

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Occidente
División de Ciencia y Tecnología
Ingeniería en Gestión Ambiental Local

**COMPARACIÓN DE LAS ETAPAS DE SUCESIÓN ECOLÓGICA, ENTRE
UN SITIO REFORESTADO Y DOS BOSQUES NATURALES DEL
ALTIPLANO OCCIDENTAL DE GUATEMALA.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

Presentado a las autoridades de la División de Ciencia y Tecnología del Centro
Universitario de Occidente de la Universidad de San Carlos de Guatemala

Por:

MISHEL NORALÍ OCHOA OCHOA

Previo a conferirse el título de:

INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

En el grado académico de:

LICENCIADA

Asesor

PhD. Luis Arturo Sánchez Midence

Quetzaltenango, enero de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

AUTORIDADES

Rector Magnífico
Secretario General
Rodas

Dr. Carlos G. Alvarado Cerezo
Dr. Carlos Enrique Caméy

CONSEJO DIRECTIVO

Directora General del CUNOC
Cabrera
Secretario Administrativo

Msc. María del Rosario Paz

Msc. Silvia del Carmen Recinos

REPRESENTANTES DE LOS DOCENTES

Ing. Agr. Msc. Héctor Alvarado Quiroa
Ing. Edelman Monzón López

REPRESENTANTES DE LOS ESTUDIANTES

Br. Luis Ángel Estrada García
Br. Julia Hernández de Domínguez

REPRESENTANTE DE LOS EGRESADOS

Lic. Vilma Tatiana Cabrera Alvarado

DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

COORDINADOR DE LA CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL

Ing. Agr. Msc. Julio López Valdez

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXÁMEN TÉCNICO PROFESIONAL

PRESIDENTE:

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez

EXAMINADORES:

Inga. Agr. Msc. Floridalma Jacobs

Ing. Agr. Msc. Imer Vinicio Vásquez Velásquez

Ing. Agr. Msc. Jorge Morales Alistum

SECRETARIO

Ing. Agr. Msc. Julio López Valdez

NOTA; “Únicamente el autor es responsable de las doctrinas y opiniones sustentadas en la presente investigación” (Artículo 31 del Reglamento para Exámenes Técnicos Profesionales del Centro Universitario de Occidente. Y Artículo 19 de Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala).

Quetzaltenango enero de 2017

Quetzaltenango, enero de 2017

Honorable Consejo Directivo
Honorables Autoridades de la División de Ciencia y Tecnología
Honorable Mesa del Acto de Graduación y Juramentación

De conformidad con las normas que establece la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, del Reglamento general de evaluación y promoción del estudiante del Centro Universitario de Occidente; tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de graduación titulado:

**COMPARACIÓN DE LAS ETAPAS DE SUCESIÓN ECOLÓGICA, ENTRE
UN SITIO REFORESTADO Y DOS BOSQUES NATURALES DEL
ALTIPLANO OCCIDENTAL DE GUATEMALA.**

Como requisito para optar al título de Ingeniera en Gestión Ambiental Local en el grado de Licenciada.

Atentamente,


MISHEL NORALÍ OCHOA OCHOA

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
www.cytunoc.org



Quetzaltenango, 12 de enero de 2017

Lic. Roberto Méndez
Director de División
División de Ciencia y Tecnología
CUNOC.

Estimado Licenciado:

De manera atenta me dirijo a Usted para hacer de su conocimiento que, de acuerdo al nombramiento que me hiciera, he concluido la asesoría a la estudiante de la carrera de Ingeniería en Gestión Ambiental Local **MISHEL NORALI OCHOA OCHOA**, carné 201232151, titulado:

**"COMPARACIÓN DE LAS ETAPAS DE SUCESIÓN ECOLÓGICA
ENTRE UN SITIO REFORESTADO Y DOS BOSQUES NATURALES DEL
ALTIPLANO OCCIDENTAL DE GUATEMALA"**

En tal sentido, me permito informarle que el trabajo en mención reúne los requisitos exigidos por la Universidad para su publicación, así como constituye un aporte valioso en el proceso de consideración de variables para planificar procesos de recuperación forestal.

Sin otro particular, y agradeciendo de antemano la atención que se sirva brindar a la presente, me permito suscribirme, atentamente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

PhD. Luis Arturo Sánchez Midence
Asesor

*Luis Arturo Sánchez Midence
Dr. Ingeniero Agrónomo
Colegiado 1335*



Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario de Occidente

Quetzaltenango, 18 de enero de 2017.

Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez
Director División de Ciencia y Tecnología
Centro Universitario de Occidente.

Distinguido Director:

En atención al nombramiento emitido por esa dirección, con referencia GAL01-2017, me es grato informarle que he concluido la revisión del trabajo de graduación de la estudiante **Mishel Norali Ochoa Ochoa**:

"COMPARACIÓN DE LAS ETAPAS DE SUCESION ECOLOGICA, ENTRE UN SITIO REFORESTADO Y DOS BOSQUES NATURALES DEL ALTIPLANO OCCIDENTAL DE GUATEMALA"

Sobre el particular me permito manifestarle, que el estudio cumple con los requisitos necesarios que exige esta unidad académica para ser presentado como trabajo de graduación, además de ser un valioso aporte en el análisis de los procesos de sucesión ecológica, un tema básico para poder planificar los procesos de reforestación desde una perspectiva más integral, lo que permitirá en el futuro un uso más sostenible del bosque, que es uno de los recursos naturales más valiosos del país. Por lo que recomiendo su aprobación.

De Usted, deferentemente.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

Inga Agra, Florida Jacobs Reyes
Revisora



**CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE
DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA**

El infrascrito **DIRECTOR DE LA DIVISIÓN DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA** _____
Del Centro Universitario de Occidente ha tenido a la vista la **CERTIFICACIÓN DEL ACTA DE GRADUACIÓN** No. 001-GAL-2017 de fecha veinte de enero del año dos mil diecisiete del (la) estudiante: MISHEL NORALÍ OCHOA OCHOA con Carné No. 201232151 emitida por el Coordinador de la Carrera de GESTIÓN AMBIENTAL LOCAL, por lo que se **AUTORIZA LA IMPRESIÓN DEL TRABAJO DE GRADUACIÓN** titulado: "COMPARACIÓN DE LAS ETAPAS DE SUCESIÓN ECOLÓGICA, ENTRE UN SITIO REFORESTADO Y DOS BOSQUES NATURALES DEL ALTIPLANO OCCIDENTAL DE GUATEMALA."

