

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

## MÓDULO TROPICAL

Noviembre 2018

Ing. Salvador Martínez García



Al servicio  
de las personas  
y las naciones



## **Informe final de las actividades de restauración que se propone realizar en cada una de las áreas.**

“Las opiniones, análisis y recomendaciones de política incluidas en este informe no reflejan necesariamente el punto de vista del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo, como tampoco de su junta ejecutiva ni de sus miembros”.

**Título:** Establecimiento de tres módulos de restauración de ecosistemas forestales, utilizando para la reforestación únicamente especies nativas.

**Objetivo:** Validar el “Manual de mejores prácticas para restauración de ecosistemas degradados, utilizando para la 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.

**Autor:** Ing. Salvador Martínez García.

**Modo de citar el informe:** PNUD (Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). 2018. Establecimiento de tres módulos de restauración de ecosistemas forestales, utilizando para la reforestación únicamente especies nativas – Módulo Tropical (Tabasco). Proyecto 089333 “Aumentar las Capacidades Nacionales para el manejo de las Especies Exóticas Invasoras (EEI) a través de la Implementación de la Estrategia Nacional EEI. Martínez, S. Zapopan, Jalisco, México. 81 pp. + 2 Anexo.

**Vínculo con la Estrategia Nacional sobre Especies Invasoras:** Los objetivos que se consideran son: prevenir, detectar y reducir el riesgo de introducción, establecimiento y dispersión de especies invasoras, establecer programas de control y erradicación de poblaciones de especies invasoras que minimicen o eliminen sus impactos negativos y favorezcan la restauración y conservación de los ecosistemas. Estos corresponden a las siguientes acciones estratégicas: desarrollo de capacidades, coordinación, divulgación, comunicación y conocimiento e información (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

**Resumen:** El actual proyecto busca poner a prueba el Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias; con la finalidad de obtener una herramienta que proporcione los elementos necesarios para la restauración de ecosistemas en México.

Es por lo que se toman en cuenta tres ecosistemas (templado frío, semiárido y tropical) representativos de México, para este documento se pretende analizar la eficiencia de las actividades para rehabilitación, restauración y mejoramiento del suelo de la parcela

establecida en el clima tropical, se presentará los resultados obtenidos de los diferentes índices como lo son: índice de Simpson, índice de prioridad de restauración, grado de fragmentación, estructura vegetal y horizontal, etc.

De igual forma se plasma la metodología que se utilizó para la elaboración de la propuesta de restauración ecológica; el análisis de datos indicará si esta cumple de manera efectiva su objetivo. Se podrá apreciar un cuadro con los costos de operación, el cual muestra el precio de las diferentes actividades realizadas, que su vez servirá como referencia para el cálculo del valor económico que se requerirá si se pretende recuperar un área degradada en futuros proyectos, dependiendo del grado de afectación.

## Contenido

1. Introducción .....	1
2. Descripción de la microcuenca como punto integral en la restauración del ecosistema .....	2
2.1. Restauración a nivel de cuencas y análisis del paisaje .....	3
3. Localización.....	4
4. Descripción de la microcuenca y el área (geográfica, social y ecológicamente) .....	6
4.1. Características fisiográficas.....	6
4.1.1. Relieve .....	6
4.1.2. Exposición y pendiente .....	8
4.1.3. Hidrología .....	10
4.1.4. Descripción geomorfológica .....	11
4.2. Descripción de las características, propiedades y condiciones del suelo .....	12
4.2.1. Tipo de suelo .....	13
4.2.2. Horizontes o capas encontradas .....	14
4.2.3. Textura.....	15
4.2.4. Drenaje interno .....	17
4.3. Clima .....	17
4.3.1. Tipo de clima.....	17
4.3.2. Calculo del clima .....	19
4.4. Vegetación .....	27
4.5. Aspectos sociales .....	29
5. Origen o causas de la degradación del ecosistema de la localidad .....	31
6. Índices que definen el área a restaurar .....	32

6.1.	Degradación del suelo .....	32
6.2.	Índice de prioridad de restauración .....	34
6.2.1.	Evaluación de la ubicación del predio en la cuenca .....	35
6.2.2.	Evaluación de la estructura, composición y diversidad del área del proyecto.....	36
6.2.3.	Evaluación de la compactación del suelo .....	40
6.2.4.	Sanidad forestal .....	41
6.2.5.	Susceptibilidad de la superficie destinada a la reforestación por actividades antropogénicas.....	42
7.	Metodología de restauración del sitio .....	44
7.1.	Obras para la rehabilitación, restauración y mejoramiento de suelos .....	44
7.1.1.	Roturación .....	45
7.2.	Obras de protección.....	48
7.2.1.	Cercado .....	48
7.2.2.	Brechas cortafuego.....	51
8.	Listado de las especies a utilizar en las actividades de reforestación de acuerdo con ecosistema .....	53
8.1.	<i>Swietenia macrophylla</i> (caoba, caobo, cóbano) .....	57
8.2.	<i>Tabebuia rosea</i> (rosadillo, palo de rosa, rosa morada) .....	58
9.	Metodología de reproducción de las especies nativas que se emplearán .....	59
9.1.	Producción de especies nativas en vivero .....	59
9.2.	Producción de semilla .....	62
9.3.	Producción de plantas .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
9.3.1.	<i>Swietenia macrophylla</i> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
9.3.2.	<i>Tabebuia rosea</i> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

10.	Recomendaciones.....	64
11.	Conclusiones.....	64
12.	Literatura.....	65
13.	Anexos.....	72
13.1.	Anexo 1. Factor de corrección “L” por latitud (latitud norte).....	72
13.2.	Anexo 2. Costos de preparación del terreno y reforestación (Módulo tropical).....	74

## Índice de ilustraciones

Ilustración 1.	Micro y macro localización del módulo región tropical. ....	6
Ilustración 2.	Mapa de altitud en la parcela a restaurar. ....	7
Ilustración 3.	Mapa de fisiografía en la parcela. ....	8
Ilustración 4.	Mapa de exposiciones en la parcela.....	9
Ilustración 5.	Mapa de pendientes en el módulo tropical. ....	10
Ilustración 6.	Mapa de hidrología en la cercanía del módulo. ....	11
Ilustración 7.	Mapa de geología dentro de la parcela a restaurar. ....	12
Ilustración 8.	Mapa de edafología en la parcela. ....	13
Ilustración 9.	Triángulo de texturas.....	16
Ilustración 10.	Mapa de clima. ....	18
Ilustración 11.	Mapa de la temperatura media anual.....	19
Ilustración 12.	Mapa de la precipitación media anual correspondiente a la parcela. ....	20
Ilustración 13.	Mapa de vegetación en la parcela de interés. ....	28
Ilustración 14.	Mapa de aptitud. ....	29
Ilustración 15.	Mapa del grado de erosión dentro de la parcela. ....	33

Ilustración 16.- Mapa del grado de fragmentación.....	34
Ilustración 17. Proceso de colocación del cercado en el módulo región tropical.....	50
Ilustración 18. Mapa de obras para el módulo tropical. ....	53
Ilustración 19. Croquis de la ubicación del vivero Los pulmones de Camila.....	61

## Índice de imágenes

Imagen 1. Vista panorámica de la parcela. ....	3
Imagen 2. Vista panorámica de las condiciones iniciales del módulo región tropical.....	5
Imagen 3. Perfil de suelo en el predio rústico ubicado en la colonia agrícola y ganadera “Gilberto Flores Muñoz”, municipio de Huimanguillo, Tabasco. ....	14
Imagen 4. Muestras de suelo de cada horizonte. ....	15
Imagen 5. Caracterización de la textura en campo del perfil de suelo. ....	16
Imagen 6. A: Primer horizonte con pH de 5; B: Segundo horizonte con pH de 6. ....	17
Imagen 7. Producción de piña en Tabasco. ....	30
Imagen 8. Causas de la degradación del ecosistema. ....	31
Imagen 9. Cambio de uso de suelo en Chontalpa, Tabasco .....	32
Imagen 10. Roturación de suelo.....	45
Imagen 11. Vista panorámica del terreno del módulo región tropical.....	46
Imagen 12. Roturación de suelo realizada a cuatro metros de distancia entre líneas. ....	47
Imagen 13. Arado de subsoleo adaptado a tractor agrícola. ....	47
Imagen 14. Estado actual de las actividades de subsoleo en el módulo tropical. ....	48
Imagen 15. Ganado bovino en presente en el módulo región tropical. ....	49
Imagen 16. Cercado en el módulo región tropical. ....	51
Imagen 17. Realización de brecha cortafuego en el módulo región tropical. ....	51
Imagen 18. Brecha cortafuego ya concluida en el módulo región tropical. ....	52

Imagen 19. Estado actual de la brecha cortafuego en el módulo tropical. ....	52
Imagen 20. <i>Swietenia macrophylla</i> (AMAREF-FJF116)-Árbol completo. ....	58
Imagen 21. <i>Tabebuia rosea</i> (DIAAPROY-IMM408)-Árbol completo. ....	59
Imagen 22. Producción de <i>Tabebuia rosea</i> (Maculís) en el Vivero Los pulmones de Camila. ....	62

## Índice de tablas

Tabla 1. Vértices que delimitan el polígono del módulo región tropical. ....	5
Tabla 2. Características físicas y biológicas del módulo tropical.¡Error! Marcador no definido. ....	
Tabla 3. Valores de evapotranspiración diaria sin ajustar para temperaturas superiores a los 26.5 °C. ....	21
Tabla 4. Valores promedio mensuales de la estación meteorológica 27032, Huimanguillo, Tabasco y resultados de la evapotranspiración potencial. ....	22
Tabla 5. Valores de excesos y deficiencias de la precipitación para el área de estudio. ....	23
Tabla 6. Tipos de climas de acuerdo con índice hídrico o grado de humedad. ....	24
Tabla 7. Índice de variación estacional de la humedad. ....	25
Tabla 8. Eficiencia térmica. ....	26
Tabla 9. Concentración de la eficiencia térmica en verano. ....	26
Tabla 10. Puntuación para calificar la prioridad del predio de ser reforestado en función de su ubicación dentro de la cuenca ....	36
Tabla 11. Puntaje sugerido para evaluar la estructura vertical de las áreas sujetas a acciones de conservación. ....	37
Tabla 12. Evaluación del estrato horizontal a nivel predial. ....	38
Tabla 13. Ponderación del valor del índice de diversidad de Simpson para determinar la prioridad de reforestación a nivel predial. ....	40
Tabla 14. Puntuación asignada al índice de Pieri para su incorporación en el índice de prioridad de restauración. ....	41

Tabla 15. Valores para la evaluación de la sanidad en el predio donde se efectuará la reforestación .....	42
Tabla 16. Ponderación propuesta para valorar la susceptibilidad de la reforestación a presiones antropogénicas. ....	42
Tabla 17. Valoración del índice de susceptibilidad de la superficie destinada a la reforestación ante actividades antropogénicas. ....	44
Tabla 18. Obras y prácticas de conservación de suelo. ....	44
Tabla 19. Especies más utilizadas en los trabajos de reforestación. ....	55
Tabla 20. Características y requerimientos ambientales por especie. ....	56
Tabla 21. Causas de muerte de las plantaciones. ....	60
Tabla 22. Anexo 1: Factor de corrección "L" por latitud (Latitud Norte). ....	72
Tabla 23. Costos de preparación del terreno y transporte de la planta .....	74
Tabla 24. Costo de compra de planta. ....	75

# 1. Introducción

México es uno de los países con mayor diversidad, sin embargo, la degradación acelerada de los ecosistemas ha llevado a la extinción de distintas especies. Uno de los estados que ha perdido este proceso es Tabasco, ya que de acuerdo con Barba & Ramos (2018) ha sufrido una degradación acelerada en los últimos 35 años, relacionada con las alteraciones hidrológicas, el cambio de uso de suelo para el establecimiento de cítricos, secado y relleno de humedales.

Ante esta situación se han buscado alternativas para recuperar aquellos ecosistemas, una de ellas es el establecimiento de reforestación con especies nativas, debido a que son especies que pueden desarrollarse y adaptarse a las condiciones de los sitios. Para el desarrollo del proyecto de “Establecimiento de tres módulos de restauración de ecosistemas forestales, utilizando para reforestación únicamente de las especies nativas” se establecieron módulos representativos, uno de ellos ubicado en Huimanguillo, Tabasco, que representa a la zona tropical.

El presente trabajo busca implementar el “Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias” ya que su autor (Vanegas, 2016) menciona que México cuenta con una estrategia Nacional de la Biodiversidad (2000) donde se reconoce que las especies exóticas invasoras (EEI) constituye una amenaza para la conservación del capital natural del país. Es indispensable que, para el éxito de la reforestación, se realicen visitas de campo para determinar el tipo de obras de conservación adecuadas a las condiciones del sitio para mejorar sus condiciones.

Debido a las características del módulo tropical se realizaron obras de protección como: cercado y brecha cortafuego; así mismo subsoleo en la totalidad de la parcela.

En este documento se hace menciona la ubicación de la parcela, características del sitio (tipo de suelo, clima, relieve, exposición, pendiente, entre otros), causas y origen de la degradación, elección de las especies nativas a establecer, proceso de producción en vivero, metodología de restauración y cálculo del índice de prioridad de restauración.

## 2. Descripción de la microcuenca como punto integral en la restauración del ecosistema

La parcela ubicada en el estado de Tabasco se encuentra específicamente en el municipio de Huimanguillo, el cual abarca dos regiones hidrográficas: Coatzacoalcos (RH-29) y Grijalva-Usumacinta (RH-30). Sin embargo, de manera más específica el área a trabajar se encuentra en la RH-29, dentro de la cuenca Río Tonalá y Lagos del Carmen y Machona (A), en la subcuenca Lagos del Carmen y Machona (a) (INEGI 2018).

Las cuencas constituyen un complejo mosaico de ecosistemas naturales, los cuales proveen de bienes y servicios ambientales invaluable para la población, algunos de ellos son: suministro de agua dulce, regulación del caudal de ríos, mantenimiento de los regímenes hidrológicos, regulación de la erosión, entre otros (Cotler, 2010).

García *et al.*, (2003) menciona la importancia de la conservación de la cobertura vegetal en las vertientes de la cuenca, con la finalidad de amortiguar las precipitaciones, controlar la erosión y las inundaciones. Los componentes biofísicos, biológicos y antropológicos que interaccionan dentro de la cuenca deben mantenerse en equilibrio ya que, si alguno de los elementos se perturba, el sistema en general estará en peligro (Ramakrishna, 1997).



**Gráfico 1. Esquema del Sistema Natural de la Cuenca Hidrográfica.**

**Fuente: García, 2012.**

Es importante que, para la planeación sobre el manejo de la cuenca, se contemple a la población para colaborar en las actividades propuestas. Se deberá definir el manejo que llevará, realizando un estudio detallado de la relación entre hombre-naturaleza para conocer el uso de los recursos y el impacto que se está generando, para poder establecer las medidas de mitigación de dichos impactos.

## **2.1. Restauración a nivel de cuencas y análisis del paisaje**

De acuerdo con FAO (2015) la continua degradación de los bosques y tierras ha traído consigo algunas consecuencias que interfieren con el bienestar, la alimentación y la seguridad hídrica a miles de personas. Ante esta situación es necesario que la restauración de los ecosistemas logre planificarse a nivel paisaje, con la finalidad de reestablecer la integridad ecológica y por lo tanto el bienestar humano.

Newton & Tejedor (2011), mencionan que, para proponer alternativas para la conservación y la restauración de los ecosistemas, es necesario identificar las causas por las que se ha degradado, la ubicación y extensión de las áreas afectadas, para poder establecer las mejores estrategias que ayuden a mitigar los impactos negativos que han afectado durante los últimos años.



**Imagen 1. Vista panorámica de la parcela.**

**Fuente: Toma propia SMG, 2018.**

De acuerdo con Vanegas (2016), la restauración forestal a nivel paisaje, va enfocada a la recuperación de las funciones y procesos de estos, evitando la restauración de pequeñas partes de ecosistemas, con la finalidad de devolver los bienes y servicios que otorga el bosque, de tal forma que se pueda proteger y manejar de la mejor manera.

Como una alternativa a la conservación se ha generado la Estrategia de integración para la conservación y el uso sustentable de la biodiversidad (2016-2022), el cual tiene el objetivo de promover políticas, programas y acciones dentro del sector forestal para lograr un desarrollo forestal sustentable, integrando totalmente la participación ciudadana para lograrlo y recuperar los servicios ambientales de aquellos ecosistemas dañados o destruidos.

De acuerdo con INEGI 2017, derivado del Programa Nacional Forestal 2016 (PRONAFOR) que realiza la Comisión Nacional Forestal, para el estado de Tabasco se establecieron en el terreno 3,841,250 unidades vegetales, las cuales comprenden especies forestales maderables como macuilís (*Tabebuia rosea*), caoba (*Swietenia macrophylla*), palo tinto (*Haematoxylum campechianum*), bojón (*Cordia alliodora*), guanacastle (*Schizolobium parahyba*), ramón (*Brosimum alicastrum*) y ceiba (*Ceiba petandra*), mismas que comprenden una superficie de 6,146 hectáreas.

Para el municipio de Huimanguillo se reportan 9,375 árboles plantados de las especies mencionadas, lo que cubrió una superficie de 15 hectáreas. La información mencionada comprendió acciones coordinadas por la CONAFOR con la participación de ejidos, comunidades, organizaciones sociales, Gobierno del Estado y Secretaría de la Defensa Nacional, en la zona rural.

Además, procedente del mismo programa y año, a nivel estatal se tuvo una superficie beneficiada por obras de conservación y restauración de suelos forestales de 6,191.0 hectáreas, de las que 0.24% están representadas por el municipio Huimanguillo con 15.0 ha favorecidas con obras para el control de la erosión laminar en laderas por medio de terrazas de muro vivo, barreras de piedra, zanjas y prácticas vegetativas.

Cabe mencionar que las obras de suelo formaron parte de una modalidad de restauración forestal integral, que comprendió sucesivamente las acciones de conservación y restauración de suelos, reforestación y protección de áreas reforestadas, en terrenos preferente forestales mayores de 5 hectáreas con algún grado de degradación y en terrenos ubicados en zonas de reactivación de la producción forestal, donde se aplicaron tratamientos intensivos; lo que también requirió acciones coordinadas por la CONAFOR con la participación de los actores mencionados.

### **3. Localización**

El polígono propuesto para la realización de actividades de restauración integral del ecosistema se encuentra delimitado por las coordenadas presentadas en la Tabla 1.

