

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

PROPUESTA DE RESTAURACIÓN DEL PAISAJE FORESTAL DE SIERRA CHINAJÁ  
TESIS DE GRADO

**GILDA ELENA SIEKAVIZZA CASTILLO**  
CARNET 10081-12

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2018  
CAMPUS CENTRAL

**UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**  
FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL

PROPUESTA DE RESTAURACIÓN DEL PAISAJE FORESTAL DE SIERRA CHINAJÁ  
TESIS DE GRADO

TRABAJO PRESENTADO AL CONSEJO DE LA FACULTAD DE  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS

POR  
**GILDA ELENA SIEKAVIZZA CASTILLO**

PREVIO A CONFERÍRSELE  
EL TÍTULO DE INGENIERA AMBIENTAL EN EL GRADO ACADÉMICO DE LICENCIADA

GUATEMALA DE LA ASUNCIÓN, NOVIEMBRE DE 2018  
CAMPUS CENTRAL

## **AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD RAFAEL LANDÍVAR**

RECTOR: P. MARCO TULIO MARTINEZ SALAZAR, S. J.

VICERRECTORA ACADÉMICA: DRA. MARTA LUCRECIA MÉNDEZ GONZÁLEZ DE PENEDO

VICERRECTOR DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN: ING. JOSÉ JUVENTINO GÁLVEZ RUANO

VICERRECTOR DE INTEGRACIÓN UNIVERSITARIA: P. JULIO ENRIQUE MOREIRA CHAVARRÍA, S. J.

VICERRECTOR ADMINISTRATIVO: LIC. ARIEL RIVERA IRÍAS

SECRETARIA GENERAL: LIC. FABIOLA DE LA LUZ PADILLA BELTRANENA DE LORENZANA

## **AUTORIDADES DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS**

DECANA: LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ

SECRETARIO: MGTR. LUIS MOISES PEÑATE MUNGUÍA

DIRECTOR DE CARRERA: MGTR. JULIO ROBERTO GARCÍA MORÁN

**NOMBRE DEL ASESOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN**  
MGTR. MARTHA MARÍA RÍOS PALENCIA

**TERNA QUE PRACTICÓ LA EVALUACIÓN**  
MGTR. JERSON ELIZARDO QUEVEDO CORADO

Guatemala de la Asunción, Noviembre 2018

Respetables señores

**Consejo de Facultad**

**Ciencias Ambientales y Agrícolas**

Presente.

Estimados Miembros del Consejo:

Por este medio hago constar que he asesorado el trabajo de graduación del estudiante **Gilda Elena Siekavizza Castillo, carné 10081-12**, titulada: “**Propuesta de Restauración del Paisaje Forestal de Sierra Chinajá**” y considero que cumple con los requisitos establecidos por facultad, previo a su autorización de impresión.

Atentamente,



Ing. Martha María Palencia, *MSc.*

Colegiado No. 3992

Código URL. 18191



Universidad  
Rafael Landívar  
Tradición Jesuita en Guatemala

FACULTAD DE CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
No. 061058-2018

### Orden de Impresión

De acuerdo a la aprobación de la Evaluación del Trabajo de Graduación en la variante Tesis de Grado de la estudiante GILDA ELENA SIEKAVIZZA CASTILLO, Carnet 10081-12 en la carrera LICENCIATURA EN CIENCIAS AMBIENTALES CON ÉNFASIS EN GESTIÓN AMBIENTAL, del Campus Central, que consta en el Acta No. 06197-2018 de fecha 6 de noviembre de 2018, se autoriza la impresión digital del trabajo titulado:

PROPUESTA DE RESTAURACIÓN DEL PAISAJE FORESTAL DE SIERRA CHINAJÁ

Previo a conferírsele el título de INGENIERA AMBIENTAL en el grado académico de LICENCIADA.

Dado en la ciudad de Guatemala de la Asunción, a los 7 días del mes de noviembre del año 2018.



LIC. ANNA CRISTINA BAILEY HERNÁNDEZ, DECANA  
CIENCIAS AMBIENTALES Y AGRÍCOLAS  
Universidad Rafael Landívar

## AGRADECIMIENTOS

A:

Mis padres, José Baltazar Siekavizza Grisolí y Gilda de Jesús Castillo Arellano, por su apoyo incondicional en mi formación como profesional. Y darme las herramientas necesarias para salir al mundo real.

Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas por la formación académica que recibí en estos años.

*MSc.* Martha Ríos Palencia por asesorarme en este trabajo de investigación, por su paciencia, sus consejos, revisiones y correcciones y la dedicación que me brindó en estos años.

Ing. José Antonio Calderón “el bota” por tus sabios consejos y el apoyo incondicional brindado en la fase de campo.

Cristian Alejandro García Ramírez por ser mi apoyo, mi hombro derecho, por darme ánimos cuando más lo necesitaba para seguir adelante y por siempre estar allí sin pedírtelo. Te amo incondicionalmente.

Todos mis amigos que estuvieron en las buenas y en las malas en esta primera etapa de mi formación académica. En especial a Dafne Tuche, Rodrigo Maldonado y Melany Soria por ser incondicionales en la Universidad y fuera de ella.

Mis amigos de la infancia que estuvieron antes, durante y después de este proceso; Ani Gutierrez, Laksmi Cuellar, Carmen Rodríguez “Chisy”, Andrea Arana, Christopher Normans y William Pérez. Gracias por estar siempre. Los amo.

Mariana Cabrera y Su Lin Chang, por su apoyo incondicional, agradezco haberlas conocido y tenerlas en mi vida. Gracias por presionarme para salir y no dejarme caer.

## **DEDICATORIA**

A:

Dios: Por tu presencia y siempre llenarme de bendiciones.  
Y jamás dejarme sola.

San Judas Tadeo: Por siempre escucharme y cumplir todo lo que te pido.

Mi madre: Gilda de Siekavizza, esto es para ti. Gracias por darme ánimos para seguir adelante y siempre creer en mí y en mis capacidades. Te amo madre.

Mis hermanas: Ing. Luisa Siekavizza y Lic. María José Siekavizza, por ser mis roles a seguir en el ámbito personal y profesional. Por creer en mí y enseñarme lo valioso que es el estudio.

A mi tío: Lic. Mario Augusto Castillo Arellano, por ser un pilón importante en mi vida. Te quiero mucho y gracias por siempre darme consejos para seguir adelante.

Bruno Armando: Sos lo máspreciado que me ha pasado.

A mis amigos y amigas: Por su cariño y apoyo en mi vida.

Guatemala: Para que los recursos naturales sean utilizados responsablemente.

# INDICE

|   |    |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓN .....   | 1  |
| 2. MARCO TEÓRICO.....   | 2  |
| 2.1 Antecedentes.....   | 2  |
| 2.1.1 Zonas prioritarias de restauración en Guatemala.....    | 3  |
| 2.1.2 Estrategia Nacional de Restauración Forestal.....       | 6  |
| 2.2 Marco conceptual .....                                    | 6  |
| 2.2.1 Conceptos básicos sobre ecología.....                   | 6  |
| 2.2.2 Índice de Valor de Importancia.....                     | 20 |
| 2.2.3 Restauración del Paisaje Forestal.....                  | 22 |
| 2.2.4 Mesa de Restauración Forestal en Guatemala. ....        | 23 |
| 2.3 Marco referencial.....                                    | 23 |
| 2.3.1 Sierra Chinajá.....                                     | 23 |
| 2.3.2 Rasgos biofísicos .....                                 | 24 |
| 3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....                            | 28 |
| 2.1 Definición del problema y justificación del trabajo ..... | 28 |
| 4. OBJETIVOS.....   | 29 |
| 4.1 GENERAL.....  | 29 |
| 4.2 ESPECÍFICOS.....  | 29 |
| 5. METODOLOGÍA .....  | 30 |
| 5.1 AMBIENTE.....   | 30 |
| 5.2 UNIDAD DE ANÁLISIS .....                                  | 30 |
| 5.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN .....                               | 31 |
| 5.2 INSTRUMENTOS .....  | 31 |
| 5.5 PROCEDIMIENTO.....  | 31 |
| 5.5.1 Fase de gabinete.....                                   | 31 |
| 5.5.2 Fase de campo.....                                      | 32 |
| 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....                                | 35 |
| 6.1 Definición del ecosistema de referencia .....             | 35 |
| 6.2 Caracterización del paisaje .....                         | 37 |

|   |    |
|---|----|
| 6.3 Identificación de especies forestales de dominancia con base a parcelas de medición forestal y de rápido crecimiento, potencialmente aptas para la recuperación del área..... | 38 |
| 6.4 Propuesta general de Restauración del Paisaje Forestal para el Área de Protección Especial “Sierra Chinajá” en el municipio de Raxruhá, Alta Verapaz .....                    | 43 |
| 7. CONCLUSIONES .....   | 48 |
| 8. RECOMENDACIONES .....  | 51 |
| 9. BIBLIOGRAFÍA.....  | 53 |
| 10. ANEXOS.....   | 60 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| Tabla 1. Áreas potenciales para la restauración del paisaje forestal en Guatemala .....  | 3  |
| Tabla 2. Propiedades emergentes de los niveles de organización.....  | 7  |
| Tabla 3. Funciones, bienes y servicios de los ecosistemas y su relación .....  | 10 |
| Tabla 4. Valores de variables aproximadas de Sierra Chinajá, periodo promedio 1990-1998, Estación San Agustín .....                                    | 24 |
| Tabla 5. Ríos ubicados dentro y próximo a Sierra Chinajá.....  | 25 |
| Tabla 6. Comunidades antiguas y nuevas asentadas en Sierra Chinajá .....   | 26 |
| Tabla 7. Tipo de matrices .....  | 33 |
| Tabla 8. Índice de importancia de 10 especies forestales de Sierra Chinajá, los valores se encuentran representados de mayor a menor importancia ..... | 41 |
| Tabla 9. Usos de 10 especies forestales de mayor dominancia de Sierra Chinajá.....   | 42 |
| Tabla 10. Recomendación de siembra en conjunto con otras especies forestales.....  | 46 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|  |    |
|--|----|
| Figura 1. Áreas potenciales para la restauración del paisaje forestal de la República de Guatemala ..... | 4  |
| Figura 2. Fragmentación del hábitat y cambio de uso de la tierra. ....                                   | 12 |
| Figura 3. Ecotono de un hábitat .....  | 15 |
| Figura 4. Tipos de borde representados en distintos hábitat .....  | 16 |
| Figura 5. Sucesión primaria. ....  | 18 |
| Figura 6. Sucesión secundaria .....  | 18 |
| Figura 7. Mapa de localización de Sierra Chinajá, Alta Verapaz .....                                     | 24 |
| Figura 8. Unidad de análisis de propuesta de plan de restauración del paisaje forestal.....              | 30 |
| Figura 9. Ecosistema de referencia de Sierra Chinajá, Alta Verapaz.....                                  | 35 |
| Figura 10. Dinámica forestal de Sierra Chinajá. Periodo 2006-2010 .....                                  | 36 |
| Figura 11. Número de individuos por familia .....  | 40 |
| Figura 12. Índice de importancia de 10 especies forestales .....   | 41 |

# PROPUESTA DE RESTAURACIÓN DEL PAISAJE FORESTAL DE SIERRA CHINAJÁ

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación fue realizado en Sierra Chinajá en el municipio de Raxruhá, departamento de Alta Verapaz. Esta área funciona como un ecotono entre dos importantes sistemas geográficos de la zona, tales como Tierras Altas volcánicas del sur de Guatemala y las Tierras Bajas del norte. El objetivo de este trabajo fue la creación de un plan de restauración del paisaje forestal en la cual se identificaron 60 especies de árboles que estuvieron presentes en los sitios de muestreo distribuidas en 30 familias y 59 géneros. De los cuales, las especies que registraron mayor dominancia en el ecosistema fueron *Guazuma ulmifolia*, *Brosimum alicastrum* y *Enterolobium cyclocarpum* especies altamente importantes para la comunidad Q'eqchi' de la zona. La propuesta consiste en un protocolo 10 de especies forestales para que puedan ser utilizadas en planes de restauración de las áreas remanentes de bosque secundario que servirá como fuente de semillas, ya que es un ecosistema potencialmente productivo y proveedor de bienes y servicios ecosistémicos para las comunidades de Valle Verde y Nueva Jerusalén. Es importante mencionar que las especies con menor dominancia tales como *Vitex gaumeri* y *Zanthoxylum belicense*, son especies en peligro de extinción y pueden desaparecer en el ecosistema afectando su equilibrio ecológico. De igual manera, para la realización de las actividades de restauración en dicha área se pueden acceder a los incentivos forestales que promueve la Ley PROBOSQUE

## 1. INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas naturales siempre se encuentran sometidos a diversos factores de cambio, tanto naturales como antropogénicos. Es por ello que la fragmentación y destrucción de los ecosistemas limitan y/o anulan la disponibilidad de los bienes y servicios ecosistémicos que las comunidades necesitan para satisfacer sus necesidades, tales como alimento, agua, refugio, entre otros (Soons, Messelink, y Heil, 2005). Esta fragmentación es a consecuencia del avance de la frontera agrícola y ganadera. En este sentido, la recuperación y restauración de estos ecosistemas representan una prioridad ecológica y socioambiental. La restauración de dichos ecosistemas debe hacerse con la reintroducción de especies forestales nativas con el fin de restablecer las funciones ecológicas fundamentales para la mejora de calidad de vida de las comunidades.

Al igual que muchas áreas naturales de Guatemala, Sierra Chinajá se encuentra en constante degradación ambiental que incluye la disminución del recurso hídrico en términos de calidad y cantidad, así como la desaparición de las fuentes de agua. Así mismo, la pérdida de biodiversidad y los bienes y servicios que el bosque brinda a las comunidades ha ido disminuyendo. Es por ello, que se hace necesaria la implementación de mecanismos que ayuden a encontrar soluciones que mitiguen los impactos antropogénicos en el paisaje (Thompson, Okabe, Tylianakis, Kumar, Brockerhoff, Schellhorn, y Parrotta, 2011).

En este sentido, la presente investigación tiene como fundamento la creación de una propuesta de Restauración del Paisaje Forestal que consta principalmente de la elaboración de una base de datos de especies forestales y su respectivo protocolo para que pueda ser utilizado en actividades que ayuden a diversificar y aumentar los medios de vida de las comunidades dentro y alrededor de Sierra Chinajá.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 Antecedentes

La restauración ecológica, como una práctica de conservación, es relativamente nuevo en Guatemala. Hasta la fecha, existen pocos proyectos orientados hacia esta práctica. Sin embargo, Martínez (2011) realizó una propuesta de restauración ecológica con pinabete (*Abies guatemalensis* Rehder) de acuerdo a la dinámica del bosque. La propuesta se centra en aumentar los parches de bosque de pinabete ubicados en Tacaná, Sibinal, San José Ojetenam, Ixchiguán y San Marcos en el departamento de San Marcos.

Por otro lado Veluk, de Camino e Imbach (2012), realizaron un proyecto de investigación en tres microcuencas ubicadas en el departamento de San Marcos, en la cual se analizaron los atributos especiales del territorio para mapear áreas prioritarias para la restauración del paisaje forestal con el objetivo de mejorar los medios de vida de las comunidades rurales que habitan en el Altiplano. El resultado principal de este estudio fue la creación de un mapa de áreas prioritarias para la implementación de planes de restauración del paisaje forestal para la toma de decisiones en el diseño de futuros esfuerzos regionales de desarrollo, manejo y conservación de los recursos naturales.

Dentro del Corredor Seco, Cáritas Zacapa (2014), apoyado por la Alianza por la Resiliencia en conjunto con el Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad de San Carlos de Guatemala (CECON), realizaron una investigación práctica para la restauración ecológica en Camotán, Chiquimula. El resultado de esta investigación fue la fisiología de los bosques mediante la recolección de datos sobre las especies que crecen en los bosques aledaños.

CONAP-ZOOTROPIC-CDC (2009), realizó un Plan de Conservación para las Regiones Secas de Guatemala, consiste en acciones y estrategias para garantizar a mediano y largo plazo la conservación de la biodiversidad y el desarrollo sostenible en las regiones secas. Las estrategias se encuentran orientadas a fortalecer la capacidad institucional y la mitigación de las principales amenazas por efecto del cambio climático.

De acuerdo a estos esfuerzos a nivel nacional, se conformó un grupo de trabajo especializado en institucionalizar los procesos y propiciar a la investigación e incentivas de trabajo para proyectos de conservación y producción forestal sostenible del país.

**2.1.1 Zonas prioritarias de restauración en Guatemala.** Derivado de su trabajo intersectorial, la Mesa de Restauración Forestal de Guatemala elaboro el Mapa de Áreas Potenciales para la Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala (Figura 1), en la que se incluyen las categorías (Tabla 1): bosques riparios, bosque de mangle, tierras forestales de protección, tierras forestales de producción, agroforestería con cultivos permanentes, agroforestería con cultivos anuales, sistemas silvopastoriles y áreas protegidas (Mesa de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, 2015).

Tabla 1. Áreas potenciales para la restauración del paisaje forestal en Guatemala

| Categoría                               | Área a restaurar |                |
|---|------------------|----------------|
|   | Hectáreas (ha)   | Porcentaje (%) |
| Bosque ripario                          | 335,687          | 8,41           |
| Bosque de Manglares                     | 10,132           | 0,26           |
| Tierras forestales de protección        | 219,952          | 5,51           |
| Tierras forestales de producción        | 948,932          | 23,81          |
| Agroforestería con cultivos permanentes | 442,563          | 11,10          |
| Agroforestería con cultivos anuales     | 1,043,192        | 26,15          |
| Sistemas silvopastoriles                | 582,130          | 14,59          |
| Áreas protegidas                        | 405,877          | 10,17          |
| Total                                   | 3,989,465        | 100            |

(Mesa de Restauración del Paisaje Forestal, 2015)



respecta a la calidad del suelo. Las zonas prioritarias para restauración forestal de acuerdo al área en hectáreas son las siguientes (Mesa de Restauración del Paisaje Forestal en Guatemala, 2015):

1. Agroforestería con cultivos anuales (1, 043, 192 ha): Ubicadas en áreas con pendiente y/o profundidad del suelo limitadas, se permite la siembra de cultivos agrícolas anuales mediante la utilización de técnicas de conservación de suelos.
2. Tierras forestales de producción (219, 952 ha): Área apta para el manejo forestal sostenible, puede ser del bosque nativo, así como plantaciones con fines de aprovechamiento. La sustitución de bosque en estas áreas da lugar a la degradación productiva de los suelos
3. Sistemas silvopastoriles (582, 130 ha): Áreas con limitaciones de pendiente y/o profundidad. Permiten el desarrollo de pastos naturales o cultivados y/o asociados con especies arbóreas.
4. Agroforestería con cultivos permanentes (442, 563 ha): Aptas para el establecimiento de sistemas de cultivo con especies perennes asociados con árboles, pueden ser especies frutales, maderables u otros productos de aprovechamiento forestal.
5. Áreas protegidas (405, 877 ha): Específicamente Categoría I: Parques Nacionales, promueven la restauración pasiva por medio de regeneración natural.
6. Bosques riparios (335, 687 ha): Ubicados en los márgenes de los ríos, riachuelos o quebradas, así como en los nacimientos de agua. Su función principal es la retención de sedimentos, así como la protección de cauces y captación de agua.
7. Tierras forestales de protección (219, 952 ha): Apropiadas para actividades forestales de protección o conservación ambiental exclusiva. Suelos marginales para uso agrícola o pecuario intensivo.
8. Bosque de Manglares (10, 132 ha): Ecosistema costero distribuidos en esteros, lagunas costeras y desembocaduras de ríos. Dentro de sus funciones se encuentra la retención de sedimentos, protección contra huracanes, productividad primaria alta, importancia económica, entre otros.

**2.1.2 Estrategia Nacional de Restauración Forestal.** La Estrategia Nacional se formuló de acuerdo al Mapa de Áreas Potenciales para la Restauración del Paisaje Forestal de la República de Guatemala. El objetivo de la Estrategia es velar por la provisión de los bienes y servicios ecosistémicos los cuales contribuyen a mejorar la calidad de vida de las comunidades, de igual manera, busca la articulación de diferentes actores y herramientas que propicien la inversión e implementación de actividades de restauración de los bosques y tierras forestales de Guatemala (Mesa de Restauración del Paisaje Forestal en Guatemala, 2015; Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, 2015).

La Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala es una respuesta a las necesidades de las comunidades, tanto local como regional, ya que toma en cuenta el desarrollo económico a través de sistemas agroforestales con especies y productos forestales de alto valor comercial como lo es el café (*Coffea arabica*), cacao (*Theobroma cacao*) y cardamomo (*Elettaria cardamomum*). Para hacer cumplir este desarrollo económico, la estrategia toma en cuenta desde los medios de vida, la diversidad biológica, el fortalecimiento de las capacidades institucionales hasta la gobernanza del territorio (Mesa de Restauración del Paisaje Forestal en Guatemala, 2015).

## **2.2 Marco conceptual**

**2.2.1 Conceptos básicos sobre ecología.** La ecología es la ciencia que estudia las interacciones de los organismos respecto a su ambiente, en el que se incluyen las condiciones físicas y biológicas del lugar donde habitan, ya que influyen directamente en la vida de todos los seres vivos (Vidal, 2001). Etimológicamente, el término ecología proviene del griego oikos que significa casa y Logos estudio (López, Chagollan, del Campo, García, Contreras, y García, 2006).

Los ecólogos estudian las interacciones ambientales respecto a sus niveles de organización. A nivel de organismo, el cual tiene un enfoque entre los organismos individuales y la relación con el ambiente. El siguiente nivel es la población, contienen más de un individuo de la misma especie, los cuales se reproducen y habitan en un área geográfica determinada. El tercer nivel de organización es la comunidad o biocenosis, formados por dos o más especies que habitan en un área en particular (Lidicker, 2008).

Como último nivel se encuentra el ecosistema, constituido como la unidad básica y fundamental de ecosistema, el término ecosistema indica el conjunto de una comunidad biótica y la integración de los factores abióticos (temperatura, agua, nutrientes) que lleva acabo un intercambio de materia y energía, y existe una constante interacción (Vidal, 2001; Campbell, y Reece, 2007).

En el sentido ecológico, los niveles de organización se encuentran relacionados entre sí de manera jerárquica, es decir, el último nivel se conforma con elementos del nivel anterior hasta constituir un sistema en donde se presenten propiedades emergentes (Tabla 2). En otras palabras, existen propiedades y cualidades nuevas dentro de cada nivel de organización (Monroy, 2007).

Tabla 2. Propiedades emergentes de los niveles de organización

| Nivel      | Propiedades emergentes   |
|------------|--|
| Organismo  | Crecimiento<br>Reproducción  |
| Población  | Densidad<br>Tipo de distribución<br>Heterogeneidad genética<br>Patrones temporales<br>estacionales |
| Comunidad  | Densidad<br>Dominancia   |
| Ecosistema | Conectividad<br>Balance de nutrimentos<br>Clima  |

(Monroy, 2007; Lidicker, 2008)

La biodiversidad es un elemento fundamental para el funcionamiento de un ecosistema, según el Convenio sobre la Diversidad Biológica de las Naciones Unidas en 1992, artículo 2, es la variabilidad de los organismos vivos, en el cual se incluyen desde los genes, comunidades hasta

sus interacciones (Lindenmayer, Burns, Thurgate, y Lowe, 2015; Inter-American Development Bank , 1992).

***Función del ecosistema.*** La importancia de conservar los componentes y funciones de los ecosistemas, es debido a que juegan un papel fundamental en la regulación ambiental y la provisión de los recursos naturales (Pérez-Hoyos, Martínez, García-Haro, Moreno, y Gilabert, 2014).

Es importante recalcar la diferencia entre el funcionamiento ecológico y la función de un ecosistema, el primero consiste en los procesos ecológicos fundamentales que mantienen el flujo de energía y la dinámica de las comunidades, en otras palabras, pueden cambiar la estructura y composición de un ecosistema luego de una perturbación (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, s.f). Sin embargo, las funciones de los ecosistemas se encuentran asociadas desde una perspectiva antropogénica, ya que proporcionan servicios a la sociedad (Martín-López y Montes, s.f).

Según De Groot et. al (2002), la función de un ecosistema se encuentra constituido mediante el conjunto de los procesos ecológicos y las estructuras de los ecosistemas, en otras palabras, por cada función existe un tipo de servicio que es aprovechado por el ser humano (Tabla 3). Cada función es el resultado de todas las interacciones entre los factores bióticos y abióticos.

Las funciones de los ecosistemas se encuentran constituidas en cuatro categorías (De Groot et.al, 2002):

1. Función de regulación: Capacidad que posee los ecosistemas para regular los procesos ecológicos esenciales, así como los sistemas de soporte de vida a través de ciclos biogeoquímicos.
2. Función de hábitat: Proporcionan refugio y hábitat de reproducción de fauna y flora, en la cual se contribuye de manera directa a la conservación de la biodiversidad y los procesos evolutivos.
3. Función de producción: Capacidad que tiene el ecosistema en crear biomasa a partir de la cadena trófica (productores primarios, secundarios y terciarios), los cuales proporcionan bienes

ecosistémicos aprovechados por el ser humano, tales como alimentos, materias primas y material genético.

4. Función de información: Proporcionan referencias históricas que contribuyen al mantenimiento del bienestar humano, con respecto al conocimiento, experiencia y la relación cultural con la naturaleza.

Las primeras dos funciones (regulación y hábitat) poseen importancia para el mantenimiento de los procesos naturales, por tanto, se encuentran ligadas al mantenimiento de la disponibilidad de las siguientes dos funciones (producción e información), debido a que el bienestar humano no se puede lograr en ausencia de cualquiera de estas funciones ecológicas (De Groot et.al, 2002).

En la tabla 3, se proporciona una visión general de las funciones de los ecosistemas que interactúan con los bienes y servicios que se pueden atribuir a los ecosistemas, tomando en cuenta sus procesos ecológicos asociados. En la segunda columna, enumera las estructuras y/o procesos que se encuentran inferior a las funciones ecológicas y por último la tercera columna proporciona una lista de ejemplos de los bienes y servicios específicos derivados a estas funciones.