Quetzaltenango, 20 de enero de 2017.

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"



Lic. Q.F. Aroldo Roberto Méndez Sánchez
Director de División de Ciencia y Tecnología

DEDICATORIA

A Dios:

Por haberme dado fuerza, paciencia y sabiduría para culminar esta etapa.

A mis padres, Sandra Ochoa y Helio Ochoa:

Por su ayuda y comprensión en todo momento, por estar dispuestos a sacrificar su propio bienestar por el de nosotros sus hijos. Este triunfo es para ustedes.

A mis hermanos, Crishna y Amy:

Por su ayuda y por los momentos que hemos compartido. Gracias a los dos por hacer mis días mejores. Este triunfo va para ustedes también.

A mi familia:

Gracias abuelita, tios y tias por su cariño y su apoyo.

A mis amigos Estefani y Pachequito:

Por enseñarme a soñar en grande y por compartir su grandeza conmigo. Agradezco tenerlos en mi vida y seguir disfrutando de su amistad.

A mis amigas Anghely y Sheily:

Porque los amigos dividen las cargas y multiplican las alegrías. Comparto este logro con ustedes porque han estado conmigo en las buenas y en las malas ¡Muchas gracias!

AGRADECIMIENTOS

Deseo expresar mi más sincero agradecimiento a:

Ing. Agr. Erick Ronaldo Triboullier Navas, por la identificación de las especies enlistadas en este trabajo, además de su invaluable asesoría y acompañamiento durante todo el proceso de investigación.

PhD. Luis Arturo Sánchez Midence, por sus valiosos aportes y revisión final del presente trabajo de investigación.

Ing. Agr. Juan Bolaños, por su genuina amistad y su gran apoyo en todo momento.

INDICE

CAPITULO I	1
1.1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.2 ANTECEDENTES	3
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.4 JUSTIFICACIÓN.....	5
1.5 OBJETIVOS.....	6
CAPITULO II.....	7
2.1 MARCO TEÓRICO	7
a) Biodiversidad.....	7
c) Bosques montanos	7
d) Amenazas a los bosques montanos en Guatemala.....	8
e) Prácticas forestales incompatibles con la conservación	8
f) Sucesión ecológica	9
g) Caracterización y modelo de la sucesión ecológica.	10
i) Manejo forestal.....	12
1) Repoblación forestal	12
2) Preparación del sitio.....	13
3) Prácticas silviculturales.....	13
4) Actividades de protección.....	13
CAPITULO III	17
3.1. MARCO REFERENCIAL	17
3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO	18
3.2. METODOLOGÍA.....	24
3.2.1 Etapa Preliminar	24
3.2.2 Etapa de Campo	25
3.2.3 Etapa de gabinete.....	27
3.2.3.3 Análisis de la información.....	27
CAPITULO IV	31
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	31
4.1 SITIO 1: Reforestación Cupressus lusitanica y Pinus hartwegii Lindl. (RCP).....	31
4.1.1 Composición florística.....	31
4.1.3 Descripción de la vegetación.....	32
a) Dominancia Relativa	32

b) Área basal, distribución diamétrica y altimétrica	33
c) Regeneración natural	33
4.2 SITIO 2: Bosque análogo <i>Alnus acuminata</i>	35
4.2.1 Composición florística.....	35
4.2.2 Especies endémicas	38
4.2.3 Descripción de la vegetación	39
4.2.3.3 Perfil medio.....	42
4.3 SITIO 3: Bosque análogo <i>Cupressus lusitanica</i>	42
4.3.1 Composición florística.....	42
4.3.2 Especies endémicas	45
4.3.3 Descripción de la vegetación.....	46
4.3.3.3. Perfil medio de la vegetación.....	49
4.4 COMPARACIÓN DE SITIOS ANÁLOGOS	49
a) Principales características geográficas y ecológicas	49
b) Principales características de composición.....	50
c) Principales características de estructura	50
d) Comparación de sitios por agrupación jerárquica de comunidades	51
CAPITULO V	53
5.1 CONCLUSIONES.....	53
5.2 RECOMENDACIONES	55
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	56
ANEXOS.....	57

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Índices de importancia en el sitio "Reforestación Cupressus lusitanica y Pinus"	33
Figura 2: Porcentaje de individuos por clase diamétrica en sitio "Reforestación Cupressus lusitanica y Pinus"	34
Figura 3: Porcentaje de individuos por clase altimétrica del sitio "Reforestación Cupressus lusitanica y Pinus"	34
Figura 4: Clases diamétricas bosque análogo Alnus acuminata.....	40
Figura 5: Índice de valor de importancia para especies arbóreas bosque análogo Alnus acuminata	41
Figura 6: Índice de valor importancia de especies arbustivas bosque análogo Alnus acuminata	41
Figura 7: Perfil medio de la vegetación arbórea bosque análogo Alnus acuminata.....	42
Figura 8: Índice de valor de importancia especies arbóreas presentes en bosque Cupressus lusitanica	48
Figura 9: Índice de valor de importancia de especies arbustivas del bosque Cupressus lusitanica	47
Figura 10: Distribución de individuos por clase diamétrica para el bosque análogo Cupressus lusitanica.....	48
Figura 11: Perfil medio de la vegetación arbórea bosque análogo Cupressus lusitanica	49
Figura 12: Dendograma de comunidades diferenciadas	52

