporte a campo.

Tomando en consideración lo anterior, se determinó que el vivero donde se realizará la producción de planta será “Productores de Plantas Forestales y Otros Juchipila” ubicado en camino a la plaza de toros S/N, col. Bonifacio Falcón Barrio de San Sebastián, en Juchipila, Zacatecas (Ilustración 7). El punto rojo es la ubicación del predio, la distancia al vivero es de 183 km, equivalente a dos horas 40 minutos aproximadamente.

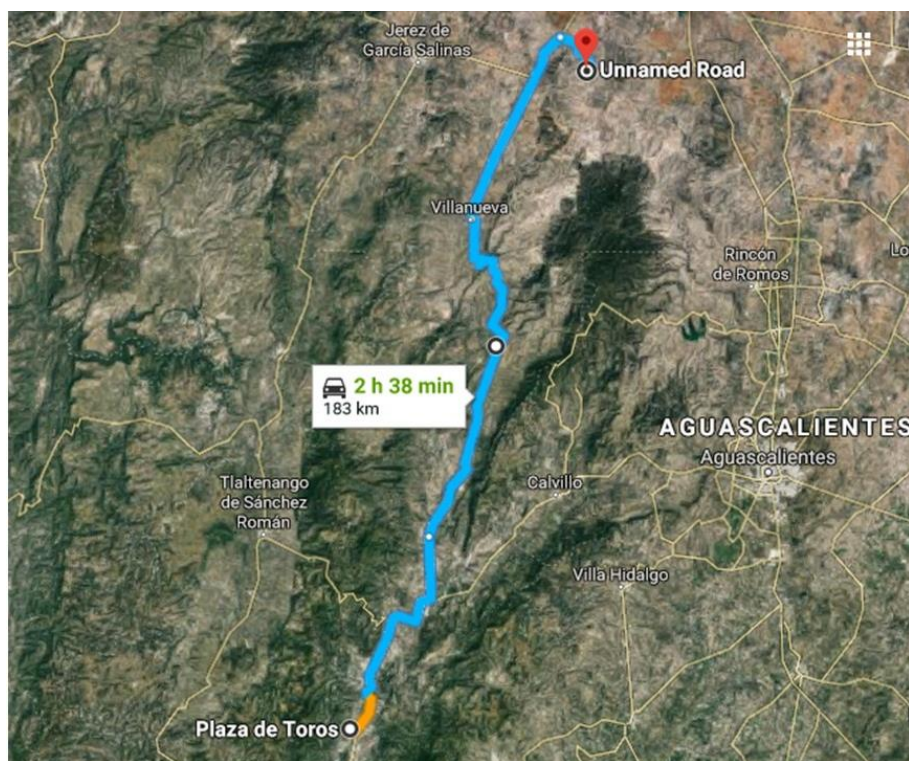


Ilustración 7. Croquis de ubicación del vivero en el cual se producirá la planta para el módulo región semiárida.

Los ciclos de producción de las especies escritas anteriormente son muy distintos en cuanto a temporada de recolección de semilla, crecimiento de la planta hasta alcanzar las

características adecuadas para su establecimiento en campo. Para *Pinus cembroides* el ciclo de producción es de 16 meses, por lo que la producción comenzó en abril de 2018 (Imagen 22) para estar lista en julio de 2019, por otro lado, *Acacia farnesiana* presenta ciclos de producción cortos (6 meses), razón por la cual se comenzara hasta febrero de 2019 para estar lista en julio del mismo año.



Imagen 22. Producción de planta de *Pinus cembroides*.
Fuente: propia.

El vivero a cargo de la producción cuenta con semilla certificada y la capacidad para producir 1,500,000 plantas, el acceso a sus instalaciones se encuentra en buen estado. Así pues, se puede mencionar que el control de malezas se realiza de forma manual, químico o mecánico. El sistema de producción es mediante charolas de polietileno expandido de 77 cavidades de 165 ml y de 60 cavidades de 220 ml, utilizando como sustrato el peat moss y corteza procesada; la producción de planta puede visualizarse en las siguientes imágenes.



Imagen 23. Producción de planta en el vivero “Productores de Plantas Forestales y Otros Juchipila”.
Fuente: propia.

7. Módulo templado-frío.

7.1. Localización

El polígono destinado al módulo región templado-frío está delimitado por los vértices de la tabla 5, cuenta con una superficie de tres hectáreas (Ilustración 8) y se encuentra ubicado en terrenos del ejido de Coatlinchán, municipio de Texcoco, Estado de México.

Tabla 5. Vértices del módulo templado-frío.

Vértice	X	Y	Vértice	X	Y
1	518712	2147838	17	518847	2148005
2	518722	2147872	18	518865	2147994
3	518718	2147909	19	518878	2147981
4	518729	2147923	20	518890	2147965
5	518744	2147949	21	518903	2147948
6	518740	2147982	22	518908	2147919
7	518737	2148019	23	518898	2147907
8	518734	2148048	24	518806	2147938
9	518720	2148067	25	518798	2147911
10	518727	2148074	26	518929	2147863
11	518743	2148076	27	518920	2147836
12	518758	2148064	28	518908	2147808
13	518773	2148054	29	518877	2147822
14	518778	2148040	30	518809	2147844
15	518801	2148025	31	518775	2147855
16	518825	2148013	32	518775	2147833

Fuente: Datos obtenidos en campo.



Ilustración 8. Macro y micro localización del módulo región templado-frío.

7.2. Características generales

En la región del municipio de Texcoco se presenta un clima templado-subhúmedo con temperatura media anual de 12 a 18 °C, con temperaturas en el mes más frío de -3 °C, con mayor precipitación durante el verano. En la región existe varios escurrimientos que son de tipo intermitente, lo que quiere decir que solo durante la temporada de lluvias contienen agua.

Por otro lado, tomando como referencia la visita a campo del polígono (Imagen 24) y la información disponible, el tipo de suelo predominante es andosol húmico, el cual presenta una buena capacidad de retención de humedad con una capa superficial rica en materia orgánica, siendo ligeramente ácidos.



Imagen 24. Vista panorámica de la parcela demostrativa.
Fuente: propia.

Actualmente esta superficie se ha visto afectada (Imagen 25) principalmente por la ganadería de la región, por lo que su recuperación se apoya de distintas obras de conservación que se describen posteriormente; estas se determinaron tomando en consideración las condiciones ambientales, características físicas y químicas del suelo, así como un incendio ocurrido en el año 2017 y utilizando el “Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias” (Vanegas, 2016).



Imagen 25. Vista aérea de la parcela demostrativa clima templado-frío.

7.3. Obras de protección

Durante los primeros años de la plantación es importante tomar las medidas adecuadas para el desarrollo y conservación de la reforestación. Para lograr lo anterior se sugiere cercado y brechas cortafuego en la parcela. Las actividades se describen a continuación:

7.3.1. Cercado

El cercado se realizó con postes de metal, situados a cada 4 metros con cuatro líneas de alambre de púas para prevenir la pérdida de la reforestación a causa del ganado existente en la zona, que además de dañar la planta, ocasiona la compactación del suelo.

Es importante mencionar que el polígono con el que se trabajó sufrió un siniestro por incendio en el año 2017, por lo que el cercado anterior resultó dañado principalmente en los postes, pues éstos eran de madera; razón por la cual en esta ocasión el cercado que se establecerá contempla postes de metal.

Como primera actividad se realizaron los hoyos donde se colocaron los postes, con un espaciamiento de cuatro metros y una profundidad de 40 cm, lo que ayudará a que se tenga mejor resistencia; posteriormente se colocaron los postes y se nivelaron para que tuvieran una mejor resistencia en el momento de tensar los hilos de alambre. Esta actividad requirió de cinco jornales, las cuales concluyeron la actividad cuatro días después, es relevante

señalar que debido al material primero deben colocarse los postes para que el cemento seque y después poder tensar los hilos de alambre de púas.

Para el caso de postes de madera, se contempla una base de concreto y piedras, lo que ayudará a fijar correctamente el poste al suelo. Una vez que se tuvo seco el cemento se procedió al tendido del alambrado y el amarre con alambre galvanizado como se muestra en la siguiente ilustración.



Ilustración 9. Proceso de colocación del cercado en el módulo templado-frío.
Fuente: propia.

La colocación de dos postes adicionales sirvió para dar mayor soporte y poder tensar el alambrado (Imagen 26).



Imagen 26. Colocación de postes para dar soporte y mayor tensión en el cercado.
Fuente: propia.

7.3.2. Brechas cortafuego

Dentro de este módulo se realizó una apertura de brecha cortafuego en 1.1 km de la superficie total, tomando en cuenta lo siguiente:

- Trazado de línea y limpieza manual de la vegetación.
- Excavación de más de 5 cm (hasta llegar al suelo mineral).
- Realizar obras para controlar los escurrimientos y erosión del suelo.