Tabla 3. Funciones, bienes y servicios de los ecosistemas y su relación

| Funciones de los ecosistemas | Procesos ecológicos                                   | Bienes y servicios ecosistémicos   |
|------------------------------|---|--|
| Regulación                   | 1. Regulación del clima                               | 1.1 Mantenimiento de un clima favorable  |
|                              | 2. Abastecimiento y regulación de la calidad del agua | 2.1 Regulación de la calidad del agua  |
|                              | 3. Retención y formación de los suelos                | 2.2 Abastecimiento de agua potable   |
|                              | 4. Control biológico                                  | 3.1 Prevención de la erosión   |
|                              | 5. Prevención de perturbaciones                       | 3.2 Mantenimiento de suelos fértiles   |
| Hábitat                      | 1. Refugio  | 4.1 Prevención de plagas   |
|                              | 2. Abastecimiento                                     | 5.1 Prevención a desastres naturales   |
|                              |   | 1.1 Hábitat adecuado que pueda soportar las especies de flora y fauna.                       |
| Producción                   |   | 1.2 Hábitat de reproducción adecuado   |
|                              | 1. Abastecimiento                                     | 1.3 Mantenimiento de la diversidad biológica   |
|                              | 2. Materias primas                                    | Agricultura y acuicultura de subsistencia a pequeña escala                                   |
|                              | 3. Recursos genéticos                                 | 2.2 Recursos forestales  |
|                              |   | 1.1 Alimento (pesca, caza, recolección de frutos, agricultura y acuicultura de subsistencia) |

---

|             |             |   |
|-------------|-------------|---|
|             |             | 2.1 Conversión de la energía solar en biomasa para construcción |
|             |             | 3.1 Medicamentos y productos farmacéuticos                      |
| Información | 1. Cultural | 1.1 Recreación  |
|             |             | 1.2 Ecoturismo  |
|             |             | 1.3 Valores espirituales  |
|             |             | 1.4 Educación   |
|             |             | 1.5 Investigación   |

---

(De Groot et al., 2002; Martín-López, s.f).

**Integridad de un ecosistema.** La relación humano-ambiente debe buscar constantemente el mantenimiento de la integridad de los ecosistemas en el cual se combinen la naturaleza y la cultura. De acuerdo con Moreno-Casasola, Salinas, Travieso-Bello, Juárez, Ruelas, Amador, Cruz y Monroy (2006), la integridad de los ecosistemas está basada en ciertos conceptos ecológicos combinados con los valores de la sociedad humana. Por otro lado, La Sociedad Internacional para la Restauración Ecológica -SER (2012), indica que el concepto se encuentra ligado al estado o condición del ecosistema que demuestra la biodiversidad característica de la región, tales como la composición de especies y la estructura de la comunidad.

**Fragmentación.** La fragmentación es el proceso relacionado con el componente espacial de los ecosistemas. Cuando los ecosistemas naturales se encuentran sin ninguna intervención antropogénica, la heterogeneidad ambiental se representa mediante la diversidad de hábitat o nichos ecológicos, en la cual una especie encuentra condiciones ideales para su supervivencia. Los nichos ecológicos poseen patrones de distribución espacial por cada ecosistema y es fundamental para el mantenimiento de las poblaciones (Gómez, 2007).

De acuerdo con Herrerías, y Benítez-Malvido, (2005) la fragmentación es la pérdida de continuidad de un ecosistema, implica que existan cambios en la estructura y composición de la población, así como el ambiente físico en el que se desenvuelven. Como se muestra en la figura

2, existen dos causas que dan origen a la fragmentación de los hábitats, la deforestación y los cambios de uso de la tierra, así como un aumento asociado al denominado efecto de borde (Ríos, 2011; Galicia, 2007).

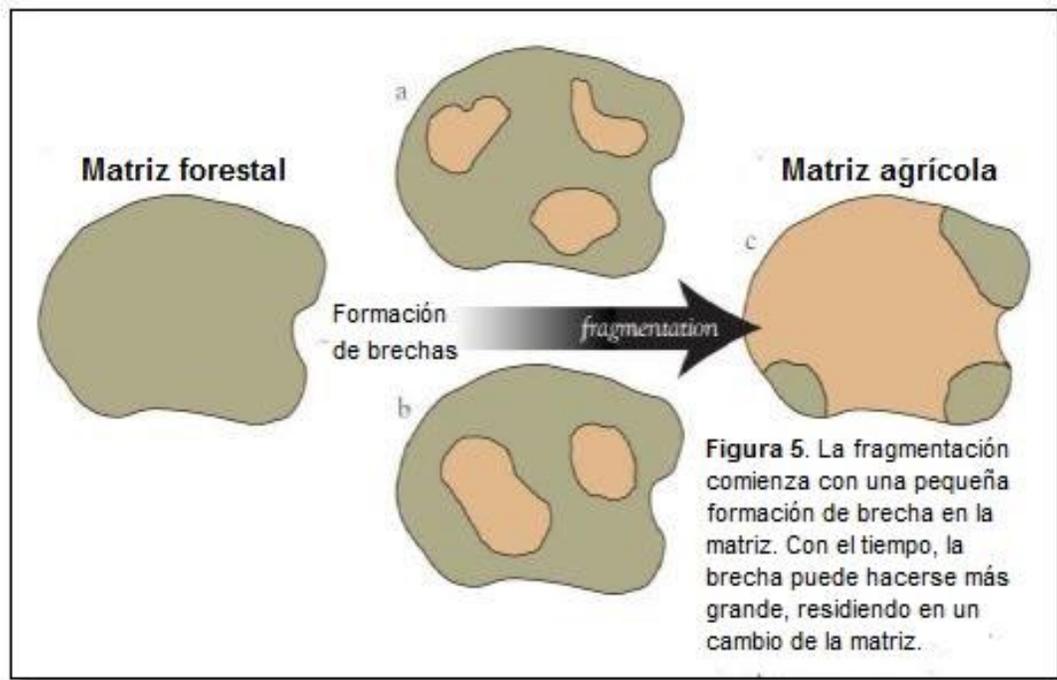


Figura 2. Fragmentación del hábitat y cambio de uso de la tierra (Barnes, 2000).

La matriz se entiende como el parche dominante dentro de un ecosistema, principalmente modificado por acciones antropogénicas (Figura 2). La fragmentación de hábitat comienza cuando se forma un pequeño hueco dentro de la matriz, en este caso netamente forestal, cuando se tiene intervención del ser humano como lo son los cultivos. Con el tiempo, la matriz original puede presentar cambios drásticos en la estabilidad de los procesos ecológicos como el flujo hídrico y energético (Ríos, 2011).

La fragmentación de hábitat posee un impacto sobre los tres niveles de organización: población, comunidad y a nivel de ecosistema (Clewel, y Aronson, 2007). Respecto a la población, la fragmentación del hábitat altera la estabilidad dando como resultado la extinción local y regional de algunas especies. Existen dos tipos de características de las poblaciones

relacionadas con los remanentes o parches, las demográficas y genéticas (Sánchez, Peters, Márquez-Huitzil, Vega, Portales, Valdez, Azuara, 2005).

Los efectos demográficos causados por la fragmentación es la alteración en los parámetros de nacimiento, mortalidad y crecimiento de las poblaciones naturales (Sánchez et al, 2005). Respecto a las especies forestales, aquellos árboles que poseen un mayor porte y se encuentran en parches pequeños presentan una tasa de mortalidad mayor que aquellos que se encuentran en parches de mayor tamaño (Laurence, 2000; Sánchez et al, 2005). Por consiguiente, ante la reducción en el tamaño de la población a consecuencia de la fragmentación se crean las barreras genéticas. En otras palabras, los individuos restantes dentro del hábitat es solo una muestra del total de los genes que existían con anterioridad en la población (Sánchez et al, 2005).

De acuerdo con Sánchez, *et al.* (2005) el impacto de la fragmentación sobre la comunidad es la abundancia, distribución, conducta y sobrevivencia. Es importante mencionar que las interacciones bióticas son más sensibles ante la fragmentación y de ellas depende el funcionamiento de la comunidad como tal para su sobrevivencia. Algunas de estas interacciones son la polinización, depredación de semillas y la descomposición de la materia orgánica población.

De igual manera, la fragmentación de los ecosistemas se encuentra enfocada en la dinámica de las poblaciones y de las comunidades, y no le toman mucha importancia a los procesos ecosistémicos (Harper, Macdonald, Burton, Chen, Brososke, Saunders, Euskirchen, Roberts, Malanding y Per-Anders, 2005).

Para mantener una riqueza de especies, la importancia de mantener los procesos ecosistémicos sin ninguna alteración es fundamental, por lo tanto, el mantenimiento del flujo de nutrimentos y energía es indispensable. Todos los recursos que se necesitan para mantener la producción primaria en los ecosistemas terrestres también son importantes para la abundancia de especies, algunos de estos recursos son el dióxido de carbono, la temperatura, agua y nutrientes (Sánchez et al, 2005).

**Efectos de la fragmentación sobre los servicios ecosistémicos.** La interrupción de los movimientos diarios en la búsqueda de alimento y hábitat para la reproducción, dispersión, migración, aumento del efecto borde pueden afectar la persistencia de las especies nativas en una determinada área. Cada uno de estos efectos mencionados es el resultado de la degradación del capital natural y la biodiversidad que contribuye a la oferta de servicios ecosistémicos, por lo tanto, cuando no existe ningún tipo de conservación o mantenimiento de la biodiversidad a raíz de la fragmentación, el suministro de los servicios puede disminuir o incluso perderse en su totalidad (Harper et al., 2005).

**Efecto borde.** La interacción entre dos ecosistemas adyacentes o cualquier cambio en la distribución de una variable, se le conoce como efecto de borde. Es el subproducto de la fragmentación de los hábitats (Harvey, 2007). Los bordes pueden llegar a modificar una amplia gama de parámetros ecológicos, donde se incluyen las propiedades abióticas, la distribución e interacción de especies (Porensky, 2013).

Un estudio realizado por Lidicker (1999) propone dos tipos de efectos que es la consecuencia de la fragmentación e inciden en el comportamiento y distribución de las especies; el efecto matriz y el efecto de ecotono, con el fin de determinar propiedades emergentes.

El efecto matriz se caracteriza por el cambio abrupto de más de alguna variable que se encuentra dentro de la zona de borde. De igual manera, se determina este efecto mediante una característica particular, si el borde no es agudo debido a la mezcla de dos tipos de hábitat la misma respuesta del efecto de borde puede no ser brusco, pero se reflejará dentro de los límites del hábitat (Lidicker, 1999; López-Barrera, 2004).

El segundo tipo de efecto de borde se caracteriza principalmente por la presencia de las propiedades emergentes, estas pueden llegar a ser positivas, negativas o incluso neutras (Lidicker, 1999). El ecotono, es la zona de transición entre dos o más comunidades diferentes (Figura 3), en otras palabras, los ecosistemas naturales no poseen límites definidos, por lo tanto, este tipo de efecto de borde es la zona de transición donde se mezcla las comunidades (de la Llata, 2003).

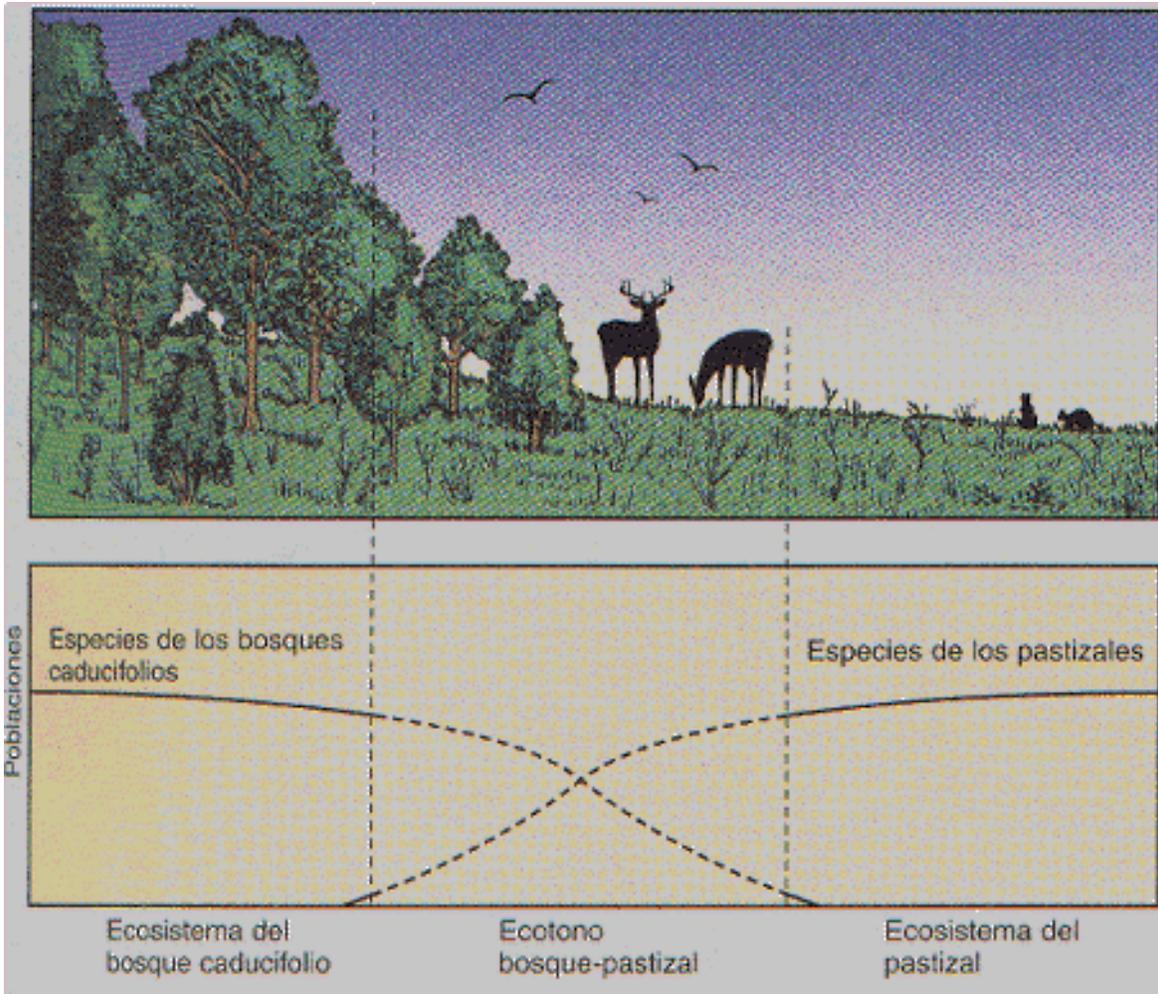


Figura 3. Ecotono de un hábitat (de la Llata, 2003).

Cuando el borde aumenta o disminuye los flujos de energía y materia se crean barreras las cuales definen el grado de movimiento de las especies con una influencia significativa en la ocurrencia de invasiones de agentes externos, a esta barrera se le conoce como permeabilidad (Figura 4). La permeabilidad puede pronunciar el efecto de la fragmentación sobre las especies.

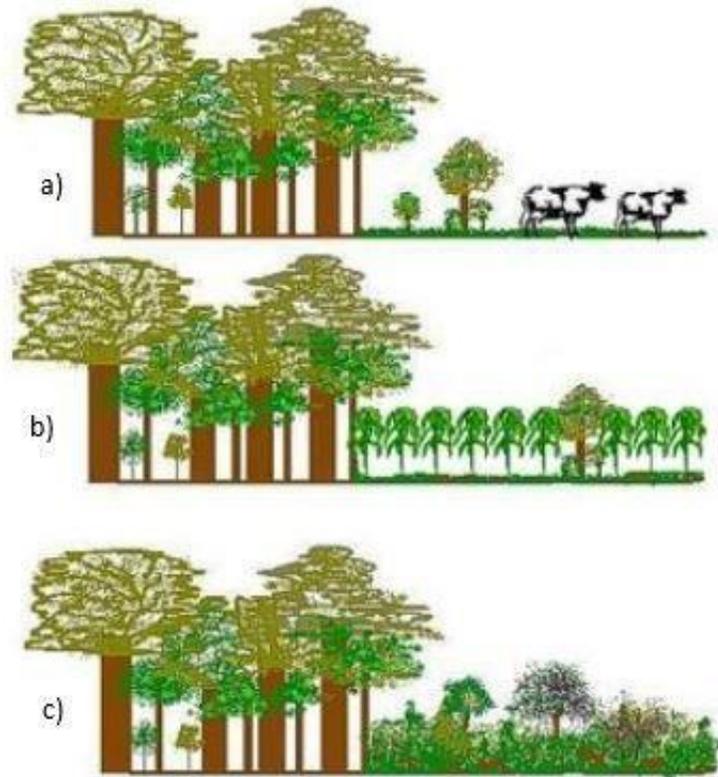


Figura 4. Tipos de borde representados en distintos hábitat (López-Barrera, 2004; Ríos 2011)

a) Bosque de pastizal (borde impermeable o abrupto), b) bosque-milpa (borde semipermeable), c) bosque-matorral (borde suave o permeable).

Conocer el efecto de la fragmentación es fundamental para predecir cuál será el futuro de los individuos en los parches de bosque. Para proyectos de restauración ecológica en bosques tropicales, en el cual el objetivo del manejo es conservar los remanentes de vegetación, se sugiere plantar en los alrededores y dentro del fragmento de árboles de especies nativas útiles con la finalidad de disminuir el efecto de borde, tales como el viento, desecación y/o altas temperaturas, sobre el área que se desea conservar como un reservorio de biodiversidad (Sánchez et al., 2005)

***Sucesión ecológica.*** Dentro de un ecosistema en el cual existen cambios progresivos en la comunidad biótica a través del tiempo se le denomina como sucesión ecológica. Esta sucesión llega a desarrollar la estabilidad del ecosistema perturbado o no en un periodo de tiempo (López, I., Chagollan, del Campo, García, Contreras, y García, 2006). Se basa principalmente en un fenómeno dinámico, en el cual predominan las diferencias entre especies, respecto a la capacidad que poseen para desarrollarse dentro de un determinado ambiente (Martínez, 2011).

Existen dos tipos de sucesiones: primaria y secundaria. La sucesión primaria (Figura 5), es un proceso que se inicia de forma natural en sitios donde la perturbación es muy fuerte. Este proceso comienza en las zonas áridas (roca desnuda) en donde los líquenes son los primeros habitantes, estas especies pioneras convierten la roca en suelo y es colonizada por otros tipos de plantas, cada etapa modifica el hábitat mediante la alteración en la cantidad de sombra y la composición del suelo. La última etapa, es una comunidad clímax y es una etapa estable que puede soportar durante cientos de años. Por ejemplo, áreas terrestres luego del deshielo, deltas de ríos, colonización de suelos volcánicos o alta intensidad de lluvia en un corto periodo de tiempo (Martínez, 2011).

La sucesión secundaria (Figura 6) es un proceso que inicia en un área previamente ocupada y ha sido modificado por causas naturales o antropogénicas. Las etapas de sucesión secundaria son similares a las de sucesión primaria, sin embargo, la diferencia es la etapa inicial, la cual la sucesión secundaria comienza en entornos que ya poseen suelos. De igual manera, a través de un proceso conocido como sucesión del viejo campo, los campos agrícolas que han sido abandonados pueden someterse a una sucesión secundaria. Por ejemplo, campos de cultivos abandonados, incendios, etc (Martínez, 2011).



Figura 5. Sucesión primaria (Thompson, 2016).

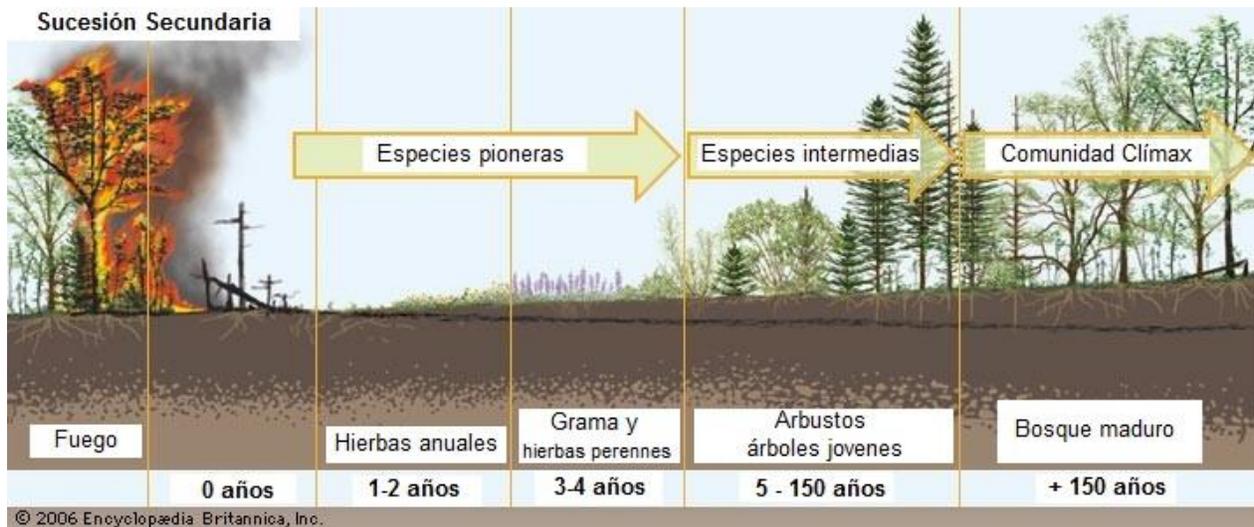


Figura 6. Sucesión secundaria (Thompson, 2016).

**Resiliencia.** Es la estabilidad de los procesos ecosistémicos en relación a su velocidad con la que regresan a un estado de equilibrio después de una perturbación (Hernández, Urcelai, y Pastor, 2002). En otras palabras, son los estados múltiples y la capacidad que tienen los ecosistemas para resistir a cambios y poder mantener las funciones ecosistémicas a través de una reorganización interna, es decir, su capacidad de adaptación (Gunderson, Allen, y Holling, 2010).

En un sistema ecológico, la resiliencia se define por la composición de las especies, específicamente en la estabilidad que tienen las comunidades para su recuperación, la

importancia recae en la prestación de muchas funciones de los ecosistemas que son la base de los servicios ecosistémicos (Mace, Norris y Fitter, 2012). Pero, la estabilidad de la composición de especies no es del todo necesario para la capacidad de recuperación de un ecosistema, la abundancia de especies podría permitir que las funciones ecosistémicas sean resilientes (Matzek, Warren, y Fisher, 2016).

La resiliencia se encuentra encaminada a la restauración ecológica ya finalizada, debido a que es una medida de la estabilidad de un ecosistema, en el cual posee la capacidad de volver a tomar todos los atributos estructurales y funcionales que ha sufrido por años debido al estrés o perturbaciones (Hernández, Urcelai, y Pastor, 2002; SER, 2002).

***Bienes y servicios ecosistémicos.*** En los años se tuvieron las primeras evidencias sobre algunos problemas ambientales, de las cuales surgieron planteamientos acerca del impacto antropogénico hacia los ecosistemas y la capacidad de carga del planeta para seguir con las demandas del crecimiento demográfico (Maas, Balnavera, Castillo, Daily, Mooney, Ehrlich, Quesada, Miranda, Jaramillo, García-Oliva, Martínez-Yrizar, Cotler, López, Pérez, Búrquez, Tinoco, Ceballos, Barraza, Ayala y Sarukhán, 2005).

A raíz de estos problemas ambientales, el concepto de bienes ecosistémicos son los recursos naturales: ríos, lagos, humedales, flora y fauna. Los servicios ecosistémicos, son los mecanismos que tienen los ecosistemas para producir esos recursos naturales (Binning, Cork, Parry, y Shelton, 2001). En otras palabras, los servicios ecosistémicos son los beneficios que proveen los ecosistemas los cuales contribuyen en el funcionamiento del ecosistema y son parte fundamental del equilibrio del planeta, de acuerdo a los procesos ecológicos que ellos han desarrollado. Los bienes o recursos naturales pueden ser utilizados por la sociedad humana directa o indirectamente (Cárdenas, 2013).

Es importante mencionar que la restauración ecológica busca recuperar la funcionalidad y dinámica de los ecosistemas con el fin de que a futuro vuelvan a ofrecer bienes y servicios ecosistémicos (Iberorest, s.f).

**Ecosistema de referencia.** Es uno de los principales pasos para la realización de planes de restauración tanto forestal como ecológica. Tomando en cuenta que cada sitio es totalmente diferente, el ecosistema de referencia hace alusión a un modelo que servirá para plantear el proyecto de restauración, en la cual este modelo se encontrará constituido principalmente de una reconstrucción histórica de su uso, tipo de ecosistema, especies más importantes, como fue su transformación y conocer el momento exacto en el que aparecieron los diferentes usos de la tierra (Vargas, y Mora, 2007).

**2.2.2 Índice de Valor de Importancia.** Es una herramienta estándar utilizada por forestales para inventariar un bosque, la cual indica cuán dominante es una especie forestal en un área determinada. Se estima de acuerdo a la suma de tres parámetros principales: dominancia (puede ser en forma de cobertura o área basal), densidad y frecuencia cuyo resultado indica la importancia ecológica de cada especie en la comunidad vegetal (Venerable Tress, 2015).

Los datos de dominancia, densidad y frecuencia se deben de transformar en valores relativos para poder obtener el I.V.I. La suma de los valores relativos de cada parámetro debe ser igual a 100 y la suma de los valores de I.V.I debe ser igual a 300 (Vanegas, 2016).

Para obtener cada parámetro las fórmulas, son las siguientes:

1. Frecuencia relativa: se refiere al porcentaje de puntos de inventario ocupados por la especie X como porcentaje de la ocurrencia de todas las especies, su fórmula es la siguiente (Yeakley, 2010):

$$FR_i = \frac{f_i}{\sum f} \times 100$$

Dónde:

$f_i$ = frecuencia de una especie

$j_i$ = número de puntos de muestreo en los cuales se contó la especie

$k$ = número total de puntos muestreados

2. Densidad relativa: se refiere al número de individuos por área como un porcentaje de individuos de todas las especies, su fórmula es la siguiente (Yeakley, 2010):

$$DR_i = \frac{n_i}{\sum n_i} \times 100$$

Dónde:

$n_i$  = número de individuos de cada especie

$DR_i$  = densidad relativa de la especie

3. Dominancia relativa: se refiere al área basal total de la especie X como porcentaje del área basal total de todas las especies, su fórmula es la siguiente (Yeakley, 2010):

$$CR_i = \frac{C_i}{\sum C} \times 100$$

$\sum C$  = área basal de todas las especies

Estos datos permiten que el análisis de la comunidad vegetal pueda ser evaluada en cuestión de comportamiento de cada árbol individual, así como las especies que conforman la superficie del bosque. A partir de ello, el Índice de Valor de Importancia (IVI) es la suma de estos índices, lo cual indica que tan dominante es dicha especie o especies en el ecosistema y a partir de ello, presentar estrategias de conservación y aprovechamiento sostenible para las comunidades (Alvis, 2009), su fórmula es la siguiente fórmula (Keels, Gentry, y Spinzi, 1993):

I.V.I= Densidad Relativa + Dominancia Relativa + Frecuencia Relativa

**2.2.3 Restauración del Paisaje Forestal.** Se basa desde una perspectiva de paisaje, posee un proceso cooperativo en el cual se encuentra constituido por una amplia gama de actores interesados para la toma de decisiones consensuadas desde el punto de vista socioeconómico. El RPF posee un enfoque progresista orientado específicamente en la resistencia del paisaje forestal y siempre mantener abiertas las opciones para seguir optimizando la producción de bienes y servicios forestales (Forest Stewardship Council, 2014).