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Serie de suelos Totonicapán y sus características	17
Tabla 2: Distribución de parcelas por cota altitudinal	25
Tabla 3: Especies arbóreas presentes en el sitio "Reforestación Cupressus lusitanica y Pinus"	31
Tabla 4: Especies de arbustos, hierbas y epífitas encontradas en el sitio "Reforestación Cupressus lusitanica y Pinus"	31
Tabla 7: Índices de importancia de las especies encontradas en el sitio "Reforestación Cupressus lusitanica y Pinus"	32
Tabla 6: Inventario de familias, géneros y especies arbóreas del bosque análogo Alnus acuminata	35
Tabla 7: Inventario de familias, géneros y especies arbustivas encontradas en el bosque análogo Alnus acuminata	36
Tabla 8: Inventario de familias, géneros y especies de helechos encontradas en el bosque análogo Alnus acuminata	36
Tabla 9: Inventario de familias, géneros y especies herbáceas del bosque análogo Alnus acuminata	37
Tabla 10: Inventario de familias, géneros y especies epífitas del bosque análogo Alnus acuminata	38
Tabla 11: Especies endémicas presentes en el bosque análogo Alnus acuminat	38
Tabla 12: Índice de Valor de Importancia de especies arbóreas bosque análogo Alnus acuminata	39
Tabla 13: Índice de Valor de Importancia de especies arbustivas del bosque análogo Alnus acuminata	39
Tabla 14: Inventario de familias, géneros y especies arbóreas del bosque análogo Cupressus lusitanica	43
Tabla 15: Inventario de familias, géneros y especies arbustivas encontradas en el bosque análogo Cupressus lusitanica	43
Tabla 16: Inventario de familias, géneros y especies de helechos encontradas en el bosque análogo Cupressus lusitanica	44
Tabla 17: Inventario de familias, géneros y especies herbáceas del bosque análogo Cupressus lusitanica	44
Tabla 18: Inventario de familias, géneros y especies epífitas del bosque análogo Cupressus lusitanica	45
Tabla 19: Especies endémicas presentes en el bosque análogo Cupressus lusitanica	45
Tabla 20: Índice de Valor de Importancia de especies arbóreas bosque análogo Cupressus lusitanica	46
Tabla 21: Índice de Valor de Importancia de especies arbustivas del bosque análogo Cupressus lusitanica	46
Tabla 22: Descripción de las principales características geográficas y ecológicas de los sitios de estudio, en la aldea Chiquisis (Reforestación Cupressus-Pinus y bosque análogo Alnus acuminata) En la aldea Vásquez (bosque análogo Cupressus lusitanica)	49
Tabla 23: Principales características de composición de los tres sitios de estudio	50
Tabla 24: Principales características de composición de los tres sitios de estudio	50
Tabla 25: Coeficiente de comunidad de Sorensen	51
Tabla 26: Clave de número de parcela por sitio	52

INDICE DE MAPAS

Mapa 1: Ubicación sitio BRC en la aldea Chiquisis, Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá ...	19
Mapa 2: Ubicación bosque natural <i>Alnus acuminata</i> , Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá..	21
Mapa 3: Ubicación bosque análogo <i>Cupressus lusitanica</i> , ubicando en la aldea Vásquez, Totoncapán	23

RESUMEN

Las acciones de reforestación en áreas degradadas con un número mínimo de especies, generalmente de rápido crecimiento como *Cupressus lusitanica*, puede reducir la riqueza y diversidad de los bosques montanos.

Para fines de esta investigación se comparó la composición y estructura de la vegetación leñosa de un área reforestada con *Cupressus lusitanica* y *Pinus harwegii* Lindl., establecida en el año 1995 en la aldea Chiquisis, Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá, con la de un bosque mixto, clasificado de acuerdo al modelo de sucesión ecológica realizado por (Natareno Franco, 1981) en la etapa *Alnus*-maduro, que se encuentra bajo jurisdicción de la aldea Chiquisis; durante el proceso de esta investigación se pudo determinar que algunas de las características de este bosque corresponden a las de un bosque perturbado por lo que fue necesario recurrir al análisis de un tercer sitio.

El tercer sitio, corresponde al bosque dominado por la especie *Cupressus lusitanica*, en etapa de sucesión natural avanzada, jurisdicción de la Aldea Vásquez, Totonicapán, Totonicapán.

Los tres tipos de bosque presentaron diferencias significativas en cobertura, riqueza y diversidad de especies leñosas. La mayor área basal de árboles grandes se registró en el bosque dominado por *C. lusitanica* en etapa de sucesión natural avanzada, seguido del sitio reforestado y la más baja en el bosque mixto dominado por *Alnus acuminata*.

En relación a la densidad de árboles por hectárea la mayor cantidad se encuentra en el sitio reforestado (1,030) lo que representa una densidad tres veces mayor a la que se encuentra de forma natural en los bosques análogos, seguido por el bosque en etapa de sucesión ecológica avanzada (300) y con menor densidad el bosque mixto (280).

La mayor diversidad de especies arbóreas se encontró en el bosque mixto *A. acuminata* (11) seguido del sitio en etapa de sucesión natural avanzada (4) y la menor diversidad se encontró en el sitio reforestado (2). En relación a las especies arbustivas la mayor diversidad se encontró en el bosque mixto (20), seguido por el bosque en etapa de sucesión natural avanzada (18) y la más baja en el sitio reforestado (1).

Se concluye que la reforestación después de más de 20 años no ha sido efectiva para recuperar las funciones de conservación de la diversidad de los bosques aledaños no permitiendo el establecimiento del ochenta por ciento de las especies adaptadas localmente.

ABSTRACT

Reforestation in degraded areas with a minimum number of species, generally fast growing as *Cupressus lusitanica*, can reduce the richness and diversity of montane forests.

For the purposes of this research the composition and structure of the woody vegetation of an area reforested with *Cupressus lusitanica* and *Pinus harwegii* Lindl, established in 1995 in Chiquisis, Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá, with a mixed forest, classified according to the ecological succession model carried out by (Natareno Franco, 1981) in the stage *Alnus*-mature, that is under the jurisdiction of the village Chiquisis; during the process of this investigation it was possible to determine that some of the characteristics of this forest correspond to those of a disturbed forest, so it was necessary to resort to the analysis of a third site.

The third site, corresponds to the forest dominated by the species *Cupressus lusitanica*, in the stage of advanced natural succession, jurisdiction of the Vásquez Village, Totonicapán, Totonicapán.

The three types of forest presented significant differences in the coverage, richness and diversity of woody species. The largest basal area of large trees was recorded in the forest dominated by *C. lusitanica* in advanced natural succession stage, followed by the reforested site and the lowest in the mixed forest dominated by *Alnus acuminata*.

In relation to the density of trees per hectare the greatest amount is in the reforested site (1,030) which represents a density three times greater than the one found naturally in the analogous forests, followed by the forest in succession stage (300) and with less density mixed forest (280).

The greatest diversity of tree species was found in the mixed forest *A. acuminata* (11) followed by the site in advanced natural succession stage (4) and the lowest diversity was found at the reforested site (2). In relation to shrub species, the greatest diversity was found in the mixed forest (20), followed by the forest in the stage of advanced natural succession (18) and the lowest in the reforested site (1).

It is concluded that the reforestation after more than 20 years has not been effective to recover the functions of conservation of the diversity of the surrounding forests, not allowing the establishment of eighty percent of the species adapted locally.