Para esta actividad se requirió emplear a 18 jornales debido al esfuerzo demandante de la misma y al periodo de tiempo establecido para terminar dicha labor, el cual fue de cuatro días.



Imagen 27. Apertura de brecha cortafuego en el módulo región templado-frío.
Fuente: propia.

7.4. Obras para la rehabilitación, restauración o mejoramiento de suelos

7.4.1. Roturación

La roturación del suelo debe realizarse antes del periodo de lluvias para poder facilitar las actividades de plantación, en terrenos con suelos delgados y con pendientes menores al 20%. La actividad demandó un día con un jornal para ejecutar.

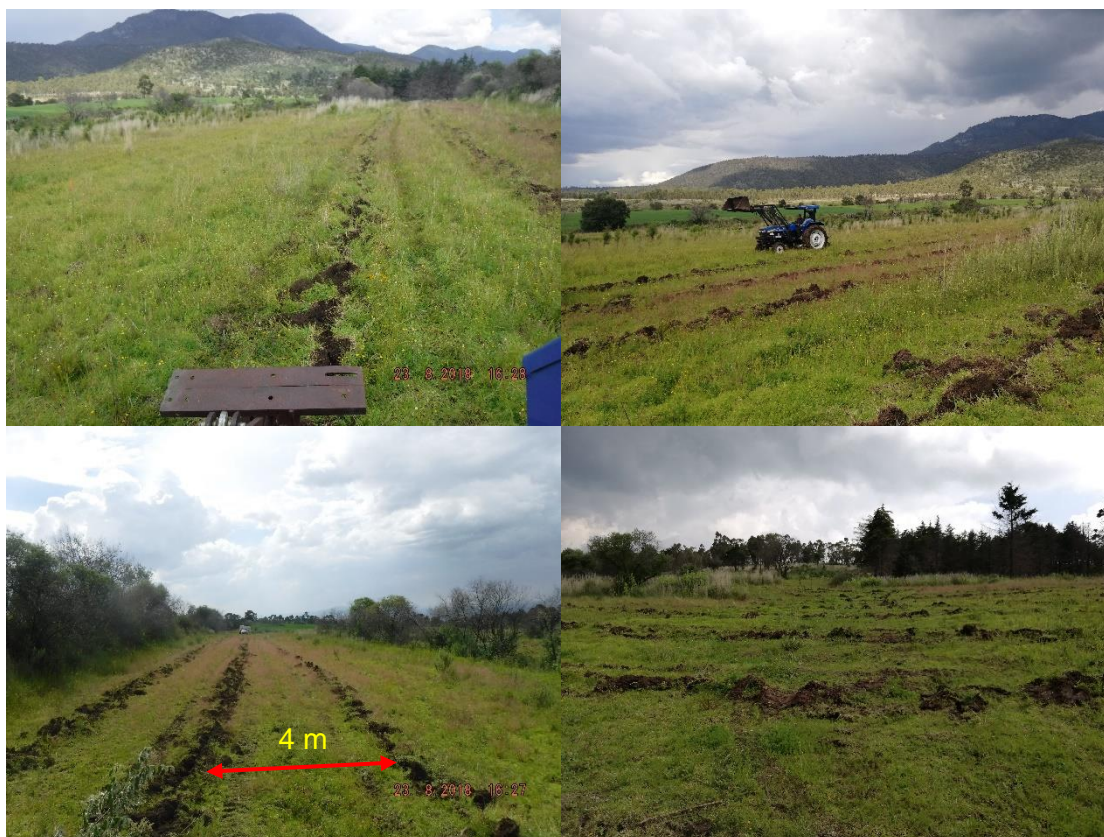


Imagen 28. Roturación de suelo en el módulo de la región templado-frío.
Fuente: propia.

La roturación se realizó en franjas cada 4 metros, trabajando un total de 2.41 hectáreas. Es importante mencionar que dependiendo de la densidad se define la distancia entre líneas y plantas, en este caso se desea una densidad de 1,111 plantas/ha.

7.4.2. Zanja bordo

Esta obra consiste en realizar una excavación para formar una zanja de 40 cm de ancho por 40 cm de profundidad, con un tabique divisor de 40 cm que debe estar mínimo 10 cm debajo del nivel del terreno. Estas zanjas son continuas sobre las curvas de nivel (Imagen 29), colocando el producto de la excavación aguas abajo para formar el bordo.



Imagen 29. Trazado de líneas a curvas de nivel para elaboración de zanjas bordo.
Fuente: propia.

De acuerdo con la CONAFOR (2013) durante el proceso de construcción debe considerarse lo siguiente:

- Las curvas a nivel deben trazarse con base en la cantidad de escurrimientos, considerando que es necesario captar al menos el 50% de los escurrimientos que se producen en un periodo de retorno de 5 años.
- El producto de la excavación se acomoda aguas debajo de la zanja al menos 20 cm distante para evitar que el material regrese, el bordo debe ser compactado para facilitar la propagación de la vegetación.
- La excavación puede hacerse de manera manual o con maquinaria, para el presente modulo se realizó de manera manual como se muestra en la Imagen 25.
- Es importante la elaboración del dique para dividir el agua almacenada.
- Es recomendable para terrenos con pendientes menores a 25%.
- Cuando el terreno presenta una erosión fuerte, debe ser combinada con otra obra (Imagen 30) que tenga funcionalidad para retener sedimentos con la finalidad de aumentar su vida útil.

La presente actividad fue la más demandante a comparación de las obras que se ejecutaron en los demás módulos, el número de jornales necesarios para ejecutarla fue de 18 y su periodo de realización fue de cinco días.



Imagen 30. Realización de zanjas bordo en el módulo región templada-fría, de forma manual.
Fuente: propia.



Imagen 31. Combinación de Zanjas bordo con roturación de suelo.
Fuente: propia.

7.4.3. Cabeceo de cárcavas

Esta actividad tiene la finalidad de amortiguar los escurrimientos a través del recubrimiento con piedras (Imagen 32) o material vegetal muerto (residuos de aprovechamiento, troncos, o costales llenos de suelo), disminuyendo la pendiente de entrada a la cárcava.



Imagen 32. Colecta de piedra y recubrimiento de cárcava.
Fuente: propia.

La textura del suelo para este tipo de obra es de suma importancia ya que entre más gruesa sea la textura, menor deberá ser el ángulo de inclinación del talud. De acuerdo con la CONAFOR (2013) es conveniente prolongar el recubrimiento de piedra en el fondo de la cárcava.

Debido a las condiciones presentes en el módulo, se realizaron dos obras de cabeceo de cárcavas, como se muestran en las imágenes siguientes (Imagen 33 y 34). Para efectuar dicha actividad se requirió de 4 jornales, los cuales realizaron la obra en tres días.



Imagen 33. Primera cárcava y su proceso de recubrimiento con piedras.
Fuente: propia.



Imagen 34. Segunda cárcava y su proceso de recubrimiento con piedras.
Fuente: propia.

El mapa de obras de conservación de suelo se muestra a continuación (Ilustración 10).