De acuerdo con Laestadius, Maginnis, Minneeyer, Potapov, Saint-Laurent, y Sizer, (2011), la importancia del RPF en los países en desarrollo es que forma parte de un marco integrador que es aplicado al mosaico de usos de la tierra ya que su finalidad es asegurar el mantenimiento y la intensificación de las funciones ecosistémicas sin dejar a un lado las necesidades de las comunidades a través de distintos procesos tales como: plantaciones de nuevos árboles nativos, regeneración natural asistida, agroforestería o mejoramiento del uso del suelo.

Maginnis, Rietbergen-McCraken y Jackson, (2005) indica que la RPF se encuentra basado en cómo manejar las complejas interacciones que existen entre los recursos naturales, las poblaciones y los usos de la tierra que componen un determinado paisaje y a su vez se complementan a un proceso social que involucra una amplia variedad de actores.

Según Vargas y Mora (2007), el enfoque de la RPF no es restablecer el paisaje a su estado natural, sino que se encuentra orientado en el fortalecimiento de la resistencia del paisaje para mantener abiertas todas las opciones de optimización de producción de bienes y servicios ecosistémicos en el ámbito del paisaje.

De acuerdo con Veluk (2010), las actividades o estrategias de la RPF deben de incluir propuestas de rehabilitación, ordenación de bosques primarios degradados, ordenación y manejo de bosques secundarios, restauración de las funciones de los bosques primarios que se encuentran en tierras forestales degradadas, regeneración natural en tierras degradadas y agrícolas marginales, plantaciones forestales puras o mixtas y sistemas agroforestales.

**2.2.4 Mesa de Restauración Forestal en Guatemala.** Fue creada en el año 2011 es de carácter intersectorial e integrado por más de 30 organizaciones de la sociedad guatemalteca e instituciones gubernamentales (Instituto Nacional de Bosques, 2015). La Mesa actualmente es apoyada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) y Rainforest Alliance (RA).

El objetivo principal de la Mesa de Restauración Forestal y del comité técnico que la conforma es facilitar la elaboración de una Estrategia Nacional de Restauración del Paisaje Forestal de Guatemala, con el propósito que el contenido sea producto de diversos aportes de todos los actores para la creación de propuestas sobre la base de necesidad, recursos disponibles, experiencia y conocimiento de las organizaciones (de la Roca, 2014).

## **2.3 Marco referencial**

**2.3.1 Sierra Chinajá.** Se encuentra ubicada entre los municipios de Chisec y Raxruhá, Alta Verapaz al noreste de Guatemala (Figura 7). Es una cadena montañosa kárstica de 135 km<sup>2</sup> de superficie y declarada como Área de Protección Especial en 1989; con una clasificación fisiográfica entre las Tierras Altas volcánicas del sur de Guatemala y las Tierras Bajas del norte (Bonham, 2006). La sierra es de importancia para las Tierras Altas de Chamá y las Tierras bajas de la planicie de Petén, debido a que es la última cadena montañosa kárstica de relieve topográfico. Sus coordenadas son 15°48' 45.0'' N y 90°17'25.0''W, corresponde a la zona de vida Bosque muy Húmedo Subtropical (cálido) bh-S (c).

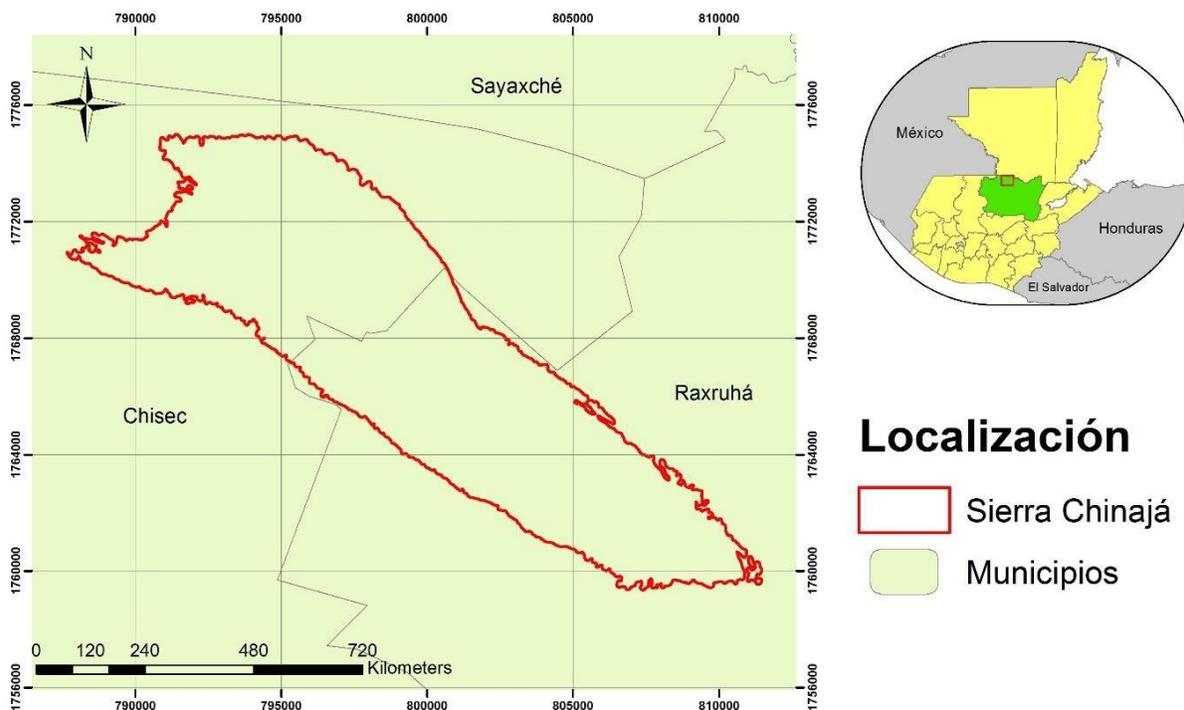


Figura 7. Mapa de localización de Sierra Chinajá, Alta Verapaz. Elaboración propia

### 2.3.2 Rasgos biofísicos

**Clima regional.** De acuerdo con datos del Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología –INSIVUMEH, procedentes de la estación meteorológica ubicada en San Agustín, con coordenadas: Latitud 16°04'00'' y Longitud 90°26'20'' a 140 msnm, caracterizan a la zona de vida de Sierra Chinajá, se pueden observar en la siguiente Tabla 4.

Tabla 4. Valores de variables aproximadas de Sierra Chinajá, periodo promedio 1990-1998, Estación San Agustín

| Variable               | Magnitud |
|------------------------|----------|
| Temperatura Media (°C) | 26.3     |
| Temperatura Máxima     | 31.1     |
| Temperatura Mínima     | 19.4     |
| Humedad Relativa media | 83%      |
| Viento (km/h)          | 1.70     |
| Precipitación (mm)     | 2252     |

(INSIVUMEH, 1998)

**Hidrología.** Sierra Chinajá se encuentra situada en la vertiente del Golfo de México (Figura 12) y dentro de los límites del río Chixoy, afluente del río Usumacinta. Dentro de sus límites se originan y tienen cauce los siguientes ríos (Tabla 5) (APROBA SANK/CONAP, 2006):

Tabla 5. Ríos ubicados dentro y próximo a Sierra Chinajá

| Nombre           | Ubicación                  |
|------------------|----------------------------|
| Río Escondido    | Comunidad Mucbilhá II      |
| Quebrada Chinajá | Tzulul                     |
| Quebrada Raxhujá | Montaña Séacte             |
| Río San Pablo    | Suroeste de Sierra Chinajá |

(APROBA SANK/CONAP, 2006)

**Geología y geomorfología.** La característica principal de Sierra Chinajá es su material geológico; piedra caliza típico de las tierras altas y con suelos altamente lixiviados cargados de óxido de hierro y con empinadas torres blancas kársticas, característicos de la cordillera de las Tierras Bajas (Bonham, 2006).

La piedra caliza característica de esta zona hace que tenga abundancia de cuevas y sistemas fluviales subterráneos, formados a partir de la unión de la piedra y sus fallas pertinentes, la cual crea fisuras y conductos que da lugar a la rápida escorrentía de la precipitación hacia canales subterráneos, ríos y acuíferos (Bonham, 2006). Debido a este tipo de drenaje, existen amplias regiones sin suministro de agua durante la estación seca (APROBA SANK-/CONAP, 2006).

Sierra Chinajá cuenta con cuatro (4) regiones fisiográficas identificadas (Figura 13) sus piedras calizas de gran tamaño hacen que el suelo sea poroso y con aberturas abruptas, dando lugar a procesos de infiltración llegando a formar sistemas de cavernas, las regiones mencionadas son las siguientes (APROBA SANK-/CONAP, 2006):

- Montañas Kársticas Escarpadas: Se encuentran en la parte central de Sierra Chinajá, ocupando el 10% de la superficie de la misma. Caracterizada por tener pendientes entre 16 a 32% y su suelo es de origen kárstico.

- Montañas Kársticas muy Escarpados: Comprende el 81% del área total de Sierra Chinajá y se caracteriza por sus pendientes pronunciadas mayores de 32%.
- Zonas Onduladas Suaves: Constituye el 6% de la superficie total de Sierra Chinajá, presenta pendientes entre los 4-8%.
- Zonas Onduladas Fuertes: Es la zona más pequeña de Sierra Chinajá, abarca el 3% total de la superficie y sus pendientes oscilan entre los 8 a 16%.

**Comunidades.** La población asentada (Figura 15) en Sierra Chinajá es de 565 familias, con un total de 3,220 habitantes, constituidas en 17 comunidades ubicadas entre los municipios de Chisec y Raxruhá en Alta Verapaz (Tabla 6).

Tabla 6. Comunidades antiguas y nuevas asentadas en Sierra Chinajá

| Comunidades antiguas |                      |           | Comunidades nuevas    |                      |           |
|----------------------|----------------------|-----------|-----------------------|----------------------|-----------|
| Nombre               | Cantidad de familias | Ubicación | Nombre                | Cantidad de familias | Ubicación |
| Tzulul               | 104                  | Chisec    | Nueva                 | 37                   | Chisec    |
| Q'eqchi              |                      |           | Chinajá               |                      |           |
| Mucbilhá             | 58                   | Chisec    | Serranía la Bendición | 16                   | Chisec    |
| Se Rax Tzucl         | 20                   | Raxruhá   | Chibeenitzul          | 27                   | Chisec    |
| Montaña Seacté       | 20                   | Raxruhá   | Serranía de los Mayas | 20                   | Chisec    |
| Nueva Palestina      | 29                   | Chisec    | Valle Verde           | 35                   | Raxruhá   |
| Nueva Esperanza      | 21                   | Chisec    | Nueva Jerusalén       | 30                   | Raxruhá   |
| Sesaltull II         | 63                   | Raxruhá   | Lagunita              | 13                   | Chisec    |
| La Caoba             | 20                   | Raxruhá   | Cerro Lindo           | 18                   | Chisec    |
| Belén                | 34                   | Raxruhá   |                       |                      |           |

(APROBA SANK/CONAP, 2006)

### **2.3.3 Asociación Probienestar en Acción – APROBA SANK**

Durante el conflicto armado interno, provoco que varias comunidades de Chisec y Raxruhá se instalaran en las áreas rurales y remotas de Alta Verapaz. Es por ello, con la finalidad de respaldar y proteger a las comunidades desfavorecidas, la organización no gubernamental francesa de Ingenieros Agrónomos y Veteranos sin Fronteras (AVFS, por sus siglas en francés) pone en funciones en Guatemala desde hace 32 años, la organización local conocida como Asociación Probienestar en Acción (APROBA SANK) la cual trabaja con 100 comunidades de los municipios mencionados y su cede se encuentra en el municipio de Chisec. Propicia el empoderamiento colectivo, el derecho a las comunidades indígenas Q'eqchi', se enfocan en la diversificación agrícola y el aprovechamiento en la producción de los mercados locales (APROBA SANK, 2006).

### **3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

#### **2.1 Definición del problema y justificación del trabajo**

Frente a la pérdida de ecosistemas (y consecuentes bienes y servicios) por el crecimiento de las poblaciones humanas y la pérdida de bosque por el avance de la frontera agrícola y pecuaria, se hace prioritaria la recuperación de espacios naturales que devuelvan el equilibrio a los ciclos ecológicos y con ello, generar un mejor estado de conservación y mejor provisión de beneficios para la sociedad humana.

Desde 1989, Sierra Chinajá se encuentra clasificada como un “Área de Protección Especial”, debido a su condición como “ecotono” entre dos importantes sistemas geográficos de la zona, de igual manera, científicos indican que en esta área se encuentran especies nativas que requieren investigación. Esta área es importante, dado que es una zona de recarga hídrica y producción de agua para distintas comunidades, entre ella, la aldea Valle Verde y Nueva Jerusalén, en el cual su única fuente de abastecimiento de agua potable es un nacimiento de agua deforestado y erosionado.

De acuerdo con APROBA-SANK (2006) dentro de la Sierra Chinajá la degradación ambiental ha ido en aumento a lo largo de los años, la cual afecta directamente la economía de las comunidades que habitan dentro de la Sierra, ya que el cambio de uso de la tierra provocados por los impactos del cambio climático hace que la productividad de la misma se encuentre en constante deterioro. De igual manera, la vulnerabilidad del municipio de Raxruhá ha ido en aumento, principalmente relacionado a la disminución en la cantidad y calidad del recurso hídrico, falta de protección y desaparición de fuentes de agua (SEGEPLAN, 2012).

En lo que respecta a las amenazas que ejercen mayor presión sobre el área se puede mencionar a los incendios forestales con mayor constancia en épocas de verano, avance de la frontera agrícola tradicional para sembrar cultivos de subsistencia dando lugar a la constante deforestación del área. También existe dentro del área zonas con potencial a derrumbes especialmente en laderas con rocas que generan una amenaza a las comunidades y áreas inundables en épocas de invierno (APROBA-SANK, 2006).

Como una solución a esta problemática, existen varios proyectos de restauración que tienen como finalidad, el restablecimiento de los bienes y servicios que el bosque brinda a la población, así como la recuperación de tierras degradadas con el objeto de aumentar o recuperar su productividad y la diversidad biológica nativa. No obstante, dentro del área protegida Sierra Chinajá aún no se tiene contemplado ningún proyecto de esta naturaleza, es por ello que se propone desarrollar un plan de restauración del paisaje forestal para la zona que permita gestionar proyectos para la implementación de dicho plan.

Tomando en cuenta que existe una estrategia de Restauración del Paisaje Forestal en Guatemala, esta investigación permitirá implementar dicha estrategia en un protocolo con base a las características biofísicas y socioeconómicas de la población, un listado de especies forestales nativas con potencial para la restauración del área, incluyendo sus diferentes usos que pueden brindar a las comunidades, así mismo, alternativas de especies maderables que permitan incentivar el manejo y uso racional del bosque y que puedan impulsar los proyectos de restauración en ambas aldeas.

## **4. OBJETIVOS**

### **4.1 GENERAL**

Desarrollar una propuesta de restauración del paisaje forestal para Sierra Chinajá en el municipio de Raxruhá, Alta Verapaz, con el fin de rehabilitar el ecosistema estratégico y los bienes y servicios que brinda.

### **4.2 ESPECÍFICOS**

Definir el ecosistema de referencia basado en recopilación de fuentes bibliográficas e investigación de campo en términos ecológicos y socio ambientales.

Identificar especies forestales nativas en base a parcelas de medición forestal y de rápido crecimiento, potencialmente aptas para la recuperación del área.

Realizar una propuesta general de restauración del paisaje forestal para el Área de Protección Especial “Sierra Chinajá” en el municipio de Raxruhá, Alta Verapaz.

## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 AMBIENTE

La propuesta de Restauración del Paisaje Forestal se realizó en el Área de Protección Especial “Sierra Chinajá” en el municipio de Raxruhá del departamento de Alta Verapaz, Su zona de vida corresponde a Bosque Muy Húmedo subtropical (cálido) bh-S (c); tiene una elevación de 200 a 838 m con temperaturas promedio a 24°C. Dicha área se ubica entre las coordenadas 15°54'09.1'' N; 90°06'02.02'' W y 15°57'49.8'' N; 90°11'29.6 W.

### 5.2 UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad de análisis en esta investigación será el área conformada únicamente en el municipio de Raxruhá de Sierra Chinajá (Figura 8). Se analizarán las siguientes variables: especies forestales de dominancia, DAP y número de individuos.

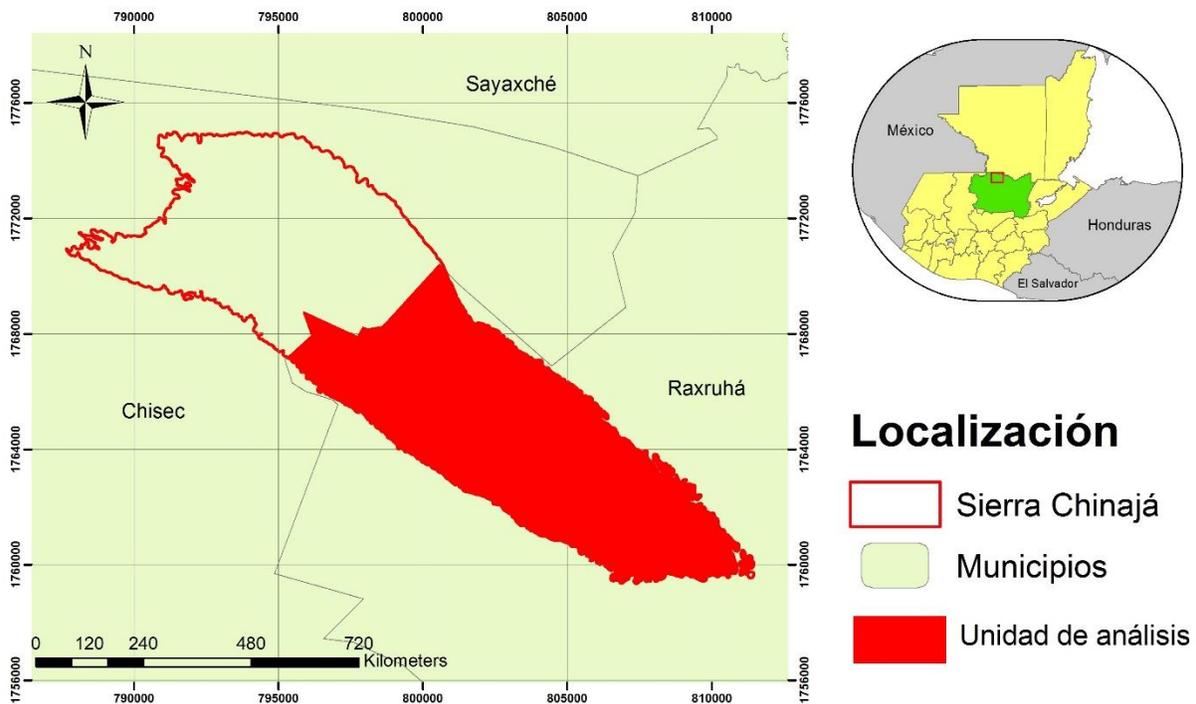


Figura 8. Unidad de análisis de propuesta de plan de restauración del paisaje forestal. Elaboración propia.

### **5.3 TIPO DE INVESTIGACIÓN**

La investigación es de tipo descriptiva en la cual se analizaron todos los atributos que dieron origen a determinar el estado actual del ecosistema, así como sus perturbaciones, con una fase de gabinete que consistió en la recopilación de información y diagnóstico del área de estudio. Una segunda fase donde se visitó el área de estudio para la obtención de datos. Finalmente, una tercera fase donde se elaboró un plan de implementación junto con recomendaciones.

### **5.4 INSTRUMENTOS**

- GPS
- Brújula
- Hipsómetro
- Cinta diamétrica
- Libreta
- Lápiz
- Libros de identificación de especies forestales

### **5.5 PROCEDIMIENTO**

**5.5.1 Fase de gabinete.** En esta primera fase se elaboró una caracterización de la Sierra Chinajá, donde se incluye la información más relevante del área de estudio. Se recopiló información relacionada con aspectos ambientales, sociales, económicos e institucionales. Para la recopilación de esta información se utilizaron los siguientes documentos:

- Plan de Desarrollo Municipal del municipio de Raxruhá, Alta Verapaz (PDM) 2011-2025.
- Tesis de grado.
- Elaboración del Estudio Técnico para la declaratoria del Área Protección Especial Sierra Chinajá (INÉDITO)
- Fuentes de información primaria tales como entrevistas a las autoridades locales.

- Otras fuentes de información secundaria tales como shapfiles de información geográfica, índices de crecimiento demográfico provenientes del INE, revistas y resúmenes de revistas científicas.

**5.5.2 Fase de campo.** En esta fase se realizó el diagnóstico del área de estudio, para lo cual se consideraron los siguientes atributos ambientales:

#### ***5.5.2.1 Definición del ecosistema de referencia***

*Determinación del área de estudio:* Se delimitó el área de estudio mediante la creación del polígono de Sierra Chinajá utilizando el programa ArcGis utilizando como referencia los shapfiles de información geográfica existente para el área de estudio.

*Transformación del ecosistema:* Se realizaron entrevistas con el personal de la municipalidad de Raxruhá y otros actores clave, dichas entrevistas se enfocaron en obtener información sobre el lugar, especies de flora y fauna importantes de la zona, cómo fue la transformación y en qué épocas emergieron los diferentes usos de la tierra (Tabla 7). Este elemento fue determinado mediante las visitas de campo en conjunto con el último mapa de uso de la tierra creado por APROBA SANK, y de esta manera se determinó sobre los elementos que actualmente están dando lugar al ecosistema.

**5.2.2.2 Evaluación del estado actual del ecosistema.** En esta etapa se utilizaron dos herramientas tales como entrevistas a actores clave (Tabla 7) y la observación en los primeros viajes de campo al área. Luego de esto, se analizaron los siguientes atributos y/o criterios del ecosistema con el fin de obtener el estado actual del área.

*Condiciones del paisaje:* Se utilizó el shapfile de información geográfica de uso de la tierra proveniente del MAGA y el mapa de uso de la tierra creado por APROBA SANK. Las matrices que se utilizaron se presentan en la Tabla 7.

Tabla 7. Tipo de matrices

| Tipo de matriz              | Descripción  |
|-----------------------------|--|
| Área rural                  | Espacio geográfico que se compone de campos en la cual se desarrolla la agricultura y ganadería.   |
| Bosque primario             | Espacio natural en el cual su composición y estructura ecológica no ha sido alterada por actividades antropogénicas.                                     |
| Bosque secundario           | De carácter sucesional desarrollado sobre áreas que anteriormente fueron degradadas por actividades antropogénicas.                                      |
| Agricultura de subsistencia | Es la producción de alimentos por medio de cultivos que satisfacen únicamente alimentación del núcleo familiar y solo se produce una vez al año.         |
| Cultivos permanentes        | Son cultivos agrícolas que son utilizados para la alimentación humana y/o animal, así como para la producción de materias primas de carácter industrial. |

*Mecanismos de dispersión de semillas:* Se determinaron especies de fauna importantes que posiblemente puedan contribuir a los procesos ecológicos y la fomentación de la regeneración de los espacios degradados; se realizaron entrevistas a autoridades locales y actores clave de la comunidad acerca del conocimiento de fauna dentro del área (Anexo 3). Dichas entrevistas se enfocaron en obtener información acerca los diferentes mamíferos grandes, aves y otras especies de fauna que las autoridades locales conociesen dentro del área.

### **5.5.2.3 Identificación de especies forestales de dominancia**

*Parcelas de medición y muestreo forestal.* Las parcelas de medición forestal se encuentran constituidas en 30 (Anexo 10) la cual es una cantidad en la que una muestra se normaliza y se encuentra establecida con el 20% de la intensidad de muestreo en bosques latifoliado, con un

tamaño de 20 x 10 metros (200 m<sup>2</sup>) tomado como base los estudios realizados por Ramírez y Rodas (2002); Mostacedo y Fredericken (2000) así como los lineamientos de bosques naturales latifoliados dados por el INAB (2015) los cuales indican la utilización de parcelas rectangulares para la medición de diversidad vegetal determinadas por el índice de importancia ecológica las cuales deben de ser en dirección a la pendiente.

Se midieron todas las especies forestales con diámetro a la altura del pecho (DAP) mayor o igual a 10 cm y a una altura de 1.30 m de su base. Cada individuo dentro de la parcela se le realizaron dos mediciones dasométricas: altura total (h) y área basal (DAP). A cada individuo se prosiguió a identificarlo con base al conocimiento local proporcionado por dos guías locales apoyado de la guía de Pennington y Sarukhán de Árboles Tropicales de México, donde se colocó el nombre común en la ficha (Anexo 11) para luego ser buscado en internet y determinar su nombre científico y por último se verificó si la especie arbórea era nativa.

*Diversidad de especies de dominancia.* Se determinaron las especies forestales de dominancia utilizando las fórmulas que se encuentran en el capítulo 2, inciso 2.2.2 de esta investigación. La cual los tres parámetros principales (densidad, dominancia y frecuencia) se obtuvieron mediante la relación al número de árboles, área basal y presencia en los sitios de muestreo, respectivamente. Estas fórmulas fueron utilizadas para obtener el I.V.I, la cual su fórmula también se encuentra en el capítulo 2, inciso 2.2.2 de esta investigación, e indica los valores porcentuales de 0 a 100 y la importancia ecológica relativa que cada especie forestal representa en la comunidad vegetal.

Para calcular los tres parámetros y el I.V.I se utilizó el programa Excel, con las fórmulas arriba mencionadas.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 6.1 Definición del ecosistema de referencia

De acuerdo al capítulo 5 inciso 5.4.2.1 de esta investigación, la definición del ecosistema de referencia se definió con base a la revisión de información secundaria relacionada con los ecosistemas presentes en el territorio así mismo con base a visitas de campo donde se entrevistó a comunitarios y actores locales para determinar la transformación del ecosistema de estudio. Dentro de las visitas de campo, se observó que el área se encuentra distribuida entre parches de bosque secundario y cultivos permanentes y de subsistencia y vegetación predominante de caulote (*Guazuma ulmifolia* Lam.). Este ecosistema de referencia comprende 45.39% (61.28 km<sup>2</sup>) de la extensión total del área, situado específicamente en el municipio de Raxruhá (Figura 9).