Pertenece a la localidad Colonia Agrícola y Ganadera “Gilberto Flores Muñoz”, del municipio de Huimanguillo, Tabasco.

**Tabla 1. Vértices que delimitan el polígono del módulo región tropical.**

<b>Fuente: Datos obtenidos en campo.</b>		
<b>Vértice</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>
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

Este polígono se propone como área (Imagen 2) 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 2. Vista panorámica de las condiciones iniciales del módulo región tropical.**

**Fuente: toma propia SMG, 2018.**

En el siguiente mapa (Ilustración 1) se puede apreciar el polígono del módulo tropical con una superficie de 3 hectáreas y un perímetro de 1.43 kilómetros.



**Ilustración 1. Micro y macro localización del módulo región tropical.**

Fuente: elaboración propia SMG, 2018.

## 4. Descripción de la microcuenca y el área (geográfica, social y ecológicamente)

### 4.1. Características fisiográficas

#### 4.1.1. *Relieve*

La parcela se encuentra a pocos metros del nivel del mar, como se muestra en la Ilustración 2 la altitud dentro de la parcela varía de los 40 a 44 msnm, lo que hace una variación ligera en la pendiente del terreno.



**Ilustración 2. Mapa de altitud en la parcela a restaurar.**

**Fuente: elaboración propia SMG, 2018.**

El terreno presenta una altitud promedio de 39.5 metros sobre el nivel del mar, y de acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI) se tiene una topografía de llanura en su totalidad, es decir que en general las pendientes son escasas y las exposiciones tienden a ser cenitales (Ilustración 3).



**Ilustración 3. Mapa de fisiografía en la parcela.**

**Fuente: elaboración propia SMG, 2018.**

#### **4.1.2. Exposición y pendiente**

La generación del mapa de exposiciones del área nos ayuda en la elección de las especies a utilizar para la reforestación y para la determinación de las áreas que estas ocuparán, dependiendo de las condiciones requeridas para el buen desarrollo de las especies nativas. Por lo tanto, como se puede observar en la Ilustración 4, la variación en la exposición del terreno es notoria, sin embargo, es importante mencionar que, a pesar de eso, las pendientes poco pronunciadas hacen imperceptible esta variación. La exposición Este es dominante en el polígono y sirve como indicador de la radiación solar que recibe diariamente.



**Ilustración 4. Mapa de exposiciones en la parcela.**

**Fuente: elaboración propia SMG, 2018.**

Las pendientes presentes en el polígono propuesto nos indican la existencia de diferentes exposiciones, por lo que al realizar un análisis de estas dos características se puede obtener la combinación de las obras de conservación de suelo y especies a utilizar en un determinado lugar. De acuerdo con la Ilustración 5, la pendiente dominante en el polígono es menor del 5%, razón por la cual el terreno es una superficie plana.



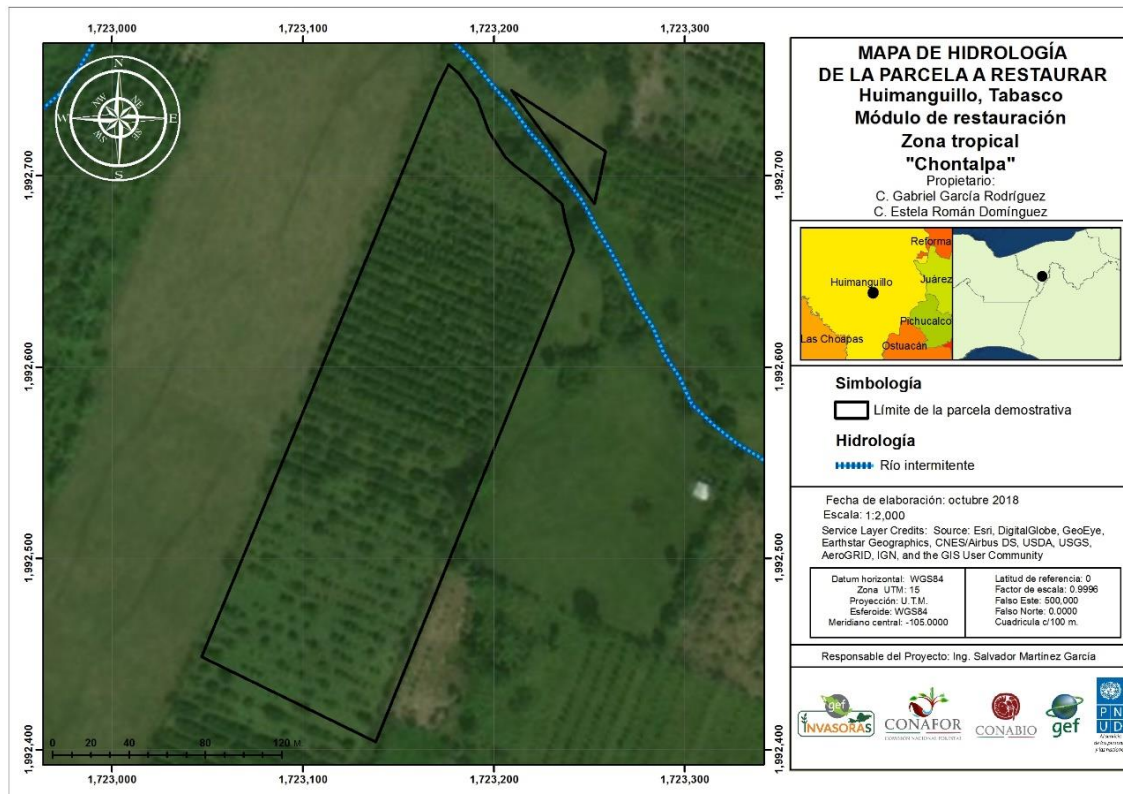
**Ilustración 5. Mapa de pendientes en el módulo tropical.**

**Fuente: elaboración propia SMG, 2018.**

#### **4.1.3. Hidrología**

De acuerdo con INEGI (2018), la hidrología es referida a la información que permite conocer las condiciones en las que se encuentra el recurso hídrico tanto superficial como subterráneo, considerando el análisis químico de las muestras obtenidas de cuerpos de agua.

En la ilustración 6 es posible observar que existe un río intermitente que atraviesa una parte del polígono; aunque en el estado de Tabasco las precipitaciones son altas, la cercanía de un río intermitente podría contribuir a otra posibilidad de obtener agua para el desarrollo de la reforestación. Por tratarse de un imagen de 2015 aún se aprecia que existía cultivo de cítricos, sin embargo en la actualidad dicho cultivo ha sido removido.



**Ilustración 6. Mapa de hidrología en la cercanía del módulo.**

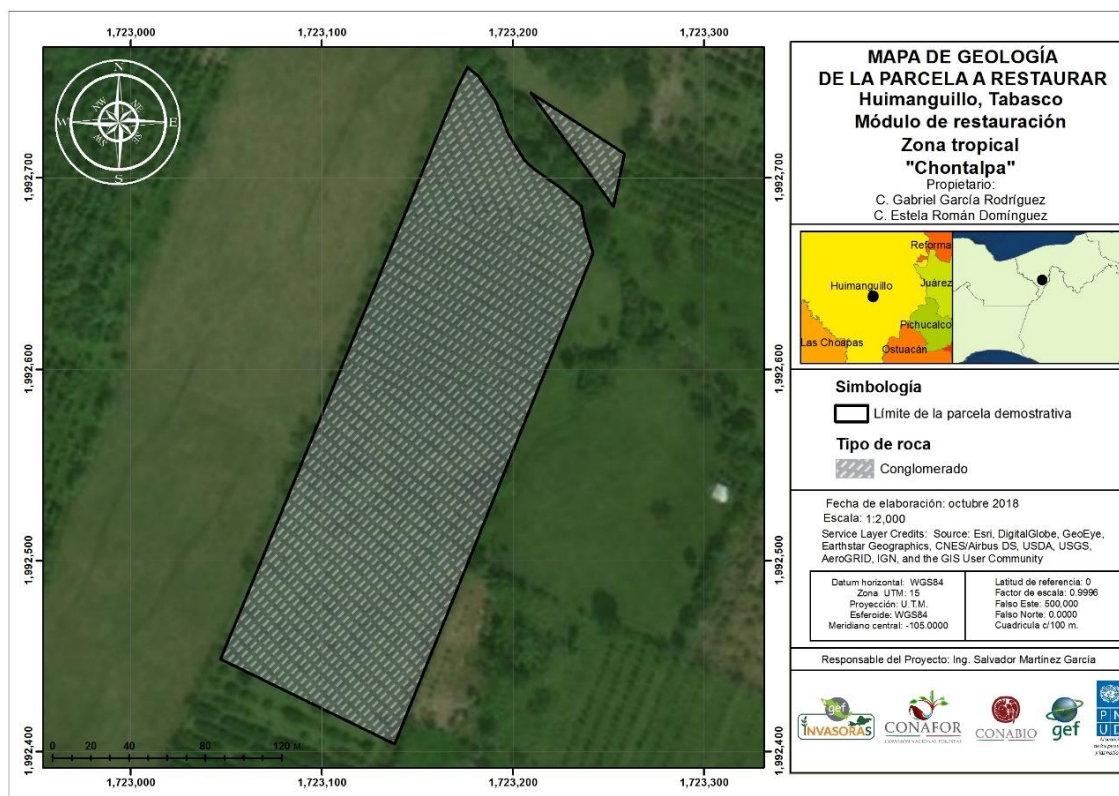
**Fuente:** elaboración propia SMG, 2018.

#### **4.1.4. Descripción geomorfológica**

La geomorfología se refiere a la descripción sistemática de las formas de la tierra o paisajes, analizando como evolucionaron o se formaron, y los procesos que actuaron en el pasado y operaron en el presente modelando la superficie de la tierra; creando formas que en función de su relieve reciben nombres como montañas, colinas, valles, terrazas, altiplanos, etc. Estas superficies se definen en términos de estructura, proceso y tiempo, para explicar sistemáticamente las formas de la tierra. La estructura se refiere a las masas rocosas, los minerales que las forman, su estratigrafía, sus características físicas y químicas y, la formación causada por procesos tectónicos. Los procesos son factores que contribuyen a formar paisajes; algunos de estos procesos son la meteorización, erosión y la actividad biológica sobre las rocas que causan su desintegración. El tiempo es un intervalo que se mide en miles o millones de años, o en ambos, y provee una dimensión sobre la cual actúan los procesos sobre las estructuras geológicas (Núñez, 1981).

Para el presente módulo, INEGI carece de información geológica de la zona, motivo por el cual se recurrió a la información del Servicio Geológico Mexicano (2010), el cual indica que la geología del módulo pertenece a conglomerado (Ilustración 7). Montijo (s. f) define el

conglomerado como una roca sedimentaria formada por fragmentos redondeados de roca que son mayores a 2 mm y que se han unido por algún cemento.



**Ilustración 7. Mapa de geología dentro de la parcela a restaurar.**

**Fuente: elaboración propia SMG, 2018.**

## 4.2. Descripción de las características, propiedades y condiciones del suelo

De acuerdo con las cartas de INIFAP-CONABIO (1995), el tipo de suelo existente en la zona de interés corresponde a *Cambisol eútrico*. Estos son suelos jóvenes, poco desarrollados y se encuentran en cualquier tipo de vegetación o clima, a excepción de las zonas áridas. Se caracterizan por presentar en el subsuelo una capa con terrones que presentan vestigios de tipo roca subyacente y presentan acumulaciones de arcilla, carbonato de calcio, fierro o manganeso. Son de ligeramente ácidos a alcalinos.

Por otro lado, en los mapas de suelos con escala 1:250,000 de INEGI (2015 a), se señala que el tipo de suelo en la región pertenece a vertisoles (Ilustración 8). Estos suelos presentan características con un alto contenido de arcillas que es expandible con la humedad, por lo general son de colores oscuros. Son suelos que se presentan en climas templados y cálidos, los cuales tienen una estación marcada de sequía y lluvias.



**Ilustración 8. Mapa de edafología en la parcela.**

**Fuente:** elaboración SMG, 2018.

Basado en la Guía de campo para el muestreo y descripción de perfiles de suelos de Schoeneberger *et al.* (2002), se utilizó la metodología de observación por pared (cara de perfil) en el área o exposición sin perturbar. Esta metodología consiste en realizar una excavación “hoyo pequeño” con medidas de un metro de profundidad y 2 metros de largo, de tal manera que sea posible observar las capas presentes en el suelo. Con base a ese análisis se determinaron algunas de las características físicas y químicas del suelo en el predio rústico ubicado en la colonia agrícola y ganadera “Gilberto Flores Muñoz”, municipio de Huimanguillo, Tabasco. En donde se realizó un perfil de suelo con la metodología antes descrita.

#### **4.2.1. Tipo de suelo**

Con base al perfil de suelo realizada en campo, el análisis indica que efectivamente el tipo de suelo presente en la zona es *Cambisol eútrico* (Imagen 3).



**Imagen 3. Perfil de suelo en el predio rústico ubicado en la colonia agrícola y ganadera “Gilberto Flores Muñoz”, municipio de Huimanguillo, Tabasco.**

**Fuente: toma propia SMG, 2018.**

#### ***4.2.2. Horizontes o capas encontradas***

De acuerdo con el análisis de suelo, en el perfil se visualizan dos horizontes. Es notorio que el primer horizonte presenta un color oscuro, con un cierto porcentaje de arcilla, lo que ocasiona que la infiltración sea más lenta (Imagen 4). Es importante mencionar que, para el municipio de Huimanguillo, Tabasco, se tienen áreas con drenaje un poco deficiente, por lo que se considera este factor en la elección de las especies nativas para reforestar.



**Imagen 4. Muestras de suelo de cada horizonte.**

**Fuente: toma propia SMG, 2018.**

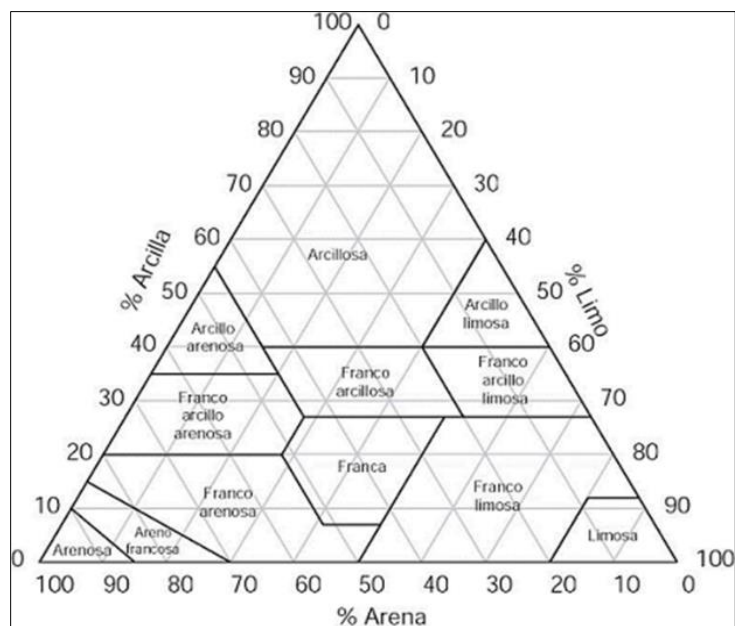
Los suelos *Cambisoles* son medianamente evolucionados y pobres en materia orgánica y presenta un perfil A-B-C en el que puede aparecer un horizonte cámbico que presenta un moderado grado de evolución. De acuerdo con Vadillo (2006), se definen los horizontes A-B-C de la manera siguiente:

- Horizonte A es de lixiviado, ya que contiene sales minerales que son arrastradas hacia abajo por las aguas al infiltrarse, en este horizonte se encuentran la mayoría de las plantas. Suele ser un poco oscuro y rico en humus.
- Horizonte B es de precipitación, tiene colores claros por su pobreza en humus. Presenta acumulación de calcio, aluminio o hierro procedentes de los niveles superiores.
- Horizonte C está formado por fragmentos procedentes de la meteorización mecánica y/o química de la roca madre.

#### **4.2.3. Textura**

De acuerdo con López *et al.* (2003) la textura está definida como el contenido de particular de diferente tamaño, como arena, limo y arcilla. Dicha textura está relacionada con la facilidad de manejar el suelo, la cantidad de retención de agua y la velocidad con la que el agua penetra en el suelo.

Existen metodologías sencillas para determinar la textura en campo, las cuales son apoyadas del triángulo de texturas (Ilustración 9).



**Ilustración 9. Triángulo de texturas.**  
**Fuente: Schoeneberger et al., 2002)**

Los datos de campo dentro de la zona de interés determinan el suelo como “arcilloso-arenoso” (Imagen 5), de acuerdo con Cruz (2014) las arcillas están constituidas principalmente por silicatos de aluminio hidratado; cuando están húmedos suelen ser pegajosos, pero cuando están secos las partículas son finas. En cambio, los suelos arenosos son fácil de trabajar, pero retienen pocos nutrientes aprovechables para las plantas (FAO, 1999).



**Imagen 5. Caracterización de la textura en campo del perfil de suelo.**  
**Fuente: toma propia SMG, 2018.**

Por otro lado, las pruebas de pH (grado de acidez o alcalinidad en el suelo) de cada horizonte muestran suelos ligeramente ácidos como se muestra en la Imagen 6.

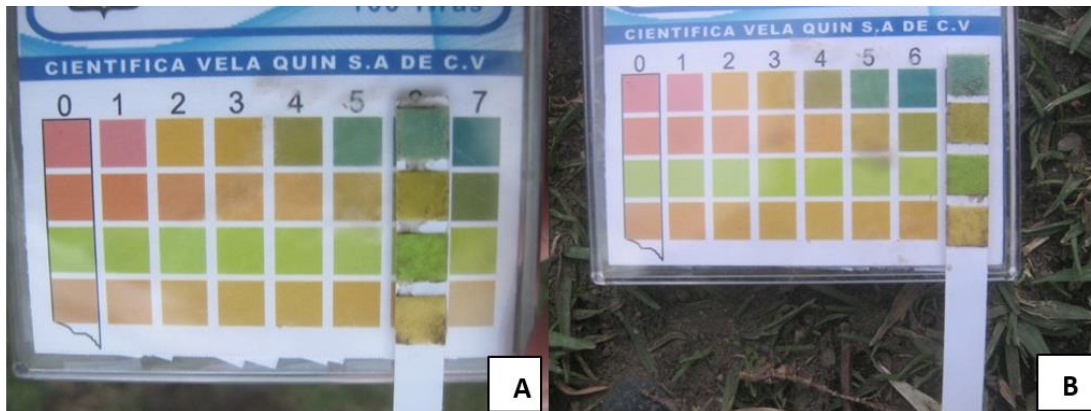


Imagen 6. A: Primer horizonte con pH de 5; B: Segundo horizonte con pH de 6.