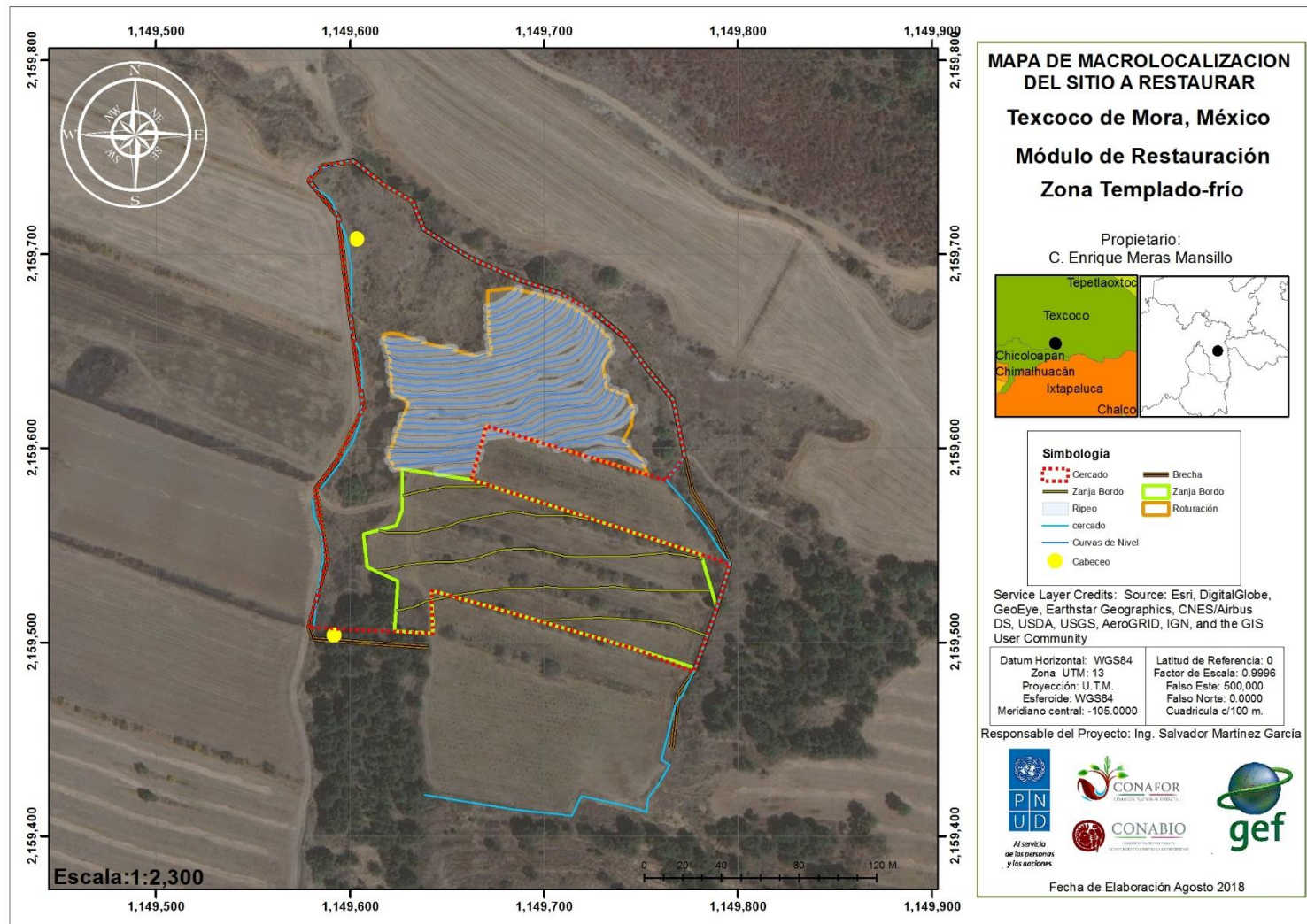


Ilustración 10. Distribución de obras de conservación de suelo en el módulo templado-frío.

7.5. Reforestación

La reforestación es el proceso mediante el cual se inicia o se acelera la recuperación de un ecosistema alterado o destruido por distintos factores, mediante la plantación con árboles de especies nativas de la región.

Antes de comenzar con las actividades de reforestación es necesario realizar los estudios de campo, que permitan conocer las condiciones del sitio a reforestar y definir las especies a establecer, el vivero de procedencia, el medio de transporte, las herramientas a utilizar, la preparación del suelo, el diseño, los métodos, los puntos críticos de supervisión durante las actividades de campo, la protección, el mantenimiento y los parámetros con los cuales se evaluará el éxito de la plantación.

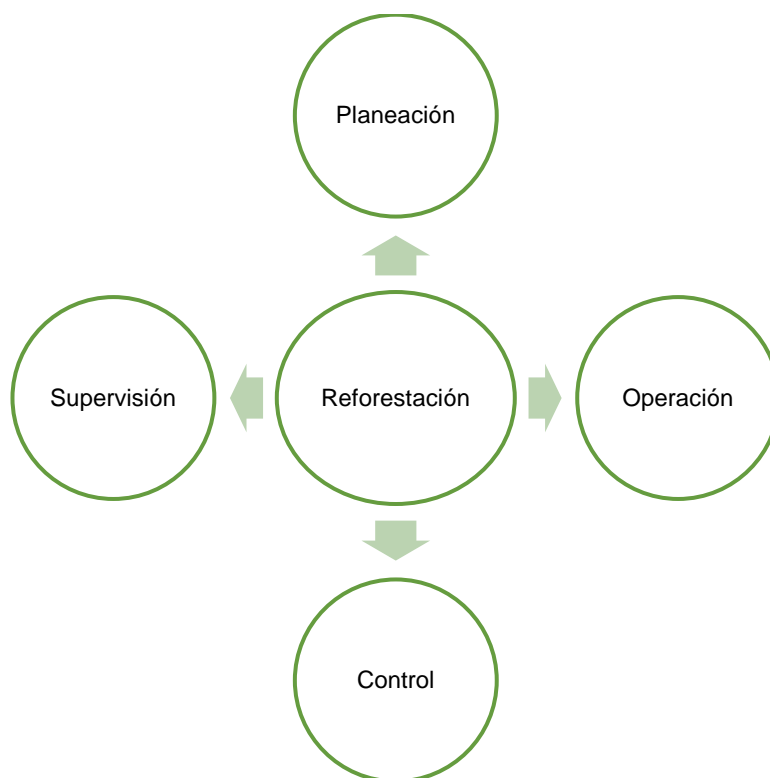


Ilustración 11. Etapas de la reforestación.

7.5.1. Especies propuestas

A través de diversas investigaciones se ha determinado que la elección de las especies de acuerdo con las condiciones climáticas y de suelo del área, favorece el éxito de la reforestación. Cruz & Wightman (2003) menciona que las reforestaciones dan mejores

resultados cuando se utilizan especies nativas que son producidas en viveros cercanos que presentan condiciones climáticas similares al lugar de la reforestación.

Morera (2003) menciona que la regeneración arbórea aumenta en gran medida en las áreas donde se introducen especies nativas, ya que logran formar un microclima favorable para mejorar las condiciones del suelo, humus, contenido de nutrimentos, temperatura, entre otros elementos.

La combinación de estrategias de reforestación con especies nativas, en conjunto con el manejo de la regeneración natural en las áreas plantadas, permite contribuir al conocimiento del manejo de especies que, a futuro se manejarán bajo diversas prácticas silviculturales por las características que presentan.

Las especies propuestas para la restauración del módulo templado-frío fueron determinadas considerando las condiciones climáticas, de suelo y tomando en consideración el “Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias” de Vanegas (2016); por lo cual se determinó que las especies a emplear son: *Pinus pseudostrobus* y *Pinus teocote* las cuales presentan las siguientes características.

7.5.1.1. *Pinus pseudostrobus* (pino blanco, pinos ortiguillo, pino real)

Especie originaria de México; el pino blanco es un árbol con altura de 30 a 40 m, ocasionalmente alcanzan los 45 m, presentan medidas en diámetro normal de 40 a 80 cm; fuste recto, libre de ramas de 30 a 50% de su altura total.

En México se encuentra distribuido en Chiapas, Ciudad de México, Estado de México, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Michoacán, Morelos, Oaxaca, Puebla, Veracruz y Tlaxcala. Distribuyéndose escasamente al norte de México (CONABIO, 2009).

Esta especie se ha encontrado en laderas con elevaciones desde los 1,600 a 3,200 de altitud sobre el nivel del mar, la temperatura máxima promedio que tolera va de los 20 a 26 °C, en cuanto a las temperaturas más bajas va de los 6 a 12 °C, siendo preferible una temperatura media de 14.7°C, con precipitación preferente de 1,000 a 1,300 mm.

CONABIO (2009) señala que la propagación es por semillas, las cuales deben provenir de individuos sanos (libres de plagas y enfermedades), vigorosos, con buena producción de frutos, y preferentemente de fuste recto sin ramificaciones a baja altura. Con esto se pretende asegurar que las plantas obtenidas de esas semillas hereden las características

de los parentales. Dependiendo del propósito de la plantación, madera o productos celulósicos, se realiza la selección de árboles padres. Es una especie que se ha utilizado en gran medida en la restauración de suelos degradados.



Imagen 35. *Pinus pseudostrobus*.
Fuente: CONAFOR, 2018.

7.5.1.2. *Pinus teocote* (pino rosillo, pino real).

Considerando la información del Catálogo taxonómico de especies de México (CONABIO, 2009), se describen las siguientes características de la especie.

Es una especie nativa y presenta una mayor distribución natural en México a comparación de otras especies de pino, puede desarrollarse desde una altitud de 1,000 a 3,000 metros sobre el nivel del mar, se adapta a climas subhúmedos a húmedos con precipitaciones anuales de 1,000 a 1,500 mm, sin embargo, requiere una precipitación mínima de 600 mm. Se desarrolla en lugares con una temperatura media de 14 °C.

Es un árbol mediano, de 8.25 m de altura. En árboles maduros la copa es redondeada, en los jóvenes la copa es densa con una forma piramidal.