CAPITULO I

1.1 INTRODUCCIÓN

Los bosques de montaña, albergan una alta diversidad biológica y cumplen funciones ecológicas como la regulación climática, conservación de biodiversidad y provisión de agua, además de servir como elemento cultural integrador para numerosas poblaciones humanas establecidas a sus alrededores (Konijnendijk, 2008). Pero es la misma presencia de poblaciones humanas la que ha provocado la deforestación y empobrecimiento de los bosques.

Actualmente, las acciones de restauración o rehabilitación forestal, se realizan exclusivamente para lograr la repoblación de los sitios que, de manera natural o por influencia humana, han perdido su cobertura vegetal (Cervantes, Carabias, & Arriaga, 2008). Regularmente se realizan planes de reforestación utilizando especies de rápido crecimiento como el ciprés (*Cupressus lusitanica*). Debido a que esta especie es maderable, su uso es promovido por programas locales y regionales de reforestación, pero muy pocas veces se consideran los impactos ecológicos, ya sean favorables o nocivos, que puedan tener sobre la estructura y el funcionamiento del bosque (Cervantes, Carabias, & Arriaga, 2008).

Existen diferentes opiniones con respecto a si las actividades de reforestación (con un número mínimo de especies) son realmente efectivas para recuperar los diversos atributos y valores del bosque. Por ejemplo, han surgido evidencias de que las plantaciones de árboles en sitios altamente degradados, pueden acelerar la sucesión vegetal (Luego, Parrota, & Brown, 1993). Otros (Parrota, 1992) indican que las especies de rápido crecimiento y tolerantes a condiciones extremas, modifican algunas condiciones desfavorables del suelo y el microclima, para crear nuevas condiciones que promueven el arribo paulatino de las especies locales, lo que conlleva a una recuperación de la estructura y función del bosque.

Autores como (Richter, Markewitz, Trumbore, & Wells, 1999) señalan que las plantaciones tienden a acelerar la degradación del suelo y otros procesos biológicos del bosque.

Debido a este debate, es necesario evaluar el éxito de las acciones de reforestación y restauración forestal. Una forma de hacerlo es evaluando las condiciones de estructura y composición de especies leñosas del sitio reforestado, que estarán directamente relacionadas con las prácticas de manejo forestal utilizadas, en comparación con un ecosistema análogo.

El presente estudio fue realizado en tres sitios montañosos comprendidos en la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo subtropical (bmh-MB), para el cual se realizó el estudio de la vegetación de cada uno de los sitios. Se denominó como sitio número uno la reforestación con *Cupressus lusitanica* y *Pinus harwegii* Lindl. establecida en el año 1995 en la aldea Chiquisis, Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá.

El segundo sitio representa un ecosistema análogo y corresponde al bosque mixto, clasificado de acuerdo al modelo de sucesión ecológica realizado por (Natareno Franco,

1981) en la etapa *Alnus*-maduro, que se encuentra bajo jurisdicción de la aldea Chiquisis; durante el proceso de esta investigación se pudo determinar que algunas de las características de este bosque corresponden a las de un bosque perturbado por lo que fue necesario recurrir al análisis de un tercer sitio.

El tercer sitio, corresponde al bosque dominado por la especie *Cupressus lusitanica*, en etapa de sucesión natural avanzada, jurisdicción de la Aldea Vásquez, Totonicapán, Totonicapán.

Se propone que el análisis de la vegetación de los sitios mencionados, permita conocer si las actividades de reforestación implementadas en el área son compatibles con los procesos de sucesión ecológica de los bosques y, de esta manera, generar recomendaciones que permitan la conservación de la biodiversidad de flora adaptada localmente.

1.2 ANTECEDENTES

El Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB, 1992) define la biodiversidad o diversidad biológica como: “la amplia variedad de seres vivos sobre la tierra y los patrones naturales que conforma”. Plantea que la diversidad biológica que observamos hoy, es el fruto de miles de millones de años de evolución, moldeada por procesos naturales y, cada vez más, por la influencia del ser humano.

Esta diversidad forma la red vital de la cual somos parte integrante y de la cual tanto dependemos. Con frecuencia, se entiende por diversidad la amplia variedad de plantas, animales y microorganismos existentes. (Secretaría del Convenio sobre Diversidad Biológica, 2000)

Esta variedad de elementos y sus interacciones con el resto de componentes de nuestro planeta, han hecho que la tierra sea un lugar apto para la vida, ya que de ellos se derivan una gran cantidad de bienes y servicios que la sustentan.

Existen diferentes maneras de evidenciar la pérdida de la diversidad biológica, pero la evidencia fundamental es la extinción de las especies, la que, si bien es sabido, ocurre de forma natural sin la intervención del ser humano, en la actualidad está ocurriendo a un ritmo acelerado.

Bajo este contexto, en el año 2016 surge una iniciativa establecida en Guatemala a través del Programa de Pequeñas Donaciones del Fondo para el Medio Ambiente Mundial, implementado por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo –PPD-, para brindar financiamiento a las comunidades que posean una estrecha relación con sus recursos naturales y territorio, como una estrategia para la implementación de acciones dirigidas a la conservación de ecosistemas y diversidad biológica.

Una de las comunidades priorizadas para acceder a esta iniciativa fue la aldea Chiquisis, Santa Catarina Ixtahucán, Sololá, por sus características de organización comunitaria y la relación de sus habitantes con su territorio, reconocido a la vez como de gran importancia ecológica.

Generalmente los esfuerzos de recuperación de ecosistemas contemplan el establecimiento de reforestaciones. Sin embargo, según la recopilación y análisis de información que ha realizado el Consejo Nacional de Áreas Protegidas -CONAP-, dentro de las causas fundamentales de la pérdida de biodiversidad en Guatemala, se encuentra el manejo no integrado de los componentes de la biodiversidad. (CONAP, 2008)

En la aldea Chiquisis, existen ya antecedentes de esfuerzos de recuperación de ecosistemas. Ejemplo de esto es una reforestación que fue establecida hace aproximadamente 21 años con la especie *Cupressus lucitanica* como predominante y *Pinus hartwegii* Lindl., con una extensión 15 ha que posee conexión directa con el bosque natural del área. A pesar de que esta plantación posee dos especies presentes en el bosque natural, a simple vista se puede apreciar que durante este tiempo no se han establecido otras especies pertenecientes al componente herbáceo y arbustivo o que la presencia de estas es muy limitada.

Esto es importante ya que permite, a través del estudio de la vegetación de diferentes sitios análogos, evidenciar si las prácticas de manejo implementadas en el sitio reforestado han creado o limitado oportunidades para el enriquecimiento natural de especies, a partir de factores como la presencia de áreas vecinas de vegetación original.