Fuente: toma propia SMG, 2018.

#### **4.2.4. Drenaje interno**

Con base en el análisis del suelo, sus características físicas y químicas se deduce que, pese a las características generales de la región, el suelo presente en el área propuesta tiene un drenaje regular, esto significa que el agua es removida de forma lenta durante varios periodos del año, haciendo que el agua interna libre se ubique moderadamente en lo profundo y pueda ser transitoria o permanente (Schoeneberger *et al.*, 2002).

### **4.3. Clima**

#### **4.3.1. Tipo de clima**

Considerando las cartas de climas escala 1:1,000,000 de la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 1998), y la clasificación de Köppen modificada por Enriqueta García (1987), el tipo de clima de la zona corresponde a Am(f), el cual es un clima cálido húmedo (Ilustración 10).



**Ilustración 10. Mapa de clima.**  
**Fuente: elaboración propia SMG, 2018.**

Este tipo de clima presenta una temperatura media anual mayor a 22 °C y la temperatura del mes más frío es mayor de 18 °C (Ilustración 11). Para el caso de la precipitación, el mes más seco es menor de 60 mm, tiene lluvias en verano. De acuerdo con CONABIO las lluvias invernales corresponden al 10.2% de la precipitación total anual es lluvia, sin embargo, en las cartas de climas escala 1:1,000,000 menciona que las lluvias invernales son mayores al 18% con respecto a la precipitación anual (INEGI, 2000).



**Ilustración 11. Mapa de la temperatura media anual.**

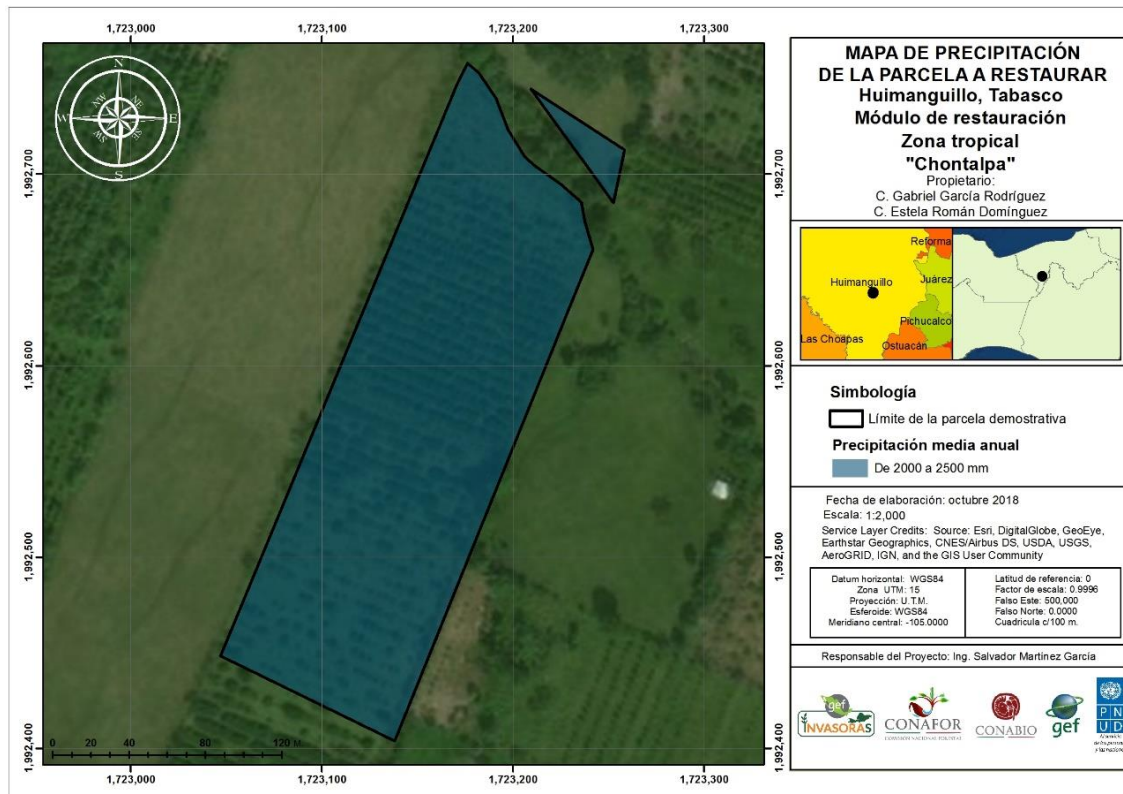
**Fuente: elaboración propia SMG, 2018.**

Cabe hacer mención que los climas "A" se extienden a lo largo de las vertientes mexicanas de ambos mares. En la del Pacífico hacia el sur, abarca un nivel del mar entre los 800 y 1,000 m. Por otro lado, en la vertiente del Golfo de México se presenta a lo largo de la llanura costera, y de la base de los declives correspondientes de la Sierra Madre Oriental, y de las montañas del norte de Chiapas, se extiende hasta una altitud de 1,300 m (García, 1987).

#### **4.3.2. Cálculo del clima**

De acuerdo con los datos de las normales climatológicas de la estación meteorológica número 27095 del Servicio Meteorológico Nacional, la cual se ubica en el municipio de Huimanguillo, Tabasco; la zona tiene una precipitación promedio multianual de 184.7 mm y una acumulada de 2,041.7 mm, pero la precipitación promedio anual en el área oscila entre los 2,000 y 2,500 mm (Ilustración 12).

La precipitación con mayor cantidad de lluvia se presenta en nueve meses del año (mayo a enero), sin embargo, en los meses de febrero a abril la precipitación es menor con relación a los meses con mayor precipitación. La temperatura promedio multianual es de 27.2 °C (Tabla 3).



**Ilustración 12. Mapa de la precipitación media anual correspondiente a la parcela.**

**Fuente: elaboración propia SMG, 2018.**

El análisis del clima de la región de estudio se realizó con el apoyo de climogramas, además, se utilizó el método especial de Thornthwaite para obtener los datos de evapotranspiración potencial mensual, el cual se basa en el balance de vapor de agua y está en función de la temperatura media de la zona; con una corrección en función del número de días del mes y la duración del día, el cual se obtiene con la siguiente fórmula (Thornthwaite y Matter, 1957).

$$e = 16 * \left( \frac{10 * tm}{l} \right)^a$$

Dónde:

$e$ : Evapotranspiración mensual sin ajustar (mm/mes).

$tm$ : Temperatura media mensual en °C.

$l$ : Índice de calor anual  $l = \sum i_j; j = 1, \dots, 12$ , que se calcula a partir del índice de calor mensual, " $i$ ", y es el resultado de la sumatoria de los doce índices de calor mensual  $i_j = \left( \frac{tm_j}{5} \right)^{1.514}$

$\alpha$ : Parámetro que se calcula a partir de  $l$  con la siguiente fórmula:

$$\alpha = 0.000000675 * l^3 - 0.0000771 * l^2 + 0.01792 * l + 0.49239$$

Es importante señalar que en aquellos meses que tuvieron una temperatura media mensual superior a los 26.5 °C, se utilizaron los valores de la Tabla 3 y este fue multiplicado por el número de días del mes correspondiente, ya que las temperaturas que excedan la antes mencionada son independientes del valor de “ $l$ ”.

**Tabla 2. Valores de evapotranspiración diaria sin ajustar para temperaturas superiores a los 26.5 °C.**  
Fuente: Thornthwaite & Matter (1957).

tm (°C)	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9
26						4.5	4.5	4.6	4.6	4.6
27	4.6	4.7	4.7	4.7	4.8	4.8	4.8	4.8	4.9	4.9
28	4.9	5	5	5	5	5.1	5.1	5.1	5.1	5.2
29	5.2	5.2	5.2	5.2	5.2	5.3	5.3	5.3	5.4	5.4
30	5.4	5.4	5.4	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	5.6	5.6
31	5.6	5.6	5.6	5.6	5.7	5.7	5.7	5.7	5.7	5.8
32	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.8	5.9	5.9	5.9
33	5.9	5.9	5.9	5.9	6	6	6	6	6	6
34	6	6	6	6	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
35	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1
36	6.1	6.1	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
37	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2	6.2
38	6.2									

Siguiendo la metodología anterior se obtiene la evapotranspiración mensual sin ajustar, para realizar el ajuste, es necesario contar con el factor de corrección del número de días del mes y la duración astronómica del día, para esto se utilizó la tabla de factor de corrección que se presenta en el Anexo I, y aplicando la siguiente fórmula se obtiene la evapotranspiración potencial según Thornthwaite (mm/mes):

$$ETP_{Ajustada} = e * L$$

Dónde:

$L$  = Factor de corrección.

Los resultados se presentan en la Tabla 4.

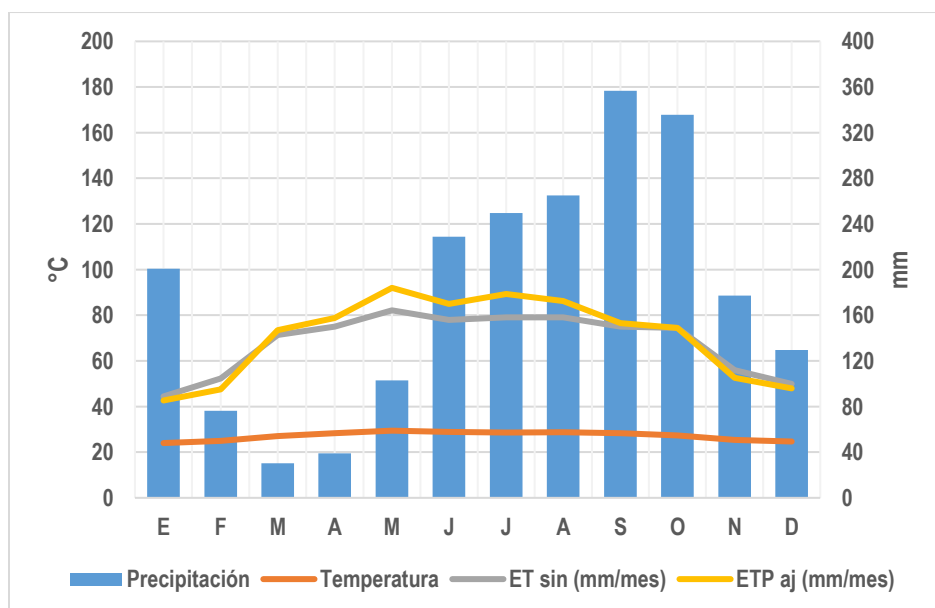
**Tabla 3. Valores promedio mensuales de la estación meteorológica 27032, Huimanguillo, Tabasco y resultados de la evapotranspiración potencial.**

Fuente: elaboración propia SMG, 2018.

Parámetro	Mes del año											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación	200.7	76.3	30.3	38.9	103.0	228.9	249.5	264.9	356.8	335.7	177.3	129.7
Temperatura	24.0	25.0	27.0	28.3	29.4	28.9	28.5	28.7	28.4	27.4	25.4	24.7
i <sup>1</sup>	10.8	11.4	12.9	13.8	14.6	14.2	14	14.1	13.8	13.1	11.7	11.2
N° días del mes	31	28.3	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
ET sin (mm/mes) <sup>2</sup>	111.7	120.7	142.6	150.0	164.3	156.0	158.1	158.1	150.0	148.8	124.7	118.1
L <sup>3</sup>	0.96	0.91	1.03	1.05	1.12	1.09	1.13	1.09	1.02	1	0.94	0.96
ETP aj (mm/mes) <sup>4</sup>	107.3	109.9	146.9	157.5	184	170	178.7	172.3	153	148.8	117.2	113.4

<sup>1</sup>i: Índice de calor; <sup>2</sup>Et sin: Evapotranspiración sin ajustar; <sup>3</sup>L: Factor de corrección de la evapotranspiración sin ajustar; <sup>4</sup>ETP aj: Evapotranspiración ajustada por el método de Thornthwaite.

El gráfico 2, señala que la mayoría de los meses del año presenta precipitación que sobrepasan los valores de la evapotranspiración potencial, esto genera una alta posibilidad de realizar actividades de reforestación en la zona. Sin embargo, en los meses de marzo y abril se tiene una precipitación baja que está por debajo de la temperatura media, lo cual da lugar a una alta evapotranspiración en los respectivos meses.



**Gráfico 2. Climograma y representación de la evapotranspiración potencial del municipio de Huimanguillo, Tabasco. Fuente: Elaboración propia SMG, 2018.**

La metodología de Thornthwaite es también utilizada para el cálculo del clima, esta se basa en el grado de humedad de un determinado sitio, asimismo, toma en cuenta las necesidades hídricas que se expresan a través de la evapotranspiración (Thornthwaite, 1948). Otros parámetros como el índice de humedad o de sequía se obtienen a través de los datos climáticos de la región. Estos son útiles para conocer el reparto de la lluvia y la temperatura dentro de la zona de un sitio a lo largo de un año (Bautista *et al.*, 2004).

Tomando en cuenta el índice de humedad se puede definir la disponibilidad de humedad en una región, las zonas que obtengan valores negativos presentan un déficit de esta. Por otra parte, cuando resulten valores positivos indica que la zona cuenta con un exceso hídrico. En algunos casos se puede obtener un valor de cero, lo cual indica que hay un equilibrio entre la precipitación anual y la demanda de humedad ambiental (McCabe y Wolock, 1991).

Para obtener el clima del área de estudio se siguió la metodología de Thornthwaite, la cual se describe a continuación (Thornthwaite, 1948):

Primeramente, se calcularon los datos de excesos y deficiencias de precipitación (Tabla 5). La obtención de estos dos valores depende de la cantidad de lluvia que se presentó en cada mes y la cantidad de agua evapotranspirada. Cabe mencionar que existen dos relaciones para identificar si hay un exceso o un déficit de agua en cada mes; para el primer caso la precipitación es mayor que la evapotranspiración potencial y en el segundo la precipitación es menor que la precipitación.

**Tabla 4. Valores de excesos y deficiencias de la precipitación para el área de estudio.**  
Fuente: elaboración propia SMG, 2018.

Parámetro	Mes del año											
	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Precipitación	200.7	76.3	30.3	38.9	103.0	228.9	249.5	264.9	356.8	335.7	177.3	129.7
ETP aj <sup>1</sup> (mm/mes)	85.3	95.2	146.9	157.5	184.0	170.0	178.7	172.3	153.0	148.8	105.2	95.9
Exceso (mm)	115.3	0	0	0	0	58.9	70.9	92.6	203.8	186.9	72.0	33.8
Deficiencia (mm)	0	18.9	116.6	118.6	81.0	0	0	0	0	0	0	0

<sup>1</sup>Evapotranspiración ajustada por el método de Thornthwaite.

Posteriormente se calculó el régimen de humedad que corresponde al primer dígito de la clasificación de clima de Thornthwaite, que se obtuvo con la siguiente fórmula:

$$IM = \frac{(100 * E - 60 * D)}{ETP_{aj}}$$

Dónde:

$IM$ : Grado de humedad del lugar.

$E$ : Exceso de humedad en el año.

$D$ : Deficiencia de humedad en el año.

$ETP_{aj}$ : Evapotranspiración ajustada por el método de Thornthwaite.

$$IM = \frac{(100 * 834.2 - 60 * 335.2)}{1692.8}$$

$$IM = 37.4$$

Para determinar el tipo de clima que hay en la región se consideró el valor obtenido de la fórmula anterior, de manera que se utilizó la Tabla 6 del segundo método de Thornthwaite.

**Tabla 5. Tipos de climas de acuerdo con índice hídrico o grado de humedad.**

**Fuente: Thornthwaite & Matter (1957).**

Símbolo	Tipo de clima	Índice hídrico
<b>Para climas húmedos</b>		
A	Súper húmedo	Mayor de 100
B <sub>4</sub>	Muy húmedo	80 a 100
B <sub>3</sub>	Húmedo	60 a 80
B <sub>2</sub>	Moderadamente húmedo	40 a 60
B <sub>1</sub>	Ligeramente húmedo	20 a 40
C <sub>2</sub>	Sub húmedo	0 a 20
<b>Para climas secos</b>		
C <sub>1</sub>	Sub húmedo seco	0 a -20
D	Semiárido seco	-20 a -40
E	Árido	-40 a -60

Con base a la tabla anterior, el municipio de Huimanguillo pertenece al grupo de climas "B1", el cual corresponde a un clima ligeramente húmedo. De acuerdo con Arteaga *et al.* (2012) la humedad en el estado de Tabasco tiene una variación y está en función del área geográfica a nivel regional, en la cual el municipio de Huimanguillo tiene un déficit de humedad, sin embargo, también el déficit de humedad varía de acuerdo con la época del año. El periodo de humedad donde se ubica el área de interés es de julio a febrero, con un periodo de sequía de marzo a mayo (Arteaga *et al.*, 2012).

Posteriormente, se obtuvo el segundo dígito de la fórmula climática; esta indica la variación estacional de la humedad del sitio. Es importante señalar que si el sitio de interés presentó un clima húmedo, se emplea la fórmula del índice de aridez, sin embargo, si resultó ser un clima seco se requiere utilizar la fórmula del índice de humedad; esto con la finalidad de poder observar para el caso de climas húmedos, si presentan una temporada de estiaje que tan seca es y viceversa si es un clima seco con una temporada húmeda, ver que tan húmeda puede llegar a ser.

$$Ia = \frac{100 * D}{ETP_{aj}}$$

$$Ih = \frac{100 * E}{ETP_{aj}}$$

Dónde:

*D*: Déficit de humedad en el año.

*E*: Exceso de humedad en el año.

Como en el sitio se obtuvo un clima húmedo se aplicó la fórmula del índice de aridez:

$$Ia = \frac{100 * 335.2}{1692.8}$$

$$Ia = 19.8$$

Conforme al valor del índice de aridez que se obtuvo y de acuerdo con los rangos del índice de variación estacional de la humedad (Tabla 7), el sitio de interés resultó pertenecer al grupo “s” que corresponde a moderada deficiencia de agua en verano.