Su propagación se realiza por semillas, las cuales deben provenir de individuos sanos (libres de plagas y enfermedades), vigorosos, con buena producción de frutos, y preferentemente de fuste recto sin ramificaciones a baja altura. De acuerdo con Ramírez (2000) su madera ha sido utilizada para construcción, leña y obtención de resina, también es utilizada para actividades de restauración.



Imagen 36. *Pinus teocote*.
Fuente: Inventario CONAFOR, 2018.

7.5.2. Producción en vivero

Según Cervantes *et al.* (1997) el vivero es un conjunto de instalaciones que tienen el objetivo de producir plantas ya sea a partir de semilla, de un segmento o por cultivo de tejidos. Esta producción permite prevenir y controlar los efectos de los depredadores y enfermedades, que pueden dañar durante los primeros meses de vida a la plántula, por lo

que se encuentran más vulnerables. Durante la etapa de producción en vivero se consideran diversas etapas, que tienen la finalidad de aumentar las posibilidades de sobrevivencia, mejorar el desarrollo y adaptación de la planta en campo.

Cumpliendo con la metodología del “Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias”, la cual indica que el vivero donde se planea producir la planta debe estar ubicado en la cercanía del área degradada, para que las condiciones climáticas donde se producen sean similares, evitar los daños mecánicos que pueda tener en traslados largos, por ello Vanegas (2016) recomienda que los vivero deben de estar a menos de 3 horas (Ilustración 11) del lugar a restaurar. Con base en lo anterior se determinó que el vivero que hace la producción es nombrado “Silvícola Cutzamala” ubicado en San Gabriel Ixtla km 26.5 carretera de Villa Victoria a Valle de Bravo.

En el punto “A” se encuentra el sitio propuesto a restaurar, el punto “B” es la ubicación del vivero que se encuentra a 185 km de distancia, es decir, aproximadamente a dos horas y media entre sí.

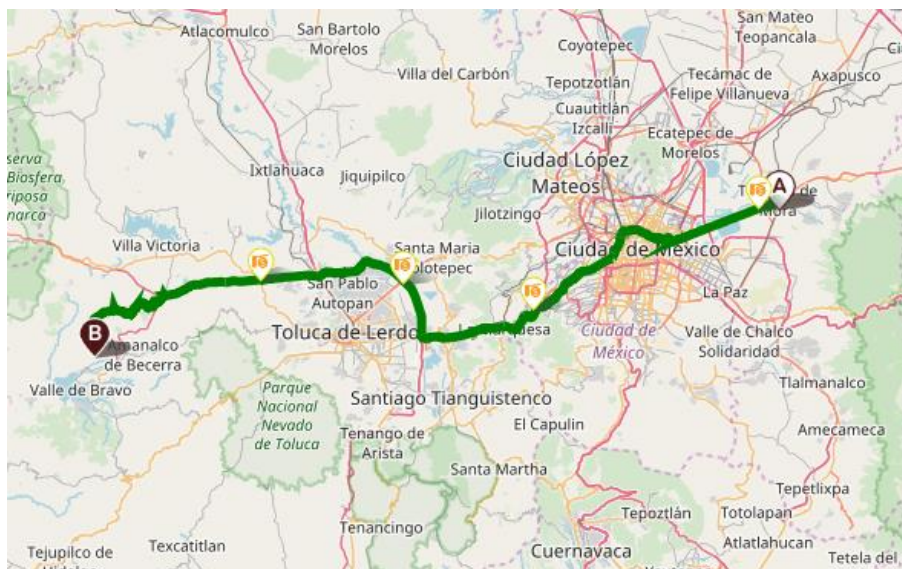


Ilustración 12. Croquis de la ubicación del vivero al lugar donde se encuentra el módulo región templado-frío.

Al concluir con el ciclo de producción, la planta debe presentar una altura entre 25 y 30 cm, con un diámetro de 4 mm y más de la mitad del tallo lignificado, ya que estas características influyen en la sobrevivencia y crecimiento en campo de esta. Las especies seleccionadas para restauración del módulo templado-frío presentan ciclos de producción largos, razón

por la cual la producción comenzó a partir de julio 2018 para estar lista en junio del siguiente año.



Imagen 37. Producción de *Pinus pseudostrobus* en etapa de cerillo.
Fuente: propia.

El vivero donde se comenzó la producción se realiza al 100% en bolsas, en este vivero solo se utiliza la malla sobra durante el primer mes. El 50% del sustrato empleado corresponde a tierra de monte, el 25% de tezontle fino y el porcentaje restante de aserrín composteado, durante su desarrollo se implementan algunos fertilizantes como Hakaphos base, foliadores y algunos fungicidas para prevenir de plagas y enfermedades.

De manera general la planta después de doce meses debe presentar una altura de 25 cm con un diámetro de cuello de raíz de 4 mm.

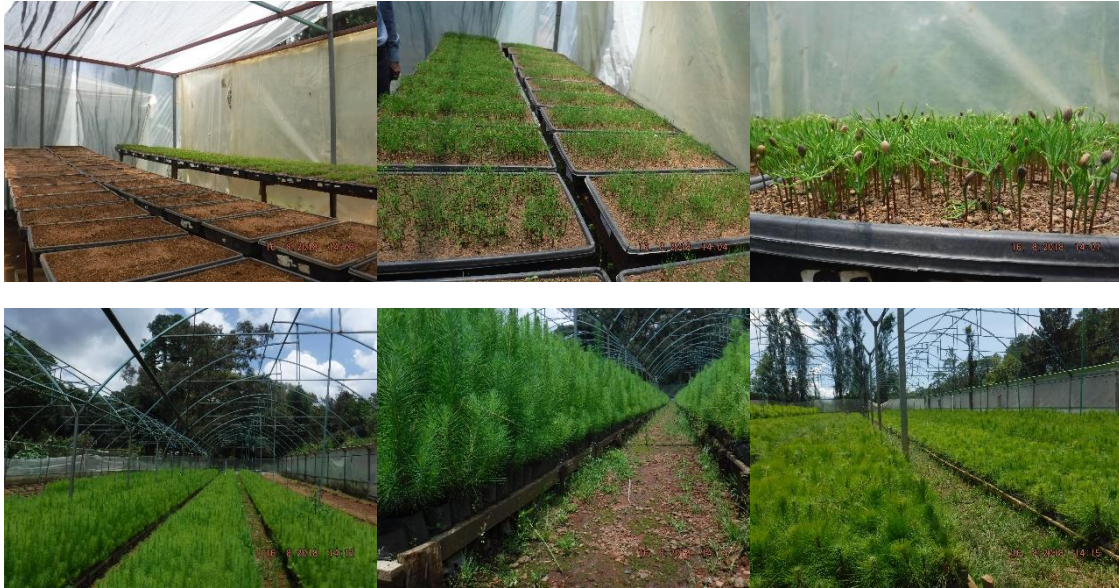


Imagen 38. Producción de planta en el vivero Silvícola Cutzamala.
Fuente: propia.

8. Módulo región tropical

8.1. Localización

El polígono propuesto para la realización de actividades de restauración integral del ecosistema se encuentra delimitado por las coordenadas presentadas en la Tabla 6. Pertenece a la localidad Colonia Agrícola y Ganadera “Gilberto Flores Muñoz”, Huimanguillo, Tabasco.

Tabla 6. Vértices que delimitan el polígono del módulo región tropical.

Vértice	X	Y
1	443805	1954940
2	443923	1955185
3	443918	1955210
4	443891	1955235
5	443883	1955249
6	443934	1955208
7	443955	1955252
8	443883	1955288
9	443897	1955259
10	443918	1955233
11	443864	1955285
12	443718	1954989

Fuente: Datos obtenidos en campo.

Este polígono se propone como área (Imagen 39) representativa de las condiciones tropicales del país, el cual se encuentra cercano a las comunidades de Marcelino Inurreta de La Fuente, Tierra Nueva 3ra sección, Chontalpa y Mercedes Gamas 1ª sección.



Imagen 39. Vista paronímica de las condiciones iniciales del módulo región tropical.
Fuente: propia.

En el siguiente mapa se puede apreciar el polígono del módulo tropical con una superficie de 3 hectáreas y un perímetro de 1.43 kilómetros.