1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según el Instituto Nacional de Bosques -INAB- la tasa de deforestación anual en Guatemala registrada para el año 2011 se estimó en 100,000 ha, descontando el porcentaje de áreas reforestadas, esta pérdida correspondería a un 48% de pérdida neta de bosques en su estado natural (Morales, 2011), lo que significa una pérdida de bosque acelerada.

Una de las estrategias mayormente utilizada en el país para contrarrestar esta problemática ha sido la implementación de reforestaciones de carácter voluntario u obligatorio, y en su mayoría se han implementado como un método de reposición del componente arbóreo. Esto significa favorecer el desarrollo de algunas especies en particular que, al adquirir el predominio, forman una nueva comunidad; sin embargo, muy pocas veces se prioriza la rehabilitación de las funciones ecológicas de los bosques como por ejemplo la capacidad de conservación de la diversidad de flora.

Este es el caso de la aldea Chiquisis, Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá, ya que en el año 1995 se realizó una reforestación de 15 ha, con el fin de repoblar una parte del área deforestada. Las especies utilizadas fueron *Cupressus lusitanica* y *Pinus hatwegii* Lindl.

Esta investigación permitió evidenciar a través de la comparación de las características de estructura y composición del sitio reforestado con dos sitios naturales en diferente etapa de sucesión ecológica, si el sitio reforestado cumple con la función de conservación de la riqueza florística y si ha favorecido el avance en el proceso de sucesión ecológica o, por el contrario, lo ha limitado.

1.4 JUSTIFICACIÓN

Una limitante que se ha encontrado para una mejor planificación de estrategias de restauración de bosques, es que son muy pocas las experiencias de trabajo con plantaciones de especies forestales nativas no tradicionales. En Guatemala, las acciones generalmente se orientan a re-plantar o convertir bosques mixtos naturales en plantaciones mono-especie o plantaciones de especies exóticas aprobadas por los respectivos institutos forestales nacionales (Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica, 2008).

Para diseñar planes de restauración y gestión forestal sostenible, resulta imprescindible conocer la estructura y composición de los bosques naturales, ya que la heterogeneidad estructural y la diversidad de especies del componente arbóreo contribuyen a preservar la diversidad de organismos forestales, especialmente aves, insectos, organismos epífitos y plantas del sotobosque (Rozas Ortiz).

Actualmente, la aldea Chiquisis forma parte de las comunidades priorizadas por el - PPD FMAM PNUD- para el trabajo en su siguiente fase, que tiene como objetivo el financiamiento de proyectos de conservación de ecosistemas y diversidad biológica.

Si bien la aldea Chiquisis cumple con varios de los requisitos para poder ser parte del programa de financiamiento, tales como: una fuerte relación de los habitantes con sus recursos naturales, organización comunitaria y haber realizado esfuerzos de conservación, no existe información a nivel local que determine aspectos importantes a tomar en cuenta para asegurar que los esfuerzos realmente contribuyan a mantener el proceso de sucesión natural en el área.

En la aldea Chiquisis ya han existido esfuerzos de restauración del bosque. Evidencia de esto es una plantación establecida hace aproximadamente 21 años con la especie *Cupressus Lucitanica*, con una extensión de 15 ha que posee conexión directa con el bosque natural (también motivo de análisis en este estudio). Sin embargo, se puede apreciar claramente que en dicha plantación ha existido poca o nula regeneración de otros estratos presentes en el bosque natural, proceso que pudo haber sido facilitado por dispersores naturales.

Este estudio pretende analizar, por lo tanto, las prácticas de manejo forestal implementadas en dicha plantación, que condicionan las diferencias de composición y estructura en relación al bosque mixto perteneciente a la aldea Chiquisis, además de analizar las características del bosque comunal de la Aldea Vásquez que se encuentra en una etapa de sucesión ecológica natural avanzada y que posee poca degradación e intervención humana.

El análisis de estos sitios será de gran importancia, ya que permitirá efectuar recomendaciones de prácticas de restauración ecológica que permitan la conservación de la heterogeneidad de los bosques y, por lo tanto, contribuir a la conservación de la diversidad biológica, aplicables no solamente al área de estudio en particular, sino además a otros sitios que posean características climáticas, atmosféricas, edáficas y fisiográficas similares al sitio de estudio.

1.5 OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo general

Comparar las características de estructura y composición de especies vegetales de un sitio reforestado ubicado en la aldea Chiquisis, Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá, con dos bosques naturales en diferentes etapas de sucesión ecológica.

1.5.2. Objetivos específicos

- Determinar la etapa de sucesión ecológica en que se encuentra la vegetación de dos bosques naturales ubicados en un área del altiplano occidental de Guatemala.
- Detallar las características de composición y estructura de un sitio reforestado ubicado en la aldea Chiquisis, Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá y dos bosques naturales en diferentes etapas de sucesión ecológica.
- Establecer las diferencias existentes de riqueza florística y estructura de la vegetación entre un sitio reforestado en la aldea Chiquisis y dos bosques naturales en diferentes etapas de sucesión ecológica.
- Analizar si la comunidad vegetal de un sitio reforestado en la aldea Chiquisis, Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá, es compatible con el proceso de sucesión ecológica que tiene lugar en dos bosques naturales en diferentes etapas de sucesión ecológica.

CAPITULO II

2.1 MARCO TEÓRICO

a) Biodiversidad

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB, 1992), la define como “la variabilidad de organismos vivos de cualquier fuente, incluidos, entre otras cosas, los ecosistemas terrestres y marinos y otros ecosistemas acuáticos y los complejos ecológicos de los que forman parte; comprende la diversidad dentro de cada especie, entre las especies y de los ecosistemas”; y como término más globalizador: “expresión de la discontinuidad de la vida en la Tierra en sus diferentes manifestaciones: genes, especies, poblaciones, comunidades, paisajes, culturas, así como el reparto de su abundancia y distribución espacial”.

La diversidad biológica desempeña un papel primordial en el mantenimiento de ecosistemas que prestan servicios esenciales y son cimientos fundamentales para el desarrollo sostenible y el bienestar humano (CDB, 1992).

b) Diversidad biológica en Guatemala

Guatemala se encuentra dentro de los países con mayor índice de biodiversidad de la Tierra que se denominan megadiversos, nueve de estos se encuentran en América (México, Guatemala, Costa Rica, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Bolivia y Venezuela), cuatro en África y seis en Asia.

Se estima que en conjunto albergan más del 70% de la biodiversidad del planeta, suponiendo sus territorios el 10% de la superficie del planeta (CONAP, 2008).