**Tabla 6. Índice de variación estacional de la humedad.**

**Fuente: Thornthwaite & Matter (1957).**

Símbolos	Tipo de Variación	Índice de variación
<b>Para climas húmedos: índices de aridez (Ia)</b>		
r	Nula o pequeña deficiencia de agua	0 a 16.7
s	Moderada deficiencia en verano	16.7 a 33.3
w	Moderada deficiencia en invierno	16.7 a 33.3
s <sub>2</sub>	Gran deficiencia en verano	Más de 33.3
w <sub>2</sub>	Gran deficiencia en invierno	Más de 33.3
<b>Para climas secos: Índice de humedad (Ih)</b>		
d	Nulo o pequeño exceso de agua	0 a 10

Símbolos	Tipo de Variación	Índice de variación
s	Moderado exceso en verano	10 a 20
w	Moderado exceso en invierno	10 a 20
s <sub>2</sub>	Gran exceso en verano	Más de 20
w <sub>2</sub>	Gran exceso en invierno	Más de 20

El tercer valor de la fórmula climática se obtuvo a través de la sumatoria de la evapotranspiración ajustada, la cual se cotejó con los rangos establecidos en la Tabla 8. Tomando en consideración el resultado de la evapotranspiración potencial del área de estudio se identifica en la región megatérmica o cálida, el cual corresponde al grupo A'.

**Tabla 7. Eficiencia térmica.**  
Fuente: Thornthwaite & Matter (1957).

Símbolos	Región térmica	ETP (mm)
A'	Megatérmica o cálida	1140 y más
B'4	Mesotérmica semi cálida	997 1140
B'3	Mesotérmica templada cálida	855 a 997
B'2	Mesotérmica templada fría	712 a 855
B'1	Mesotérmica semi fría	570 a 712
C'2	Microtérmica fría moderada	427 a 570
C'1	Microtérmica fría acentuada	285 a 427
D'	Tundra	142 a 285
E'	Helado o Glacial	menos de 142

Para concluir la fórmula climática de Thorntwaite, se calculó la concentración de la eficiencia térmica en verano; este se obtiene sumando los valores de evapotranspiración de los cuatro meses de verano: junio, julio, agosto y septiembre. Después, se obtuvo el porcentaje de la eficiencia térmica, que es el resultado de la relación de la evapotranspiración de los meses de verano respecto a la evapotranspiración ajustada multiplicada por 100. Asimismo, se comparó el resultado con los rangos presentados en la Tabla 9 que corresponden a la concentración de la eficiencia térmica en verano.

**Tabla 8. Concentración de la eficiencia térmica en verano.**  
Fuente: Thornthwaite & Matter (1957).

Tipo de clima	% de eficiencia térmica verano año <sup>-1</sup>
a'	Menos de 48%
b'4	48% a 51.9%
b'3	51.9% a 56.3%
b'2	56.3% a 61.6%

Tipo de clima	% de eficiencia térmica verano año <sup>-1</sup>
b'1	61.6% a 68.0%
c'2	68.0% a 76.3%
c'1	76.3% a 88.0%
d	Más de 88%

Para la estimación de la eficiencia térmica se aplicó la siguiente fórmula:

$$ET(\%) = \left( \frac{ETP_V}{ETP_{aj}} \right) * 100$$

Dónde:

$ET$ : Eficiencia térmica.

$ETP_V$ : Sumatoria de la evapotranspiración potencial de los meses de verano.

$$ET(\%) = \left( \frac{674.0}{1692.8} \right) * 100$$

$$ET = 39.8\%$$

Conforme a la relación del resultado de la eficiencia obtenido y los rangos que se presentan en la Tabla 9 se obtuvo un tipo de clima  $a'$ , ya que se encontró un valor menor al 39.8%. Los resultados obtenidos en cada una de las secciones para el cálculo del clima con la metodología de Thorntwaite (1948), del municipio de Huimanguillo, tiene un clima ligeramente húmedo, con una moderada deficiencia de agua en verano, con región megatérmica o cálida y con 39.8% de eficiencia térmica en verano al año, la cual se enuncia de la siguiente manera:

**B<sub>1</sub> s<sub>2</sub> A' a'**

#### 4.4. Vegetación

Actualmente la superficie estatal está cubierta por un 55.9% por pastizales, el 15.6% por zonas agrícolas, el 15.6% por tulares, el 4.4% por selvas, el 2.8% por popales, 2.1% por manglares, 0.5% por bosques y el porcentaje restante por otros tipos de vegetación (Martínez, 2018). Las principales especies que se encuentran en la selva son: palo mulato, guapaque, caoba, ceiba y ramón.

En el siguiente mapa (Ilustración 13) se aprecia que la vegetación original en el predio ha desaparecido, actualmente solo existe pastizal en combinación con herbáceas y arbustivas,

en años anteriores fue ocupada para agricultura de temporal y para cítricos. Con las visitas de campo es notorio que la cobertura vegetal se ha perdido a causa de la ganadería y el cambio de uso de suelo, pues las parcelas aledañas presentan plantaciones de cítricos como naranja y limón, mientras que otros solo presentan ganado.



**Ilustración 13. Mapa de vegetación en la parcela de interés.**

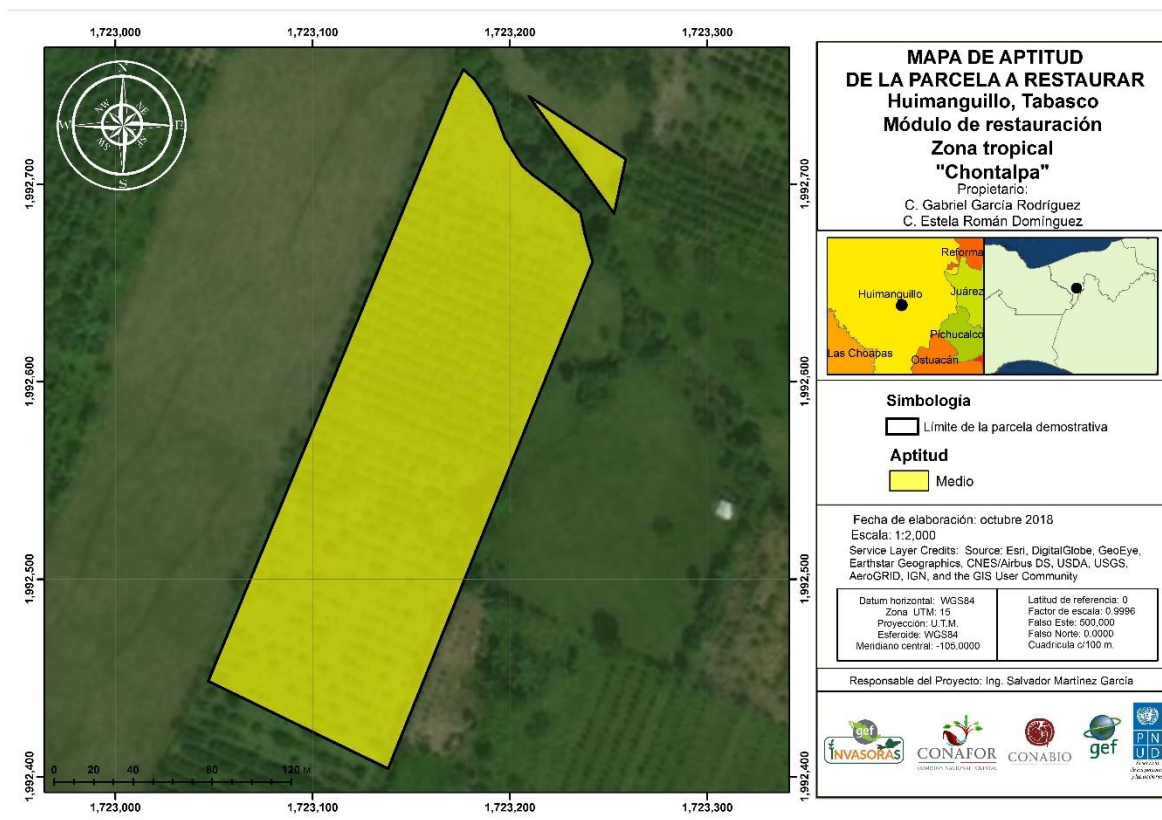
**Fuente: elaboración propia SMG, 2018.**

Antes de realizar alguna actividad en el suelo es necesario realizar una investigación sobre la vocación o aptitud del suelo, es decir, analizar el nivel adecuado de la tierra para alguna actividad, considerando las características del terreno y las actividades económicas potenciales para un terreno.

Por otro lado, Lucchesi (2017) define la aptitud (Ilustración 14) como una forma de medir el soporte físico-biológico ante cierta actividad, en conjunto con las potencialidades y limitaciones, tomando en cuenta los riesgos que podría representar para la población.

De esta manera existe una clasificación basada en Ángeles *et al.* (2014), la cual corresponde al parámetro: alto, medio, bajo y no apto. El primero se refiere cuando el uso actual de suelo es bosque, entonces su parámetro es "alto"; cuando hubo bosque, pero se cambió por cultivo o pastizal, el parámetro correspondiente es "medio", ya que ese tipo de suelo puede tener un potencial mayor que no se está aprovechando. El tercero es cuando hubo cultivo

o pastizal y se sustituye por bosque secundario el parámetro es “bajo” debido a que el suelo no tiene la capacidad de soportar esa carga. Por último, el parámetro “no apto” es cuando el suelo ya no puede utilizarse para ninguna actividad. En la ilustración 14 se observa que el predio presenta una clasificación de aptitud “medio”.



**Ilustración 14. Mapa de aptitud.**  
**Fuente: elaboración propia SMG, 2018.**

#### 4.5. Aspectos sociales

De acuerdo con el panorama sociodemográfico de Tabasco (INEGI, 2015b) la población total del municipio de Huimanguillo es de 188,792 personas de las cuales el 51.1% son mujeres y el 48.9% son hombres. De manera general la mayoría de la población cuenta con los servicios públicos básico de vivienda.

Tomando como referencia el Plan Municipal de Desarrollo 2016-2018 Huimanguillo es uno de los municipios donde las actividades económicas están dirigidas a las actividades de producción de cítricos y granos básicos. Huimanguillo ha sido colocado como el principal productor de cítricos del estado, representado el 29.6% de producción de naranja, el 5.46% en producción de limón y el 9-67% de piña.



**Imagen 7. Producción de piña en Tabasco.**

**Fuente: toma propia SMG, 2018.**

El deterioro ambiental ha sido producto de la mala interacción entre el hombre y los recursos naturales, trayendo como consecuencia la escasez de los bienes y servicios que se obtienen de los bosques. Es por ello por lo que ante esta situación la reforestación juega un papel importante al realizarse con la finalidad de recuperar la cobertura vegetal para mitigar el impacto de las actividades productivas de la zona.

A manera de resumen, se presenta a continuación el sumario de particularidades del módulo tropical.

**Tabla 9. Características físicas y biológicas del módulo tropical.**

**Fuente: elaboración propia.**

<b>Características</b>	<b>Descripción</b>
Altitud	40 a 44 msnm.
Exposición	Este
Pendiente	<5%
Hidrología	Río intermitente.
Geología	Rocas sedimentarias; conglomerados.
Suelo	Cambisol eútrico, con tres horizontes, el primero (A) de color oscuro con presencia de arcilla rico en humus, el segundo (B) con color claro pobre en humus, y el horizonte (C) formado por fragmentos meteorizados de la roca madre. Textura arcillosa-arenosa. pH de 5 a 6.

Características	Descripción
Clima	Am(f) Cálido húmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual >22° C y temperatura del mes más frío de 18° C. La precipitación promedio anual oscila entre 2000 y 2500 mm y la del mes más seco es menor a 60 mm.
Vegetación	Actualmente la vegetación en el predio ha desaparecido; en años anteriores la superficie fue ocupada por agricultura de temporal y para cítricos.
Aptitud	Medio tiene un potencial mayor que no se está aprovechando.
Aspectos sociales	Actividades económicas dirigidas a la producción de cítricos, piña y granos básicos.
Origen de la degradación de ecosistemas	Prácticas pecuarias y agrícolas inadecuadas (plantaciones de cítricos como naranja y limón).

## 5. Origen o causas de la degradación del ecosistema de la localidad

Los procesos de degradación y erosión carecen de programas de restauración y conservación que permitan mitigar y prevenir estos procesos, en las cuencas y subcuencas de los ríos (Fernández *et al.*, 2011). Tabasco es uno de los tres estados más afectados por procesos de degradación química y física causada por prácticas agrícolas y pecuarias inadecuadas (Imagen 8).

De acuerdo con el Programa Especial de Desarrollo Forestal 2013-2018 de Tabasco, en el siglo pasado la cobertura de la selva se redujo considerablemente al aumentar las actividades ganaderas en un 75%, la pérdida acelerada continuó durante los siguientes años, ocasionando que la cobertura forestal actual para el estado sea del 3% de la superficie forestal del total del territorio.



**Imagen 8. Causas de la degradación del ecosistema.**

**Fuente: toma propia SMG, 2018.**

En el periodo 1940 a 1950 se perdieron en Tabasco más de un cuarto de millón de ha de selvas, es decir, cerca de un tercio de la cobertura selvática censada en 1940, el sector de la selva que en 1940 representaba el 49.1% respecto al total del área censada disminuye su participación hasta 30.9% en 1950. La existencia de ganado vacuno se incrementó en esta década en un 75% al pasar el hato registrado por los censos de 282,438 cabezas en 1950 a 494,275 en 1960; durante ese mismo año se registraron las mayores cargas de animales en los municipios de: Comalcalco, Jalpa, Centro, Teapa y Jalapa; por otro lado, los municipios con menor destrucción en ese tiempo eran: Huimanguillo, Cárdenas, Jonuta y Balancán.

Tabasco ha sido considerado por diversos autores como uno de los estados de la república con mayor deforestación, la causa principal es la ganadería, sin embargo, las actividades agrícolas también han contribuido a la pérdida de la cobertura vegetal (Imagen 9).

Neumann (2010) menciona que actualmente Tabasco se encuentra vulnerable por la combinación en factores como: la deforestación, el deterioro constante de los ecosistemas naturales y los agresivos planes agropecuarios que han ocasionado una modificación en el régimen hidrológico.



**Imagen 9. Cambio de uso de suelo en Chontalpa, Tabasco**  
**Fuente: toma propia SMG, 2018.**

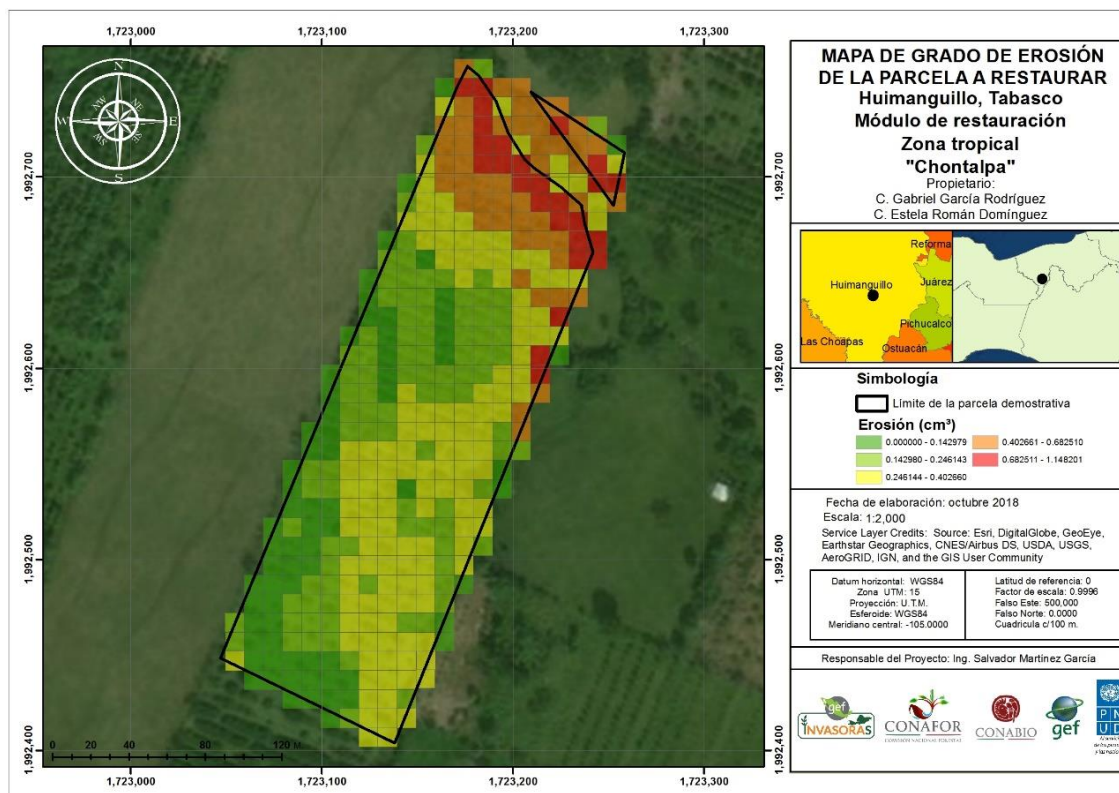
Ante dicha situación el gobierno ha implementado el establecimiento de plantaciones forestales comerciales y la reforestación en las áreas más degradadas.

## **6. Índices que definen el área a restaurar**

### **6.1. Degradación del suelo**

La erosión ha sido definida por Veiga & Wildner (1992) como uno de los procesos de degradación de suelo, debido al arrastre de partículas de suelo fértil que han sido depositadas en otro lugar a través del viento o agua (escurrimientos).

Con la definición anterior y el siguiente mapa (Ilustración 15), es posible observar que el grado de erosión es mayor hacia el noreste, pues la cercanía y grado de inclinación hacia el río hace que el suelo este más propenso a procesos erosivos, sin embargo, la mayor superficie del polígono no presenta ese riesgo.



**Ilustración 15. Mapa del grado de erosión dentro de la parcela.**

**Fuente: elaboración propia SMG, 2018**

De acuerdo con Encina e Ibarra (2003) la modificación del ambiente a través de la degradación de la tierra es uno de los procesos que afecta considerablemente al desarrollo de la población, ante esta situación es necesario que se tomen medidas de conservación a nivel nacional y subnacional.

Para el módulo tropical, el grado de fragmentación es ligero (Ilustración 16), razón por la cual bastó con realizar actividades de protección para evitar la entrada del ganado y el movimiento de la tierra mediante subsolar en la superficie.

Cuando se presenta este tipo de grado de fragmentación es porque sobre el terreno aún existen manchones de vegetación nativa que cubren un 60% del paisaje (Hobbs & Wilson, 1998), sin embargo, el presente módulo solo presenta vegetación a la orilla del río, ya que el terreno seleccionado fue utilizado en los últimos años para plantaciones de cítricos y para el ganado.