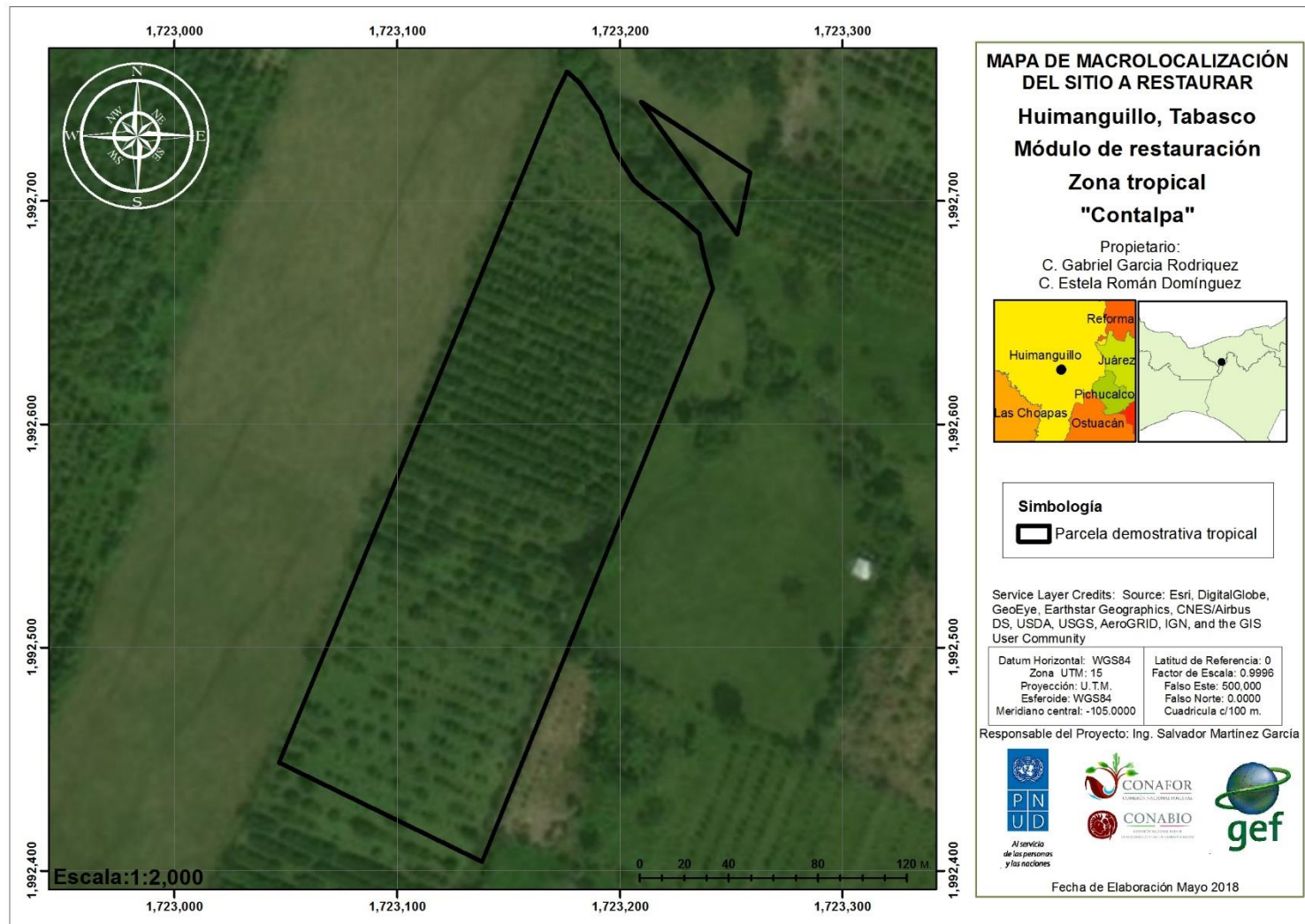


Ilustración 13. Micro y macro localización del módulo región tropical.

8.2. Características generales

Fernández *et al.* (2011) menciona que Tabasco se ubica dentro de la franja intertropical, es por ello por lo que los suelos poseen características y propiedades típicas donde los procesos de degradación y erosión hídrica inducidos por el hombre son más rápidos a comparación de las zonas templadas o áridas, se debe principalmente a la precipitación durante todo el año.

Para poder mitigar lo anterior se requiere de medidas que contribuyan a disminuir los procesos de degradación; este módulo presenta una altitud promedio de 39.5 msnm, muestra una topoforma en su totalidad de lomerío lo cual ocasiona pendientes poco pronunciadas. En la región se tiene un clima cálido húmedo con temperatura media anual mayor a 22 °C y temperatura del mes más frío mayor a 18 °C. El tipo de suelo del predio corresponde a cambisol eutrico que presentan acumulaciones de arcilla, ligeramente ácidos, generalmente son suelos jóvenes y poco desarrollados.

Considerando las características del sitio (Imagen 40) y las referencias de la degradación de los ecosistemas en las zonas, se proponen las siguientes obras de conservación y rehabilitación de suelo.



Imagen 40. Vista panorámica del módulo región tropical.
Fuente: propia.

8.3. Obras de protección

La protección del área a reforestar es uno de los elementos importantes para el proceso de su desarrollo, debido a que sirve como barrera para evitar el paso de agentes que pudieran afectar en la sobrevivencia de la reforestación (CONAF, 2013). A continuación, se describen las obras de protección que se realizaron en el módulo región tropical para conservar el área a reforestar.

8.3.1. Cercado

Una de las principales actividades económicas en Tabasco es la ganadería (mayormente bovinos) (Imagen 41). El área del módulo región tropical no es la excepción ya que, aunque lo propietarios no cuenten con ganado dentro de esta área, los vecinos tienen ganado que podría afectar a la reforestación futura.



Imagen 41. Ganado bovino en presente en el módulo región tropical.
Fuente: propia.

El cercado fue colocado en la periferia del terreno para evitar daños por ganado, como sobrepastoreo, compactación del suelo, entre otras. Como primera actividad se trazó una línea que sirvió como guía y sobre la cual se realizaron los hoyos donde se colocaron los postes (postes de metal). Se colocaron con 4 hilos de alambre de púas de calibre 15, con una distancia entre postes a cada 4 metros, los cuales fueron fijados con una base de concreto (Ilustración 14).



Ilustración 14. Proceso de colocación del cercado en el módulo región tropical.
Fuente: propia.

Es importante recalcar que parte del cercado esta complementado con postes de madera, lo cuales fueron establecidos con la finalidad de servir como delimitación de la parcela (Imagen 42).



Imagen 42. Cercado en el módulo región tropical.
Fuente: propia.

Para realizar la presente actividad se requirió de 5 personas para concluirlo en cuatro días, las actividades se repartieron para hacer los orificios del suelo, preparar la mezcla, colocar los postes metálicos, tensar el alambre de púas y ajustar el alambre al poste.

8.3.2. Brechas cortafuego

Es una alternativa preventiva y de combate para los incendios, esta obra pretende disminuir y/o frenar el grado de afectación en la cobertura forestal, si llegara a presentarse algún incendio facilitara el control de este. Esta obra consistió en eliminar uno de los elementos importantes del triángulo de fuego que es el combustible, de tal manera que se removió todo el material vegetal en la periferia del predio y se excavo a una profundidad mínima de 5 cm. Estas líneas quedaron ubicadas de manera estratégica dentro de la superficie, con un ancho de 3 metros (Imagen 43).



Imagen 43. Realización de brecha cortafuego en el módulo región tropical.
Fuente: propia.

Para el presente módulo se hicieron 1.5 km de brechas cortafuego, debido a que en las áreas aledañas se practican quemas encaminadas a la renovación de los pastos.



Imagen 44. Brecha cortafuego ya concluida en el módulo región tropical.
Fuente: propia.

8.4. Obras para la rehabilitación, restauración o mejoramiento de suelos

Durante las visitas previas a la parcela se pudo observar cierto grado de compactación en el suelo, ocasionado por las actividades ganaderas de la zona, por lo anterior es necesario poner en práctica algunas actividades de rehabilitación de suelo que posteriormente contribuya a aumentar la tasa de sobrevivencia en las plantas a establecerse.

8.4.1. Roturación

La finalidad de la actividad es hacer un movimiento de tierra para facilitar el establecimiento de la reforestación y con ello fomentar el mejor desarrollo de la planta (Imagen 45).

De acuerdo con la evaluación del efecto del subsoleo de Acuña *et al.* (s.f), los resultados ante estas prácticas fueron favorables ya que las plantas lograron un mayor crecimiento en altura y que también se ve reflejado en la longitud del sistema radicular en comparación con los suelos donde no se aplicó esta actividad.

De igual forma Gayoso (2003) menciona que la compactación en el suelo puede causar una disminución en el crecimiento de la planta, ya que se dificulta la penetración de la raíz en el suelo al tener menor aireación y menor penetración del agua. Es por ello que las actividades de subsoleo para remover la tierra se ha vuelto importante antes de la reforestación.



Imagen 45. Arado de subsoleo adaptado a tractor agrícola.
Fuente: propia.

Esta actividad es recomendable para terrenos con pendientes menores al 20% (Imagen 46) que presenten poca o nula vegetación con capas de suelo endurecido y con poca

profundidad, como son suelos poco fértiles es recomendable utilizar abonos o fertilizantes que puedan favorecer la plantación (CONAFOR, 2013).