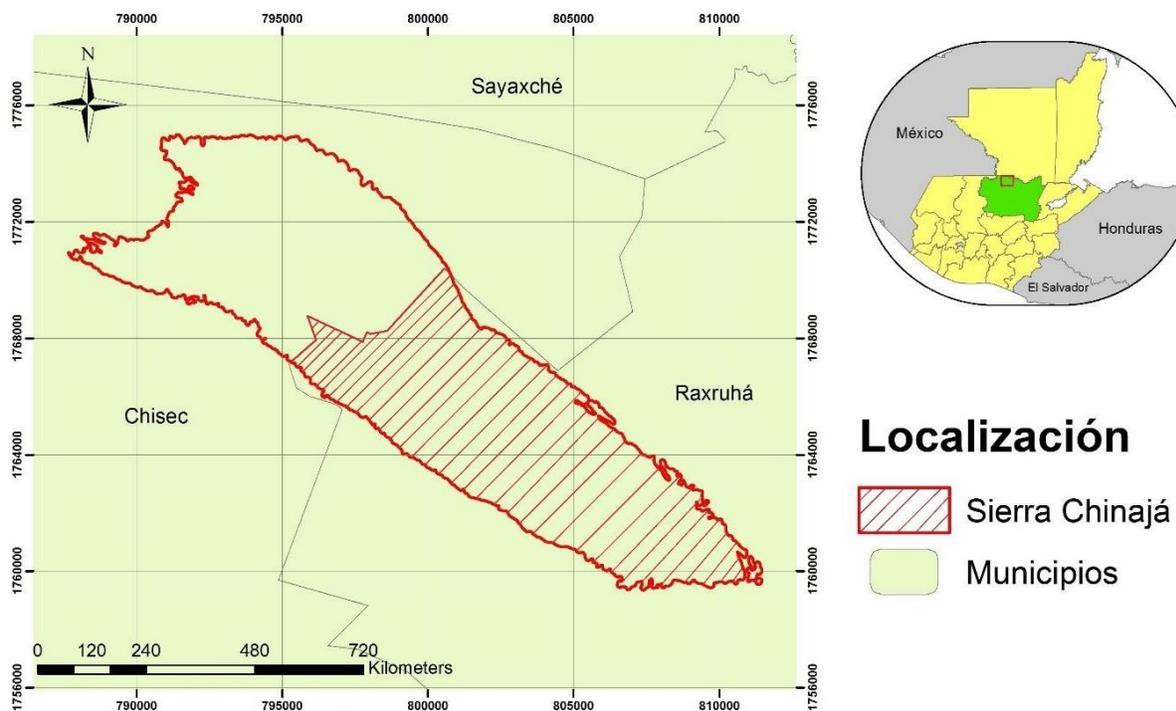


Figura 9. Ecosistema de referencia de Sierra Chinajá, Alta Verapaz. Elaboración propia

En lo que respecta a la transformación del ecosistema; las entrevistas realizadas con actores clave (Anexo 3) evidencian que a partir de los años 80's, 7 comunidades (Nueva Chinajá, Serranía, la Bendición, Chibeenitzul, Serranía de los Mayas, Valle Verde, Nueva Jerusalén, Lagunita y Cerro Lindo) se asentaron en la Sierra Chinajá debido al conflicto armado interno,

dando lugar al aprovechamiento indiscriminado de los recursos forestales del ecosistema. El uso actual de la tierra se reporta mediante las nueve comunidades establecidas en la Sierra, con cultivos de subsistencia tales como el maíz y frijol y un cultivo perenne como lo es el cardamomo.

De acuerdo con APROBA SANK-/CONAP (2006), el ecosistema de referencia cuenta con un bosque secundario rodeado de cultivos permanentes, de subsistencia y pastoreo situado entre los 200 a 500 msnm y con poca extensión de bosque primario situado en la parte alta de la Sierra, 600-700 msnm. Dando lugar a tener muy poca extensión de bosque virgen (sin intervención antropogénica).

En la Figura 10 se puede observar la dinámica forestal de Sierra Chinajá en el cual se evidencian los cambios que se han dado en el bosque debido a la intervención humana en el área, la expansión de la frontera agrícola y el crecimiento poblacional son unas de las causas de la transformación del ecosistema. De acuerdo con esto, se evidencia que entre el 2006 y 2010, la pérdida de cobertura forestal ha sido de aproximadamente 2.75 km<sup>2</sup>. Estos factores alteran la estructura del bosque, la capacidad de regeneración y, por consiguiente, no proveen los servicios ecosistémicos para la mejora de calidad de vida de los comunitarios (Aerts, y Honnay, 2011).

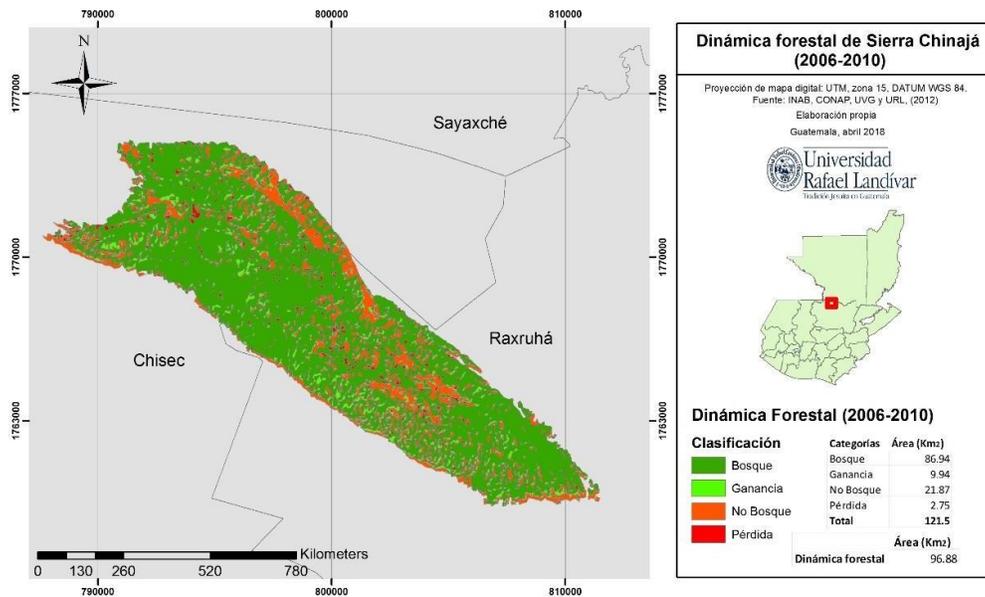


Figura 10. Dinámica forestal de Sierra Chinajá. Periodo 2006-2010. Elaboración propia

Como se observa en el Anexo 1; la existencia de un paisaje heterogéneo representado como un mosaico de bosque primario, secundario, espacios agrícolas y concentración de población, las estrategias de restauración del paisaje forestal se deben de realizar de acuerdo a las necesidades de la población, es decir, los costos relativos de dicha restauración deberían de ser bajos.

## **6.2 Caracterización del paisaje**

La caracterización del paisaje consiste principalmente en reconocer los tipos de matrices existentes en el área de estudio. Los paisajes ubicados al centro de la Sierra Chinajá comprenden usos de suelo relacionados a cultivos de subsistencia, tales como maíz y frijol. Allí mismo se encuentran parches de bosque primario ubicados en la cima de la Sierra (entre 700-800 msnm) y categorizado por ser hogar de comunidades indígenas establecidas en el área, dependiendo directamente del bosque para su subsistencia al utilizar fauna y flora silvestre para alimentación, combustible, medicina e inclusive refugio.

De acuerdo con el Anexo 1, el municipio de Chisec cuenta con una mayor proporción de bosque primario (44 km<sup>2</sup>) el cual tiene posibilidades de ser conservado, de igual manera en la parte sur de la Sierra Chinajá, ubicados en Raxruhá la proporción de bosque secundario es extensa (25 km<sup>2</sup>) y se encuentra asociado a cultivos perennes en este caso es el cardamomo, cultivo de gran importancia para la región (APROBA SANK, 2006).

El paisaje predominante, en su mayoría, sigue siendo de carácter forestal integradas por cuatro comunidades de escasos recursos (Valle Verde, Nueva Jerusalén, Cerro Lindo y Belén) igualmente asociados con cultivos perennes y de subsistencia, con una extensión de 20.49 km<sup>2</sup> equivalente al 33.44% del área. El reconocimiento de esta área es importante para reconocer la posibilidad de que esta extensión de bosque pueda ser conservado, de acuerdo a la Tabla 8, esta área cuenta con especies forestales potenciales para la producción de madera, por consiguiente, es un área importante ya que este tipo de ecosistema ha sido reconocido como importante respecto a los bienes y servicios que brinda a los comunitarios (Finegan, 1997).

La categorización del paisaje permitió tomar en consideración el estado de conservación únicamente del área del municipio de Raxruhá, sin embargo, toda la Sierra Chinajá se encuentra

definida como un área de protección especial debido a que existe un gradiente ecológico que termina en las tierras bajas de Petén dando lugar a que sea un área de importancia para mantener los procesos ecológicos de esta región en particular. Por lo tanto, es importante la asignación de categoría de manejo para que sea declarada como área protegida.

El éxito de una restauración depende del desarrollo de las especies desde su polinización, dispersión de semillas para llegar finalmente a su germinación. Es por ello que únicamente se tomaron en cuenta el mecanismo de dispersión conocido como zoocorias, estos resultados obtenidos fueron mediante entrevistas a los comunitarios y se corroboró la información obtenido de acuerdo al Estudio Técnico del área.

De acuerdo con las entrevistas realizadas (Anexo 3) los mamíferos grandes observados por los comunitarios son: *Allouata palliata*, *Ateles geoffroyi*, *Tayassu tajacu* y *Pecari tajacu*. Así mismo, se mencionaron 4 aves importantes: *Falco ruficularis*, *Leucopternis albicollis*, *Pteroglossus torquatus* y *Ramphastos sulfuratos*; estas especies son importantes ya que cumplen con un rol específico en el ecosistema, dando lugar a los procesos ecológicos y fomentando la regeneración de las áreas degradadas.

### **6.3 Identificación de especies forestales de dominancia con base a parcelas de medición forestal y de rápido crecimiento, potencialmente aptas para la recuperación del área**

Tal y como se mencionó en la metodología, se construyó una base de datos con el registro de las 60 especies de árboles que estuvieron presentes en los sitios de muestreo con un diámetro a la altura del pecho mayor o igual a 10 cm, distribuidas en 30 familias y 59 géneros (Anexo 4). En la Sierra Chinajá se observa el predominio de la familia Leguminosae (85 individuos), Moraceae (54), Malvaceae (48) y Anacardiaceae (42); especies que registran mayor cantidad de individuos en el área muestreada (Figura 11).

De acuerdo con la Tabla 8, se ordenaron las especies en función del IVI de mayor a menor, también muestra los resultados de frecuencia, densidad y dominancia relativa para cada especie. *Enterolobium cyclocarpum*, *Guazuma ulmifolia*, *Astronium gravaolens* y *Brosimum alicastrum* fueron las especies que registraron mayor dominancia influenciadas por el número de individuos del total de muestreo y su cobertura esto es, la proporción de terreno que ocupa las copas de los individuos de las especies descritas (Matteucci, 2012). La primera especie presentó mayor

cobertura equivalente al 11.26% del total de la cobertura de la comunidad, las dos siguientes especies se representan con 11.01% y 8.92% respectivamente.

La distribución de la dominancia relativa en función a su diversidad dando lugar al Anexo 6 una jota invertida, debido a que la base de datos conforma a un grupo de especies abundantes y una gran proporción (área basal) poco abundantes (Mora, Alanís, Jiménez, Gonzáles, Yerena, y Cuellar, 2013).

Las especies con mayor abundancia relativa (Anexo 6) son *G. ulmifolia* (4.99%), *Bursera simaruba* (4.99%) y *Terminalia amazonia* (4.68%), el cual es el resultado del cociente entre la cantidad de individuos de una misma especie y la superficie muestreada. Estas especies representan un valor alto debido a que poseen un patrón regular en relación a su distribución de cada individuo de cada especie.

En lo que respecta a la frecuencia relativa (Anexo 6), son las mismas especies arriba mencionadas las cuales solo se intercambia una en relación de mayor a menor. *G. ulmifolia* (4.56%), *T. amazonia* (4.57%) y *B. simaruba* (3.76%). Aunado a esto, la ocurrencia de estas especies se deriva mediante al total de parcelas muestreadas (30), la primera especie y segunda especie se observaron en 5 parcelas y la tercera en 4 parcelas.

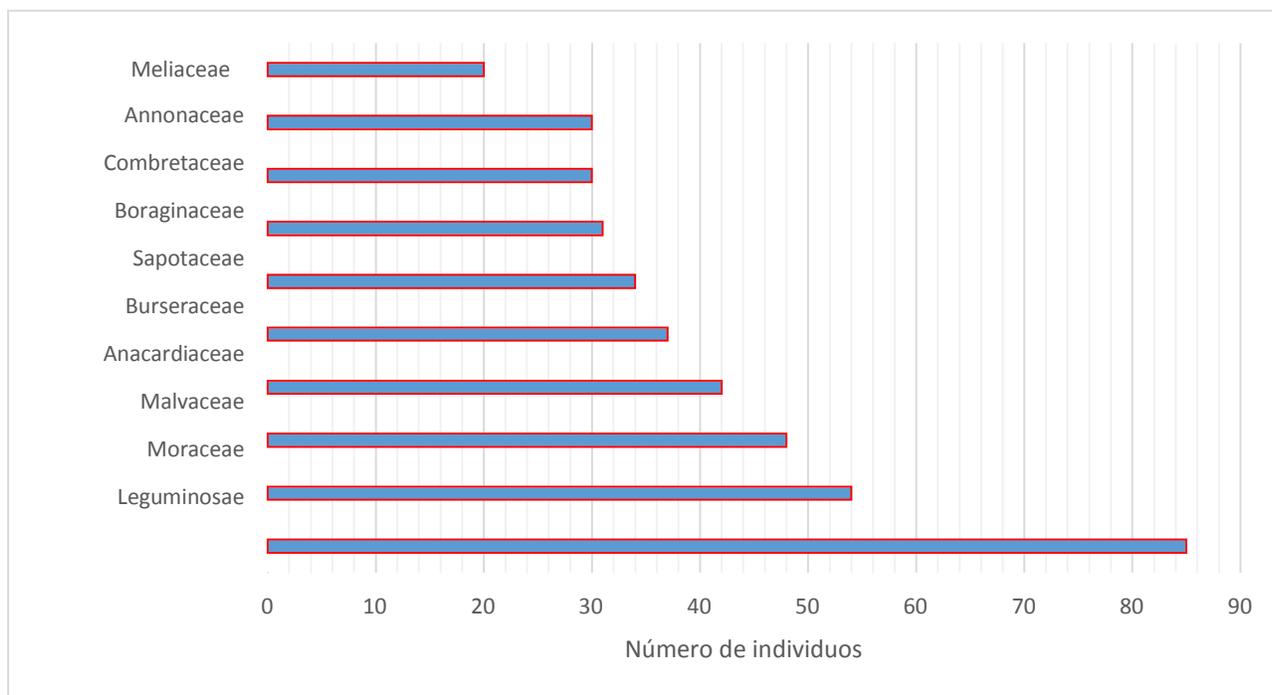


Figura 11. Número de individuos por familia

El índice de valor de importancia de cada especie se representa en el Anexo 5; en la Figura 12 se obtiene las 10 especies de mayor dominancia, en la cual *G. ulmifolia*, *Brosimum alicastrum* y *E. cyclocarpum* son los taxones que poseen los valores más elevados, por lo tanto, tienen una mayor importancia dentro de la comunidad forestal muestreada (Tabla 8). Este resultado muestra que la formación forestal en Sierra Chinajá es de *G. ulmifolia* y *B. alicastrum*, dos especies altamente importantes para la comunidad Q'eqchi' de la zona (Tabla 8) tanto medicinal como comestible y su importancia como especies forestales restauradoras.

De acuerdo a la Tabla 14, se observa dos especies forestales con menor dominancia ecológica pero importantes para el ecosistema, se encuentran dentro de la Lista Roja de UICN (Anexo 7), en lo que respecta al listado de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora (CITES) únicamente *Cedrela odorata* y *Swietenia macrophylla* se encuentran en el listado, la primera especie se encuentra en el apéndice III, la cual indica que su comercio debe controlarse ya que para Guatemala es una especie protegida. La segunda especie le corresponde al apéndice II, la cual es una especie que no se encuentra en peligro de extinción, pero su comercio debe de controlarse (Rivera, y Vísquez, 2010).

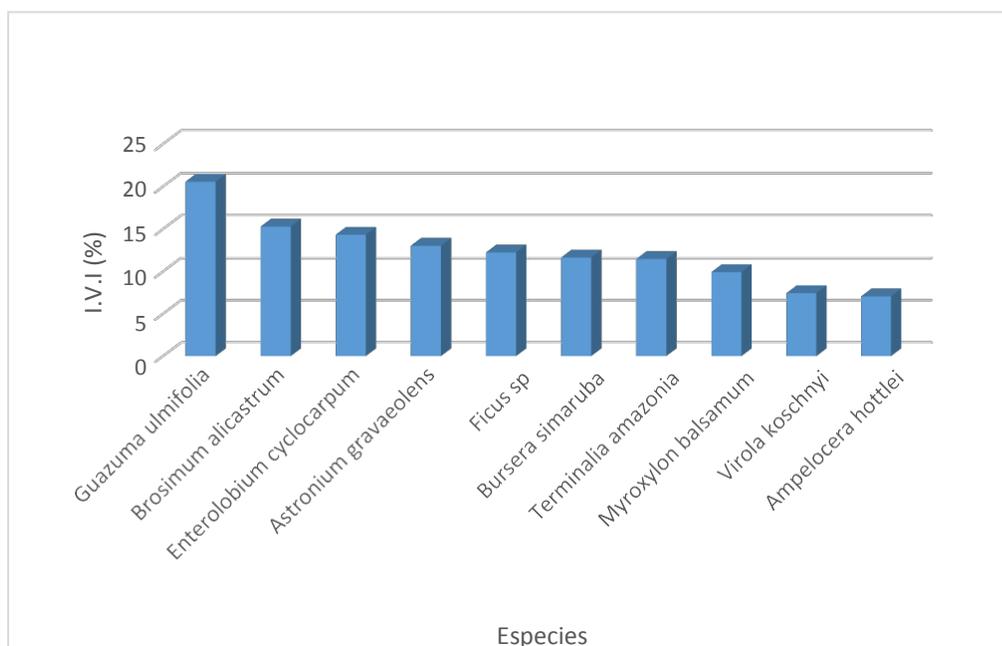


Figura 12. Índice de importancia de 10 especies forestales

Tabla 8. Índice de importancia de 10 especies forestales de Sierra Chinajá, los valores se encuentran representados de mayor a menor importancia

| <b>Especie</b>                  | <b>Dominancia<br/>relativa<br/>(%)</b> | <b>Abundancia<br/>relativa (%)</b> | <b>Frecuencia<br/>relativa (%)</b> | <b>I.V.I</b> |
|---------------------------------|--|------------------------------------|------------------------------------|--------------|
| <i>Guazuma ulmifolia</i>        | 11.01                                  | 4.99                               | 4.56                               | 20.57        |
| <i>Brosimum alicastrum</i>      | 8.11                                   | 4.21                               | 2.95                               | 15.28        |
| <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | 11.26                                  | 1.71                               | 1.34                               | 14.32        |
| <i>Astronium graveolens</i>     | 8.92                                   | 2.49                               | 1.61                               | 13.03        |
| <i>Ficus sp.</i>                | 6.66                                   | 3.43                               | 2.15                               | 12.24        |
| <i>Bursera simaruba</i>         | 2.89                                   | 4.99                               | 3.76                               | 11.65        |
| <i>Terminalia amazonia</i>      | 2.22                                   | 4.68                               | 4.56                               | 11.47        |
| <i>Myroxylon balsamum</i>       | 5.16                                   | 2.34                               | 2.41                               | 9.92         |
| <i>Virola koschnyi</i>          | 4.26                                   | 1.56                               | 1.61                               | 7.43         |
| <i>Ampelocera hottlei</i>       | 2.92                                   | 1.71                               | 2.41                               | 7.05         |

Elaboración propia

Dentro de este marco es importante mencionar la importancia que poseen las especies forestales con mayor dominancia previamente descritas respecto a sus diferentes usos (Tabla 9), 9 de las 10 especies analizadas cuentan con efectos restauradores de importancia en las que se

puede mencionar: control de erosión, regulación y captación hídrica, recuperación de suelos degradados, entre otros (CONABIO, s.f). Así mismo 9 de 10 especies tienen potencial maderable.

Según Flores (2014), la importancia de seleccionar nuevas especies maderables que sustituyan a las tradicionales es una necesidad, la mayoría de estos árboles nativos poseen madera de excelente calidad y pueden perfilarse como sustitutas aceptables. El conocimiento de las especies con potencial maderable estimula el manejo y uso racional del bosque e impulsa directamente su utilización en programas de restauración, regeneración natural y conservación de la biodiversidad.

Tabla 9. Usos de 10 especies forestales de mayor dominancia de Sierra Chinajá

| Especie                         | Usos |           |           |              |              |            |
|---------------------------------|------|-----------|-----------|--------------|--------------|------------|
|                                 | Leña | Maderable | Medicinal | Agroforestal | Restauración | Comestible |
| <i>Guazuma ulmifolia</i>        | x    |           | x         | x            | x            |            |
| <i>Brosimum alicastrum</i>      | x    | x         |           | x            | x            | x          |
| <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | x    | x         | x         | x            | x            |            |
| <i>Astronium graveolens</i>     | x    | x         | x         | x            | x            |            |
| <i>Ficus sp</i>                 | x    | x         |           | x            | x            | x          |
| <i>Bursera simaruba</i>         |      | x         | x         | x            | x            |            |
| <i>Terminalia amazonia</i>      |      | x         |           | x            | x            |            |
| <i>Myroxylon balsamum</i>       |      | x         | x         | x            | x            |            |
| <i>Viola koschnyi</i>           |      | x         | x         |              | x            |            |
| <i>Ampelocera hottlei</i>       |      | x         |           |              |              |            |

De acuerdo a los datos obtenidos de las especies forestales identificadas en las 30 parcelas de medición, da lugar a que este tipo de vegetación sea asociada a un tipo de zona característica a la región fisiográfica de Chiapas conocida como Selva Alta Perennifolia. Según Pennington y Sarukhán (2012), la selva alta perennifolia es el tipo de zonas más desarrolladas con árboles que superan los 30 m de alto en la parte alta de una determinada área. La mayoría de árboles se

encuentran cubiertos por bejucos o epífitas (Anexo 9). Esta zona se encuentra compuesta mayoritariamente por especies forestales leñosas como lo son *D. guianense*, *C. brasiliense* y *B. alicastrum*. Así mismo con especies forestales de potencial maderable como lo es *T. amazonia*, *V. guatemalensis*, *M. zapota*, *A. hottlei* y *S. glauca*; especies forestales características de la Selva Alta Perennifolia (Pennington, T., y Sarukhán, J., 2012).

#### **6.4 Propuesta general de Restauración del Paisaje Forestal para el Área de Protección Especial “Sierra Chinajá” en el municipio de Raxruhá, Alta Verapaz**

Tomando en cuenta los resultados obtenidos se establece la importancia de la restauración del bosque secundario ubicado en el municipio de Raxruhá, entre las aldeas de Valle Verde y Nuevo Jerusalén, es por ello que es prioritario la implementación de estrategias de restauración de acuerdo a las necesidades de las comunidades, con la finalidad de establecer una adecuada gestión, conservación y regeneración de los espacios alterados por antiguos usos de la tierra. A continuación, se presentan dos estrategias viables para la zona, de acuerdo a las necesidades de las comunidades, dicha estrategia tiene un costo relativo bajo en la cual, tanto comunidades como autoridades locales pueden implementarlo sin problemas:

**Regeneración natural asistida.** Consiste principalmente en la eliminación de los causantes de degradación del área, es decir, se deben reducir aquellas actividades tanto productivas como extractivas que afecten la integridad del bosque. Por lo tanto, en el área de Valle Verde y Nueva Jerusalén esta práctica es viable, debido a que los bosques secundarios tienden a desarrollarse con mayor rapidez y el costo de mano de obra es bajo (Shono, Cadaweng, y Durst, 2007).

Este tipo de estrategia se puede realizar en lugares donde existen procesos de regeneración, en otras palabras, entre las dos aldeas y las matrices de plantaciones existentes se observan rebrotes de árboles que proporcionan semillas y de acuerdo a las entrevistas realizadas, la existencia de fauna dispersora tales como mono araña, tepezcuintle, tacuazines, aves, entre otros hace que esta práctica sea aún más importante.

De acuerdo con el artículo 11 de la Ley PROBOSQUE, establece que para proyectos de esta índole se pueden obtener incentivos por diez (10) años. Para inscribir este proyecto se debe contactar a extensionistas del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGA) para establecer

lineamientos, criterios y parámetros técnicos necesarios para la aplicación de esta estrategia de restauración.

Algunos criterios que se evalúan son los siguientes (MAGA, 2015):

- Densidad de árboles semilleros (árboles maduros) se deben dejar al menos el 15% de dichos árboles sanos mayores al diámetro mínimo de corta, estos árboles no se pueden cortar en el área y deben quedarse para proporcionar la regeneración natural y ser un banco de semillas. Estos árboles se deben marcar con pintura indeleble y visible ubicada a la altura del pecho (DAP).
- Al tratarse de un área con menos de 90 hectáreas la estimación de corta periódica permisible se encuentra basada en un área de aprovechamiento periódico (5 años) este deberá tener un plan de manejo con la finalidad de obtener la cantidad de metros cúbicos permisibles para el aprovechamiento del bosque.

Cuando los proyectos cumplan con los parámetros establecidos se emitirá un certificado PROBOSQUE el cual debe de ser presentado ante el Ministerio de Finanzas (MINFIN) para acreditar el pago por los años establecidos.

Para obtener el éxito de esta estrategia es necesario realizar uno o varios métodos que a continuación se describen (FAO, 2001):

- Reducir las perturbaciones: Prevenir el uso indiscriminado de herbicidas en las áreas de cultivo, reducir el pastoreo colocando cercas en las áreas donde se establecerán los lugares de regeneración y prevenir y controlar los incendios.
- Reducir la competencia: Eliminar pastos y hierbas que no son deseadas para la restauración ya que puede reducir la competencia de luz y nutrientes que son esenciales para los rebrotes de árboles que se encuentran en las áreas regenerativas.
- Facilitación de especies deseadas: Se pueden incluir raleos los cuales permiten la selección de especies forestales que son aprovechables para las comunidades.