**Ilustración 16.- Mapa del grado de fragmentación.**

**Fuente:** elaboración propia SMG, 2018.

## 6.2. Índice de prioridad de restauración

Vanegas (2016) menciona que la CONAFOR ha orientado la ejecución de actividades de reforestación en áreas que considera como prioritarias, que se han basado en los criterios técnicos y sociales, dichos criterios apoyados de las características del predio aportan mayores probabilidades de éxito para el sitio a restaurar. Para ello se propone la utilización del Índice de prioridad de restauración (IPR), diseñado con el propósito de sintetizar la condición de cada uno de los predios donde se ejecutan este tipo de actividades.

$$IPR = \left(\frac{1}{3}VUP/C + \frac{1}{3}IEV + \frac{1}{3}IEH + ID + VIP + IS + ISAA\right)$$

Donde:

IPR= Índice de prioridad de restauración

VUP/C= Valoración de la ubicación del predio en la cuenca

IEV= Índice de estructura vertical

IEH= Índice de estructura horizontal

ID= Índice de diversidad

VIP= Valor asignado al índice de pieri

IS= Índice de sanidad

ISAA= Índice de susceptibilidad ante actividades antropogénicas

Los resultados se asocian a los siguientes intervalos:

- Mayor prioridad (Nivel 1) = (16 - 25]
- Prioridad media (Nivel 2) = (7.33 - 16]
- Baja prioridad (Nivel 3) = (0 – 7.33]

$$IPR = \left(\frac{1}{3} (1.5) + \frac{1}{3} (9) + \frac{1}{3} (8) + 2 + 2 + 4 + 1\right)$$

$$IPR = (0.5 + 3 + 2.67 + 9)$$

$$IPR = 15.17$$

De acuerdo con los datos obtenidos en campo el resultado es 15.17, es decir, de prioridad de mayor prioridad o prioridad nivel 1, con recomendación de reforestar del 51 a 70% de la densidad recomendada.

#### **6.2.1. Evaluación de la ubicación del predio en la cuenca**

La CONAFOR (2012) menciona que las partes altas de la cuenca realizan la captación inicial de las aguas y suministran el agua durante todo el año; los procesos en las partes altas repercuten en las bajas y es por ello por lo que la cuenca debe considerarse como una unidad. Cada parte de la cuenca cumple con una función importante que ayuda a evitar la degradación de los suelos, por lo que es importante priorizar los predios de acuerdo con la ubicación dentro de la cuenca.

$$\frac{VUP}{C} = UPC * \theta i$$

Dónde:

VUP/C= Valoración de la ubicación del predio en la cuenca

UPC= Ubicación del predio en la cuenca (parte alta, ladera o valle)

$\theta i$ = Ponderador para el predio, en función de la cobertura de la parte alta

El componente IPR diseñado con el propósito de asignar un mayor puntaje a los predios que se encuentran en las partes altas de la cuenca, o bien en la ladera siempre y cuando la parte alta se encuentre protegida (Tabla 10).

**Tabla 10. Puntuación para calificar la prioridad del predio de ser reforestado en función de su ubicación dentro de la cuenca**  
Fuente: Vanegas (2016).

Ubicación del predio dentro de la cuenca	Valor asignado a la ubicación del predio	¿La parte superior de la cuenca está protegida? ( $\theta_i$ )	
		Sí	No
Parte alta	3	3	4
Ladera	2	3	1.5
Valle	1	1.5	1

La parcela se encuentra ubicada en la parte baja de la cuenca, por lo que de acuerdo con la Tabla 10 el valor de UPC = 1, mientras que el valor de  $\theta_i = 1.5$ , el cual indica que la parte superior de la cuenca está protegida por vegetación arbórea

$$\frac{VUP}{C} = 1 * 1.5$$

$$\frac{VUP}{C} = 1.5$$

Con base al valor obtenido 1.5 se considera que en el presente rubro por estar ubicada en pleno valle no es zona prioritaria, no obstante que de manera general se deberán tomar en consideración el resto de componentes para determinar si es conveniente o no llevar a cabo su restauración.

### **6.2.2. Evaluación de la estructura, composición y diversidad del área del proyecto**

De acuerdo con Vanegas (2016) el concepto de “estructura de la vegetación” puede entenderse como la constitución de un bosque en términos de especies, estratos, clases de edad y tamaño de los árboles, aunque de manera más general se define como el patrón espacial de la distribución que presentan las plantas de un determinado ecosistema (Barkman, 1979).

Para la caracterización se deberán obtener los principales parámetros que describan lo más objetivamente posible el comportamiento, constitución, organización y diversos factores que intervienen en el desarrollo de la vegetación.

Según Vanegas (2016) para la determinación de la estructura de la vegetación se toma en cuenta la disposición vertical y la disposición horizontal de la misma. Para determinar el

arreglo vertical se tomó en cuenta tres estratos de alturas, para el caso del ecosistema tropical húmedo se considera que el estrato I comprende alturas menores de 10 m, el estrato II comprende alturas entre 10 a 25 m y por último el estrato III comprende los individuos con alturas mayores a 25 m.

Durante el levantamiento de datos es campo, para la parcela solo se encuentra el estrato I principalmente y en menos proporción el estrato II, es decir que los individuos presentes en su mayoría son menores a 10 m.

#### 6.2.2.1. Evaluación de la estructura vertical del predio

La Tabla 11 elaborada por Vanegas (2016), integra los criterios para calificar la condición de la estructura vertical del predio potencial, para efectuar actividades de reforestación.

**Tabla 11. Puntaje sugerido para evaluar la estructura vertical de las áreas sujetas a acciones de conservación.**

**Fuente: Vanegas (2016).**

Ecosistema	Estrato I	Estrato II	Estrato III
Templado con predominancia de coníferas o latifoliadas de porte alto	<10 m	10-20 m	>20 m
Templado con predominancia de latifoliadas de porte bajo	<7 m	7-15 m	>15 m
Tropical seco	<10 m	10-20 m	>20 m
Tropical húmedo	<10 m	10-25 m	>25 m
Bosque mesófilo de montaña	<10 m	10-20 m	>20 m
Zonas áridas	<3 m	3-9 m	>10 m
Factor de ponderación/ Puntaje	$\lambda = (1.5)$	$\lambda = (1)$	$\lambda = (0.5)$
Asignar 1 punto	0-30%	0-30%	61-100%
Asignar 2 puntos	31-60%	61-100%	30-60%
Asignar 4 puntos	61-100%	31-60%	0-30%

La fórmula para el cálculo de este componente es la siguiente:

$$IEV = \sum_{j=1}^3 \lambda_j V_{vj}$$

Dónde:

IEV= Índice de estructura vertical

$\lambda_j$ = Ponderador para el j-ésimo estrato

$V_{vj}$ = Puntaje obtenido en el j-ésimo estrato

Tomando en cuenta la Tabla 11 se obtienen los siguientes valores:  $\lambda_1 = 1.5$ ,  $\lambda_2 = 1$ ,  $\lambda_3 = 0.5$ ,  $V_{v1} = 4$ ,  $V_{v2} = 1$  y  $V_{v3} = 4$ , los cuales se sustituyen en la fórmula de la siguiente forma:

$$IEV = \sum_{j=1}^3 \lambda_1 V_{v1}, \lambda_2 V_{v2}, \lambda_3 V_{v3}$$

$$IEV = \sum_{j=1}^3 (1.5 * 4), (1 * 1), (0.5 * 4)$$

$$IEV = (1.5 * 4) + (1 * 1) + (0.5 * 4)$$

$$IEV = 6 + 1 + 2$$

$$IEV = 9$$

Este rango va de 3 a 12, para la parcela de clima tropical el valor es de 9, lo que indica que la diversidad entre estratos es baja o casi no existe, este indicador nos ayudará para la determinación de especies que se adecuen a las características presentes en la parcela, como es la ausencia del estrato arbóreo.

#### 6.2.2.2. Evaluación de la estructura horizontal del predio

La evaluación de la estructura horizontal servirá para poder determinar qué tan denso, en cuanto a vegetación es la parcela con la que se está trabajando, de tal manera que este dato ayude a determinar dos aspectos importantes en una reforestación, el primero que tan degradado se encuentra un sitio determinado, y en segundo plano indicará el espaciamiento que deberá tener la reforestación que se pretenda realizar. Este valor es similar al anterior, visto desde otra perspectiva.

**Tabla 12. Evaluación del estrato horizontal a nivel predial.**

**Fuente: Vanegas (2016)**

<b>Clasificación</b>	<b>Estrato herbáceo</b>	<b>Estrato arbustivo</b>	<b>Estrato arbóreo</b>
Asignar 0 puntos	>60 %	>60 %	>60 %
Asignar 1 punto	41-60 %	41-50%	41-50 %
Asignar 2 puntos	26-40 %	26-40 %	26-40 %
Asignar 4 puntos	0-25 %	0-25 %	0-25 %

Posteriormente, teniendo el puntaje, el índice horizontal será calculado con la siguiente fórmula:

$$IEH = \sum_{i=1}^3 Ce_i$$

Dónde:

IEH= Índice de estructura horizontal

Ce<sub>i</sub>= Calificación obtenida en el estrato “i”

En la parcela de clima tropical se encontraron presencia en dos estratos el herbáceo y el arbustivo, por lo que obtenemos los siguientes datos de acuerdo con la Tabla 12: Ce<sub>1</sub> = 0, Ce<sub>2</sub> = 4 y Ce<sub>3</sub> = 4. Sustituyendo los valores en la fórmula obtendremos lo siguiente:

$$IEH = \sum_{i=1}^3 Ce_1, Ce_2, Ce_3$$

$$IEH = \sum_{i=1}^3 0 + 4 + 4$$

$$IEH = 0 + 4 + 4$$

$$IEH = 8$$

Este rango de índice va de 0 a 12, donde 8 indica que el lugar evaluado se encuentra desprovisto de vegetación asimismo que se encuentra en algún grado de degradación.

#### 6.2.2.3. Índice de diversidad de Simpson

El valor de este índice tiene un rango de 0 a 1, donde el 0 refleja una máxima diversidad y el 1 refleja una máxima dominancia; para el cálculo del índice de Simpson se utiliza la siguiente fórmula:

$$S = 1 - \sum_{i=1}^j P_i^2$$

Dónde:

S= Índice de Simpson

P<sub>i</sub>= Abundancia proporcional de la iésima especie (n<sub>i</sub>/N)

n<sub>i</sub>= Número de individuos en la iésima especie

N= Número total de individuos

Para las condiciones presentes en la parcela de clima semiárido encontraremos lo siguiente:

$$N=3$$

$$n1=3$$

$$P1=3/3=1$$

Sustituyendo en la formula los valores

$$S = 1 - \sum_{i=1}^1 P1^2$$

$$S = 1 - 1 = 0$$

Anteriormente se ha explicado en que consiste este índice, el valor obtenido está dentro de un rango de 0 a 1, donde el 0 refleja una máxima diversidad y el 1 refleja una máxima dominancia; en este caso en específico el resultado de  $S = 0$ , lo que indica una mínima dominancia. Utilizando la Tabla 13 propuesta Vanegas (2016) para determinar el valor de prioridad de reforestación, se obtiene un valor de 2, lo que indica que la especie encontrada no es una especie representativa del lugar.

**Tabla 13. Ponderación del valor del índice de diversidad de Simpson para determinar la prioridad de reforestación a nivel predial.**

**Fuente: Vanegas (2016).**

¿La especie dominante es representativa de la comunidad clímax del ecosistema o es una especie clave?	Valor estimado del índice de Simpson		
	0-0.49	0.50-0.85	0.86-1.00
Sí	2	1	1
No	2	3	3

### 6.2.3. Evaluación de la compactación del suelo

Vanegas (2016) ha definido la compactación del suelo como: un proceso mecánico que genera un aumento de la densidad por la modificación en el arreglo de las partículas del suelo, como respuesta a factores externos. Para tener una idea del nivel de degradación física del suelo y en específico del grado de compactación, se utiliza el índice estructural IE de Pieri, mismo que permite conocer el nivel de degradación física del suelo y el grado de compactación. El IE se determina como la relación entre el contenido de materia orgánica y la fracción mineral fina del suelo, con base en la siguiente ecuación:

$$IE = \%MOS/(\%limo + \%arcilla) * 100$$

Los resultados se clasifican en intervalos que se definen como el grado de degradación, en la Tabla 14 se busca el intervalo saliente para tomar el índice de Pieri.

**Tabla 14. Puntuación asignada al índice de Pieri para su incorporación en el índice de prioridad de restauración.**

**Fuente: Pieri (1995).**

Índice de Pieri	Descripción	Escala en el índice de prioridad de restauración
< 5	Suelos degradados	2
5-7	Alto riesgo a la degradación física por encostramiento	1
7-9	Moderado riesgo a la degradación	3
> 9	Estructuralmente estables	4

Sustituyendo los valores encontrados en campo obtendremos lo siguiente:

$$IE = 2 / (30 + 60) * 100$$

$$IE = 2.22$$

De acuerdo con la Tabla 14 se determinó que el resultado corresponde a suelos degradados, los cuales otorgan un valor de 2 para la fórmula general.

#### **6.2.4. Sanidad forestal**

Un bosque sano beneficia al ecosistema para la captación de agua, suelo, entre factores que favorecen a las poblaciones rurales y urbanas. Es por ello por lo que el mantenimiento ayuda en gran medida al control y prevención de plagas y enfermedades que pueden terminar con el bosque entero. En el índice de prioridad de restauración esta condición se considera en función del tipo de agente causal, la superficie afectada y el manejo en el momento de la planificación de la reforestación.

Para determinar el factor para el índice de prioridad de restauración se ocupa la siguiente fórmula:

$$IS = VaPasi * \alpha_i$$

Dónde:

IS= Índice de sanidad

VaPasi= Valor asignado al porcentaje de afectación del predio

$\alpha_i$ = Ponderador (en caso de tratamiento)

Para determinar los valores es necesario apoyarse en la tabla 14:

**Tabla 15. Valores para la evaluación de la sanidad en el predio donde se efectuará la reforestación**  
**Fuente: Vanegas (2016).**

Agente causal	Porcentaje de afectación del predio			Tratamiento ( $\alpha$ )	
	1-33 %	34-66 %	67-100%	Sí	No
Descortezadores	3	1	1	1	0.3
Muérdago	3	2	1	1	0.5
Defoliadores	3	2	1	1	0.5
Barrenadores	3	1	1	1	0.5
Plagas y enfermedades de la raíz	3	1	1	1	0.5
Plagas de conos	3	1	1	1	0.5
Tillandsia (plantas epífitas)	3	2	1	1	0.5
Sin afectación por plagas y enfermedades	4			1	

La pérdida en la cobertura vegetal de la parcela ha sido por factores externos a plagas y enfermedades, por lo tanto se obtienen los siguientes valores:  $VaPas1 = 4$  y  $\alpha1 = 1$ , sustituyendo en la fórmula se obtiene:

$$IS = 4 * 1 = 4$$

El resultado indica que el predio no tiene ningún tipo de afectación de plagas y/o enfermedades, además de no estar utilizando ningún tipo de tratamiento.

#### **6.2.5. Susceptibilidad de la superficie destinada a la reforestación por actividades antropogénicas**

De acuerdo con Vanegas (2016), en su investigación busca clasificar los factores antropogénicos que pueden llegar a ocasionar un impacto negativo en las actividades de reforestación, esta clasificación puede observarse en la tabla 15, asignando un valor (depende del tipo de suelo) para el índice de prioridad de restauración.

**Tabla 16. Ponderación propuesta para valorar la susceptibilidad de la reforestación a presiones antropogénicas.**

**Fuente: Vanegas (2016).**

Uso de suelo	Ponderador ( $\mu$ )
Superficie destinada a la reforestación	1
Superficie destinada a la provisión de servicios ambientales	1
Ecoturismo	1.1
Agricultura con labranza de conservación	1.1
Aprovechamiento forestal maderable (con permisos de aprovechamiento)	1.2

Uso de suelo	Ponderador ( $\mu$ )
Aprovechamiento forestal no maderable (con permisos de aprovechamiento)	1.2
Tala clandestina o extracción de no maderables sin autorización legal	1.5
Agricultura	1.5
Ganadería	1.5
Minería	1.5
Sin uso por degradación	1.5

Posteriormente se aplica la siguiente fórmula donde el dueño del predio realice la asignación de la superficie destinada a cada caso. La superficie total será registrada y se multiplicará por el ponderador establecido en la Tabla 16, posteriormente se hará una sumatoria de los resultados obtenidos:

$$\text{Superficie de amortiguamiento} = \sum_{i=1}^n (\text{Sup } i * \mu_i)$$

Dónde:

Sup i= Superficie dentro del predio destinada al uso i

$\mu$ = Ponderador del uso i

Anteriormente la parcela tenía su uso destinado a la ganadería y la agricultura, por lo que si se consulta la Tabla 16 se obtendrán los siguientes valores: Sup1 = 1.5, Sup2 = 1.5,  $\mu_1$ =1.5 y  $\mu_2$  = 1.5, sustituyéndolos en la formula obtendremos que:

$$\text{Superficie de amortiguamiento} = \sum_{i=1}^{n2} (\text{Sup1} * \mu_1), (\text{sup 2} * \mu_2)$$

$$\text{Superficie de amortiguamiento} = \sum_{i=1}^{n2} (1.5 * 1.5), (1.5 * 1.5)$$

$$\text{Superficie de amortiguamiento} = (1.5 * 1.5) + (1.5 * 1.5)$$

$$\text{Superficie de amortiguamiento} = 2.25 + 2.25 = 4.5$$

Obteniendo dichos datos se procede a utilizar la información para estimar el índice de susceptibilidad con la siguiente fórmula y se asigna un puntaje (Tabla 17).

$$ISAA = \text{Superficie del predio} - \text{Superficie de amortiguamiento}$$

$$ISAA = 3 - 4.5 = -1.5$$

**Tabla 17. Valoración del índice de susceptibilidad de la superficie destinada a la reforestación ante actividades antropogénicas.**

**Fuente: Vanegas (2016).**

Valor obtenido en el ISAA	Puntaje	Descripción de la valoración
ISAA $\geq$ 0	3	Mayor prioridad de reforestación
ISAA < 0	1	Menor prioridad de reforestación

Buscando el valor de -1.5 en la Tabla 17, el puntaje que se le asignará a la parcela es de 1, lo que indica que tienen menor prioridad para la reforestación.

## 7. Metodología de restauración del sitio

### 7.1. Obras para la rehabilitación, restauración y mejoramiento de suelos

Con base a la CONAFOR (2004) el suelo es uno de los recursos naturales que se ha considerado como no renovable por la dificultad y el costo que representa recuperarlo, según estudios recientes, el 64% de los suelos de país presentan problemas de degradación en distintos niveles; ante esta situación es de gran importancia controlar la degradación de las áreas forestales.