Imagen 46. Vista panorámica del terreno del módulo región tropical.

Fuente: propia.

El ripeo se realizó en la totalidad de la superficie, las líneas se trazaron a cada 4 metros de distancia, la roturación requirió una profundidad de 0.40m como se muestra en la Imagen 47.



Imagen 47. Roturación de suelo.
Fuente: propia.

Las obras descritas anteriormente se presentan en el siguiente mapa (Ilustración 15).



Ilustración 15. Mapa de obras para el módulo tropical.

8.5. Reforestación

Las actividades de reforestación tienen como finalidad regresar o asimilar el estado natural que presentaba una determinada área. La reforestación requiere de una serie de acciones de planificación, ejecución y seguimiento para llegar al objetivo principal. Dentro de la etapa de planificación es necesario realizar una investigación para determinar las posibles especies nativas que podrían desarrollarse, para este proceso es necesario conocer las condiciones climáticas y de suelo del lugar donde se pretende hacer la reforestación.

En la siguiente imagen es posible apreciar una plantación de *Pinus caribaea* cercana al sitio propuesto a reforestación, donde se tuvo un procedimiento de preparación del suelo, selección y establecimiento de la especie; la diferencia con las actividades del presente proyecto es que al ser una plantación forestal comercial la especie es elegida con base al objetivo deseado de aprovechamiento, sin importar que la especie sea nativa o exótica.



Imagen 48. Plantación comercial de *Pinus caribaea* cercana al módulo región tropical.
Fuente: propia.

8.5.1. Especies propuestas

Para determinar las especies a plantar se consideró el “Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias”. Con base en lo anterior, para el área propuesta se plantea

utilizar las especies *Swietenia macrophylla* y *Tabebuia rosea*, las cuales se describen a continuación:

8.5.1.1. *Swietenia macrophylla* (caoba, caobo, cóbano)

De acuerdo con la FAO (2003) la caoba está considerado como el árbol maderero más importante de los bosques neotropicales. Es una especie nativa y cultivada que se distribuye en algunos estados tropicales en México como: Veracruz, Tabasco, Campeche, Yucatán, Quintana Roo, Chiapas, Oaxaca, Puebla, Michoacán, Jalisco, y Sinaloa.

Las características generales que presenta, es que es un árbol que puede alcanzar los 35 m de altura y diámetros que pueden superar los 2 m, puede desarrollarse hasta los 750 msnm, prosperando en regiones con precipitaciones abundantes o incluso vivir en zonas de clima tropical seco; la temperatura anual va de los 23 a 28 °C con precipitaciones entre 1,500 a poco más de 5,000 mm. Presenta características distintivas de otras especies, ya que puede desarrollarse en diferentes tipos de suelo (CONABIO, 2009).

Presenta susceptibilidad al ataque de plagas y enfermedades como el denominado barrenador de las melíferas *Hypsipyla grandella* que ataca la yema apical causando la pérdida de la forma y la bifurcación del árbol.

De acuerdo con CONABIO (2009), generalmente su propagación se hace por semilla y el tiempo para la reproducción de la especie es de seis a ocho meses. La caoba ha sido empleada en actividades de reforestación en zonas degradadas de selva y ha tenido éxito en diversos paisajes tropicales, caoba ha presentado un desarrollo positivo durante un periodo de tiempo bajo sombra, tolerable a sequías y a suelos con mal drenaje, también puede llegar a crecer en zonas pantanosas.



Imagen 49. *Swietenia macrophylla* (Caoba)
Fuente: Inventario Nacional de Plantaciones Forestales Comerciales, 2016.

8.5.1.2. *Tabebuia rosea* (rosadillo, palo de rosa, rosa morada)

Considerado la información del catálogo taxonómico de CONABIO (2009), es un árbol caducifolio originario del sur de México al Norte de Venezuela, puede alcanzar entre 15 a 25 metros de altura (hasta 30 m), con un diámetro a la altura del pecho de hasta 1 metro. Esta especie se encuentra distribuida en la vertiente del Golfo desde el sur de Tamaulipas y el norte de Puebla y Veracruz hasta el norte de Chiapas y sur de Campeche. En la vertiente del Pacífico desde Nayarit hasta Chiapas.

Este árbol puede crecer en una altitud hasta los 1,200 m con temperatura hasta 26 °C y con una precipitación media de 1,800 mm. Presenta resultados favorables ante suelos de origen calizo, ígneo o aluvial. Se propaga principalmente por semilla y su ciclo de producción es de cuatro a cinco meses (CONABIO, 2009).

La mayor incidencia por plagas es la hormiga roja que puede llegar a defoliar la planta completa, actualmente ha sido utilizada para proyecto de restauración por los efectos positivos en la conservación de suelos y el control de erosión, ser tolerante a sequías y ser tolerante a pH ácidos.



Imagen 50. *Tabebuia rosea* (Maculís).
Fuente: Inventario Nacional de Plantaciones Forestales Comerciales, 2016.

8.5.2. Diseño de la plantación

El diseño de plantación se refiere al acomodo que se les da a las plantas en campo, de acuerdo con las condiciones y necesidades que se presenten; estos pueden ser a marco real, cinco deoros, marco rectangular, pata de gallo o a tresbolillo. Para el módulo tropical se sugiere la plantación a tresbolillo, con un establecimiento de planta a cada 4 metros, obteniendo una densidad de 722 plantas/ha y un total de 2,166 plantas.

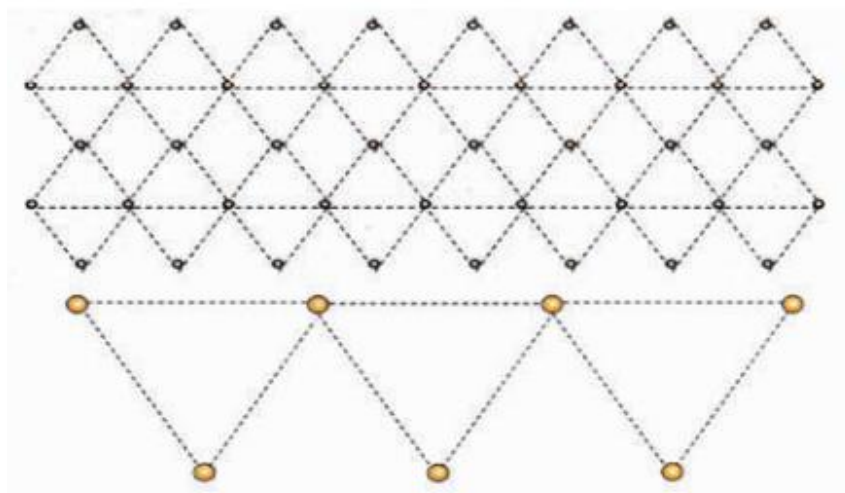


Ilustración 16. Diseño tresbolillo.

8.5.3. Producción en vivero

La producción en vivero de las especies en general, conllevan una serie de etapas como: colecta de semilla, procesamiento de la semilla para su limpieza, tratamiento (escarificación, estratificación, tratamientos pregerminativos, entre otros) preparación del sustrato a emplear, desinfección de los contenedores, trasplante, riego, fertilización, mantenimiento, control de plagas y enfermedades.

Con base en Vanegas (2016) y al “Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias” los viveros deben estar ubicados a menos de tres horas del área que se pretende reforestar, para evitar daños en la planta por transporte, así como evitar mortandad al estar ubicados en condiciones climáticas distintas a la zona de importancia.

El vivero que realizará la producción para el módulo de la región tropical se denomina “Vivero Los Pulmones de Camila” y está ubicado en Calle Prolongación Antimonio 48, Ría Medellín y Pigua 1ra sección en el municipio de Villahermosa, Tabasco, encontrándose a menos de 100 km del predio a restaurar (Ilustración 17).

En el mapa el punto rojo es la ubicación del predio a restaurar, el punto negro representa la ubicación del vivero que se encuentra a una hora y media del predio.