**Plantaciones de enriquecimiento.** Armién, Szejner, Avilés, Araneda, Castañeda, y Vergara (2015) menciona la importancia de nuevas alternativas para aumentar y mejorar la cobertura forestal en la cual se mejore la calidad de vida de los comunitarios que indirectamente favorecerían en la reducción de la deforestación y el uso inadecuado de los suelos. La realización de dicha estrategia se basa principalmente en la implementación de especies forestales clave y nativas del área, generalmente maderables (Douterlungne, y Ferguson, 2012). La finalidad de esta estrategia es rehabilitar los ambientes degradados que se observan entre las aldeas de Valle Verde y Nueva Jerusalén. Esta técnica se puede utilizar mediante la implementación de sistemas agroforestales para los cultivos de cardamomo que se encuentran en el área, tales como *Cordia alliodora*, *Cedrela odorata*, *Gliricidia sepium* o *Inga vera* (Figueroa, 2009).

Para ambas comunidades que realizan la tumba, roza y quema de sus cultivos de maíz, tanto para consumo propio y venta, es necesario la implementación de sistemas agroforestales. En este espacio también se puede implementar *Cordia alliodora*, *Cedrela odorata*, *Gliricidia sepium* (Solorio, Casanovo, Petit y Ramírez-Avilés, 2010).

De igual manera la Ley PROBOSQUE establece incentivos para el establecimiento y mantenimiento de sistemas agroforestales, la ley indica que este tipo de programas son de carácter voluntario por lo tanto se deben inscribir en el Registro Nacional Forestal. Podrán obtener incentivos por 1 (un) año por establecimiento y hasta 5 (cinco) por mantenimiento.

Para obtener un mayor beneficio de este incentivo y proyecto de restauración del paisaje forestal en general es indispensable las alianzas entre el COCODE tanto de Raxruhá como de Chisec en conjunto con extensionistas del INAB, participación comunitaria para el desarrollo de actividades de restauración en conjunto con actores gubernamentales, acuerdos comunitarios para el desarrollo de los mecanismos para acceder a los incentivos y el acompañamiento técnico para la elaboración de los planes y mantenimiento adecuado para las áreas que se encuentran en procesos de restauración.

**Protocolo de 10 especies forestales útiles para la restauración del paisaje forestal de Sierra Chinajá.** Las especies listadas han demostrado, según la literatura, su potencial como restauradoras así mismo son ampliamente reconocidas por líderes Q'eqchi's en entrevistas (Anexo 2). Toda la información obtenida proviene de fuentes bibliográficas. El listado de especies no pretende ser completo, ya que representa los resultados obtenidos de acuerdo al índice de valor de importancia ecológica obtenida en las múltiples visitas de campo al área. Es importante mencionar, la importancia de conservar especies que se encuentran en la lista roja de UICN así como la especie protegida por Guatemala, todas las especies forestales listadas son de importancia.

En la Tabla 10 se presenta el protocolo de 10 especies forestales que se perfilan a ser utilizadas en proyectos de restauración del paisaje en Sierra Chinajá, los datos obtenidos respecto a la sobrevivencia en viveros deben de ser considerados como una aproximación para que puedan ser utilizadas en las actividades de restauración.

**Directrices generales.** Con la finalidad de obtener beneficios socioeconómicos e incentivar los procesos de restauración, las especies dominantes determinaron ser útiles para las comunidades locales, ya que todas las especies (Tabla 10) presentan diversos usos que pueden ser utilizadas en cualquier proyecto de restauración tanto de los municipios de Chisec y Raxruhá. A partir de ello, en la Tabla 9 se colocan las 10 mejores especies forestales, así como su vegetación asociada, con la finalidad de aprovechar al máximo sus usos y mejorar la calidad de vida de los comunitarios, así como obtener bienes y servicios ecosistémicos y unir los parches de bosque remanente en Sierra Chinajá.

Adicionalmente, las especies *Trophis racemosa*, *Sideroxylon caipiri* y *Pseudobombax ellipticum* generan servicios ecosistémicos clave relacionados con bancos forrajeros, cercas vivas, leña y sombra para ganado. Por otro lado, las especies *V. gaumeri*, *Heliocarpus donnell-smithii* y *Cupania belizensis* también pueden ser utilizadas para la apicultura. Por último, es importante mencionar que de 60 especies forestales encontradas en los sitios de muestreo, 37 de ellas cuentan con propiedades medicinales, de las cuales podemos mencionar a *Simaruba glauca* con

propiedad tranquilizante; especial para casos de fiebre, cólicos y diarreas. Todos los usos se pueden encontrar en el Anexo 8 de esta investigación.

Tabla 10. Recomendación de siembra en conjunto con otras especies forestales

| Especie                         | Nombre local | Cosecha de semillas | Tiempo requerido en vivero (meses) | Recomendacion de uso  | Tolera   | No tolera                                   | Servicio ecosistémico   |
|---------------------------------|--------------|---------------------|------------------------------------|---|--|---|---|
| <i>Guazuma ulmifolia</i>        | Caulote      | Abril a mayo        | 3 a 4                              | Suelos compactados, suelos con inundaciones   | Fuego, sequías, exposición constante al viento, suelos someros | Suelos extremadamente arcillosos            | Sombra para ganado, cercas vivas, banco forrajero, cortinas rompe vientos, barrera contra incendios |
| <i>Brosimum alicastrum</i>      | Ramón        | Marzo a abril       | 4 a 5                              | Laderas con rocas   | Fuego, viento, sequía, suelos alcalinos                        | Ramoneo (daños a sus semillas por roedores) | Cercas vivas, cortinas rompe vientos, sombra para ganado, propiedades alimenticias y medicinales    |
| <i>Enterolobium cyclocarpum</i> | Guanacaste   | Abril a junio       | 4 a 6                              | Suelos compactados, suelos con inundaciones, áreas degradadas de bosque y laderas con rocas | Sombra, exposición constante al viento                         | Suelos ácidos                               | Cortina rompe vientos, sombra para ganado, cercas vivas   |
| <i>Astronium graveolens</i>     | Jobillo      | Junio a septiembre  | 4 a 6                              | Áreas degradadas de bosque y laderas con rocas  | Suelos mal drenados  | Suelos inundados                            | Cercas vivas, sombra para cultivos, sombra para ganados   |
| <i>Calophyllum brasiliense</i>  | Santa María  | Junio a septiembre  | 5 a 6                              | En laderas  | Suelos inundables, exposición constante al viento              | Sequia                                      | Sombra para ganado, cortina rompe viento, cercas vivas, banco forrajero                             |
| <i>Bursera simaruba</i>         | Palo de jote | Julio a diciembre   | 4 a 5                              | Laderas con rocas   | Suelos pobres compactados, exposición constante al viento      | Fuego                                       | Cercas vivas, sombra para cultivos, banco forrajero, cortina  |

|                            |              |                   |       |   |                   |                               |  |
|----------------------------|--------------|-------------------|-------|---|-------------------|-------------------------------|--|
|                            |              |                   |       |   |                   |                               | rompe vientos                                  |
| <i>Terminalia amazonia</i> | Canxán       | Febrero a junio   | 3     | Áreas degradadas y abandonadas por pastoreo | Suelos inundables | Suelo compactado, sequia      | Sombra para cultivos, recuperación de pastizal |
| <i>Myroxylon balsamum</i>  | Bálsamo      | Septiembre a mayo | 4 a 6 | Recuperación de suelos degradados           | Suelos inundables | S/I                           | Sombra para cultivos                           |
| <i>Virola koschnyi</i>     | Llora sangre | Noviembre a junio | 4 a 6 | Áreas degradadas y abandonadas              | Suelos infértiles | Malezas los primeros dos años | Enriquecimiento de bosque                      |
| <i>Ampelocera hottlei</i>  | Luín         | Abril a junio     | S/I   | Laderas con rocas                           | S/I               | S/I                           | Leña   |

S/I= Sin Información

Elaboración propia con base en UICN, CONABIO y Boshier (2003).

## 7. CONCLUSIONES

La protección de los bosques secundarios de Sierra Chinajá es de prioridad para la creación del Plan de Restauración del Paisaje Forestal, debido a que es un tipo de ecosistema potencialmente productivo y proveen bienes y servicios para las comunidades de Valle Verde y Nueva Jerusalén. Además, en estos remanentes se encuentra la riqueza genética que servirá como fuente de semillas para restaurar los ecosistemas aledaños a la Sierra en un futuro.

De acuerdo al análisis ecológico-ambiental y la evaluación de las necesidades de las comunidades de Valle Verde y Nueva Jerusalén, la estrategia de restauración que mejor se adapta son las plantaciones de enriquecimiento debido a que su implementación, control y seguimiento los costos son relativamente bajos. Dicha estrategia se basa en la reforestación diversificada de especies clave y nativas del área, generalmente especies maderables.

El ecosistema de referencia en el cual se trabajó las parcelas de medición forestal comprende el 45.39% del territorio total de Sierra Chinajá, el cual se encuentra constituido en un mosaico de paisajes de bosque secundario rodeado de cultivos permanentes, de subsistencia y pastoreo con una poca extensión de bosque primario. Dicho bosque secundario no se le brinda la importancia necesaria para su conservación afectando la provisión de bienes y servicios ecosistémicos a las comunidades, por lo tanto, es necesario la implementación de sistemas agroforestales y buenas prácticas agrícolas en las parcelas de cultivo que rodean el bosque.

En lo que respecta a las especies forestales halladas e investigadas, la base de datos se encuentra conformada por 60 especies distribuidas en 30 familias y 59 géneros. En la cual, Sierra Chinajá se observa el predominio de la familia Fabaceae, Moraceae, Malvaceae y Anacardiaceae; las cuales presentan la mayor cantidad de individuos muestreados. Esto significa que no es necesario la introducción de especies exóticas o no nativas para la implementación de sistemas agroforestales ya que estas familias se caracterizan por proveer nutrientes esenciales al suelo.

Los taxones *G. ulmifolia*, *B. alicastrum* y *E. cyclocarpum* poseen los valores más elevados en el Índice de Valor de Importancia, lo que indica que tienen una mayor dominancia dentro de la

comunidad forestal muestreada. Estas especies forestales son importantes para la comunidad Q'qechi' ya que poseen diferentes usos tales como medicinales, comestibles y tienen alta potencialidad como árboles restauradores tanto a nivel ecológico como socioeconómico.

Aunado a lo anterior, 9 de las 10 especies que presentan altos valores de dominancia dentro del ecosistema, cuentan con efectos restauradores importantes en las que se pueden mencionar: control de erosión, regulación y captación hídrica, regulación de suelos degradados y compactados, entre otros

El protocolo de 10 especies forestales ofrece los servicios ecosistémicos importantes para cubrir las necesidades de las comunidades así mismo cuenta con un resumen de acuerdo al manejo recomendado y siembra de dichas especies en las áreas donde se encuentran las comunidades de Valle Verde y Nueva Jerusalén. Este será una herramienta para municipalidades, organizaciones comunitarias y ONG's que trabajan en el sitio, con el propósito de trabajar un plan integral de restauración con decisiones basadas en ciencia y juicio crítico, potencializando los alcances e impactos positivos a un largo plazo.

La implementación del protocolo de especies forestales da lugar a que en un largo plazo se pueda mejorar las condiciones socio ambientales del área. Cada especie forestal cuenta con diferentes formas de uso, de las cuales pueden ser utilizadas para la creación de huertos familiares o incluir especies forestales con potencial maderero para obtener otras fuentes de ingresos en las familias.

Partiendo de la dominancia de las especies, cuatro especies forestales presentaron valores bajos en dicho índice, pero es importante la conservación y protección de las mismas; *V. gaumeri* y *Z. belicense* se encuentran en la Lista Roja de UICN como especie en peligro de extinción y *C. odorata* y *S. macrophylla* se encuentran como Vulnerables y en el CITES se encuentran en el apéndice III la primera especie y apéndice II la segunda especie. Lo que significa que esta área es importante ya que cuenta con especies vulnerables y cuyo ecosistema se encuentra cada vez más amenazado por el cambio de uso de la tierra, estos factores inciden en la búsqueda de áreas similares que funcionan como un ecotono para su conservación y estudio.

La participación comunitaria en las aldeas de Valle Verde y Nueva Jerusalén indica que reconocen las amenazas y potenciales perturbaciones que sus actividades económicas infieren en el estado de conservación de Sierra Chinajá y las consecuencias que ellas representan, dando lugar a que se encuentren de acuerdo en fomentar acciones de conservación y estrategias de desarrollo sostenible con la finalidad de mejorar y diversificar sus medios de vida.

## 8. RECOMENDACIONES

Tomar en consideración aquellas especies que presentaron menor dominancia en este estudio, debido a que pueden llegar a desaparecer en este ecosistema afectando su equilibrio ecológico. Por ejemplo: Carrete o ya'axnik (*Vitex gaumeri*) y Lagarto o Pooib' (*Zanthoxylum belizense*).

Tomar en consideración el género *Ficus* en este estudio, debido a que fue una especie con alta dominancia en la Sierra Chinajá. Por lo tanto, es importante que se pueda identificar las especies presentes en este género y generar información para conocer cuál es su potencial comestible, medicinal o restauradora.

Es necesario que se realicen más parcelas de medición forestal que abarquen la totalidad de Sierra Chinajá ya que para la realización de este estudio se contaba con recursos limitados. Ya que a mayor cantidad de parcelas de medición menor es el margen de error que se obtienen en los resultados.

Es importante el involucramiento entre los líderes comunitarios, actores gubernamentales, sector privado y comunidades para el seguimiento, control y monitoreo de los proyectos de restauración.

Debido a que Sierra Chinajá es la última cadena montañosa de Guatemala y se encuentra entre dos biomas más importantes para el país, se hace necesario la promoción de líneas de investigación con la finalidad de obtener más información del área y, por lo tanto, poder ayudar en el proceso de declaración de Área Protegida para continuar con su conservación y estudio.

Para promover la conservación y protección de Sierra Chinajá es importante que exista comunicación entre las municipalidades de Raxruhá y Chisec en conjunto con APROBA SANK, única organización civil que tiene injerencia en el área.

Replicar la siguiente investigación en otras áreas de bosque de Guatemala y en áreas protegidas con el fin de recabar base de datos fidedignos de especies forestales de acuerdo a sus ecosistemas.

Es necesaria la participación de todos los actores locales para el monitoreo y control de las estrategias de restauración del paisaje forestal de Sierra Chinajá con la finalidad de corregir, ajustar o mejorar cualquiera de estas acciones y puedan ser implementadas de acuerdo a las necesidades del momento.

Se le recomienda a la municipalidad de Raxruhá y Chisec la implementación de viveros que sean destinados a las actividades de conservación y restauración de las áreas degradadas en la que se incluyan especies forestales nativas en peligro de extinción tales como *V. gaumeri*, *Z. belicense* y especies pertenecientes a la familia Leguminosae o Fabacea que pueden ser utilizadas para proyectos de restauración.

Se recomienda que la Asociación APROBA SANK gestione el plan maestro que permita definir cada una de las áreas propicias para incentivos provenientes del INAB que de forma individual o en conjunto puedan acceder a las modalidades de protección de fuentes hídricas o sistemas agroforestales y de esta manera se reduciría el avance de la frontera agrícola con la finalidad de diversificar los medios de producción mejorando la seguridad alimentaria de los comunitarios.

Es necesaria la creación de un plan de acción en la cual se establezcan lineamientos, directrices, modalidades, acciones, programas, políticas, responsables, recursos, capacidades, metas e indicadores que permitan asegurar la sostenibilidad de los procesos de restauración de Sierra Chinajá.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

- Aerts, R., y Honnay, O. (2011). Forest restoration, biodiversity and ecosystem functioning. *BMC Ecology*, 11(29).
- Alvis, J. (2009). Análisis estructural de un bosque natural localizado en la zona rural del municipio de Popayan. *Grupo de Investigación TULL, Universidad del Cauca*, 7(1), 115-122.
- APROBA SANK-/CONAP, ASOCIACION PROBIENESTAR EN ACCIÓN . (2006). Elaboración del Estudio Técnico para la declaratoria del Área de Protección Especial Sierra Chinajá. *INÉDITO*.
- Armién, L., Szejner, M., Avilés, P., Araneda, F., Castañeda, E., y Vergara, L. (2015). Enrequecimiento forestal con especies nativas en áreas con matorrales de la Cuenca Hidrográfica del Canal de Panamá. *REDD/CCAG-GIZ*.
- Aronson, J., Blignaut, J., Milton, S., Le Maitre, D., Esler, K., Limouzin, A., Fontaine, C., de Wit, M., Mugido, W., Prinsloo, P., van der Elst, L., Lederer, N. (2010). Are Socioeconomic Benefits of Restoration Adequately Quantified? A Meta-analysis of Recent Papers (2000–2008) in Restoration Ecology and 12 Other Scientific Journals. *Restoration Ecology*, 18(2), 143-154.
- Barnes, T. (s.f.). Landscape Ecology and Ecosystem Management. *University of Kentucky Collage of Agriculture*.
- Beltrán, H. y Barrera, J. (2015). Caracterización de invasiones de *Ulex europaeus* L. de diferentes edades como herramienta para la restauración ecológica de bosques altoandinos. *Biota Colombiana*, 3-26.
- Binning, C. Cork, S. Parry, R. y Shelton, D. (2001). Natural assets: an inventory of ecosystem goods and services in the Goulburn Broken catchment. *CSIRO*.
- Bonfil, C. (2012). ¿Es posible un enfoque social de la restauración ecológica en América Latina y el Caribe? (U. A. México, Ed.) *Boletín Divulgativo de la Red Iberoamericana y del Caribe de Restauración Ecológica*.

- Bonham, C. (2006). *Biodiversity and conservation of Sierra Chinaja: A rapid assessment of biophysical socioeconomic and management factors in Alta Verapaz Guatemala*. Theses, Dissertations, Professional Papers.
- Camargo, M. (2017). *Determinación de estrategias de restauración y conservación del bosque seco tropical en la granja de la Universidad Popular de Cesar*. Colombia: Universidad Popular de Cesar. Recuperado el 23 de mayo de 2017, de <http://hemeroteca.unicesar.edu.co/IMG/pdf/t-628-ia-442-ano-2017.pdf>
- Campbell, N. y Reece, J. (2007). *Biología*. Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Cárdenas, E. (2013). *Ecología: Impacto de la problemática ambiental actual sobre la salud y el ambiente*. Bogotá: ECOE Ediciones.
- Cáritas Zacapa. (2014). *Promoviendo la participación comunitaria en la reducción del riesgo a desastres y adaptación al cambio climático*. Camotán: Cruz Roja Guatemalteca, CARE, Wetlands.
- Ceccon, E. (2013). *Restauración en bosques tropicales: Fundamentos ecológicos, prácticos y sociales*. México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Clewell, A., Aronson, J. (2007). *Ecological Restoration: Principles, Values and Structure of an Emerging Profession*. Washington: Island Press.
- Comin, F. (2010). *Ecological Restoration: A Global Challenge*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Comisión Nacional de Biodiversidad. (s.f). *CONABIO*. Obtenido de Procesos ecológicos: <http://www.biodiversidad.gob.mx/ecosistemas/procesose.html>
- CONABIO. (s.f). Información de especies: *Acacia farnesiana* (L.) Willd. (1806). México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. Recuperado el 18 de Febrero de 2018, de [http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info\\_especies/arboles/doctos/38-legum4m.pdf](http://www.conabio.gob.mx/conocimiento/info_especies/arboles/doctos/38-legum4m.pdf)
- CONAP-ZOOTROPIC-CECON-TNC. (2011). *Plan de Conservación de las Regiones Secas de Guatemala*. Guatemala: Documento Técnico No. 99(01-2011).
- Cordero, J. y Boshier, D. (2003). *Árboles de Centroamérica: Un manual para extensionistas*. Turrialba: IICA/CATIE.
- Cuéllar, N. Franjul, M. Castillo, S. Martínez, J. Zuñiga, I. Durán, E. Guerrero, K. y Durán, J. (2008). *Manual práctico de reforestación*. Bogotá: Grupo Latino Editores.

- D'Antonio, C. y Meyerson, L. (2002). Exotic Plants Species as problems and solutions in Ecological Restoration: A Synthesis. *Restoration Ecology*, 10(4), 703-713.
- de Groot, R. Wilson, M. y Boumans, R. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393-408.
- De la Llata, M. (2003). *Ecología y Medio ambiente*. México: Progreso.
- Douterlunge, D. y Ferguson, B. (2012). *Manual de restauración ecológica campesina para la selva lacandona*. San Cristóbal de las Casas: Colegio de la Frontera Sur-ECOSUR.
- FAO. (2004). *Actualización de la evaluación de los recursos forestales mundiales: Términos y definiciones*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Ganadería. Recuperado el 12 de Febrero de 2017, de <http://www.fao.org/forestry/9690-0d07adfee9364a4127238bf3ffc7d6ab2.pdf>
- Finegan, B. (2000). Bases ecológicas para el manejo de bosques secundarios de las zonas húmedas del trópico americano. *Colombia forestal*, 101-110.
- Forest Stewardship Council. (2014). *Pautas de restauración ecológica para cumplir con estándares FSC en Chile*. Chile: FSC. Recuperado el 12 de Febrero de 2017, de <https://cl.fsc.org/preview.pautas-de-restauracin-ecologica-para-cumplir-con-estndares-fsc-en-chile.a-48.pdf>
- Galicia, L. Gómez-Mendonza, L. García-Romero, A. y Ramírez, M. (2007). Cambio de uso del suelo y degradación. *Ciencia*, 58, 50-59.
- Gálvez, J. (2002). La restauración ecológica: conceptos y definiciones. *IARNA-URL*, 22. Recuperado el 3 de Marzo de 2017, de <http://www.url.edu.gt/PortalURL/Archivos/51/Archivos/08-Restauracion-ecologica.pdf>
- Gómez, M. y Figueroa, Y. (2007). Barreras ecológicas, la fragmentación de los ecosistemas naturales. En O. C. Vargas, *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque Altoaldino* (pág. 58). Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Gunderson, L. Allen, C. y Holling, C. (2010). *Foundations of ecological resilience*. Washington: Island Press.
- Harper, K. Macdonald, S. Burton, P. Chen, J. Brosofske, K. Saunders, S. Euskirchen, E. Roberts, D. Malanding, S. y Per-Anders, E. (2005). Edge influence of forest structure and composition in fragmented landscapes. *Conservation Biology*, 19(3), 768-782.

- Harris, J. Hobbs, R. Higgs, E. y Aronson, J. (2006). Ecological restoration and global climate change. *Restoration Ecology*, 14(2), 170-176.
- Harvey, C. y Sáenz, J. (2007). *Evaluación y conservación de biodiversidad en paisajes fragmentados de Mesoamérica*. Santo Domingo de Heredia: Instituto Nacional de Biodiversidad INBIO.
- Henao, E. Ordóñez, Y. de Camino, R. Villalobos, R. y Carrera, F. (2015). *El bosque secundario en Centroamérica: Un recurso potencial de uso limitado por procedimientos y normativas inadecuadas*. Turrialba: CATIE. Recuperado el 4 de Mayo de 2018, de [https://www.researchgate.net/publication/282253327\\_El\\_Bosque\\_secundario\\_en\\_Centroamerica\\_Un\\_recurso\\_potencial\\_de\\_uso\\_limitado\\_por\\_procedimientos\\_y\\_normativas\\_inadecuadas](https://www.researchgate.net/publication/282253327_El_Bosque_secundario_en_Centroamerica_Un_recurso_potencial_de_uso_limitado_por_procedimientos_y_normativas_inadecuadas)
- Hernández, A. Urcelai, A. y Pastor, J. . (2002). Evaluación de la resiliencia en ecosistemas terrestres degradados encaminada a la restauración ecológica. *Centro Ciencias Medioambientales CSIC*, 8.
- Hernández, A. y Pastor, J. (2007). La restauración ecológica de ecosistemas degradados: marcos conceptuales y metodologías para la acción. *Centro de investigación energéticas, Medioambientales y Tecnológicas*, 499-523.
- Herrerías, Y. y Benítez-Malvido, J. (2005). Consecuencias de la fragmentación de los ecosistemas . En O. P.-H. Sánchez, *Temas sobre restauración ecológica* (pág. 113). México: Instituto Nacional de Ecología.
- IBEROFREST. (s.f). *Restauración ecológica*. Obtenido de <http://ibero-rest.com/restauracion-ecologica/>
- INAB. (2015). *Lineamientos técnicos de manejo forestal*. Ciudad de Guatemala: Instituto Nacional de Bosques. Recuperado el 3 de Junio de 2018, de [http://www.itto.int/files/itto\\_project\\_db\\_input/2972/Technical/Lineamientos%20Tecnicos%20de%20Manejo%20Forestal.pdf](http://www.itto.int/files/itto_project_db_input/2972/Technical/Lineamientos%20Tecnicos%20de%20Manejo%20Forestal.pdf)
- Keel, S. Gentry, A. y Spinzi, L. (1993). Using vegetation analysis to facilitate the selection of conservation sites in Eastern Paraguay. *Conservation Biology*, 7(1), 66-75.
- Laestadius, L. Maginnis, S. Minnemeyer, S. Potapov, P. Saint-Laurent, C. y Sizer, N. (2011). Mapa de oportunidades de restauración del paisaje forestal. *Unasylva*, 62(238), 47-48.

- Laurance, W. Delamonica, P. Laurance, S. Vasconcelos, H. y Lovejoy, T. (2000). Rainforest fragmentation kills big trees. *Nature International Journal of science*, 836, 404.
- Lidicker, W. (1999). Responses of mammals to habitat edges: an overview. *Landscape Ecology*, 14, 333-343.
- López, I. Chagollan, F. del Campo, J. García, R. Contreras, I. y García, R. (2006). *Ecología*. Jalisco: Umbral Editorial.
- López, V. y Plata, W. (2009). Analysis of the land cover change caused by the Mexico City Metropolitan Area expansion, 1990-2000. *Investigaciones geográficas*, 68.
- López-Barrera, F. (2004). Estructura y función en bordes de bosques. *Ecosistemas*, 13(1), 67-77.
- Maass, J. Balvanera, P. Castillo, A. Daily, G. Mooney, H. Ehrlich, P. Quesada, M. Miranda, A. Jaramillo, V. García-Oliva, F. Martínez-Yrizar, A. Cotler, H. López-Blanco, J. Pérez, A. Búrquez, A. Tinoco, C. Ceballos, G. Barraza, L. Ayala, R. y Sarukhán, J. (2005). Ecosystem services of tropical dry forests: insights from long-term ecological and social research on the Pacific Coast of Mexico. *Ecology and Society*, 10(1).
- Mace, G. Norris, K. y Fitter, A. (2012). Biodiversity and ecosystema services: a multilayered relationship. *Trends of Ecology Evolution*, 27(1), 19-26.
- Martínez, J. (2011). *Evaluación y caracterización de la sucesión vegetal secundaria y propuestas para la restauración ecológica alrededor de áreas con Pinabete (Abies guatemalensis Rehder) en San Marcos*. Guatemala: FODECYT.
- Mesa de Restauración del Paisaje Forestal. (2015). *Estrategia de Restauración del Paisaje Forestal: Mecanismo para el Desarrollo Rural Sostenible de Guatemala*. Guatemala: MAGA-MARN-CONAP-INAB.
- Mesa de Restauración del Paisaje Forestal. (2015). Mapa de Áreas potenciales para la restauración del paisaje forestal de la República de Guatemala. En *Estrategia Nacional de Restauración del Paisaje Forestal: Mecanismo para el desarrollo rural sostenible de Guatemala* (pág. 35). Ciudad de Guatemala.
- Moreno-Casasola, P. Salinas, G. Travieso-Bello, A. Juárez, A. Ruelas, M. Amador, L. Cruz, H. y Monroy, R. (2006). El Paisaje: Investigación para el manejo y la conservación. En *Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México: Perspectivas de la investigación científica* (pág. 368). México: Universidad Autónoma de México.