Actualmente existen diversas obras y prácticas de conservación de suelo, las cuales se pueden establecer tomando en cuenta las condiciones que presente el sitio, considerando las características del tipo de suelo, pendiente, escurrimientos, material disponible, clima, entre otros. En el manual de CONAFOR (2018) clasifica las obras de acuerdo con objetivo de cada una (Tabla 18) y pueden ser empleadas para la protección, conservación y/o restauración de suelos. En el anexo 2 se muestran los costos de las obras de conservación del suelo realizadas en esta consultoría.

**Tabla 18. Obras y prácticas de conservación de suelo.**

**Fuente: CONAFOR (2018).**

Obras y prácticas de conservación de suelo	
Control de erosión laminar	Control de erosión en cárcavas
Zanja bordo	<b>Control de la longitud de cárcavas</b>
Zanja trinchera	Cabeceo de cárcavas con piedra
Terrazas de formación sucesiva	Cabeceo de cárcavas mediante zanjas interceptoras de escorrentía
Terrazas individuales	<b>Control de la amplitud de cárcavas</b>
Bordos en curvas de nivel	Estabilización de taludes
Roturación	<b>Control de profundidad de cárcavas</b>

Obras y prácticas de conservación de suelo	
Barreras de piedra acomodada en curvas de nivel	Presa para control de azolves
Acomodo de material vegetal muerto	Presa de malla de alambre electrosoldada
Prácticas vegetativas	Presa de morillos
Terrazas de muros vivos	Presa de ramas
Barreras vivas	Presa de piedra acomodada
Cortina rompevientos	Presa de llantas
Enriquecimiento de acahuales	Presas de mampostería
Sistemas agroforestales	Presa de gaviones
Prácticas alternativas para la mitigación de la sequía	Presa de geocostales
Sistema Negarim	

El Monitoreo de restauración forestal y reconversión productiva (2014) argumenta que en los sitios donde la erosión no es visible, las pendientes son poco pronunciadas y la vegetación es ausente, basta con realizar obras de protección como el cercado para favorecer las áreas en recuperación.

Con 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 reforestaciones.

#### **7.1.1. Roturación**

La finalidad de la actividad es hacer un movimiento de tierra (Imagen 10) para facilitar el establecimiento de la reforestación y con ello fomentar el mejor desarrollo de la planta.



**Imagen 10. Roturación de suelo. Fuente: toma propia SMG, 1028.**

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 por lo que las actividades de subsoleo para remover la tierra se ha vuelto importante antes de la reforestación.

Esta actividad es recomendable para terrenos con pendientes menores al 20% (Imagen 11) 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 11. Vista panorámica del terreno del módulo región tropical.**

**Fuente: toma propia SMG, 2018.**

El ripeo se realizó en la totalidad de la superficie, las líneas se trazaron a cada tres metros de distancia, la roturación requirió una profundidad de 0.40m como se muestra en la Imagen 12.



**Imagen 12. Roturación de suelo realizada a cuatro metros de distancia entre líneas.**

**Fuente: toma propia SMG, 2018.**



**Imagen 13. Arado de subsoleo adaptado a tractor agrícola.**

**Fuente: propia.**

Para esta actividad los resultados son similares a la brecha, pues el crecimiento rápido de herbáceas ha cubierto las líneas del subsoleo tal como se muestra en la imagen 14. Es importante mencionar que antes de realizar las actividades de reforestación, esta actividad se realice nuevamente pues las condiciones del sitio hacen que la restauración del sitio en el estrato herbáceo sea rápida.



**Imagen 14. Estado actual de las actividades de subsoleo en el módulo tropical.**

**Fuente: toma propia SMG, 2018.**

## **7.2. 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.

### **7.2.1. Cercado**

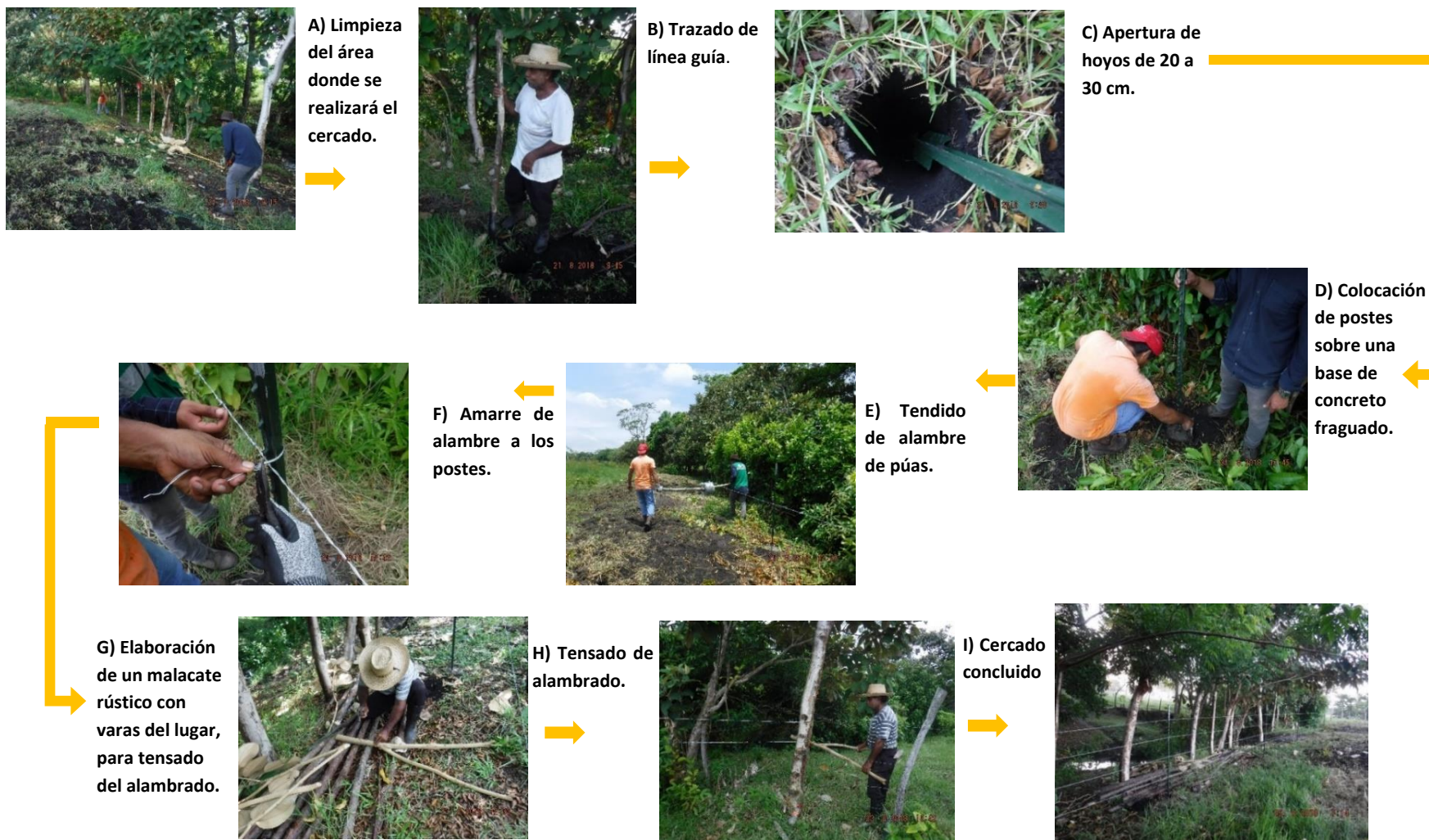
Una de las principales actividades económicas en Tabasco es la ganadería (mayormente bovinos) (Imagen 15). El área del módulo región tropical no es la excepción ya que, aunque los propietarios no cuentan con ganado dentro de esta área, los vecinos tienen ganado que podría afectar a la reforestación futura.



**Imagen 15. Ganado bovino en presente en el módulo región tropical.**

**Fuente: toma propia SMG, 2018.**

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 17).



**Ilustración 17. Proceso de colocación del cercado en el módulo región tropical.**  
**Fuente: elaboración propia SMG, 2018**

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 16).



**Imagen 16. Cercado en el módulo región tropical.**

**Fuente: toma propia SMG, 2018.**

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.

### **7.2.2. 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 facilitará 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 excavó 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 17).



**Imagen 17. Realización de brecha cortafuego en el módulo región tropical.**

**Fuente: toma propia SMG, 2018.**

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 18. Brecha cortafuego ya concluida en el módulo región tropical.**

**Fuente: toma propia SMG, 2018.**

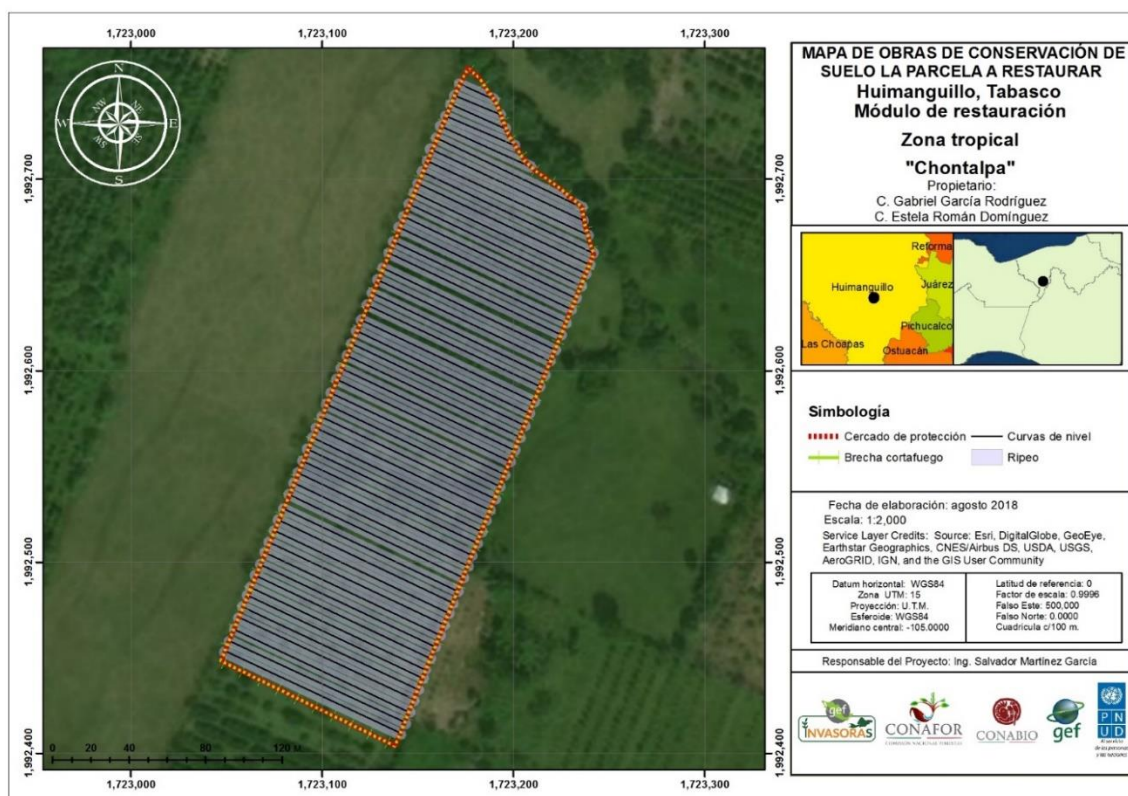
Durante el mes de noviembre se realizó una supervisión de las obras en el módulo tropical para observar el estado actual de las mismas; para el caso de las brechas cortafuego, es notorio que por las altas precipitaciones de la zona se propicia al crecimiento de herbáceas, pero también las altas temperaturas pueden ocasionar o extender un incendio, es por ello por lo que esta obra debe tener un mantenimiento constante para poder cumplir con la función de protección. En la Imagen 19 es posible apreciar el estado actual de las brechas cortafuego.



**Imagen 19. Estado actual de la brecha cortafuego en el módulo tropical.**

**Fuente: toma propia SMG, 2018.**

Las obras descritas anteriormente se distribuyen tal como se muestra en el siguiente mapa (Ilustración 18).



**Ilustración 18. Mapa de obras para el módulo tropical.**

**Fuente:** elaboración propia SMG, 2018.

## 8. Listado de las especies a utilizar en las actividades de reforestación de acuerdo con ecosistema

Las especies nativas se encuentran de manera natural en distintas regiones del mundo como resultado a un largo proceso de adaptación a las condiciones ambientales presentes en los sitios y que se han desarrollado con la influencia de las interacciones de otras especies (CONABIO, 2010).

La gran cantidad de hectáreas de bosque que se han perdido en México por diferentes factores, han llevado a diversas instituciones a buscar las alternativas para la conservación de biodiversidad, para mitigar el impacto negativo hacia los ecosistemas y disminuir el deterioro ambiental que actualmente se presenta.

Armíén *et al.* (2015) considera los siguientes criterios para determinar las especies forestales a emplear en la reforestación:

- Uso de especies nativas del área.
- Disponibilidad de semillas al momento de la ejecución del proyecto.

- Elegir las especies tomando en consideración las condiciones del sitio para asegurar la sobrevivencia y el buen desarrollo de las especies.
- Conocer las necesidades de la especie y la experiencia en el manejo de esta.
- Realizar la selección tomando en cuenta el interés de los pobladores por el uso de la madera futura.

Tomando como referencia a Bloomfield & Calle (2013), al reforestar con especies nativas se obtienen los siguientes beneficios para el ser humano y el ecosistema:

- Proveer especies de valor cultural y económico
- Sustentar una mayor diversidad biológica
- Aumentar la productividad total del sitio
- Mejorar y regular la cantidad y calidad del agua
- Reducir la susceptibilidad del ecosistema a diferentes riesgos

Para dichos autores es necesario evaluar tres factores para la selección de especies (Gráfico 3).



**Gráfico 3. Factores para considerar en la selección de especies para las actividades de reforestación**  
**Fuente: Bloomfield & Calle (2013).**

Por otro lado, la CONAFOR ha recopilado información sobre los árboles y arbustos que son útiles para los proyectos de reforestación (Tabla 18). Para el módulo tropical se contempló establecer las especies de: *Swietenia macrophylla* y *Tabebuia rosea*, estas especies se seleccionaron con base al archivo Excel (el cuál se elaboró junto con el Manual de mejores prácticas para restauración de ecosistemas degradados, utilizando para la reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias) donde se contemplan las características del sitio a reforestar, así como los requerimientos de las especies a utilizar.

**Tabla 19. Especies más utilizadas en los trabajos de reforestación.**  
**Fuente: UACH y CONAFOR (2015).**

<b>Especie</b>	<b>Grupo climático</b>	<b>Especie</b>	<b>Grupo climático</b>	<b>Especie</b>	<b>Grupo climático</b>
Abies religiosa	Templado	Pinus teocote	Templado	Pithecellobium dulce	Tropical
Alnus acuminate	Templado	Quercus arizonica	Templado	Sabal yapa	Tropical
Arbutus glandulosa	Templado	Quercus eduardi	Templado	Schizolobium parahyba	Tropical
Arbutus xalapensis	Templado	Quercus laurina	Templado	Swietenia humilis	Tropical
Cupressus forbesii	Templado	Quercus macrophylla	Templado	Swietenia macrophylla	Tropical
Cupressus lindleyi	Templado	Quercus potosina	Templado	Tabebuia donnell-smithii	Tropical
Dodonaea viscosa	Templado	Quercus resinosa	Templado	Tabebuia palmeri	Tropical
Eysenhardtia polystachya	Templado	Quercus rugose	Templado	Tabebuia rosea	Tropical
Fraxinus uhdei	Templado	Quercus virginiana	Templado	Taxodium mucronatum	Tropical
Fraxinus velutina	Templado	Quercus xalapensis	Templado	Tecoma stans	Tropical
Juniperus deppeana	Templado	Acacia guatemalensis	Tropical	Thevetia peruviana	Tropical
Juniperus flaccida	Templado	Albizzia plurijuga	Tropical	Acacia farnesiana	Árido-Semiárido
Pinus arizonica	Templado	Brosimum alicastrum	Tropical	Acacia pennatula	Árido-Semiárido
Pinus ayacahuite	Templado	Bursera linaloe	Tropical	Agave angustifolia	Árido-Semiárido
Pinus chiapensis	Templado	Caesalpinia platyloba	Tropical	Agave Americana	Árido-Semiárido
Pinus devoniana	Templado	Cedrela odorata	Tropical	Agave atrovirens	Árido-Semiárido
Pinus douglasiana	Templado	Ceiba pentandra	Tropical	Agave cupreata	Árido-Semiárido
Pinus durangensis	Templado	Cordia alliodora	Tropical	Agave potatorum	Árido-Semiárido
Pinus engelmannii	Templado	Cordia dodecandra	Tropical	Agave salmiana	Árido-Semiárido
Pinus greggii	Templado	Cordia sebestena	Tropical	Capsicum annum	Árido-Semiárido
Pinus jeffreyi	Templado	Crescentia cujete	Tropical	Ebanopsis ebano	Árido-Semiárido
Pinus lawsoni	Templado	Cyrtocarpa procera	Tropical	Pinus cembroides	Árido-Semiárido
Pinus leiophylla	Templado	Ehretia tinifolia	Tropical	Pinus maximartinezii	Árido-Semiárido

Especie	Grupo climático	Especie	Grupo climático	Especie	Grupo climático
Pinus maximinoi	Templado	Enterolobium cyclocarpum	Tropical	Piscidia piscipula	Árido-Semiárido
Pinus montezumae	Templado	Gliricidia sepium	Tropical	Prosopis glandulosa	Árido-Semiárido
Pinus oaxacana	Templado	Guazuma ulmifolia	Tropical	Prosopis leavigata	Árido-Semiárido
Pinus oocarpa	Templado	Haematoxylum brasiletto	Tropical	Rhus ovata	Árido-Semiárido
Pinus patula	Templado	Leucaena esculenta	Tropical	Washingtonia robusta	Árido-Semiárido
Pinus pseudostrobus	Templado	Leucaena leucocephala	Tropical	Yuca filifera	Árido-Semiárido
Pinus pseudostrobus var. oaxacana	Templado	Lonchocarpus longistylus	Tropical	Yucca schidigera	Árido-Semiárido
Pinus quadrifolia	Templado	Lysiloma acapulcensis	Tropical		
Pinus rudis	Templado	Lysiloma divaricata	Tropical		

Ceccon *et al.*, (2017) menciona que uno de los factores que han afectado la degradación de los ecosistemas, es el uso de las especies exóticas, pues en su artículo menciona que actualmente residen en México 46 de las 100 especies invasoras más dañinas del mundo. Es por ello por lo que para el presente proyecto se plantea la restauración del ecosistema con las especies nativas que se indican a continuación.