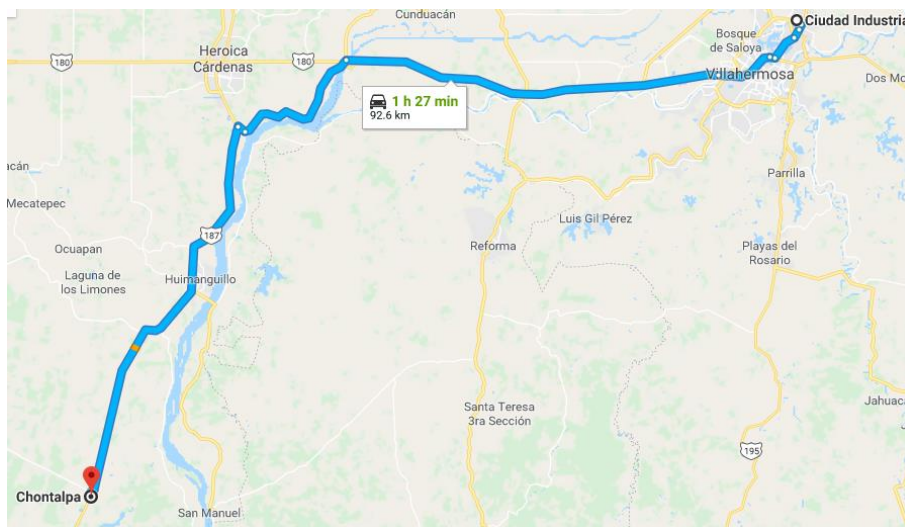


Ilustración 17. Croquis de la ubicación del vivero Los pulmones de Camila.

Por los ciclos de producción de las dos especies seleccionadas para reforestar, la recolección se hará durante enero de 2019 para comenzar la producción en febrero y la

planta esté lista en julio del mismo año. La producción se realizará en bolsas de polietileno con dimensiones de 10 cm por 20 cm (Imagen 51).



Imagen 51. Producción de *Tabebuia rosea* (Maculís) en el Vivero Los pulmones de Camila.
Fuente: propia.

El vivero cuenta con una capacidad de producción de 200,000 plantas en bolsas de polietileno; el sustrato principal que utilizan es el carbón vegetal mezclado con tierra negra de monte, durante el ciclo de producción se emplea N-P-K y osmocote como fertilizantes. Al finalizar el ciclo de 6 meses, la planta debe presentar medidas en altura alrededor de 35 cm con 5 mm de diámetro en el cuello de la raíz, actualmente el vivero está activo en la producción de *Tabebuia rosea* y algunas de las plantas pueden observarse en las siguientes imágenes.



Imagen 52. Producción de planta en el vivero Los pulmones de Camila.
Fuente: propia.

9. Colecta de germoplasma

El INIFAP (2009) menciona que la importancia de las semillas forestales radica en que es la principal forma de reproducción de las especies vegetales (Ilustración 18), lo que ocasiona una continuidad en la vegetación natural y una alta variabilidad genética. Uno de los elementos importantes para el éxito dentro del proceso de la reforestación, es utilizar germoplasma forestal de buena calidad y de procedencia conocida.



Ilustración 18. Reproducción de planta mediante diferentes métodos.

Fuente: propia.

El germoplasma forestal es la parte o segmento de la vegetación forestal, el cual tiene la capacidad de originar un nuevo individuo mediante la reproducción sexual, sin embargo, también puede producirse de manera asexual mediante estacas, estaquillas, yemas, hijuelos, bulbos, entre otros.

9.1 Colecta de semillas.

Una de las estrategias de conservación y restauración de la vegetación nativa son las fuentes semilleras o las unidades productoras de germoplasma. Para elegir las fuentes semilleras es necesario encontrar los bosques o plantaciones mejor conservadas, es decir, que deben contar con algunos individuos fenotípicamente superiores al promedio, además de tener información sobre la procedencia de su germoplasma.

CONAFOR (2010) menciona que una vez identificada la unidad semillera o Unidad Productora de Germoplasma Forestal (UPGF) se procede analizar si cuenta con las características suficientes, posteriormente si cuenta con ellas es conveniente realizar un

manejo silvícola para favorecer la producción de germoplasma e incluso en ocasiones puede iniciarse un proceso de mejoramiento genético con los individuos productores.

La superficie delimitada como la UPGF dependerá de la cantidad de germoplasma que se desea obtener determinada a su vez por la demanda y considerando que las semillas no maduran todos los años al mismo tiempo ni en la misma proporción, es por ello que se debe estimar los rendimientos de germoplasma de cada individuo.

De manera general el uso de germoplasma forestal de calidad influye en el éxito de la reforestación y contribuye a la conservación de la diversidad biológica de las especies nativas del país.

Para los tres módulos descritos anteriormente, la producción de las plantas se realizará con semilla certificada para asegurar una buena calidad al ser de una fuente conocida. No se realizan actividades de recolección de semilla, únicamente se compra la semilla certificada para la producción, pero de manera general existen distintas metodologías para la recolección de germoplasma como las que se describen a continuación.

9.1.1. Tipos de colecta de semilla

9.1.1.1. Recolección de frutos o semillas (Caída natural)

Oliva (2014) mencionan que este método consiste en la recolección de los frutos que han caído de forma natural al suelo y se han abierto.

Es un método barato, pero se corre el riesgo de encontrar daños en la semilla por la caída natural del fruto, otro de los inconvenientes es la germinación prematura cuando la recolección se retrasa, riesgo de recoger semillas inmaduras o vacías, daños por insectos, roedores u hongos y la falta de certeza a la hora de identificar los árboles padres, aparte de que se ha comprobado que las semillas pierden su viabilidad a pocos días de caer.



Imagen 53. Recolección de semilla.
Fuente: propia.

9.1.1.2. Recolección de árboles en pie a los que se accede trepando

Para realizar esta recolección es necesario contar con el equipo de seguridad adecuado para trepar el árbol, además de las herramientas que se deben llevar para trepar y recolectar. Este método implica un daño en la corteza de los árboles, sobre todo en los que presentan corteza delgada.

Este método consiste en que el trepador con apoyo de un cinturón de seguridad se engancha una correa o cadena y la pasa por detrás del tronco, el cinturón permanece atado a una cuerda de seguridad y a uno de los anillos que lleva el cinturón están enganchados dos o más eslingas de reserva. Durante el proceso en que el trepador comienza ascender, es importante que asegure las puntas de las espuelas se claven bien en la corteza del árbol para evitar resbalar u ocasionar un daño mayor en el árbol (Willan, 1991).



Ilustración 19. Recolección de semilla de árboles en pie en los que se accede trepando.
Fuente: Willan, 1991.

9.1.1.3. Recolección de árboles en pie a los que se puede acceder con escalera

Este método suele ser más cómodo que otros al subir por una escalera hasta la copa del árbol, no es recomendable utilizar este método en coberturas vegetales cerradas por la dificultad en el manejo, por lo que su uso está limitado a zonas de difícil acceso, sin embargo, ha sido considerado como un procedimiento ideal en huertos semilleros o plantaciones situadas en terrenos planos (Oliva, 2014).

Willan (1991) menciona que es conveniente utilizar este método cuando los árboles presentan alturas de 8 a 40 m. Dicho método consiste en colocar una escalera de metal o de madera en paralelo al tronco para que el trepador comience a subir, llegando sus hombros al nivel superior de la escalera sujeta al tronco mediante una cuerda o cadena.



Ilustración 20. Recolección de semillas con apoyo de escalera.
Fuente: Oliva (2014).

9.1.1.4. *Sacudimiento*

Según Willan (1991) este método consiste en sacudir el árbol desde el tronco y las pequeñas ramas, puede hacerse manera manual o mecánica, es importante mencionar que la maquinaria utilizada para esta actividad es costosa y deben se debe tener conocimiento de la actividad para no dañar el arbolado.

Este sistema de recolección fue ideado para aquellas especies donde los frutos son fáciles de separar, el proceso de manera manual consiste en pasar una cuerda por encima de la rama que se desea sacudir, se ata a un peso que luego se pasa por encima de la rama, con la finalidad que las cuerdas se encuentren en los extremos de la rama que se pretende sacudir.

Este método ha sido empleado en Canadá en arbolado de 20 a 50 m de altura teniendo resultados favorables.

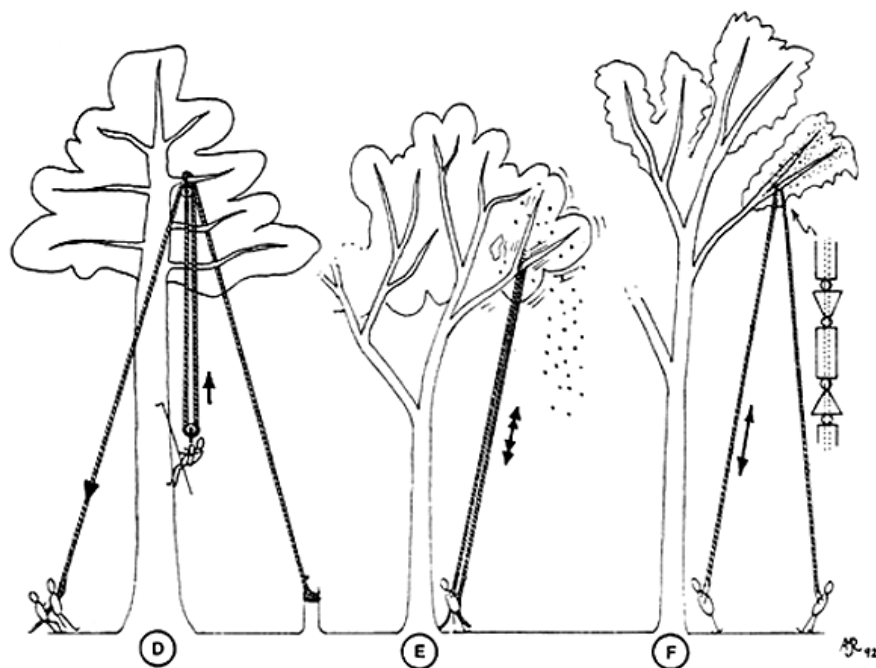


Ilustración 21. Recolección de semilla mediante el sacudimiento manual.
Fuente: Willan (1991).