- Mostacedo, B. y Fredericksen, T. (2000). *Manual de métodos básicos de muestreo y análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz, Bolivia: El País.
- Shono, K. Cadaweng, E. y Durst, P. (2007). Application of assisted natural regeneration to restore degraded tropical forestlands. *Restoration Ecology*, 15, 620-626.
- Soons, M. Messelink, J. y Heil, W. (2005). Habitat fragmentation reduces grassland connectivity for both short-distance and long-distance wind dispersed forbs. *Journal of Ecology*, 1214-1225.
- Suronen, E. y Newingham, B. (2013). A starting point: an ecosystem of reference for habitat restoration of the northern Idaho ground squirrel, *Urocitellus branneus brunneus*. *Northwestern Naturalist*, 94(2), 110-125.
- Thompson, I. Okabe, K. Tylianakis, J. Kumar, P. Brockerhoff, E. Schellhorn, A. Parrota, J. y Nasi, R. (2011). Forest biodiversity and the delivery of ecosystem goods and services: Translating science into policy. *BioScience*, 61(12), 972-981.
- Thompson, J. (2018). *Ecological succession*. Recuperado el 6 de Mayo de 2018, de <http://www.britannica.com/science/ecological-succession#ref1101405>
- Vargas, O. y Mora, F. (2007). *Estrategias para la restauración ecológica del Bosque Altoaldino: el caso de la Reserva Forestal Municipal de Cogua Cundinamarca*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.
- Veluk, F. (2010). *Restauración del paisaje forestal y planificación participativa como herramientas para la transformación del territorio y medios de vida en el altiplano del departamento de San Marcos*. Turrialba: CATIE.
- Veluk, F. de Camino, R. y Imbach, A. (2012). Mapeo de áreas prioritarias para la restauración del paisaje forestal y mejora de los medios de vida de comunidades rurales en el altiplano de San Marcos, Guatemala. *Bois Et Forets Des Tropiques*, 313(3), 73-83.
- Venegas, M. (2016). *Manual de mejores prácticas de restauración de sistemas degradados, utilizando para la reforestación solo especies nativas en zonas prioritarias*. México: CONABIO, CONAFOR, GEF, PNUD.
- Venerable Tress. (2015). *Range and importance Value*. Obtenido de <https://www.venerabletrees.org/trees/importance-value/>
- Vidal, J. (2001). *El mundo de la ecología*. Montevideo: EDITORIAL OCEANO.

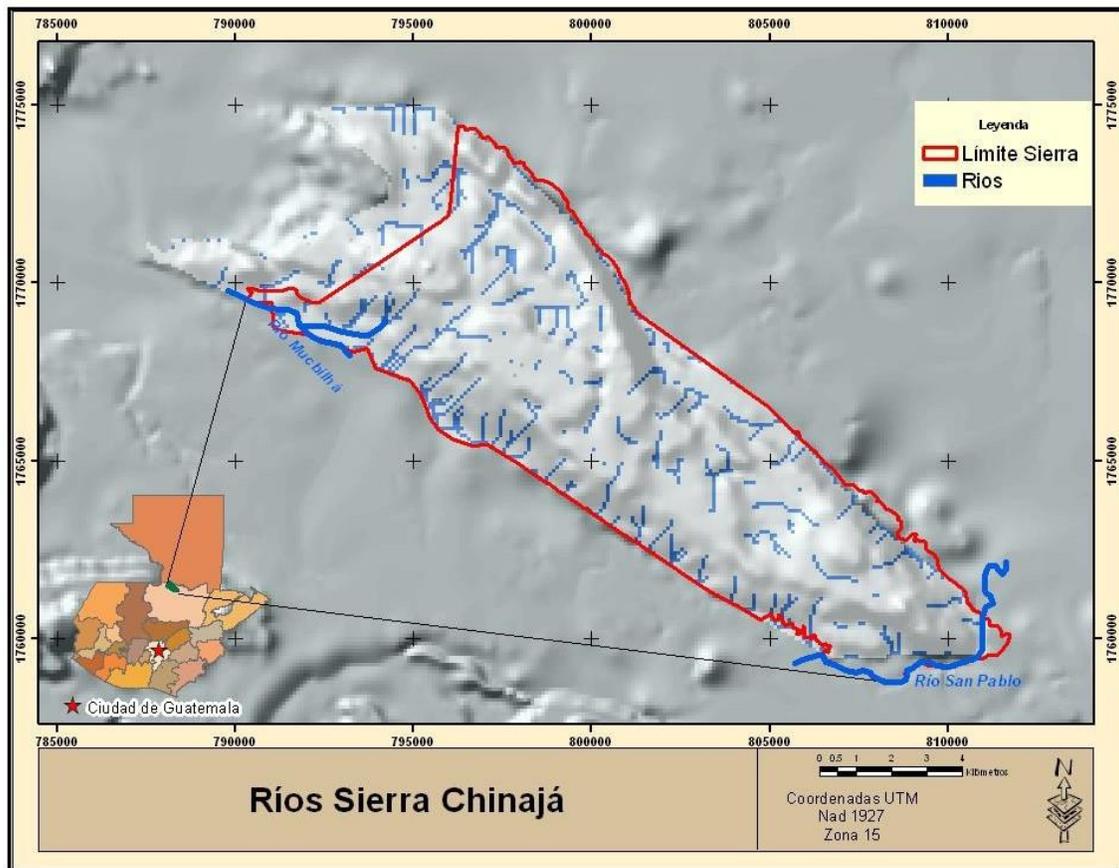
Yeakley, A. (2010). *¿Cómo calcular los valores de importancia de las especies?* Obtenido de [http://www.ecoplexity.org/sites/www.ecoplexity.org/files/ImportanceValues%20Spanish\\_final\\_0.pdf](http://www.ecoplexity.org/sites/www.ecoplexity.org/files/ImportanceValues%20Spanish_final_0.pdf)

Yin, R. y Zhao, M. (2012). Ecological restoration programs and payments for ecosystem services as integrated biophysical and socioeconomic processes, China's experience as an example. *Ecological Economics*, 73, 56-65.

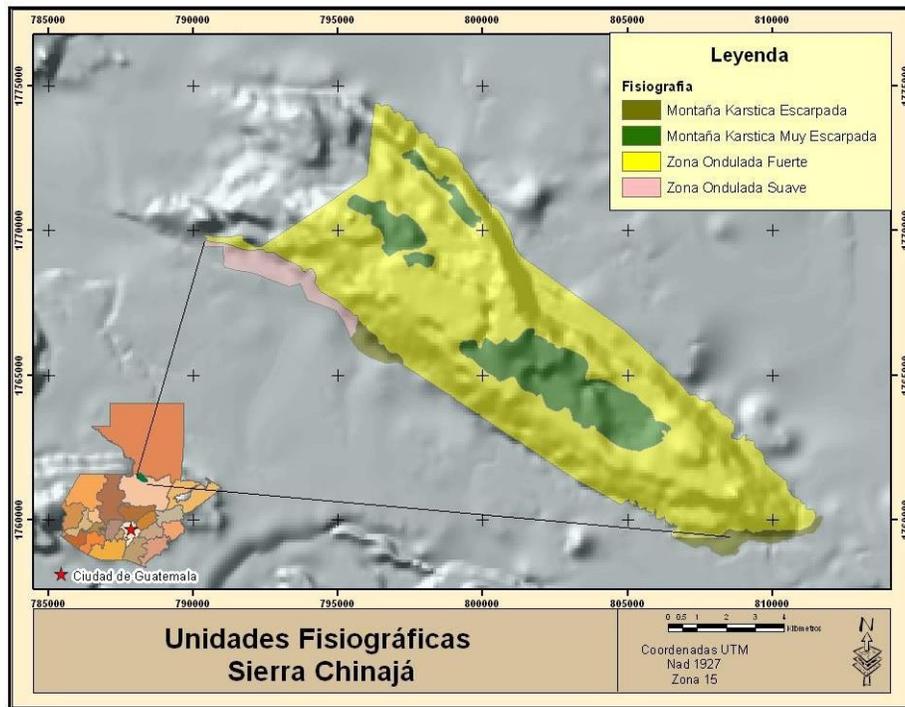
## 10. ANEXOS

### Anexo 1. Mapas de Sierra Chinajá

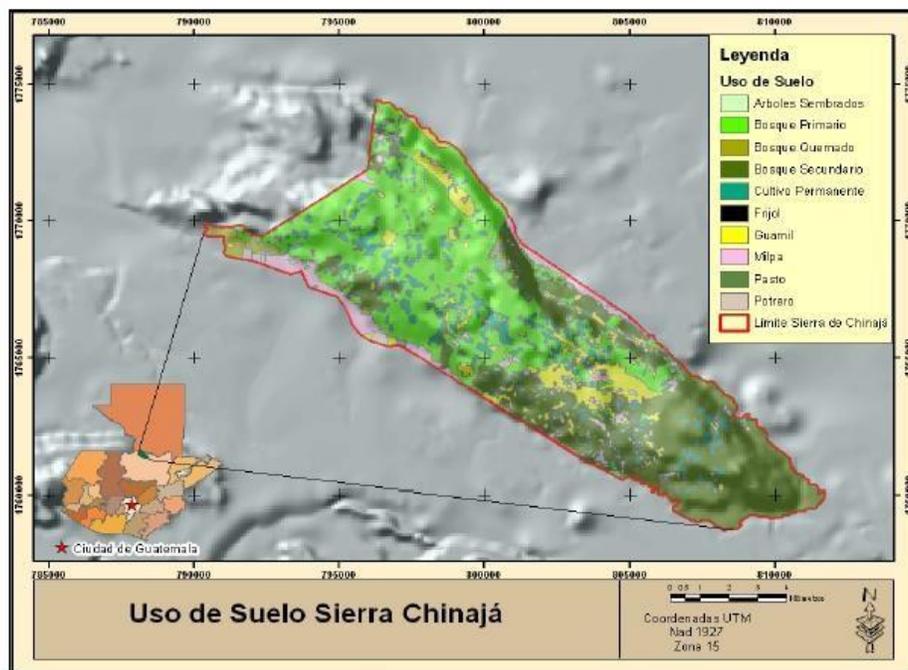
Ríos estacionales y temporales de Sierra Chinajá. APROBA SANK, 2007.



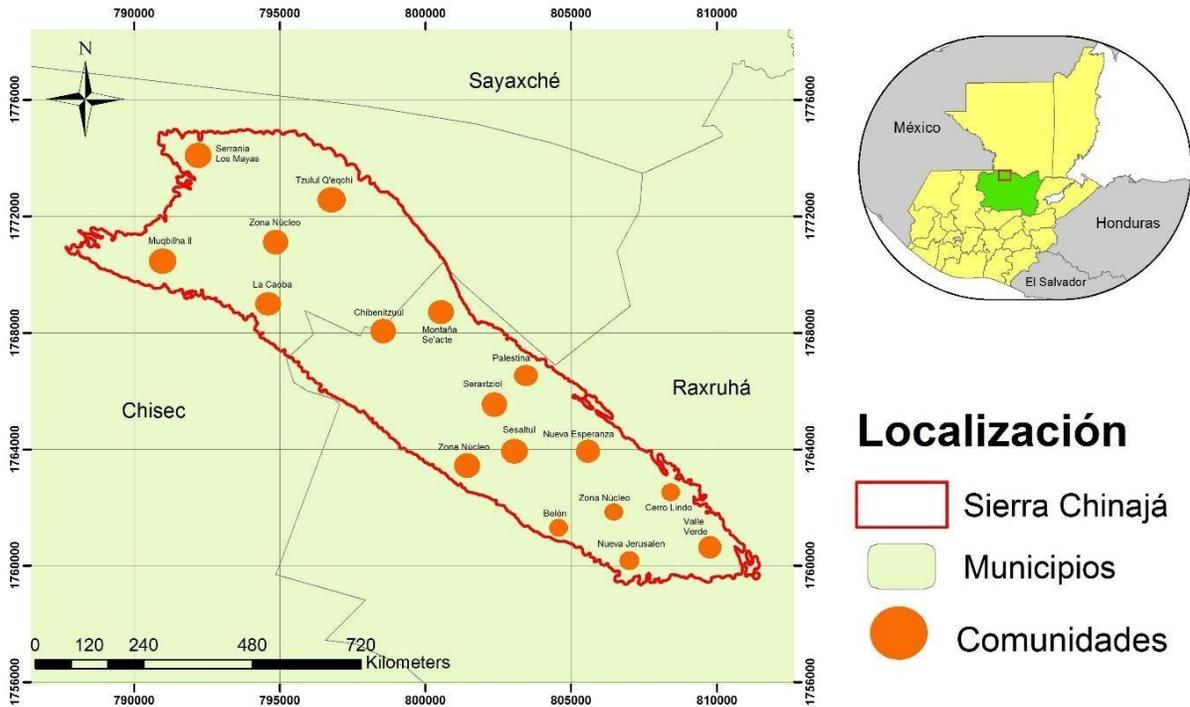
Fisiografía de Sierra Chinajá. APROBA SANK, 2006



Usos de la tierra de Sierra Chinajá, APROBA SANK, 2007



Comunidades asentadas en Sierra Chinajá. Elaboración propia



Anexo 2. Formato final de la entrevista

Formato final de la entrevista a comunitarios y actores clave

| No | Pregunta   | Descripción de la pregunta   |
|----|--|--|
| 1  | ¿Cuáles son las comunidades que viven en las cercanías de Sierra Chinajá?  | Define las diferentes comunidades que habitan en las cercanías o dentro del área descrita. |
| 2  | ¿Cómo hablaban de la región sus abuelos y otros familiares acerca del agua, plantas, animales, clima, ganadería? | Define las diferentes perspectivas ancestrales del área.                                   |

|    |  |  |
|----|--|--|
| 3  | ¿Tiene usted conocimiento del momento en que las comunidades se asentaron en Sierra Chinajá?                     | Indica si se tiene conocimientos acerca del inicio de los asentamientos en el área.  |
| 4  | ¿En qué parte se puede conseguir árboles nativos y utilizados por sus familiares?                                | Indica las posibles áreas donde se encuentran especies forestales nativas.   |
| 5  | ¿Usted cree que ha disminuido el agua en su aldea?   | Define el conocimiento de los comunitarios acerca del abastecimiento de agua en las aldeas   |
| 6  | Si la respuesta es si<br>¿Usted cree que no tienen agua es porque existe menos cantidad de árboles en la Sierra? | Indica si conocen la relación entre agua-bosque  |
| 7  | ¿Sabe usted qué es un bien ecosistémico?   | Define el conocimiento de los comunitarios y autoridades.  |
| 8  | ¿Sabe usted qué es un servicio ecosistémico?   | Define el conocimiento de los comunitarios y autoridades   |
| 9  | ¿Sabía usted que Sierra Chinajá es un bosque que provee bienes y servicios ecosistémicos?                        | Indica el conocimiento que posee las autoridades respecto a lo que provee el bosque hacia las comunidades.                               |
| 10 | ¿Sabe usted que es una restauración?   | Indica el conocimiento de las autoridades, de acuerdo al proyecto que se está planteando.  |
| 11 | ¿Sabían ustedes que pueden mejorar su calidad de vida utilizando el bosque sosteniblemente?                      | Indica el conocimiento de los comunitarios acerca de lo que el bosque les ofrece   |
| 12 | ¿Estarían dispuestos ustedes a ayudar a la reforestación de especies forestales nativas?                         | Indica el involucramiento, motivación y futura implementación del plan para las comunidades que habitan en los alrededores de la Sierra. |

Elaboración propia

### Anexo 3. Resumen de entrevistas

#### Resumen de entrevistas a comunitarios y actores clave

| No | Pregunta   | Respuesta   |
|----|--|---|
| 1  | ¿Cuáles son las comunidades que viven en las cercanías de Sierra Chinajá?  | Actualmente existen 17 comunidades que viven en Sierra Chinajá, algunas aldeas se encuentran asentadas cerca de la “zona núcleo” pero no saldrán hasta tener sus propias tierras.   |
| 2  | ¿Cómo hablaban de la región sus abuelos y otros familiares acerca del agua, plantas, animales, clima, ganadería? | Cuentan que a inicios de los años 70 sus abuelos iban a cortar frutos de los árboles para comer, utilizaban varios árboles para construir sus casas, cuentan que si sabían de la existencia de jaguares pero nunca los vieron, pero sus abuelos si. |
| 3  | ¿Tiene usted conocimiento del momento en que las comunidades se asentaron en Sierra Chinajá?                     | Saben que las comunidades se terminaron de asentar en los años 80 debido al conflicto armado interno a raíz de ello ha existido conflictos sobre la tenencia de la tierra. No se indago más.  |
| 4  | ¿En qué parte se puede conseguir árboles nativos y utilizados por sus familiares?                                | Entre Nueva Chinajá y Sesaltul, allí existe una buena proporción de bosque.   |

|   |  |  |
|---|--|--|
| 5 | ¿Usted cree que ha disminuido el agua en su aldea?   | Se han visto cambios muy significativos desde que Raxruhá se volvió municipio (2008) respecto al abastecimiento del agua potable. Algunas aldeas no cuentan con este abastecimiento y recorren cerca de 10 km para recoger agua a los ríos. En época seca, la disminución del agua es notoria. |
| 6 | Si la respuesta es si<br>¿Usted cree que no tienen agua es porque existe menos cantidad de árboles en la Sierra? | Nos hemos dado cuenta que en la parte alta de la Sierra, donde ha existido extracción ilegal, los nacimientos de agua han disminuido.  |
| 7 | ¿Sabe usted qué es un bien ecosistémico?   | Autoridades y comunitarios no sabían el significado de un bien. Por consiguiente, se explicó el concepto y pudieron reconocerlo al darse cuenta que varios árboles podrían ser utilizado como alternativas para ganados (sombra para ganado, para cultivos, etc).                              |
| 8 | ¿Sabe usted qué es un servicio ecosistémico?   | Autoridades y comunitarios no sabían el significado del concepto, pero cuando se explicó si supieron que era.  |

|    |   |  |
|----|---|--|
| 9  | ¿Sabía usted que Sierra Chinajá es un bosque que provee bienes y servicios ecosistémicos? | Si, porque nos proporciona alimento, artículos medicinales, trabajo y nos dan agua, aire limpio y refugio para muchos animales                                       |
| 10 | ¿Sabe usted que es una restauración?  | Comunitarios como autoridades no saben este concepto. Se les explicó el término.   |
| 11 | ¿Estarían dispuestos ustedes a ayudar a la reforestación de especies forestales nativas?  | Si y nos gustaría implementarlas en nuestras comunidades.  |
| 12 | ¿Qué animales grandes y aves ustedes han visto en el bosque?                              | Mono aullador o saraguate, mono araña, Tucán, tucaneta, Tepezcuintle, Venados, Pecarí, Coche de monte, Halcón murcielagero, Mazacuatas, Falsa barba, Gavilán blanco. |

Elaboración propia

**Anexo 4.** Familias presentes en el área

Nombre científico, nombre común y familia de las especies forestales presentes en el área de estudio

| <b>FAMILIA</b> | <b>ESPECIE</b>  | <b>NOMBRE COMÚN</b> |
|----------------|---|---------------------|
| Anacardiaceae  | <i>Toxicodendron striatum</i><br>(Ruiz & Pav.) Kuntze                                     | Amche               |
|                | <i>Metopium brownei</i> (Jacq.)<br>Urb.   | Chechén negro       |
| Annonaceae     | <i>Cymbopetalum</i><br><i>penduliflorum</i> (Dunal) Baill                                 | Orejuela            |
|                | <i>Annona scleroderma</i> Saff.   | Anona de monte      |
|                | <i>Stenanona stenopetala</i><br>(Donn.Sm.) G.E.Schatz ex<br>Maas, E.A.Mennega &<br>Westra | Cacaute             |
| Asparagaceae   | <i>Dracaena americana</i><br>Donn.Sm.   | Izote de montaña    |
| Boraginaceae   | <i>Cordia gerascanthus</i> L.   | Laurel de montaña   |
|                | <i>Cordia alliodora</i> (Ruiz &<br>Pav.) Oken   | Laurel              |
| Burseraceae    | <i>Bursera simaruba</i> (L.) Sarg   | Palo de jiote       |
|                | <i>Protium copal</i> (Schltdl. &<br>Cham.) Engl   | Copal blanco        |

|                |   |                            |
|----------------|---|----------------------------|
| Calophyllaceae | <i>Calophyllum brasiliense</i><br>Cambess.            | Santa María                |
| Cannabaceae    | <i>Trema micrantha</i> (L.)<br>Blume                  | Capulín cimarrón           |
| Clusiaceae     | <i>Clusia guatemalensis</i><br>Hemsl                  | Oreja de burro             |
| Combretaceae   | <i>Terminalia amazonia</i><br>(J.F.Gmel.) Exell       | Canxán                     |
| Euphorbiaceae  | <i>Sapium sp.</i>                                     | Chilamate                  |
|                | <i>Sebastiania longicuspis</i><br>Standl.             | Chechén blanco             |
| Hypericaceae   | <i>Vismia camparaguey</i><br>Sprague & L.Riley        | Camparaguey                |
| Lamiaceae      | <i>Licaria capitata</i> (Cham. &<br>Schltdl.) Kosterm | Keq tzol<br>Palo misanteco |
| Lauraceae      | <i>Nectandra sp.</i>                                  | Aguacatillo                |
| Fabaceae       | <i>Enterolobium cyclocarpum</i><br>(Jacq.) Griseb.    | Conacaste                  |
|                | <i>Lonchocarpus</i><br><i>guatemalensis</i> Benth.    | Palo gusano                |
|                | <i>Dialium guianense</i> (Aubl.)<br>Sandwith          | Tamarindo                  |
|                | <i>Vatairea lundellii</i> (Standl.)<br>Record         | Amargoso                   |
|                | <i>Inga vera</i> Willd                                | Paterna                    |
|                | <i>Schizolobium parahyba</i><br>(Vell.) S.F Blake     | Plumillo                   |
|                | <i>Acacia sp.</i>                                     | Subín                      |
|                | <i>Senna skinneri</i> (Benth.) H.S<br>Irwin & Barneby | Escobo negro               |

|                  |  |                  |
|------------------|--|------------------|
| Malvaceae        | <i>Guazuma ulmifolia</i> Lam.                        | Caulote          |
|                  | <i>Pseudobombax ellipticum</i><br>(Kunth) Dugand     | Chorroco         |
|                  | <i>Luehea candida</i> (Moc. &<br>Sessé ex DC.) Mart. | Caulote          |
|                  | <i>Heliocarpus donnellsmithii</i><br>Rose            | Majagua          |
|                  | <i>Ceiba pentandra</i> (L.) Gaertn                   | Ceiba            |
| Meliaceae        | <i>Guarea glabra</i> Vahl                            | Cedrillo         |
|                  | <i>Swietenia macrophylla</i> King                    | Caoba            |
| Menispermaceae   | <i>Hyperbaena mexicana</i> Miers                     | Manguito         |
| Moraceae         | <i>Brosimum alicastrum</i> Sw.                       | Ramón            |
|                  | <i>Ficus</i> sp.                                     | Amate            |
|                  | <i>Trophis racemosa</i> (L.) Urb.                    | Ramón colorado   |
| Myrsticaeae      | <i>Virola koschnyi</i> Warb.                         | Llora sangre     |
| Papaveraceae     | <i>Bocconia frutescens</i> L.                        | Sangre de toro   |
| Pentaphylacaceae | <i>Ternstroemia tepezapote</i><br>Cham. & Schtdl.    | Limoncillo       |
| Phyllanthaceae   | <i>Hieronyma alchorneoides</i><br>Allemão            | Manax            |
| Polygonaceae     | <i>Coccoloba tuerckheimii</i><br>Donn.Sm.            | Quebracho        |
| Rubiaceae        | <i>Simira salvadorensis</i> (Standl.)<br>Steyerm     | Colay<br>Puntero |
|                  | <i>Psychotria chiapensis</i> Standl.                 | Cafecillo        |
|                  | <i>Guettarda combsii</i> Urb.                        | Palo verde       |
| Rutaceae         | <i>Zanthoxylum ekmanii</i> (Urb.)<br>Alain           | Palo lagarto     |
| Sapindaceae      | <i>Cupania belizensis</i> Standl.                    | Copal colorado   |
| Sapotaceae       | <i>Manilkara zapota</i> (L.) P.                      | Chicozapote      |

|               |  |                         |
|---------------|--|-------------------------|
|               | Royen  |                         |
|               | <i>Sideroxylon capiri</i> (A.DC.)<br>Pittier   | Tempsique               |
|               | <i>Chrysophyllum mexicanum</i><br>Brandegee    | Caimitillo              |
|               | <i>Pouteria sp.</i>                            | Zapotillo               |
| Simaroubaceae | <i>Simarouba amara</i> Aubl.                   | Aceituno                |
| Ulmaceae      | <i>Ampelocera hottlei</i> (Standl.)<br>Standl. | Luin hembra<br>Cuerillo |
| Vochysiaceae  | <i>Vochysia guatemalensis</i><br>Donn. Sm.     | San Juan                |