Dentro de este contexto es importante hacer notar que el país cuenta con una alta diversidad biológica y cultural, condiciones que entre otros factores hacen imprescindible la regulación del uso y conservación de su biodiversidad (CONAP, 2011).

c) Bosques montanos

Generalmente presentes en la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo subtropical, esta presenta una topografía bastante accidentada. Tiene elevaciones desde 1800 a 3000 msnm. Tiene una temperatura de 12.5 a 18.6 °C (SEGEPLAN, 2010).

Ecológicamente, la región presenta una riqueza en biodiversidad muy importante principalmente por tener un alto número de especies endémicas de plantas, mamíferos, aves e insectos (The nature conservacy / Universidad del Valle Guatemala, 2010).

Las asociaciones vegetales que predominan están conformadas por especies de pinus y Quercus, la presencia de otras especies arbóreas como Alnus y Liquidambar varía según las condiciones de suelo, temperatura y humedad de los sitios. Se han registrado un total de 10 especies de pinos y 42 especies de encinos, las cuales varían en su distribución de norte a sur, siendo Guatemala el país con mayor riqueza de especies tanto de Pinus como de Quercus (The nature conservacy / Universidad del Valle Guatemala, 2010).

d) Amenazas a los bosques montanos en Guatemala

Las principales presiones que sufren estos bosques son: a) Pérdida y fragmentación del hábitat y b) Degradación de la composición y estructura de los bosques. Estas dos presiones tienen un alcance muy alto en toda la región y de continuar las tendencias actuales, pueden deteriorar severamente los bosques (Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica, 2008). Las amenazas más importantes son:

1. Prácticas forestales insostenibles e incompatibles con la conservación
2. Incendios forestales
3. Avance de la frontera agropecuaria y pastoreo
4. Extracción de leña y madera rolliza
5. Aprovechamiento ilegal de madera
6. Plagas forestales

e) Prácticas forestales incompatibles con la conservación

La amenaza más fuerte identificada durante los talleres nacionales y regionales realizados por The Nature Conservancy y Fundación Defensores de la Naturaleza, como parte de la Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica, está relacionada con el mal manejo de los bosques, es decir, las prácticas forestales insostenibles e incompatibles con la conservación (Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica, 2008).

Resulta interesante que la mayoría de las medidas tomadas en el mercado mundial de la madera tengan sus orígenes en la preocupación del mantenimiento de la diversidad biológica del Neotrópico y trópico mundial (Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica, 2008).

Los criterios para considerar una buena práctica forestal, contemplan: la conservación de la diversidad biológica, del suelo y agua; la contribución con el ciclo de carbono (síntesis, captura y secuestro); el mantenimiento de la salud, viabilidad del ecosistema y de la capacidad productiva; el mantenimiento y mejoramiento a largo plazo de los beneficios socioeconómicos y el desarrollo de marcos legales e institucionales sobre la conservación y manejo de bosques (syrie & Cubbage, 2003)

Bajo el concepto anterior, se presume que son escasos los ejemplos de manejo forestal adecuado en América Latina. Los bosques naturales de la ecoregión están, en cierto modo, aprovechándose sin un manejo forestal sostenible o certificado y se reportan bajas en la productividad natural (Albuquerque, Brustein, & Wainez, 2000)

Guatemala posee un marco legal y acciones orientadas a favorecer y aprovechar sostenidamente el recurso bosque en sus condiciones naturales y en plantaciones. Las acciones se orientan hacia el aprovechamiento sostenible mediante incentivos forestales para recuperar zonas desprovistas de vegetación. Un aspecto negativo de la debilidad de la aplicación de este marco legal de aprovechamiento son las talas rasas que afectan la vulnerabilidad ambiental, la conservación del suelo, la producción de agua, la fragmentación del bosque y la pérdida de diversidad al re-plantar o convertir bosques

mixtos naturales en plantaciones mono-especie o plantaciones de especies exóticas aprobadas por los respectivos institutos forestales nacionales (Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica, 2008).

f) Sucesión ecológica

Una vez que la fuente responsable de la perturbación en un ecosistema desaparece, comienza un proceso de regeneración natural.

Las modificaciones causadas por la perturbación pueden originar cambios en el hábitat y sobre las especies dominantes de la comunidad, lo suficientemente importantes para determinar la sustitución de la comunidad existente por otra nueva, o para producir importantes fluctuaciones en la abundancia de ciertas especies vegetales y/o animales dentro de la misma comunidad. Cuando existe una sucesión relativamente definida de las comunidades dentro de un área, se conoce como sucesión ecológica (Sutton & Harmon, 1973).

Los seres vivos modifican su propio hábitat hasta el punto que una determinada comunidad tiene que ceder el paso a otra, de muy diferentes maneras (Clarke, 1971) .

Todas las especies animales y vegetales incrementan el número, el tamaño de sus miembros, o ambas cosas conjuntamente; por ello, las condiciones de la comunidad cambian, debido al desarrollo de sus componentes, aunque no varíe su composición específica, pero la cantidad total de material viviente presente en el área tiende a ser mayor (Natareno Franco, 1981).

Todo esto nos indica, que las condiciones modificadas por las diferentes actividades de los habitantes del área puedan favorecer el desarrollo de algunas especies diferentes de aquellas que han predominado hasta entonces en el área. Cuando ello ocurre, pronto adquieren preponderancia otras especies diferentes de vegetales y animales; estas pueden ser tanto especies ya presentes en el área en estado de subordinación, como especies invasoras procedentes de fuera del área (Natareno Franco, 1981).

Al adquirir el predominio una o más especies, se forma una nueva comunidad; su establecimiento constituye un paso en la sucesión ecológica del área (Clarke, 1971).

No obstante, aun cuando los animales no pueden considerarse de ninguna manera como agentes pasivos la sucesión ecológica de un ecosistema, los cambios más significativos los producen los vegetales. Así, las sucesiones se llaman a menudo sucesiones vegetales (Wener Junior & Benton, 1976).

El establecimiento de una comunidad colonizadora en un área despoblada (comunidades pioneras) y la sustitución de esta comunidad y de las comunidades siguientes en la sucesión ecológica, dependen en primer lugar, de que las nuevas especies pueden alcanzar el área (Wener Junior & Benton, 1976); a esta presión incesante se opone la existencia de barreras que retardan o impiden el movimiento de ciertas especies, pudiendo éstas, ser barreras físicas o biológicas (Natareno Franco, 1981).