**Tabla 20. Características y requerimientos ambientales por especie.**  
Fuente: elaboración propia.

Concepto	<i>Swietenia macrophylla</i>	<i>Tabebuia rosea</i>
Nombre común	Caoba	Maculis, palo de rosa, roble blanco, amapa, rosa macuil, cul, rosa morada, palo blanco, nocoque, palo yugo, primavera y tural
Ecosistema	Tropical	Tropical
Entidades donde se distribuye	Campeche, Chiapas, Guerrero, Jalisco, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, Sinaloa, Tabasco, Veracruz y Yucatán.	Tamaulipas, Puebla, Nuevo León, San Luis Potosí, Veracruz, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Campeche, Hidalgo, Tabasco, Yucatán, Sinaloa, Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Guerrero.
Temperatura mínima (°C)	11	16
Temperatura máxima (°C)	35	26
Precipitación mínima (mm)	1500	1500
Precipitación máxima (mm)	5000	2200
Altitud mínima	0	0

Concepto	<i>Swietenia macrophylla</i>	<i>Tabebuia rosea</i>
Altitud máxima	1500	1500
Tipo de suelo (Clasificación WRB)	Vertisol y Leptosol	Vertisol y Planosol
Profundidad del suelo	Somero a profundo	Moderadamente profundo a profundo
Textura	Arcillo-arenoso, franco-arcilloso y franco-arenoso	Arenoso, franco y franco-arcilloso
pH	6.9 - 7.7	5.0 – 8.5
Contenido de materia orgánica	Alto a muy alto	Muy bajo a medio
Asociación vegetal	Bosque de galería, selva alta perennifolia, selva alta a mediana subperennifolia	Selva alta o mediana subcaducifolia
Usos	Maderero	Artesanal

Como complemento a esta introducción sobre las especies a emplear para la restauración de ecosistemas en el módulo tropical, se presenta a continuación su descripción detallada.

### 8.1. *Swietenia macrophylla* (caoba, caobo, cóbano)

De acuerdo con la FAO (2003) la caoba está considerada 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.

Es un árbol que puede alcanzar los 35 m de altura y diámetros que pueden superar los 2 m y 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 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), 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, la 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.

Esta especie tiene potencial para la restauración de sitios degradados de selva, por lo que se ha introducido con éxito en varios países tropicales, por los efectos que conlleva su establecimiento, por ejemplo: estabiliza bancos de arena, mejora la fertilidad del suelo, genera un acolchado por la hojarasca, de manera general la población funciona como un control de erosión.



Imagen 20. *Swietenia macrophylla* (AMAREF-FJF116)-Árbol completo.

Fuente: Árboles del Inventario Nacional Forestal 2013.

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

Considerando la información del catálogo taxonómico de CONABIO (2009), es un árbol caducifolio originario del sur de México hasta el 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 21. *Tabebuia rosea* (DIAAPROY-IMM408)-Árbol completo.

Fuente: Árboles del Inventario Nacional Forestal 2013.

## 9. Metodología de reproducción de las especies nativas que se emplearán

### 9.1. Producción de especies nativas en vivero

El vivero forestal es un sitio destinado a la reproducción de diferentes especies de árboles con diversos fines. La finalidad de esta infraestructura es obtener planta de calidad que garantice la supervivencia y el desarrollo de la planta después de establecerse en campo (Buamscha *et al.* 2012).

La infraestructura y el manejo de la producción de planta contribuyen a mejorar la calidad de ésta, logrando obtener un porcentaje mayor de sobrevivencia en campo, que debe estar acompañado de los cuidados generales del vivero, como: evitar el uso excesivo de fertilizantes, fórmulas incompletas, protección con malla sombra, entre otros. De acuerdo con el Monitoreo de restauración forestal y reconversión productiva

2014 los factores principales que contribuyen a la mortandad de las plantas en campo se señalan en la Tabla 19.

**Tabla 21. Causas de muerte de las plantaciones.**

**Fuente: CONAFOR, 2014.**

<b>Causas de muerte de las plantaciones</b>	<b>% de mortandad</b>
Especie inapropiada al sitio (no nativa)	9.35
Fecha inapropiada de plantación	16.96
Planta de mala calidad	6.47
Competencia con vegetación	19.01
Técnica inadecuada de plantación	4.32
Pastoreo	9.66
Sequía o heladas	19.01
Incendio	1.03
Cambio de uso de suelo	1.44
Fauna nociva (Daño por roedores)	7.81
Inundación	1.95

Es notorio que la mala calidad de la planta y las especies no nativas representan un porcentaje de importancia de mortandad que debe tomarse en cuenta antes de realizar los trabajos de reforestación.

De acuerdo con Becerra *et al.* (2011), durante mucho tiempo la mayoría de los programas de reforestación impulsados por los diferentes niveles de gobierno en el país y las plantaciones forestales establecidas por la iniciativa privada habían tenido un éxito relativo, debido a la falta de control de la procedencia y calidad de la semilla que se empleaba en los viveros forestales. Por lo anterior en los últimos años se ha promovido el uso de germoplasma forestal de calidad.

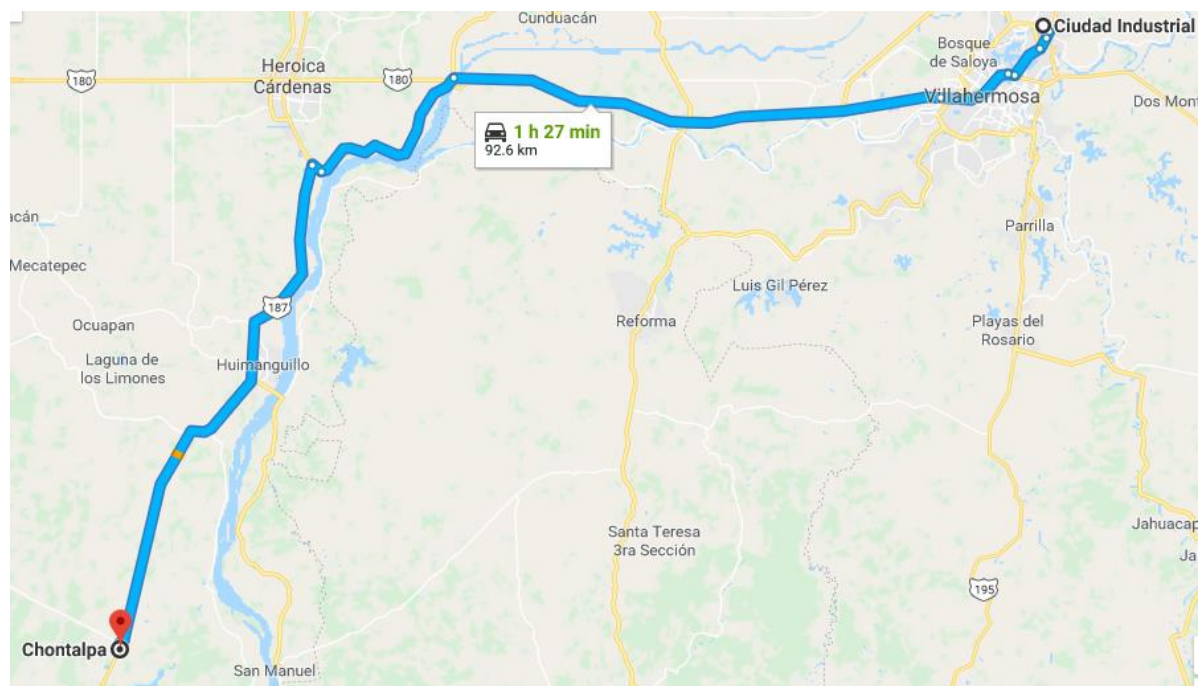
Los resultados sobre el establecimiento de reforestación con especies exóticas han sido negativos, pues la falta de información en la propagación y características de las especies ha ocasionado una deficiencia para poder manejarlas (Arriaga *et al.* 1994). Es por ello por lo que se requiere implementar una nueva metodología que incluya el establecimiento de especies nativas con dos objetivos principales, el primero la conservación de las especies y en segundo lugar despertar el interés de los pobladores al emplear especies que les proporcionen algún beneficio.

El “Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias” (Vanegas, 2016) hace hincapié en que 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 19).

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 19. Croquis de la ubicación del vivero Los pulmones de Camila.**

**Fuente: tomado de Google maps, 2018.**

Por los ciclos de producción de las dos especies seleccionadas para reforestar, la producción se realizará en febrero para estar lista en julio del mismo año. La producción será en bolsas de polietileno con dimensiones de 10 cm por 20 cm (Imagen 22).



Imagen 22. Producción de *Tabebuia rosea* (Maculís) en el Vivero Los pulmones de Camila.  
Fuente: toma propia.

## 9.2. Producción de semilla

La semilla es considerada como el órgano reproductor de la mayoría de las plantas superiores tanto terrestres como acuáticas, estas desempeñan una función fundamental en la renovación, persistencia y dispersión de las poblaciones de plantas, la regeneración de los bosques y la sucesión ecológica (Del Amo *et al.*, 2009).

En México solo las semillas que cubren los requisitos de alta calidad genética, fisiológica, física y fitosanitaria son certificadas por el Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Para el presente proyecto se compró semilla certificada con la finalidad de que el vivero la produzca, en términos generales tanto para *Cedrela odorata* como *Tabebuia rosea* la colecta de semilla se realiza en los meses de marzo a abril y por lo tanto, la facilidad para su adquisición depende sobre todo de la abundancia de los ejemplares en la zona. Para el caso específico de *Cedrela odorata*, ésta se encuentra en la lista de la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, bajo la categoría de Protección Especial (Pr), por lo cual la semilla para su reproducción debe de provenir de una Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre, las cuales se encuentran bajo regulación de la Secretaría del Medio Ambiente (SEMARNAT).

## 10. Aspectos importantes

### 10.1. Producción de las especies propuestas.

En las especificaciones técnicas del presente proyecto se solicitó que la planta se produjera a principios del año 2018, sin embargo, las especies tropicales tienden a tener un crecimiento más rápido que las de clima semiárido o templado. Estas especies tienen un periodo de germinación de 10 a 30 días, y debido al crecimiento acelerado que las caracteriza, se hacen recomendaciones de su estadía en vivero de 3 a 4 meses (CONAFOR, 2007). De igual forma se pensó como alternativa el almacenamiento de las semillas, para su posterior producción en el 2019, sin embargo, la viabilidad de esta disminuye cuando la semilla tiene más tiempo colectada (hasta un 10% de viabilidad).

Para garantizar su viabilidad, se debe coleccionar y realizar la producción el mismo año en que se llevará a cabo la fase de reforestación, además se recomienda la adquisición de las semillas en una Unidad de Manejo para la Conservación de Vida Silvestre. De igual forma se consideró la producción a inicios del año 2018, sin embargo, el costo de producción de la planta se eleva considerablemente, esto por el mantenimiento que implica mantenerla en el vivero durante un año, además por las características y gran desarrollo fisiológico de las plantas, las condiciones para su extracción y establecimiento en campo, no son las más adecuadas.

### 10.2. 10.2 Obras

#### 10.2.1. Brechas cortafuego

Esta actividad en especial está diseñada, como su nombre lo indica, para que en caso de presentarse un incendio se vea interrumpido por estas. La realización de esta obra deberá ser antes de que inicie la temporada seca en la zona, ya que por la precipitación abundante que existe, el estrato herbáceo tiende a crecer rápidamente dejándolas inhabilitadas.



Imagen 23. De lado izquierdo se presenta la brecha corta fuego recién realizada, de lado derecho de observa dos meses después.

## 11. Recomendaciones

Debido a las características particulares del módulo región tropical, se deberán considerar de manera particular los siguientes aspectos: a) duración y diferenciación de estaciones del año, b) tipo de suelo (especial énfasis en textura y drenaje del suelo), c) ubicación, d) fisiografía, e) vegetación nativa y f) clima. De igual forma se deberán tener en consideración los siguientes aspectos.

- El componente social es una parte importante para el establecimiento de áreas para recuperación ecológica, se deberá buscar la correcta y constante comunicación con los propietarios de las parcelas o de las áreas a restaurar. Esto debido a la situación actual que se vive en la zona, principalmente en cuanto a seguridad se refiere, así como por la falta de ingresos económicos, lo cual orilla a los propietarios a no concluir de forma adecuada la implementación de las diferentes estrategias de restauración.
- Para el caso de apertura de brechas cortafuego, es recomendable considerar un método de control químico de herbáceas o bien un mantenimiento constante, debido a que el estrato herbáceo tiende a regenerarse de manera inmediata.
- En cuanto a la roturación de suelo, ésta se deberá realizar días antes de que se inicien las actividades de reforestación, debido a que el estrato herbáceo tiende a recuperarse de manera violenta, y al acondicionar el suelo, se propician las condiciones adecuadas para el establecimiento de todo tipo de vegetación.

## 12. Conclusiones

Para el desarrollo de este proyecto utilizó como soporte técnico principalmente el Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados utilizando para la reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias, en el cual se proporcionan las herramientas para determinar si un área es prioritaria o no para restaurar, esto determinado con base en diferentes indicadores y datos tomados en campo, de igual forma el manual hace una recomendación de especies a utilizar para reforestación dependiendo de las características del predio y de la distribución de la especie, de tal forma que las propuestas sean especies nativas del lugar.

No obstante que en el manual se detalla la metodología para la determinación de áreas prioritarias a restaurar, en éste no describe las diferentes obras de conservación de suelo y protección que pudiesen implementarse, por lo que se recurrió a utilizar el manual de Protección, restauración y conservación de suelos forestales de CONAFOR, en el cual se describen diferentes obras de conservación de suelo y protección, donde la gran mayoría de obras no se aplican a las condiciones encontradas en el sureste del país puesto que no existe una pérdida significativa de suelo, a diferencia de las parcelas de clima templado frío y semiárido; de igual manera, las diferentes obras destinadas a

la captación de agua son innecesarias debido a que la precipitación es alta y en general el clima de este ecosistema no requiere de la captación de agua; por lo que resulta conveniente explorar otras opciones que ayuden en la restauración ecológica del sitio.

En conclusión, el “Manual de mejores prácticas de restauración de ecosistemas degradados, utilizando para reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias” puede ser una excelente herramienta de mucha utilidad en la fase de planeación de proyectos de restauración forestal a implementar en los diferentes ámbitos, pues además identifica el nivel de prioridad de restauración, provee material de apoyo (base de datos en Microsoft Excel) mediante el cual se puede realizar un sencillo procesamiento de datos básicos (tipo de ecosistema, temperatura, precipitación, altitud, etc.), y hace recomendaciones muy precisas respecto a que especies son las más adecuadas para el predio seleccionado.

### 13. Literatura

Acuña, E., Espinosa, M., García, J. & Lineros, M. s.f. Efecto del subsolado 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#fn1>

Ángeles, P. G., De los Santos, P. H., González, G. M. J., Pérez, V. M. A. & Valdez, L. J. R. 2014. Aptitud ecoturística en la sierra nevada de Texcoco, Estado de México. Revista madera y bosques. Vol. 20 núm. 2:127-140.

Armién, I., Avilés, P. E., Duarte, C. E., Milla, F. & Vergara, P. L. 2015. Enriquecimiento forestal con especies nativas en áreas con matorrales de la cuenca hidrográfica del canal de Panamá. Panamá. ISBN: 978-956-358-206-2.

Arriaga, M. V., Cervantes, G. V. & Vargas, M. A. 1994. Manual de reforestación con especies nativas: Colecta y preservación de semillas, propagación y manejo de plantas. Primera edición. México, Distrito Federal.

Arteaga, R. R., López, L. R., Ontiverios, C. R. E., Ruíz, Á. O. & Vázquez, P. M. A. 2012. Balance hídrico y clasificación climática del estado de Tabasco, México. Universidad y Ciencia 28(1): 1-14 p.

Bautista, Z., Delfín, G. H. & Palacio, P. J. L. 2004. Técnicas de muestreo para manejadores de recursos naturales. Instituto de Ecología-Instituto de Geografía UNAM-UAY. 507 p.

Barba, M. E. & Ramos, R. R. 2018. Humedales en Tabasco, ecosistemas esenciales para un futuro urbano sustentable. Departamento académico Ciencias de las Sustentabilidad, en la Unidad Villahermosa.

Barkman, J. J. 1979. The investigation of vegetation texture and structure. In: M. J. WERGER (Ed.). The study of vegetation: 123-160. Junk. The Hague-Boston.

Becerra, Z. J. García, D. L. C. Y. & Ramos, P. J. M. 2011. Semillas forestales nativas para la restauración ecológica. CONABIO. Biodiversistas, 94:12-15.

Bloomfield, G. & Calle, A. 2013. Principios para la restauración de bosques tropicales: La reforestación.

Buamscha, M. G., Contardi, L. T., Dumroese, R. K., Enricci, J. A., Escobar, R. R., Gonda, H. E., Jacobs, D. F., Landis, T. D., Luna, T. Mexal, J. G. & Wilkinson, K. M. 2012. Producción de plantas en viveros forestales. Consejo Federal de Inversiones. Centro de Investigación y Extensión Forestal Andino Patagónico (CIEFAP) y la Universidad Nacional de la Patagonia San Juan Bosco. Primera edición. Buenos Aires, Argentina. ISBN: 978-987-510-209-5.

Camas, G. R., Castro, M. I., López, B. W., López, M. J. & Villar, S. B. 2013. El manejo de cuencas como herramienta para el aprovechamiento sustentable de los recursos naturales. Folleto Técnico Núm. 19. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Centro de Investigación Regional Pacífico Sur. Campo Experimental centro de Chiapas, Ocozocoautla de Espinosa, Chiapas. México. 25 p.

Ceccon, E., López, B. F. & Martínez, G. C. 2017. Ecología de la restauración en México: estado actual y perspectivas. Revista Mexicana de Biodiversidad 88 (2017). Instituto de Biología. Universidad Nacional Autónoma de México. 97-112 p.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2014. Monitoreo de Restauración Forestal y Reconversión Productiva 2014. Universidad Autónoma Chapingo.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2004. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras y prácticas. 2ª edición, México. ISBN: 968-6021-19-1.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2012. Programa de restauración forestal en cuencas hidrográficas prioritarias. Gerencia de suelos. Primera edición, Zapopan, Jalisco, México.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2013. Protección, Restauración y Conservación de Suelos Forestales Manual de Obras y Prácticas. 4ta Edición. Zapopan, Jalisco, México. 286 pp.