Elaboración propia

#### Anexo 5. Índice de importancia de todas las especies muestreadas

Índice de importancia de las especies forestales muestreadas en Sierra Chinajá

| <b>Especie</b>                      | <b>Dominancia<br/>relativa (%)</b> | <b>Abundancia<br/>relativa (%)</b> | <b>Frecuencia<br/>relativa (%)</b> | <b>I.V.I</b> |
|-------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|--------------|
| <i>Guazuma<br/>ulmifolia</i>        | 11.01                              | 4.99                               | 4.56                               | 20.57        |
| <i>Brosimum<br/>alicastrum</i>      | 8.11                               | 4.21                               | 2.95                               | 15.28        |
| <i>Enterolobium<br/>cyclocarpum</i> | 11.26                              | 1.71                               | 1.34                               | 14.32        |
| <i>Astronium<br/>gravaeolens</i>    | 8.92                               | 2.49                               | 1.61                               | 13.03        |
| <i>Ficus sp</i>                     | 6.66                               | 3.43                               | 2.15                               | 12.24        |
| <i>Bursera<br/>simaruba</i>         | 2.89                               | 4.99                               | 3.76                               | 11.65        |
| <i>Terminalia<br/>amazonia</i>      | 2.22                               | 4.68                               | 4.56                               | 11.47        |
| <i>Myroxylon<br/>balsamum</i>       | 5.16                               | 2.34                               | 2.41                               | 9.92         |

|                                   |      |      |      |      |
|-----------------------------------|------|------|------|------|
| <i>Virola koschnyi</i>            | 4.26 | 1.56 | 1.61 | 7.43 |
| <i>Ampelocera hottlei</i>         | 2.92 | 1.71 | 2.41 | 7.05 |
| <i>Calophyllum brasiliense</i>    | 1.52 | 2.96 | 2.15 | 6.63 |
| <i>Vochysia guatemalensis</i>     | 0.94 | 2.96 | 2.68 | 6.59 |
| <i>Trema micrantha</i>            | 0.42 | 2.96 | 2.95 | 6.34 |
| <i>Dialium guianense</i>          | 2.50 | 1.87 | 1.88 | 6.25 |
| <i>Cordia alliodora</i>           | 1.72 | 2.49 | 1.88 | 6.09 |
| <i>Vatairea lundellii</i>         | 3.25 | 1.09 | 1.61 | 5.96 |
| <i>Cordia gerascanthus</i>        | 0.43 | 2.80 | 2.15 | 5.39 |
| <i>Inga vera</i>                  | 1.56 | 2.02 | 1.61 | 5.20 |
| <i>Hieronyma alchorneoides</i>    | 1.45 | 1.87 | 1.88 | 5.20 |
| <i>Manilkara zapota</i>           | 0.50 | 2.18 | 2.41 | 5.10 |
| <i>Pseudobombax ellipticum</i>    | 1.35 | 2.02 | 1.61 | 4.99 |
| <i>Lonchocarpus guatemalensis</i> | 1.08 | 1.71 | 2.15 | 4.95 |
| <i>Simira salvadorensis</i>       | 1.50 | 1.56 | 1.88 | 4.94 |
| <i>Metopium brownei</i>           | 1.23 | 2.34 | 1.34 | 4.91 |
| <i>Licaria capitata</i>           | 0.40 | 2.49 | 1.88 | 4.78 |
| <i>Clusia guatemalensis</i>       | 0.54 | 2.18 | 1.88 | 4.61 |
| <i>Toxicodendron striatum</i>     | 1.18 | 1.71 | 1.61 | 4.51 |
| <i>Schizolobium parahyba</i>      | 1.58 | 1.56 | 1.34 | 4.49 |
| <i>Ternstroemia tepezapote</i>    | 0.70 | 1.87 | 1.88 | 4.46 |
| <i>Trichilia glabra</i>           | 0.47 | 1.71 | 1.88 | 4.07 |

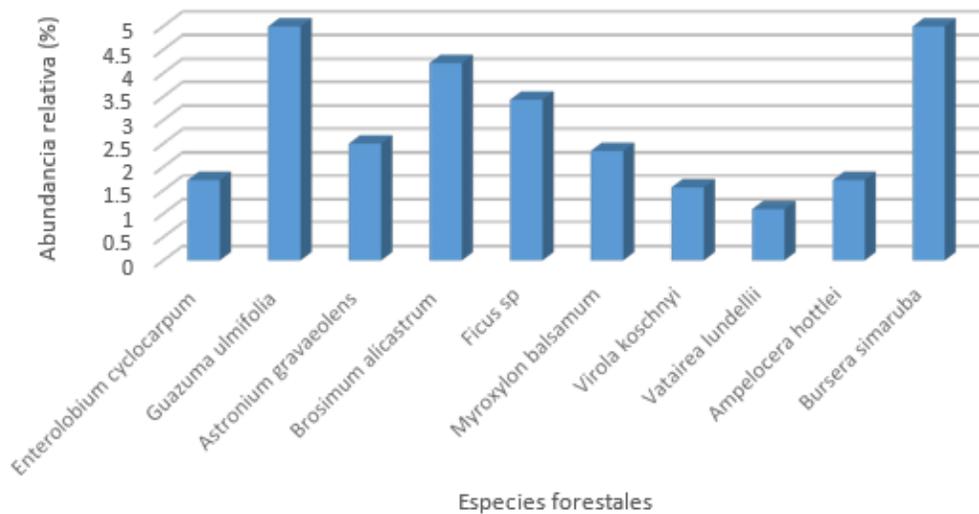
|                                   |      |      |      |      |
|-----------------------------------|------|------|------|------|
| <i>Cymbopetalum penduliflorum</i> | 0.71 | 1.71 | 1.61 | 4.04 |
| <i>Sideroxylon capiri</i>         | 0.84 | 1.56 | 1.61 | 4.02 |
| <i>Zanthoxylum belicense</i>      | 0.94 | 1.09 | 1.88 | 3.92 |
| <i>Cupania belizensis</i>         | 0.88 | 1.24 | 1.61 | 3.74 |
| <i>Simarouba glauca</i>           | 0.47 | 1.24 | 1.88 | 3.60 |
| <i>Sapium sp</i>                  | 0.52 | 1.09 | 1.88 | 3.49 |
| <i>Annona scleroderma</i>         | 0.93 | 0.93 | 1.61 | 3.47 |
| <i>Chrysophyllum mexicanum</i>    | 0.41 | 1.40 | 1.61 | 3.43 |
| <i>Sebastiania longicuspis</i>    | 0.72 | 1.09 | 1.61 | 3.42 |
| <i>Visma camparaguey</i>          | 0.34 | 1.24 | 1.61 | 3.21 |
| <i>Dracaena americana</i>         | 0.29 | 1.40 | 1.34 | 3.04 |
| <i>Desmopsis stenopetala</i>      | 0.61 | 0.78 | 1.34 | 2.74 |
| <i>Luehea candida</i>             | 0.15 | 1.09 | 1.34 | 2.59 |
| <i>Protium copal</i>              | 0.63 | 0.78 | 1.07 | 2.48 |
| <i>Guarea glabra</i>              | 0.72 | 0.62 | 1.07 | 2.42 |
| <i>Bocconia frutescens</i>        | 0.16 | 1.09 | 1.07 | 2.33 |
| <i>Hyperbaena mexicana</i>        | 0.30 | 0.93 | 1.07 | 2.31 |
| <i>Coccoloba tuerckheimii</i>     | 0.22 | 0.78 | 1.07 | 2.07 |
| <i>Trophis racemosa</i>           | 0.35 | 0.78 | 0.80 | 1.94 |
| <i>Vitex gaumeri</i>              | 0.13 | 0.62 | 1.07 | 1.83 |
| <i>Psychoria chiapensis</i>       | 0.09 | 0.62 | 1.07 | 1.79 |
| <i>Acacia sp</i>                  | 0.37 | 0.62 | 0.53 | 1.53 |

|                                    |            |            |            |            |
|------------------------------------|------------|------------|------------|------------|
| <i>Guettarda combsii</i>           | 0.13       | 0.46       | 0.80       | 1.41       |
| <i>Swietenia macrophylla</i>       | 0.14       | 0.62       | 0.53       | 1.31       |
| <i>Senna skinneri</i>              | 0.19       | 0.31       | 0.53       | 1.04       |
| <i>Nectandra sp</i>                | 0.19       | 0.31       | 0.53       | 1.04       |
| <i>Heliocarpus donnell-smithii</i> | 0.19       | 0.31       | 0.53       | 1.03       |
| <i>Ceiba pentandra</i>             | 0.11       | 0.31       | 0.53       | 0.96       |
| <i>Cedrela odorata</i>             | 0.18       | 0.15       | 0.26       | 0.61       |
| <i>Pouteria sp</i>                 | 0.06       | 0.15       | 0.26       | 0.49       |
| <b>Total</b>                       | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>100</b> | <b>300</b> |

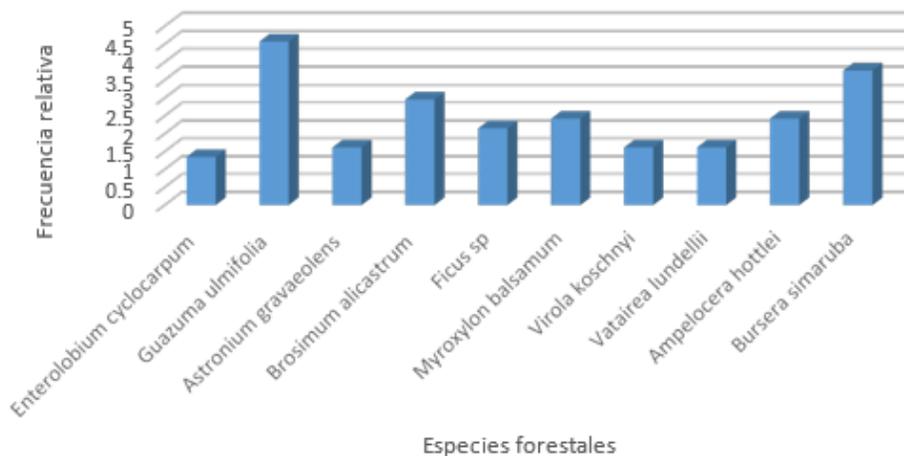
Elaboración propia

### Anexo 6. Abundancia, frecuencia y dominancia relativa

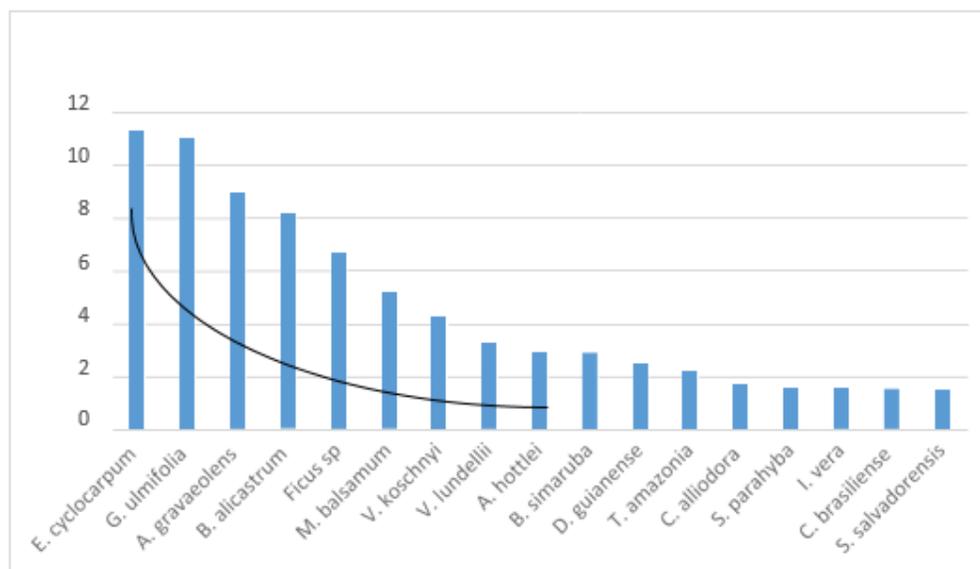
Especies forestales con mayor abundancia relativa



Especies forestales con mayor frecuencia relativa



Modelo de distribución de dominancia relativa en función a su diversidad



**Anexo 7.** Especies forestales de importancia

Especies forestales incluidas en la Lista Roja de UICN y CITES, ordenados por familia

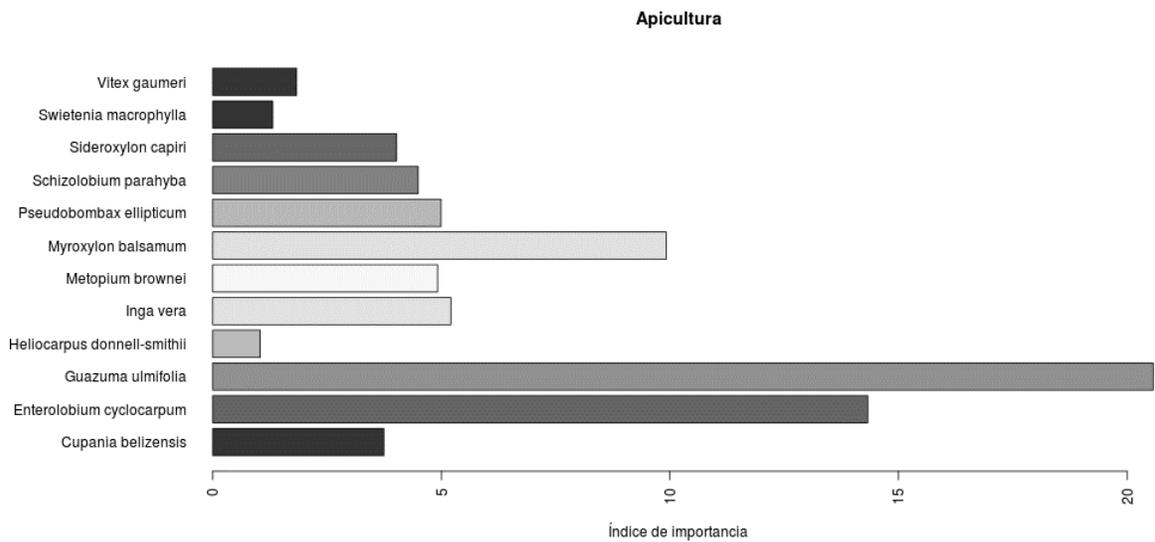
| <b>FAMILIA</b> | <b>ESPECIE</b>             | <b>NOMBRE<br/>COMÚN</b> | <b>LISTA ROJA<br/>UICN</b> | <b>CITES<br/>Apéndice</b> |
|----------------|----------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|
| Meliaceae      | <i>Cedrela<br/>odorata</i> | Cedro                   | Vulnerable                 | III                       |

|           |                              |              |                                 |    |
|-----------|------------------------------|--------------|---------------------------------|----|
| Meliaceae | <i>Swietenia macrophylla</i> | Caoba        | Vulnerable                      | II |
| Lamiaceae | <i>Vitex gaumeri</i>         | Carrete      | Especie en Peligro de Extinción |    |
| Rutaceae  | <i>Zanthoxylum belizense</i> | Palo lagarto | Especie en Peligro de Extinción |    |

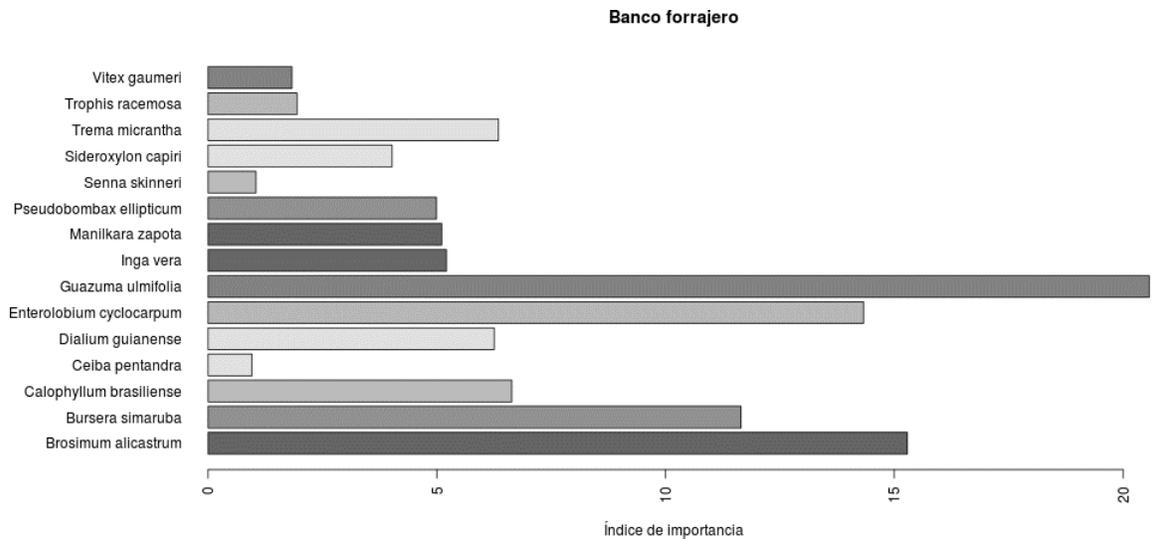
Elaboración propia

### Anexo 8. Diferentes usos de cada especie muestreada

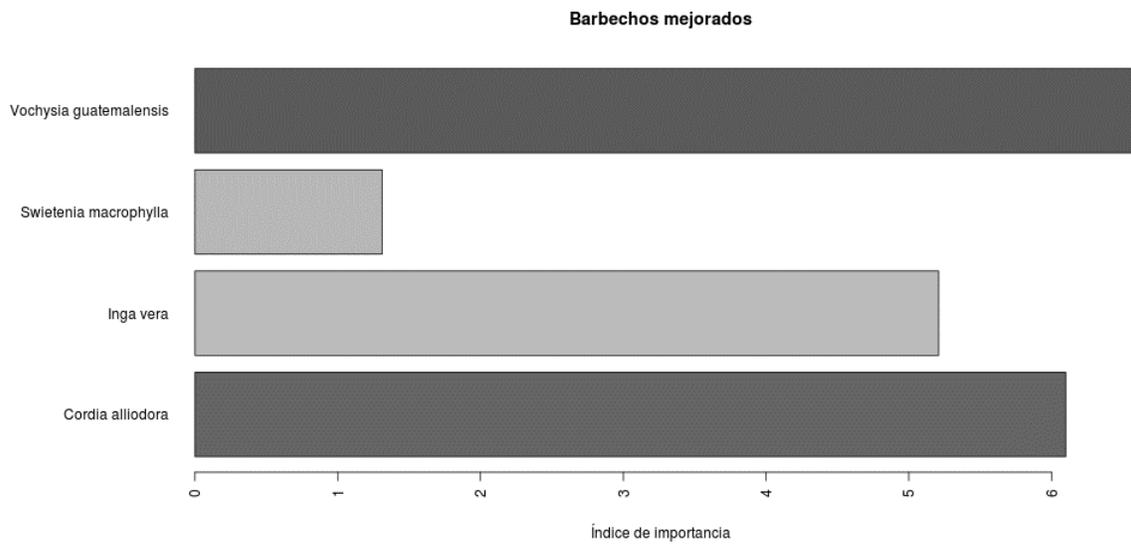
Especies forestales que se pueden utilizar para apicultura. Elaboración propia



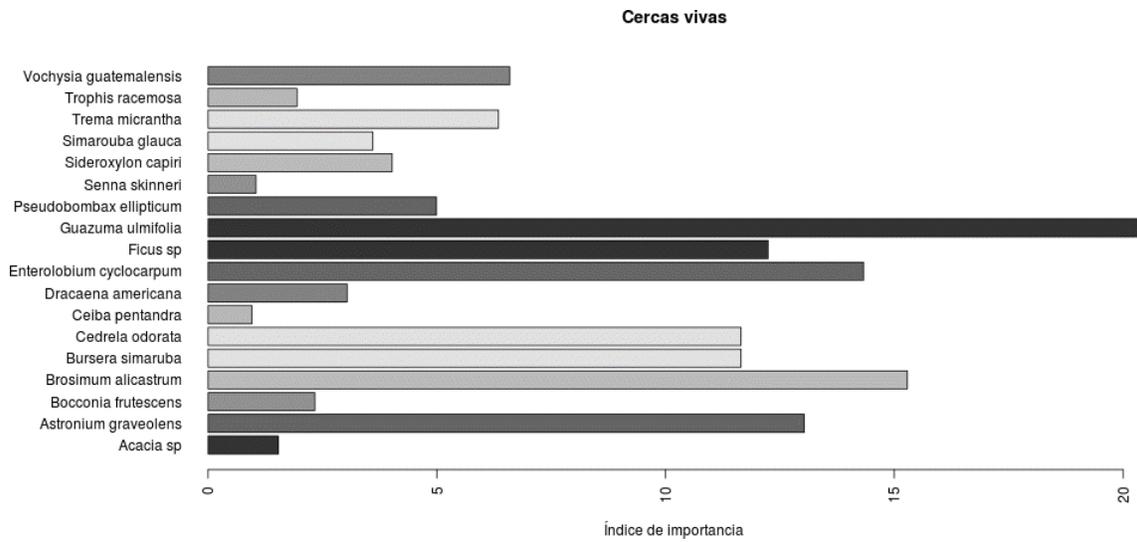
Especies forestales que se pueden utilizar en bancos forrajeros. Elaboración propia



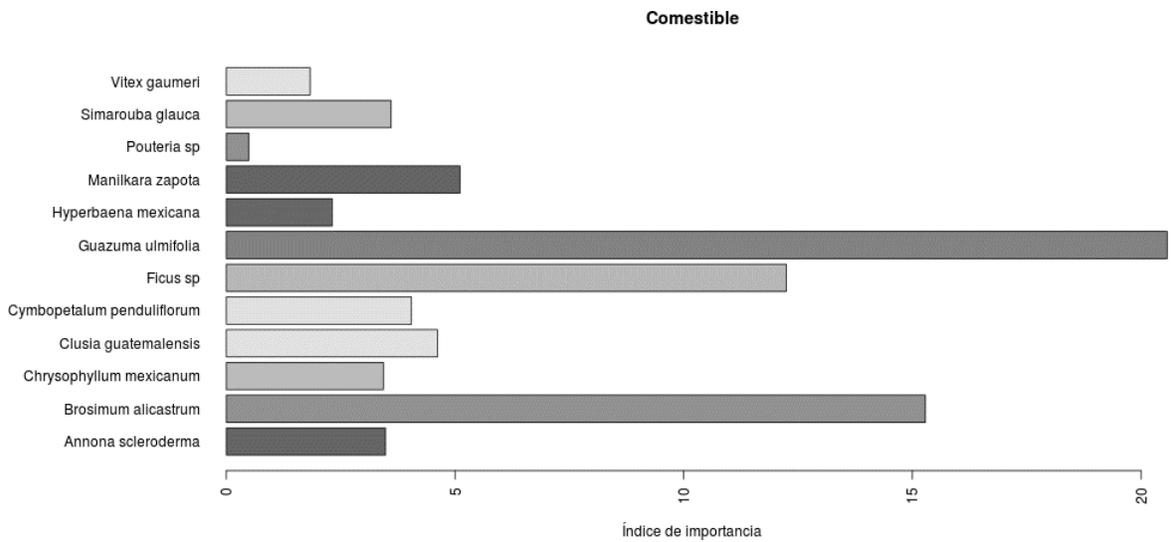
Especies forestales que se pueden utilizar en barbechos mejorados. Elaboración propia



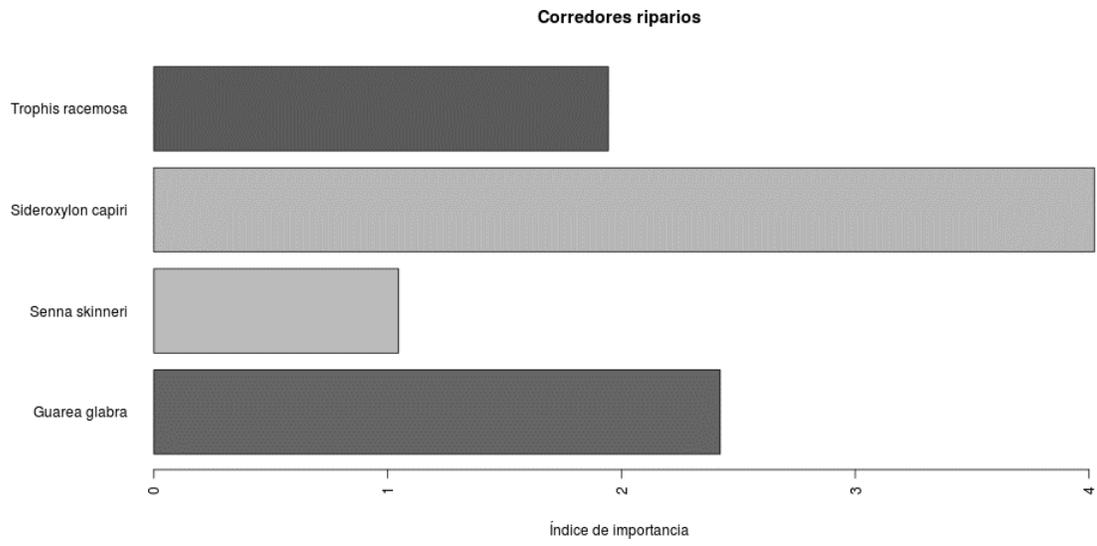
Especies forestales que se pueden utilizar en cercas vivas. Elaboración propia.