Por otro lado, el sacudimiento mecánico, como se mencionó anteriormente es costoso por el tipo de maquinaria que se necesita, la ventaja que presenta es que los conos se desprenden más fácilmente ya que el árbol es sujetado desde los 3 m de altura y es sacudido durante 15 segundos, tiempo suficiente para tener una cantidad considerable de conos en el suelo; una de las desventajas de este método es que puede ocasionar daños en los arboles como romper los trozos de las puntas y ramas.

9.1.1.5. Recolección de frutos de árboles apeados

De acuerdo con Montávez (s.f) consiste en sincronizar la recolección con las cortas comerciales que se efectúan a la misma temporada de maduración de la semilla para poder recoger los frutos de los arboles cortados. Para esta técnica se debe evitar recolectar frutos de aclareos tempranos por la dificultad de conocer la procedencia y las características del fenotipo.

10. Bibliografía consultada

- ACUÑA, E., ESPINOZA, M., GARCIA, J. & LINEROS, M., s.f. Efecto del subsoleo sobre el crecimiento inicial de plantas de *Pinus radiata* D. Don en áreas alteradas por Skidder. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0543-B4.HTM>
- AGUILAR, C., L. ARRIAGA & MARTÍNEZ, E. 2000. Deforestación y fragmentación de ecosistemas: qué tan grave es el problema en México. COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD (CONABIO). Biodiversitas 30:7-11.
- AUTORIDAD DEL CANAL DE PANAMÁ. 2006. Manual de reforestación. Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. División de Administración Ambiental. Sección de Manejo de Cuenca. Vol 1. 32 pp.
- BRAVO, E. M., LOAEZA, R. G., & RUIZ, V. J. 2001. Cubiertas vegetales y barreras vivas: Tecnologías con Potencial para Reducir la Erosión en Oaxaca, México. Disponible en: <https://www.chapingo.mx/terra/contenido/19/1/art89-95.pdf>
- CERVANTES, V., OROZCO, A., ROJAS, M., SANCHEZ, M. E. & VÁZQUEZ, Y. C. 1997. La reproducción de las plantas: Semillas y meristemos. Primera edición. México, D.F. ISBN: 968-16-5376-9.
- COMISIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAFOR). 2007. Protección, Restauración y Conservación de Suelos Forestales Manual de Obras y Prácticas. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR), Zapopan, Jalisco, México. 3ra Edición. ISBN: 968-6021-19-1.
- COMISIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAFOR). 2010. Prácticas de reforestación. Manual Básico. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) Periférico Pte. No. 5360, Col. San Juan de Ocotán C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México. 1ra Edición.
- COMISIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAFOR). 2013. Protección, Restauración y Conservación de Suelos Forestales Manual de Obras y Prácticas. Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) Periférico Pte. No. 5360, Col. San Juan de Ocotán C.P. 45019, Zapopan, Jalisco, México. 4ta Edición. 286 pp.
- CORPORACIÓN NACIONAL FORESTAL (CONAF). 2013. Guía Básica de Buenas Prácticas para Plantaciones Forestales de Pequeños y Medios Propietarios. Chile. 92 pp. Corporación Nacional Forestal (CONAF). ISBN: 978-956-7669-38-7.
- COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD (CONABIO). 2009. Catálogo taxonómico de especies de México. 1. In Capital Nat. México. CONABIO, México City.
- COTLER, H., SOTERO, E., DOMINGUEZ, J., ZORRILLA, M., CORTINA, S. & QUIÑONES, L. 2007. La conservación de suelos: un asunto de interés público. Gaceta Ecológica,

- núm. 83, abril-junio, 2007, pp. 5-71. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Distrito Federal, México. Disponible en: <http://www.redalyc.org/pdf/539/53908302.pdf>.
- CRUZ, B. S. & WIGHTMAN, K. E. 2003. La cadena de la reforestación y la importancia en la calidad de las plantas Foresta Veracruzana, vol. 5 núm. 1 Recursos Genéticos Forestales. Xalapa, México. ISSN: 1405-7247.
- FERNÁNDEZ, C. C. R., LÓPEZ, C. A., PALMA, L. D. J., SHIRMA, T. E. & ZAVALA, C. J., 2011. Degradación y conservación de suelos en la Cuenca del Río Grijalva, Tabasco. Primera edición. México. Gobierno del Estado de Tabasco, Secretaria de Recursos Naturales y Protección Ambiental, Colegio de Postgraduados, Campus Tabasco y Petróleos Mexicanos. 106 p. ISBN: 978-607-95764-3-1.
- FUNDACIÓN HONDUREÑA DE INVESTIGACIÓN AGRÍCOLA (FHIA). 2011. Guía sobre Prácticas de conservación de suelos / Proyecto Promoción de Sistemas Agroforestales de alto Valor con Cacao en Honduras.- 2ª Ed. La Lima, cortés 22 pp. ISBN: 978-99926-36-29-9.
- GAYOSO, M. P. C. 2003. Evaluación del impacto en el suelo de un equipo de madereo en un rodal de *Pinus radiata* D. Don. Tesis de licenciatura, Universidad Austral de Chile. Valdivia Chile.
- GAYTAN, M. D. M. 2001. Prueba de germinación de *Pinus cembroides* var. Zucc en ocho sustratos diferentes. Tesis de licenciatura, Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Coahuila, México.
- INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y GEOGRAFÍA (INEGI). 2015. Conjunto de datos vectoriales escala 1:1,000,000. México.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES Y AGROPECUARIAS (INIFAP) & COMISIÓN NACIONAL PARA EL CONOCIMIENTO Y USO DE LA BIODIVERSIDAD (CONABIO). 1995. Carta de 'Edafología'. Escalas 1:250000 y 1:1000000. México.
- INSTITUTO NACIONAL DE INVESTIGACIONES FORESTALES, AGRÍCOLAS Y PECUARIAS (INIFAP). 2009. Producción de planta del género *Pinus* en vivero en clima templado frío. Centro de Investigación Regional Norte Centro. Campo experimental Valle del Guadiana. Primera edición. Durango, Dgo. México. ISBN: 978-607-425-133-3.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. 2008. Sistemas de plantación. Plataforma de conocimiento para el medio rural y pesquero.
- MONTÁVEZ R. I. s.f. Material Vegetal de Reproducción: Manejo, Conservación y Tratamiento. Sistemas de recolección, extracción y limpieza de semillas. Disponible en: http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/consolidado/publicacionesdigitales/80402_MATERIAL_VEGETAL_DE_REPRODUCCION_MANEJO_CONSERVACION

N Y TRATAMIENTO/80402/3 SISTEMAS DE RECOLECCION, EXTRACCION
Y LIMPIEZA DE SEMILLAS.PDF

- MORERA, B. A. A. 2003. Efecto de la reforestación con especies nativas sobre la recuperación de bosques secos en Costa Rica. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/ARTICLE/WFC/XII/0279-B3.HTM>
- OLIVA, V. M. A. (Coordinador). 2014. Manual de recolección de semillas de especies forestales nativas: Experiencia en Molinopampa, Amazonas-Perú. Editor Chachapoyas-Perú. Ministerio de Agricultura y Riego y Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre (SERFOR).
- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA ALIMENTACIÓN Y LA AGRICULTURA (FAO). 2003. Ordenación de bosques naturales para la explotación sostenible de la caoba (*Swietenia macrophylla*): experiencias en bosques comunales de México. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/y5189s/y5189s22.htm>
- RAMÍREZ, G. E. O. 2000. Variación de semillas y plántulas de tres procedencias de *Pinus teocote* Schl. & Cham. Tesis de maestría, Universidad Veracruzana. Xalapa-Enríquez., Veracruz.
- VANEGAS. L. 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. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/006/AD232S/ad232s00.htm#TOC>



*Al servicio
de las personas
y las naciones*