Comisión Nacional Forestal (CONAFOR). 2018. Protección, restauración y conservación de suelos forestales. Manual de obras prácticas. Quinta edición. Zapopan, Jalisco, México (2018). 296 p.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 1998. Cartas climática escala 1:1,000,000. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México, D.F.

Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). 2010. Estrategia Nacional sobre especies invasoras en México. Prevención, control y erradicación. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, Distrito Federal.

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.

Corporación Nacional Forestal (CONAF). 2013. Guía básica de buenas prácticas para plantaciones forestales de pequeños y medianos propietarios. Chile, 2013. ISBN: 978-956-7669-38-7.

Corrales, P. R. A., 2014. Gestión ambiental y participación ciudadana en el contexto local. Revista electrónica perspectivas. Edición 8. Pp 18-41.

Cotler, A. H. 2010. Las cuencas hidrográficas de México. Diagnóstico y priorización. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático y Fundación Gonzalo Río Arronte, I.A.P. Primera edición. México. ISBN 978-607-7655-07-7.

Cruz, R. A. 2014. Clasificación de las arcillas con base a su estabilidad: Arcillas caolinitas (estables), arcillas ilitas (colapsables) y arcillas montmorillonitas (expansibles). Instituto Tecnológico de Tijuana.

Del Amo, R. S., Ramos, P. J. M., Sainz, C. C. & Vergara, T. M. C. 2009. Germinación y manejo de especies forestales tropicales. Libro en digital. Primera edición.

Díaz, T. J. E., Gómez, R. P. A., Reyes, B. S. P. & Vargas, R. O. 2010. Guías técnicas para la restauración ecológica de ecosistemas. Departamento de biología. Facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Grupo de Restauración Ecológica (GREUNAL).

Encina, R. A. & Ibarra, J. 2003. La degradación del suelo y sus efectos sobre la población. Revista Población y Desarrollo. Núm. 25. Pp. 4-9.

Fernández, C. C. R., López, C. A., Palma, L. D. J. Shirma, T. E. & Zavala, C. J. 2011. Delegación y conservación de suelos en la cuenca del Río Grijalva, Tabasco. Colegio de

Postgraduados, Secretaría de Recursos Naturales y Protección Ambiental y PEMEX. Villahermosa, Tabasco, México. 90 p.

FICHAS TÉCNICAS. CONAFOR. Sistema de Información para la Reforestación. Comisión Nacional Forestal. 2007. <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/1005Swietenia%20macrophylla.pdf>

FICHAS TÉCNICAS. CONAFOR. Sistema de Información para la Reforestación. Comisión Nacional Forestal. Disponible en: <http://www.conafor.gob.mx:8080/documentos/docs/13/1008Tabebuia%20rosea.pdf>  
Fecha de consulta: 11 de diciembre de 2018.

García, C. W. 2012. El sistema complejo de la cuenca hidrográfica. Disponible en: [http://www.medellin.unal.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi\\_Cuencas\\_Pregado/Sistema%20CuencaHidrogr%E1fica.pdf](http://www.medellin.unal.edu.co/~poboyca/documentos/documentos1/documentos-Juan%20Diego/Plnaifi_Cuencas_Pregado/Sistema%20CuencaHidrogr%E1fica.pdf)

García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). UNAM, México, D.F. 71 p.

García, N. R. M., Palma, T. A. & Sánchez, V. A. S. 2003. La cuenca hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales. Primera edición. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, Centro de Educación y Capacitación para el Desarrollo Sustentable, Comisión Nacional del Agua. México. ISBN: 968-817-581-1.

Gayoso, M. P. C. 2003. Evaluación del impacto en el suelo de un equipo de maderero en un rodal de *Pinus radiata* D. Don. Tesis de licenciatura. Universidad Austral de Chile.

Hobbs, R. J. & Wilson, A. M. 1998. Corridors: Theory, Practice and Achievement of Conservation Objectives, 265-279. In: Dover, J. W. and Bunce, R. G. H. (eds.). Key concepts in Landscape ecology. Preston (UK): IALE.

INIFAP. 2006. Guía Silvicultural Maculís *Tabebuia rosea* (Bertol) DC. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Karim\\_Musalem/publication/263846567\\_Guia\\_silvicultural\\_maculis\\_Tabebuia\\_rosea/links/0a85e53c02f2411adb000000/Guia-silvicultural-maculis-Tabebuia-rosea.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Karim_Musalem/publication/263846567_Guia_silvicultural_maculis_Tabebuia_rosea/links/0a85e53c02f2411adb000000/Guia-silvicultural-maculis-Tabebuia-rosea.pdf) Fecha de consulta: 11 de diciembre de 2018.

Instituto Nacional de Estadística, Geografía (INEGI). 2000. Conjunto de datos vectoriales del continuo nacional, efectos climáticos regionales. Carta E15-8 de Clima NAD27, Tabasco. Escala 1:250,000. México.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2015 a. Conjunto de datos vectoriales escala 1:1,000,000.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2015 b. Panorama sociodemográfico de Tabasco 2015. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. México. México. ISBN 978-607-739-868-4.

Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). 2018. Hidrología. Disponible en: <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/hidrologia/>

Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP) - Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), (1995). 'Edafología'. Escalas 1:250000 y 1:1000000. México.

López, A., Porta, C. J. Reguerín, M., & Roquero, C. 2003. Edafología: para la agricultura y el medio ambiente.

Lucchesi, A. 2017. Glosario de términos referidos al ordenamiento territorial. Compilación de Alberto Lucchesi. Argentina. Disponible en: [https://www.academia.edu/32907314/GLOSARIO\\_de\\_t%C3%A9rminos\\_referidos\\_al\\_ordnamiento\\_territorial](https://www.academia.edu/32907314/GLOSARIO_de_t%C3%A9rminos_referidos_al_ordnamiento_territorial)

Martínez, A. 2018. Vegetación del Estado de Tabasco. Disponible en: <https://www.paratodomexico.com/estados-de-mexico/estado-tabasco/vegetacion-tabasco.html>

Mccabe, G. J. & Wolock, D. M. 1991. Detectability of the effects of a hypothetical temperatura increase on the Thornthwaite moisture index. Journal of Hydrology 125: 25 – 35 p.

Montijo, G. A. s.f. Petrología de rocas dentríticas. Conglomerados. Hermosillo, Sonora, México. Disponible en: <http://gaia.geologia.uson.mx/academicos/amontijo/detríticas/conglomerados.htm>

Pérez Vela Jorge Miguel. 2017. Manual para el cultivo de la caoba. Centro de Investigación, Enseñanza y Producción Agroforestal (CEPIAGRY). Disponible en: <http://www.landscare.org/blog/wp-content/uploads/2017/12/manual-de-caoba.pdf>  
Fecha de consulta: 11 de diciembre de 2018.

Neumann, P. 2010. Deforestación y cambio climático acaban con el edén tabasqueño. EcoPortal, Buenos Aires, Argentina. Disponible en: <http://www.nacionmulticultural.unam.mx/mezinal/docs/2411.pdf>

Newton, A. C. & Tejedor, N. 2011. Principios y prácticas de la restauración del paisaje forestal. Estudios de caso en las zonas secas de América Latina. Gland, Suiza: UICN y Madrid, España: Fundación Internacional para la Restauración de Ecosistemas. 409 pp.

Núñez, S. J. 1981. Fundamentos de edafología. Disponible en: [https://dlscrib.com/download/37376949-libro-fundamentos-de-edafologia-en-ediciona\\_58ab8fd06454a71c19b1e9c3\\_pdf](https://dlscrib.com/download/37376949-libro-fundamentos-de-edafologia-en-ediciona_58ab8fd06454a71c19b1e9c3_pdf)

Ordoñez, G. J. J. 2011. Cartilla técnica: Aguas subterráneas-acuíferos. Sociedad Geográfica de Lima. Foro Peruano para el agua GWP Perú. Primera edición. Lima, Perú. ISBN 978-9972-602-76-4.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), 1999. Introducción a la ecología y sus elementos. Disponible en: <http://www.fao.org/docrep/009/ah645s/AH645S04.htm>

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. Revista internacional de silvicultura e industrias forestales. Vol. 54.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2015. Restauración de bosques y paisajes. Restauración de bosques y paisajes: conceptos, enfoques y desafíos que plantea su ejecución. Revista internacional sobre bosques y actividades e industrias forestales (UNASYLVA). Volumen 66. ISSN 0251-1584.

Plan Municipal de Desarrollo 2016-2018. Disponible en: [http://www.huimanguillo.gob.mx/web/doctos/plan\\_desarrollo\\_municipal\\_16\\_18.pdf](http://www.huimanguillo.gob.mx/web/doctos/plan_desarrollo_municipal_16_18.pdf)

Programa especial de desarrollo forestal 2013-2018. Gobierno del Estado de Tabasco. Comisión Estatal Forestal. Primera edición. Villahermosa, Tabasco, México.

Proyecto Fortalecimiento del Proceso de Implementación del Sistema Nacional de Áreas Protegidas. 2007. Instrumentos y estrategias para promover la participación ciudadana y de la sociedad civil en la gestión ambiental. Uruguay.

Quiroz, M. C. E. s.f. La cuenca hidrográfica como sistema de entradas y salidas: precipitación, evaporación y evapotranspiración. Universidad Privada del Norte. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/361556280/La-Cuenca-Hidrografica-Como-Sistema-de-Entradas-y-Salidas-Precipitacion-Evaporacion-y-Evapotranspiracion>

Ramakrishna, B. 1997. Estrategias de Extensión para el Manejo Integrado de Cuencas Hidrográficas: Conceptos y Experiencias. Editorial de IICA. San José- Costa Rica. 338 p.

Schoeneberger, P.J., Wysocki, D.A., Benham, E.C., & Breoderson, W.D. (EDITORS), 2002. Field Book for describing and sampling soils, version 2.0. Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Lincoln, NE.

Thorntwaite, C. W. 1948. An approach toward a rational classification of climate. American Geographical Society 38(1): 55-94.

Thornthwaite, C.W. Y Matter, J.R. 1957. Instructions and Tables for Computing Potential Evapotranspiration and the Water Balance. *Climatology* 10(3):185-311.

Universidad Autónoma Chapingo (UACH) & Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) (2015) Monitoreo de restauración forestal y reconversión productiva 2014. México: CONAFOR.

Vadillo. J. 2006. Plan General de Transformación Zona Regable Andévalo Occidental Fronterizo (Huelva). Disponible en: [http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques\\_Tematicos/Calidad\\_Ambiental/Prevencion\\_Ambiental/evaluacion\\_ambiental\\_planes\\_y\\_programas/anejo02\\_edafologiaygeologia.pdf](http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/web/Bloques_Tematicos/Calidad_Ambiental/Prevencion_Ambiental/evaluacion_ambiental_planes_y_programas/anejo02_edafologiaygeologia.pdf)

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.

Veiga, L., & Wildner, L. 1992. Erosión y pérdida de fertilidad del Suelo. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (Ed.), Erosión de suelos en América Latina, 1.

## Anexos

### 13.1. Anexo 1. Factor de corrección “L” por latitud (latitud norte).

**Tabla 22. Anexo 1: Factor de corrección "L" por latitud (Latitud Norte).**

GRADOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
0	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
1	1.04	0.94	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04	1.04	1.01	1.04	1.01	1.04
2	1.04	0.94	1.04	1.01	1.05	1.02	1.04	1.04	1.01	1.04	1	1.03
3	1.04	0.94	1.03	1.01	1.05	1.02	1.05	1.04	1.01	1.04	1	1.03
4	1.03	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.05	1.05	1.01	1.03	1	1.02
5	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.03	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.02
6	1.02	0.93	1.03	1.02	1.06	1.04	1.06	1.05	1.01	1.03	0.99	1.01
7	1.01	0.92	1.03	1.02	1.07	1.04	1.07	1.06	1.01	1.03	0.99	1.01
8	1.01	0.92	1.03	1.03	1.07	1.05	1.07	1.06	1.02	1.02	0.98	1
9	1	0.92	1.03	1.03	1.08	1.05	1.08	1.06	1.02	1.02	0.98	1
10	0.99	0.91	1.03	1.03	1.08	1.06	1.08	1.07	1.02	1.02	0.98	0.99
11	0.99	0.91	1.03	1.03	1.09	1.06	1.09	1.07	1.02	1.02	0.97	0.99
12	0.98	0.91	1.03	1.04	1.09	1.07	1.1	1.07	1.02	1.01	0.97	0.98
13	0.98	0.91	1.03	1.04	1.1	1.07	1.1	1.08	1.02	1.01	0.96	0.98
14	0.97	0.91	1.03	1.04	1.1	1.08	1.11	1.08	1.02	1.01	0.96	0.97
15	0.97	0.91	1.03	1.04	1.11	1.08	1.12	1.08	1.02	1.01	0.96	0.97
16	0.96	0.91	1.03	1.04	1.11	1.09	1.12	1.09	1.02	1.01	0.95	0.96
17	0.96	0.91	1.03	1.05	1.12	1.09	1.13	1.09	1.02	1	0.94	0.96
18	0.96	0.9	1.03	1.05	1.12	1.1	1.13	1.1	1.02	1	0.94	0.95
19	0.95	0.9	1.03	1.05	1.13	1.1	1.14	1.1	1.02	1	0.93	0.95
20	0.95	0.9	1.03	1.05	1.13	1.11	1.14	1.11	1.02	1	0.93	0.94
21	0.94	0.9	1.03	1.05	1.13	1.11	1.15	1.11	1.02	1	0.92	0.94
22	0.94	0.89	1.03	1.06	1.14	1.12	1.15	1.11	1.02	0.99	0.92	0.93
23	0.93	0.89	1.03	1.06	1.14	1.13	1.16	1.12	1.02	0.99	0.92	0.92
24	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.16	1.12	1.02	0.99	0.91	0.92
25	0.93	0.89	1.03	1.06	1.15	1.14	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
26	0.92	0.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.17	1.12	1.02	0.99	0.91	0.91
27	0.92	0.88	1.03	1.07	1.16	1.15	1.18	1.13	1.02	0.99	0.91	0.9
28	0.91	0.88	1.03	1.07	1.17	1.15	1.18	1.13	1.03	0.98	0.9	0.9
29	0.91	0.87	1.03	1.07	1.17	1.15	1.19	1.13	1.03	0.98	0.89	0.89
30	0.9	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.2	1.14	1.03	0.98	0.89	0.88
31	0.9	0.87	1.03	1.08	1.18	1.17	1.2	1.14	1.03	0.98	0.88	0.88
32	0.89	0.86	1.03	1.08	1.19	1.18	1.21	1.15	1.03	0.98	0.88	0.87
33	0.88	0.86	1.03	1.09	1.19	1.19	1.21	1.15	1.03	0.97	0.87	0.86
34	0.88	0.86	1.03	1.09	1.2	1.2	1.22	1.16	1.03	0.97	0.87	0.86

GRADOS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
35	0.87	0.85	1.03	1.09	1.21	1.21	1.23	1.16	1.03	0.97	0.86	0.85
36	0.87	0.85	1.03	1.1	1.21	1.22	1.24	1.16	1.03	0.97	0.86	0.84
37	0.86	0.85	1.03	1.1	1.22	1.23	1.25	1.17	1.03	0.97	0.85	0.83
38	0.85	0.84	1.03	1.1	1.23	1.24	1.25	1.17	1.04	0.96	0.84	0.83
39	0.85	0.84	1.03	1.11	1.23	1.24	1.26	1.18	1.04	0.96	0.84	0.82
40	0.84	0.83	1.03	1.11	1.24	1.25	1.27	1.18	1.04	0.96	0.83	0.81
41	0.83	0.83	1.03	1.11	1.25	1.26	1.27	1.19	1.04	0.95	0.82	0.8
42	0.82	0.83	1.03	1.12	1.26	1.27	1.28	1.19	1.04	0.95	0.82	0.79
43	0.81	0.82	1.02	1.12	1.26	1.28	1.29	1.2	1.04	0.95	0.81	0.77
44	0.81	0.81	1.02	1.12	1.27	1.29	1.3	1.2	1.04	0.95	0.8	0.76
45	0.8	0.81	1.02	1.13	1.28	1.29	1.31	1.21	1.04	0.94	0.79	0.75
46	0.79	0.8	1.02	1.13	1.29	1.3	1.32	1.22	1.04	0.94	0.79	0.74
47	0.77	0.8	1.02	1.14	1.3	1.32	1.33	1.22	1.05	0.93	0.78	0.73
48	0.76	0.79	1.02	1.14	1.31	1.33	1.34	1.23	1.05	0.93	0.77	0.72
49	0.75	0.79	1.02	1.15	1.32	1.34	1.35	1.24	1.05	0.92	0.76	0.71
50	0.74	0.78	1.02	1.15	1.33	1.36	1.36	1.15	1.06	0.92	0.76	0.7

### 13.2. Anexo 2. Costos de preparación del terreno y reforestación (Módulo tropical).

**Tabla 23. Costos de preparación del terreno y transporte de la planta**

OBRA	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	COSTO UNITARIO	CANTIDAD/ HA	SUPERFICIE HA	CANTIDAD TOTAL	MONTO (MN)	OBSERVACION
Roturación	Cepa común con medida de 30 x 30 cm.	m	\$0.30	2,500	3.0	7,500.0	\$2,250.0	La roturación se realizó con tractor agrícola y en líneas a cada 3 m.
Subtotal						\$2,250.00		
Brecha corta fuego			\$6,694.00	N/A	3.0	1.5	\$10,041.0	Se realizó en la periferia del módulo.
Cercado con poste de metal		km	\$42,000.00	N/A	3.0	0.1	\$4,200.0	Cercado con alambre de púas calibre 12, a 4 hilos. Solo se requiere cercar 100 metros, dado que el perímetro de la parcela cuenta con cerco vivo.
Subtotal						\$14,241.00		
Transporte de planta <i>Swietenia macrophylla</i>		planta	\$0.43	416	3.0	1250	\$537.50	
Transporte de planta <i>Tabebuia rosea</i>		planta	\$0.43	416	3.0	1250	\$537.50	
Subtotal						\$1,075.00		
Total						\$17,566.00		

**Tabla 24. Costo de compra de planta.**

	ESPECIE	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (MN)	COSTO TOTAL (MN)
Tabasco	<i>Swietenia macrophylla</i>	1,250	\$4.00	\$5,000.00
	<i>Tabebuia rosea</i>	1,250	\$3.00	\$3,750.00
	Total	\$8,750.00		