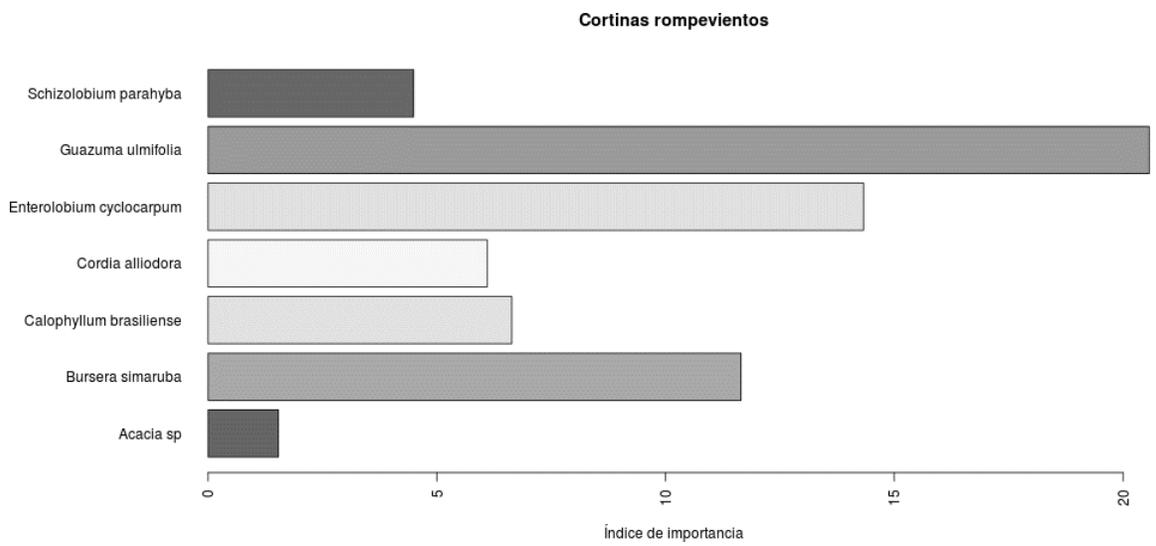
Especies forestales comestibles. Elaboración propia



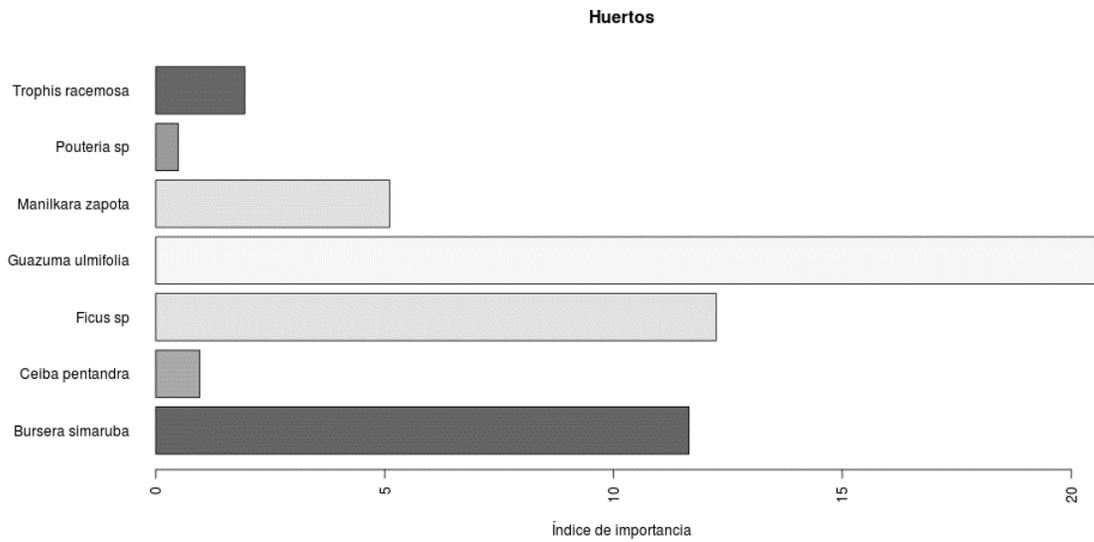
Especies forestales que pueden ser utilizados para corredores riparios. Elaboración propia



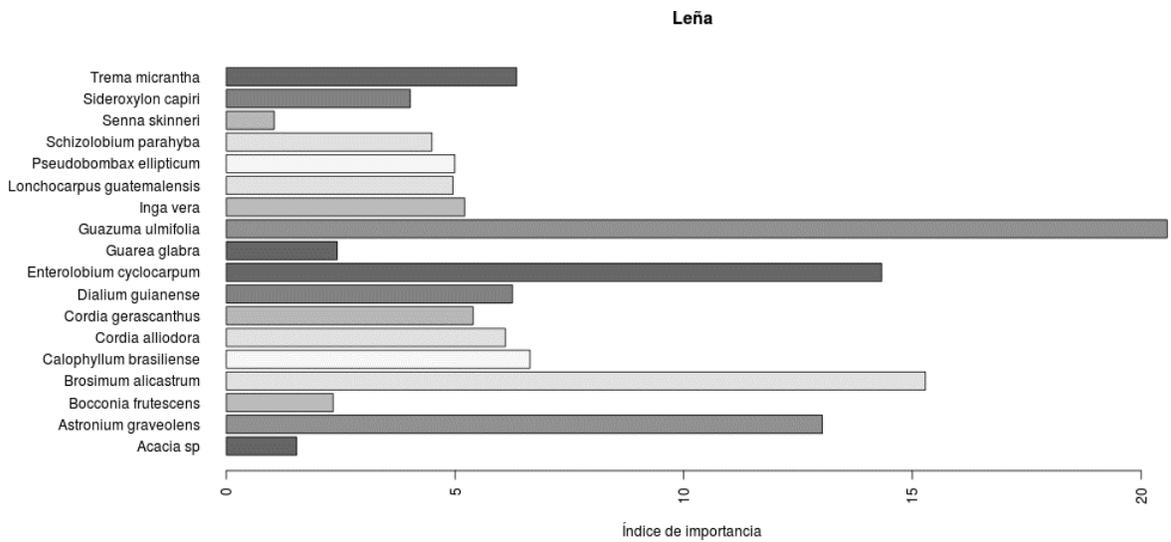
Especies forestales que pueden utilizarse como cortinas rompevientos. Elaboración propia



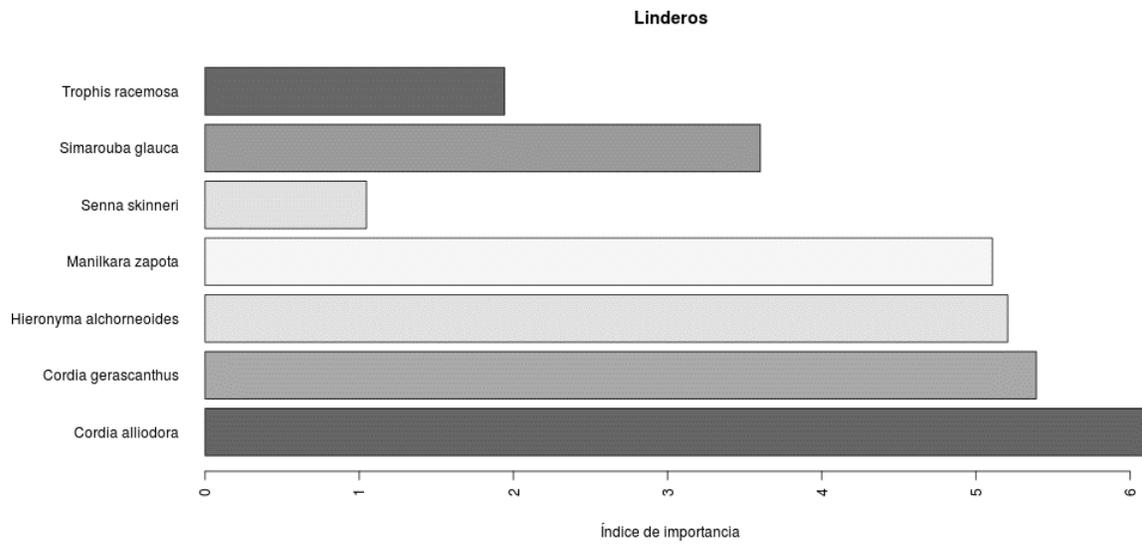
Especies forestales que se pueden incluir en huertos familiares. Elaboración propia



Especies potenciales para leña. Elaboración propia

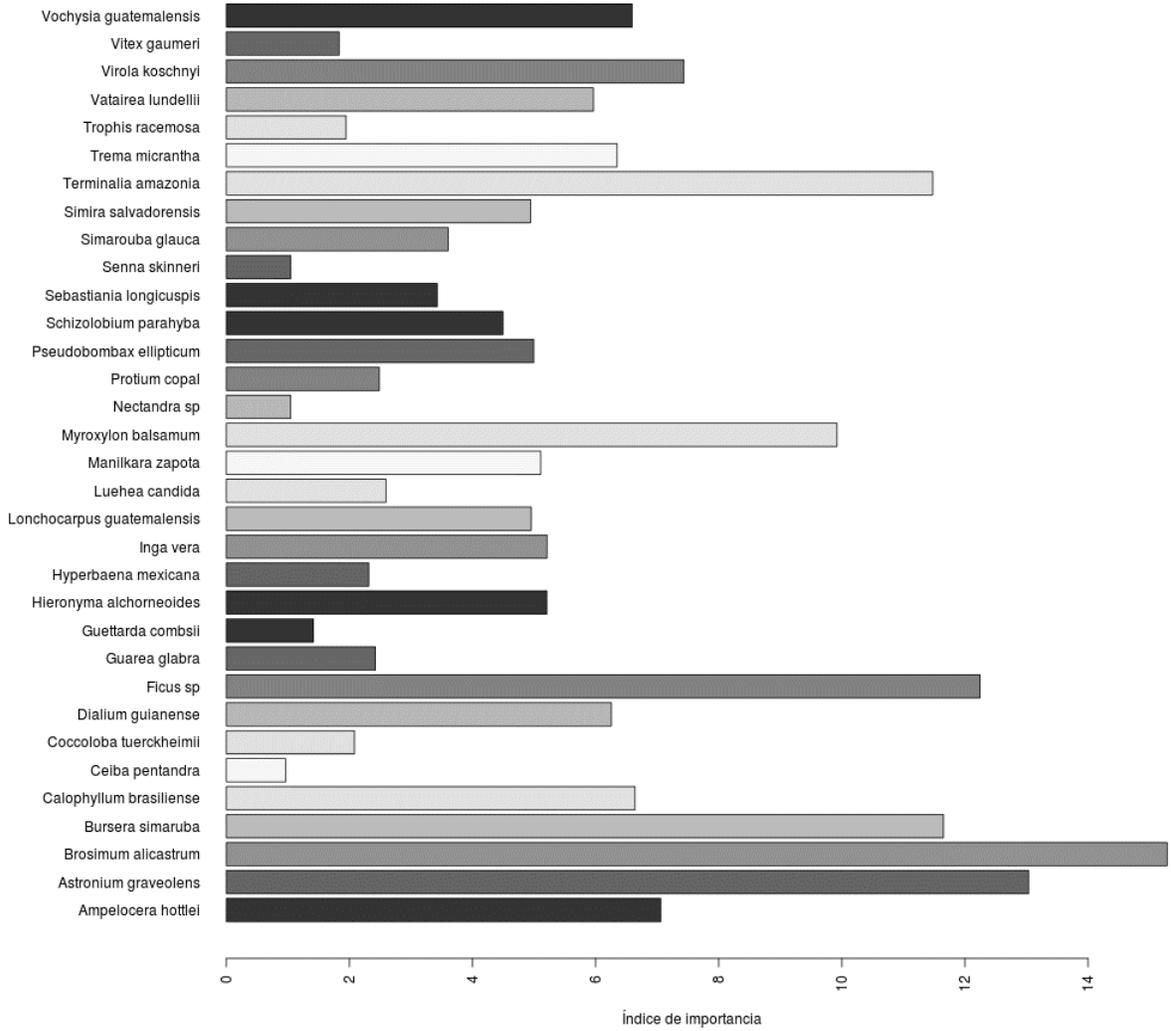


Especies forestales para uso en linderos. Elaboración propia



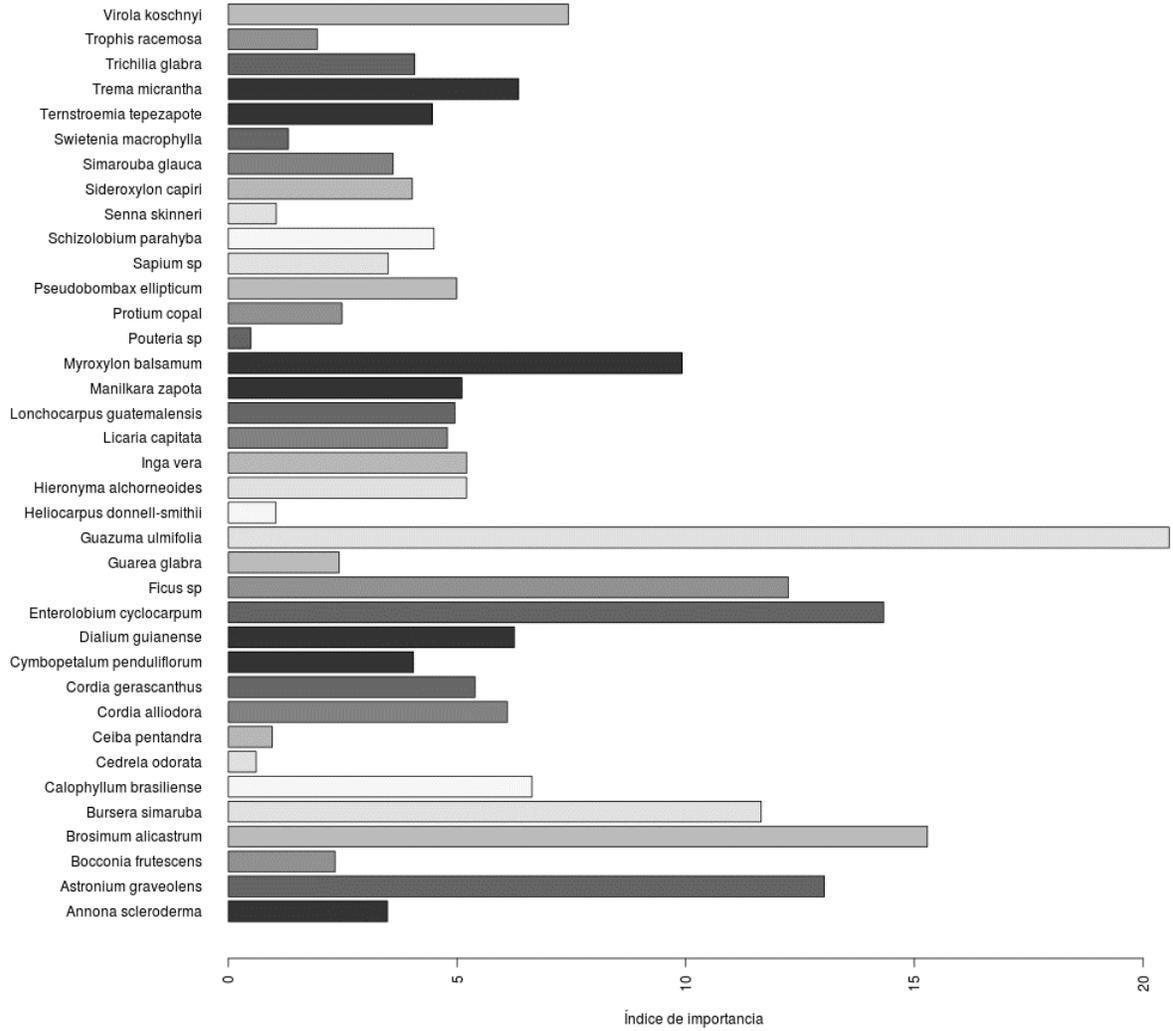
Especies forestales con potencial maderable. Elaboración propia

**Maderable**



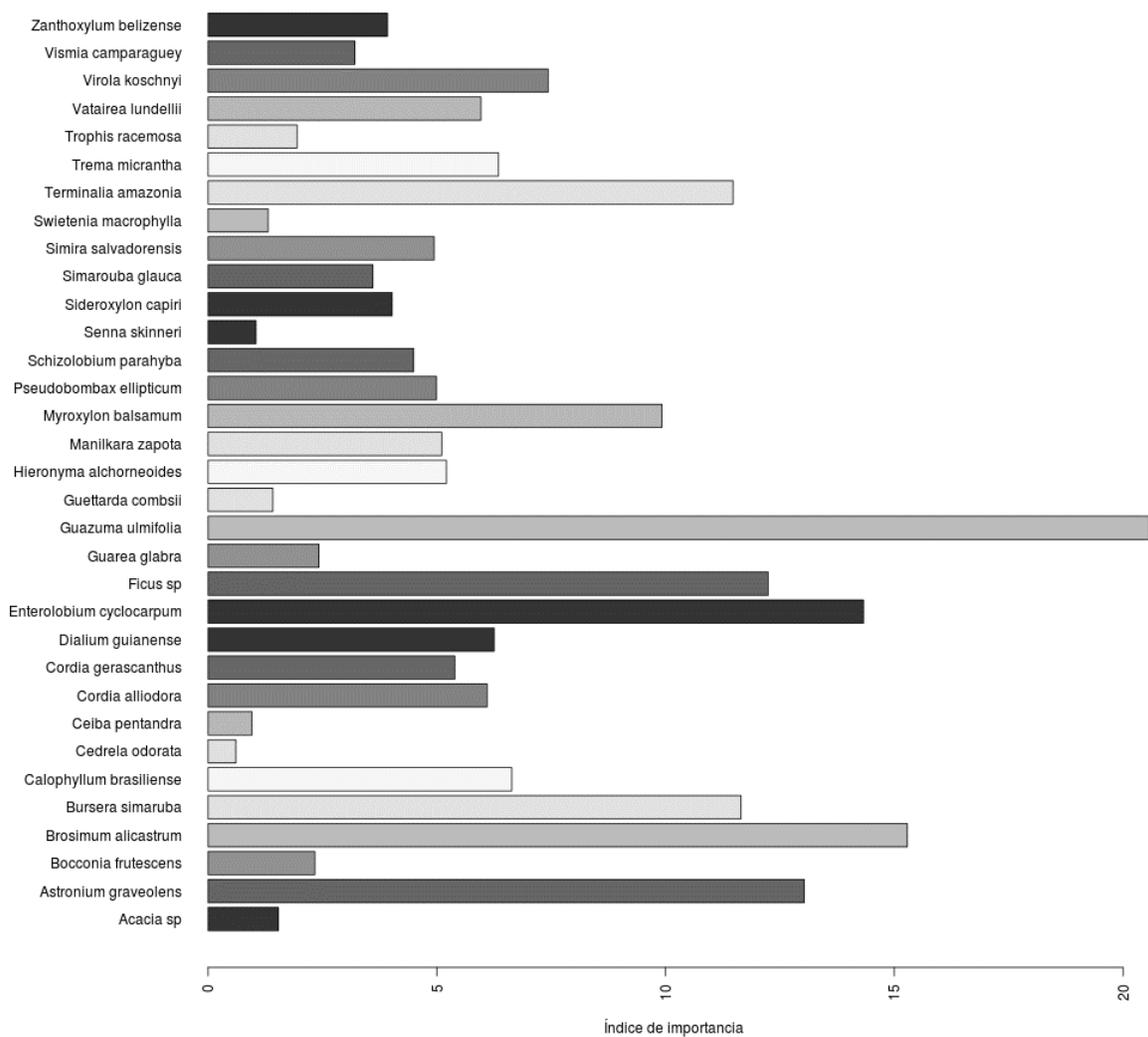
Especies forestales con propiedades medicinales. Elaboración propia

Medicinal

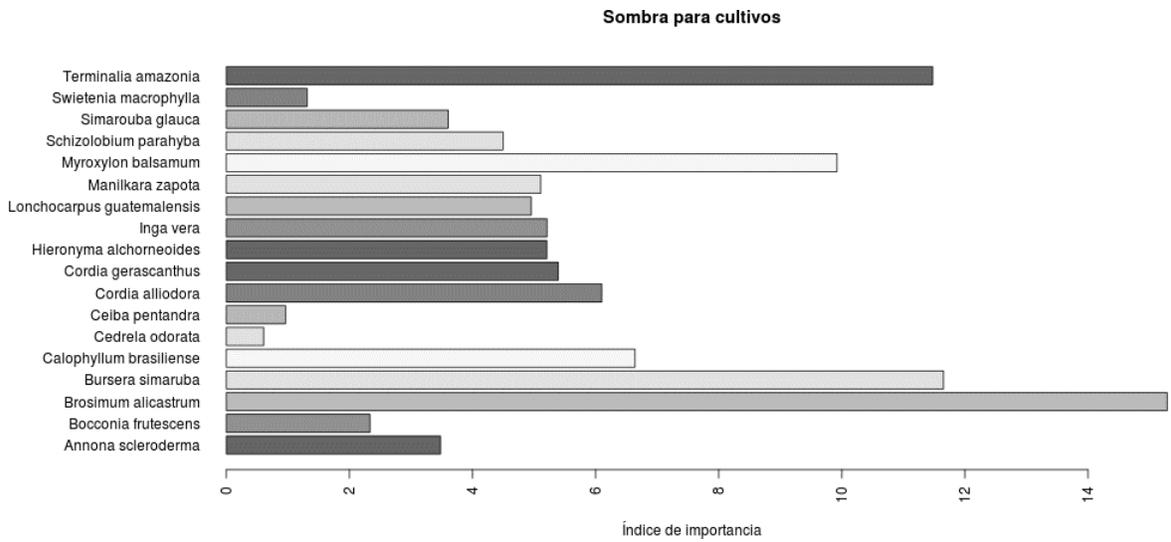


Especies forestales con potencial para proyectos de restauración. Elaboración propia

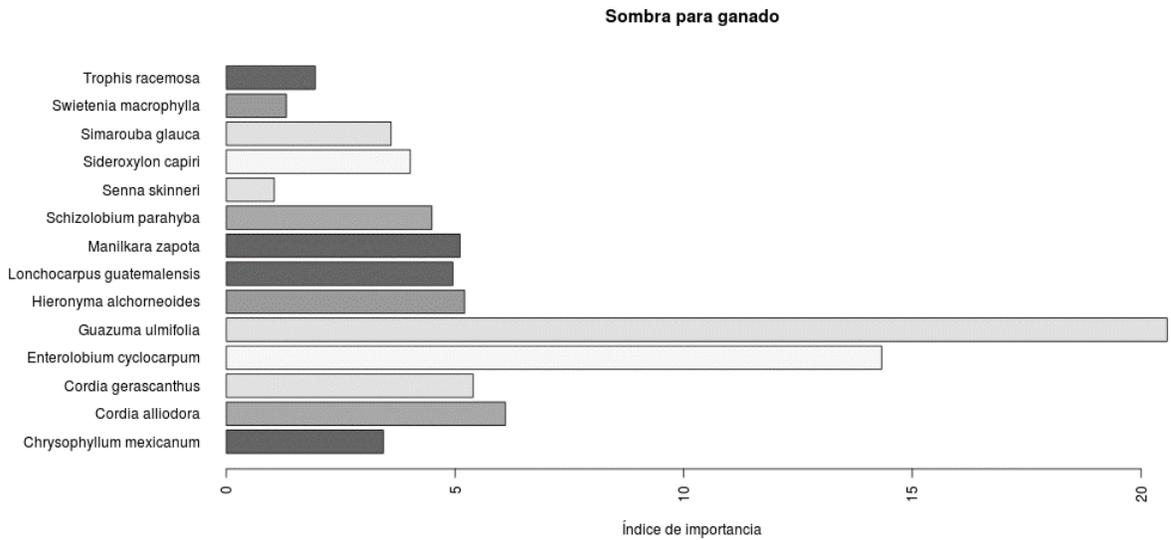
### Restauración



Especies forestales con potencial para utilizarse en sombra para cultivos. Elaboración propia



Especies forestales con potencial para utilizarse en sombra para ganado. Elaboración propia



**Anexo 9. Imágenes de Sierra Chinajá**



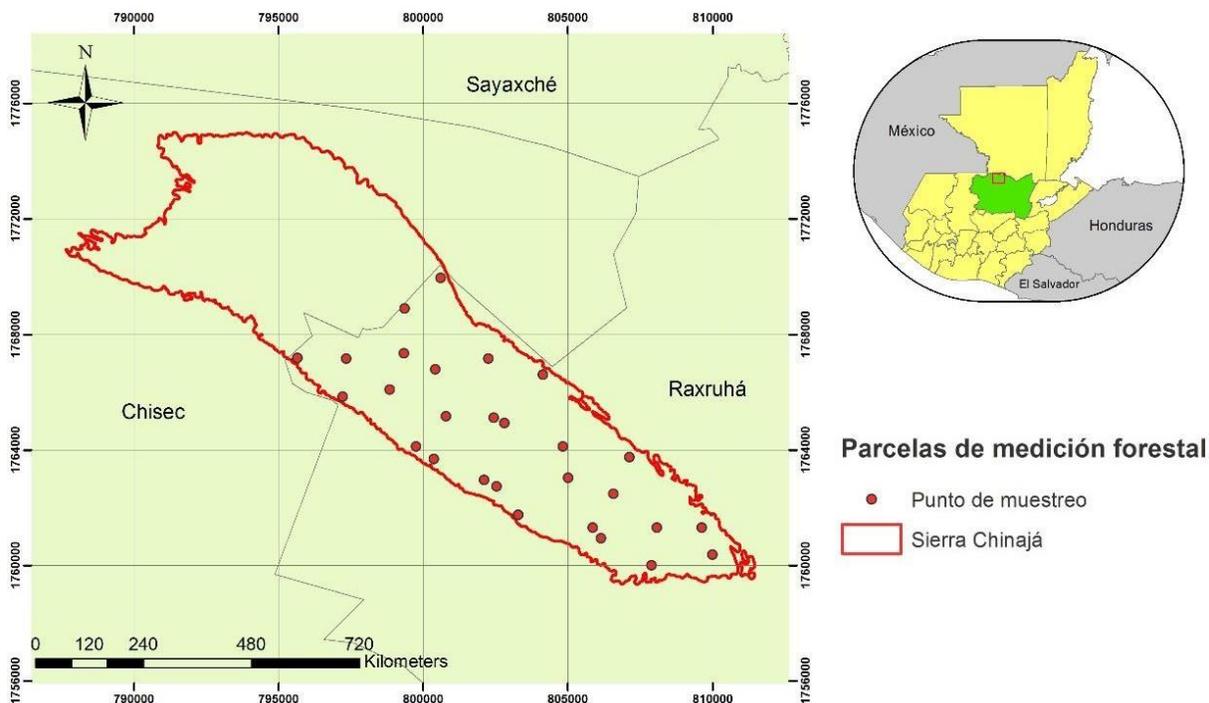
Bosque secundario de Sierra Chinajá, Alta Verapaz. Elena Siekavizza, 2017



Toma de coordenadas geográficas en puntos de muestreo. Elena Siekavizza, 2017

## **Anexo 10. Puntos de muestreo**

Mapa de puntos de muestreo de parcelas de medición forestal. Elaboración propia



Puntos de muestreo con coordenadas geográficas de parcelas de medición forestal en Sierra Chinajá

| No de parcela | Latitud   | Longitud   | No de parcela | Latitud   | Longitud   |
|---------------|-----------|------------|---------------|-----------|------------|
| 1             | 15.904109 | -90.136002 | 16            | 15.954950 | -90.189217 |
| 2             | 15.903118 | -90.100296 | 17            | 15.943727 | -90.172737 |
| 3             | 15.922598 | -90.115059 | 18            | 15.945707 | -90.142525 |
| 4             | 15.921608 | -90.138748 | 19            | 15.932172 | -90.154885 |
| 5             | 15.923258 | -90.159691 | 20            | 15.986307 | -90.217713 |
| 6             | 15.933493 | -90.165184 | 21            | 15.920287 | -90.153511 |
| 7             | 15.953630 | -90.154541 | 22            | 15.908089 | -90.137950 |
| 8             | 15.949338 | -90.177544 | 23            | 15.927835 | -90.144338 |
| 9             | 15.943396 | -90.194710 | 24            | 15.943845 | -90.172457 |
| 10            | 15.987297 | -90.191277 | 25            | 15.947489 | -90.187478 |
| 11            | 15.972775 | -90.206726 | 26            | 15.901998 | -90.122765 |
| 12            | 15.961882 | -90.226296 | 27            | 15.911718 | -90.123747 |
| 13            | 15.949669 | -90.217026 | 28            | 15.924678 | -90.132450 |
| 14            | 15.965183 | -90.199860 | 29            | 15.936421 | -90.152945 |
| 15            | 15.945707 | -90.182007 | 30            | 16.007678 | -90.200813 |

Elaboración propia

**Anexo 11.** Ficha de identificación de especies forestales presentes en Sierra Chinajá