Para que una nueva especie pueda invadir un área no sólo debe disponer de algún medio para llegar a la nueva “localidad”, sino además debe poder desarrollarse y reproducirse bajo las condiciones allí existentes; al establecimiento favorable de la nueva especie se le denomina Proceso de ecésis (Clarke, 1971).

Las especies que han invadido con éxito un área predominan en ella, durante cierto tiempo, constituyendo una comunidad cerrada, no pueden establecerse allí al principio, nuevas especies; corriendo el tiempo, las condiciones se van modificando y los miembros de la comunidad existente no pueden luchar ya con éxito frente a los invasores. Un nuevo tipo dominante consigue establecerse al fin y una nueva comunidad sucede a la antigua (Natareno Franco, 1981).

Las comunidades se van sucediendo hasta que, en múltiples ocasiones, se alcanza un tipo de comunidad que no puede ser ya desplazada en las condiciones existentes, a esta comunidad se le denomina Comunidad Clímax (Clarke, 1971).

La sucesión de la vegetación se debe a los cambios en la relación cuantitativa de las especies permanentes de una comunidad o a la alteración de su composición florística. No todos los cambios de especies deben ser considerados estados de la sucesión. Puede hablarse de sustitución de una comunidad dinamo genética por otras, sólo cuando se perturba el equilibrio preexistente y se altera la uniformidad de la vegetación dominante (Braun-Blanquet, 1979).

Se llama sere a la serie de etapas genéticamente relacionadas que se suceden regularmente unas a otras. Un sere incluye por lo menos una etapa precursora. En general varias de transición y una terminal. La independencia de la sere se mide por el número, estructura y la duración de las etapas. Si el transcurso de la sucesión presenta pequeñas fluctuaciones que no permiten el establecimiento de una sere bien caracterizada puede hablarse de Seres Variables (Braun-Blanquet, 1979). Cada etapa seral conduce, entonces, a la etapa terminal: La Clímax (Natareno Franco, 1981).

Todas las seres que conducen hacia la clímax son Progresivas. Las sucesiones retrógradas, es decir, que se alejan de la clímax, son provocadas por el hombre o los animales como plagas o pastoreo (Natareno Franco, 1981).

g) Caracterización y modelo de la sucesión ecológica en una región del Altiplano Occidental de Guatemala.

El modelo de sucesión ecológica que a continuación se describe, es el resultado del estudio realizado por el Ing. Agr. Juan José Natareno Franco en el año 1981 (Natareno Franco, 1981), dicho estudio fue realizado con el objetivo de caracterizar y preparar un modelo de la sucesión ecológica de una región del altiplano occidental de Guatemala, en la que el aprovechamiento irracional y el ataque del gorgojo de pino en sus comunidades, se encontraba disturbando el proceso (Natareno Franco, 1981). Los resultados obtenidos fueron los siguientes:

Se estimó una secuenciación de ocho comunidades serales en el proceso de sucesión ecológica de la región, a las que nombra con el género de la especie dominante en cada comunidad: etapa de “Solanum”, etapa de “Stipa”, etapa de “Baccharis”, etapa de

“Alnus Joven”, etapa de “Alnus Maduro”, etapa de “Pinus” y etapa de “Cupressus”. Las etapas de “Festuca”, “Solanum” y “Stipa” son de condición herbácea, la etapa de “Baccharis” es la única de condición arbustiva y las etapas de “Alnus Joven” y “Alnus Maduro”, de “Pinus” y de “Cupressus” son de condición arbórea.

Para los fines que a esta investigación respecta, se describen a continuación las etapas de condición arbórea:

1. Condición arbórea:

1.1 Etapa de “Alnus joven”: Esta etapa es la que inicia el estrato arbóreo, se establece a los 20 a 25 años luego de iniciado el proceso y domina por espacio de 12 a 25 años. Se tomó en cuenta para aquellas comunidades en las que *Alnus acuminata* es la especie significativa, el DAP promedio es de 0.18 m. y una edad no mayor de 22 años.

1.2 Etapa de “Alnus maduro”: En esta etapa, *Alnus acuminata* sigue teniendo un valor de importancia alto en comparación con la otra especie de la comunidad, *Bocconia vulcanicola*. Sus diámetros son ya de valor comercial, esta etapa se establece a los 30 años de iniciado el proceso y domina durante un período de 40 años aproximadamente.

1.3 Etapa de “Pinus”: En esta etapa, se encontró una comunidad dominada por la Familia Pinaceae ya que existen 5 especies diferentes del género Pinus presentes en el área (*Pinus rudis*, *Pinus aff tecunumanii*, *Pinus ayacahuite*, *Pinus pseudostrobus*, *Pinus strobuschiapensis*, *Cupressus lusitanica*). La especie significativa resultó ser *Pinus rudis* en relación a las otras especies. La etapa se establece a los 80 o 90 años de iniciado el proceso y domina durante 140 a 150 años.

1.4 Etapa de Cupressus: En esta etapa, considerada la comunidad Climax del proceso de sucesión; solo existen 3 especies diferentes (*Cupressus lusitanica*, *Pinus ayacahuite*, *Abies guatemalensis*), siendo de valor significativo alto *Cupressus lucitánica*. La etapa se establece alrededor de los 200 años de iniciado el proceso y se constituye en la comunidad menos dinámica del proceso sucesional de la región.

h) Métodos de Regeneración Ecológica

Debido a que los procesos de regeneración natural de los bosques son complejos y requieren de mucho tiempo para que alcancen su estabilidad, sin mencionar que dependen de muchos factores como la cercanía de ecosistemas no perturbados y la presencia de organismos dispersores, es necesario entonces idear métodos de regeneración ecológica que puedan ser implementados de manera artificial.

Es un desafío desarrollar métodos de restauración ya que estos dependerán de cada sitio en particular y deben tomar en cuenta muchos factores como por ejemplo los beneficios económicos, la calidad de vida de las poblaciones humanas y la conservación de la diversidad biológica. (Lamb, Erskine y Parrotta, 2005).

La restauración a la escala del paisaje involucra la planificación de componentes del paisaje dirigidos a diferentes propósitos, con el fin de satisfacer la mayoría o todas las necesidades de restauración (Hobbs y Norton, 1996). Según (Hobbs y Norton, 1996), los componentes que se deben tomar en cuenta para la restauración de los sistemas degradados son:

1. **Heterogeneidad:** Heterogéneo es todo aquello que está compuesto de partes de distinta naturaleza (**Real Academia Española, 2016**).

Cuando se habla de un bosque, la heterogeneidad se refiere a las diferentes especies que componen el bosque y las diferencias en la estructura (diámetros, alturas y patrones de distribución).

La heterogeneidad de los bosques contribuye a preservar la diversidad de organismos forestales, especialmente aves, insectos, organismos epífitos y plantas del sotobosque (Rozas Ortiz), es por esto que para diseñar planes de restauración y gestión forestal sostenible resulta imprescindible conocer las características de los bosques naturales (Rozas Ortiz), las cuales están determinadas por la heterogeneidad en la composición y la estructura de los bosques.

2. **Composición de especies:** Conjunto particular de especies presentes en una comunidad (**CDB, 1992**).
3. **Estructura:** La estructura de un bosque se refiere a la abundancia relativa y dispersión espacial de los árboles en términos de tamaño y edad (**Rozas Ortiz**).

i) Manejo forestal

La FAO (FAO, 2003) lo define como un concepto dinámico y en evolución, que tiene como objetivo conservar y aumentar los valores económicos, sociales y ambientales de todos los tipos de bosque en beneficio de las generaciones presentes y futuras.

Generalmente el manejo forestal contempla actividades “post aprovechamiento” las cuales tienen como objetivo generar un plan integral para la recuperación y manejo del área intervenida o plantación, algunas de estas actividades son:

1) Repoblación forestal

Es el conjunto de acciones que conducen a poblar con árboles un área determinada. Se debe definir los objetivos del nuevo bosque, los cuales deberán ser congruentes con el tratamiento silvicultural a aplicar y el tipo de cobertura a intervenir (Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica, 2008).

Existen diferentes sistemas de repoblación forestal. Con el fin de mantener la composición y estructura de bosque original, prevalecerá la opción del método de regeneración natural. Siempre y cuando existan árboles con condiciones apropiadas para árboles padres, sin embargo, también está la opción de plantaciones forestales (INAB, 2014).

2) Preparación del sitio

Generalmente contempla las prácticas a realizar antes de la repoblación, como la eliminación de lianas, bejucos, hierbas y otros elementos. Y en algunos casos la implementación de barreras vivas o muertas contra heladas (INAB, 2014).

3) Prácticas silviculturales

Termino que se designa al conjunto de actividades o labores que se aplican a una masa forestal para lograr su establecimiento, crecimiento, desarrollo, cosecha y recuperación. También se define como la acción que se aplicará a un rodal, estrato o área forestal, para el aprovechamiento o conservación de sus recursos forestales (INAB, 2014). Dentro de las prácticas silviculturales se pueden mencionar las siguientes:

3.1 Corta Selectiva o Corta de Selección

Es la remoción de los arboles escogidos individualmente en un bosque de edades múltiples, con el fin de propiciar el establecimiento de la regeneración de nuevas plántulas, en los claros que dejan los árboles extraídos (INAB, 2014).

Consiste en la remoción del arbolado más grande y viejo, ya sea en forma individual o en grupos pequeños, a intervalos constantes, repetidos indefinidamente, con el objeto de permitir la regeneración continua y mantener incoetaneo de las masas (INAB, 2014).

3.2 Poda

Es la remoción de las ramas inferiores de los árboles en pie con el uso de herramientas diseñadas para ello.

3.3 Raleo

Consiste en la eliminación de árboles suprimidos, intermedios, codominantes y dominantes, según el criterio que corresponda, que provocan competencia de espacio, luz y nutrientes.

4) Actividades de protección

Se deben contemplar buenas prácticas de manejo forestal para propiciar la protección del suelo y agua. Además de esto es necesario contemplar actividades de protección contra incendios forestales, plagas y enfermedades. Además, deben considerarse otros factores que puedan afectar el desarrollo de las plantas (Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica, 2008).

j) Estudio de la vegetación

El conocimiento de la vegetación es necesario para innumerables actividades de investigación y desarrollo por su importancia como subsistema fundamental del sistema ecológico: captadora y transformadora de energía solar, puerta de entrada de la energía y de la materia a la trama trófica, almacenadora de energía, proveedora de refugio de la fauna, agente anti erosivo del suelo, agente regulador del clima local, agente reductor de la contaminación atmosférica y del ruido, fuente de materia prima para el hombre, fuente de

bienes espirituales y culturales por su valor estético, recreativo y educativo (Matteucci & Colma, 1982).

k) Variables y métodos de evaluación

Las variables describen el comportamiento, el rendimiento, la abundancia o la dominancia de las categorías vegetales en la comunidad. Ellas pueden ser continuas como el rendimiento, la biomasa el área basal y la cobertura media en función del espacio biodimensional ocupado, o discretas, como la densidad, la frecuencia o la cobertura determinada a partir de unidades puntuales. Algunas variables son combinaciones de las anteriores, y se han llamado índice de importancia mientras que otras son variables sintéticas derivadas del análisis de los resultados (Matteucci & Colma, 1982).

Las variables pueden estimarse por medición, por conteo, o mediante evaluación subjetiva (Matteucci & Colma, 1982).

En muchos estudios las comunidades vegetales se describen y comparan atendiendo a la presencia o a la ausencia de determinadas categorías. Son numerosas las clasificaciones, numéricas o informales, en las que el único criterio de segregación o agregación de comunidades en clases es la presencia o ausencia de determinadas especies. Sin embargo, especialmente a nivel local, las comunidades suelen diferenciarse muy poco en cuanto a su composición específica, pero bastante en cuanto a la cantidad relativa de cada componente. En este caso es necesario estimar las variables de los atributos para someterlas al análisis, ya sea numérico o informal (Matteucci & Colma, 1982).

1. Frecuencia

La frecuencia es la probabilidad de encontrar un atributo (especie) en una unidad muestral en particular. Se expresa como porcentaje en el número de unidades muestrales en las que el atributo aparece en relación con el número total. Se estima a partir de la presencia de la especie en la parcela (Matteucci S. C., 1982).

$$\frac{F = \text{No. de parcelas en que aparece la especie}}{\text{No. total de parcelas}} * 100 \quad \text{Fr} = (F/\Sigma F) 100$$

Donde:

F = Frecuencia de la especie

Fr = Frecuencia relativa

ΣF = Sumatoria de las frecuencias de todas las especies

2. Densidad

Es el número de individuos por unidad de área. Se estima a partir del conteo del número total de individuos presentes en la parcela. (Matteucci S. C., 1982)

$$\frac{D = \text{No. de individuos}}{\text{Unidad de área}} = (D / \Sigma D) 100$$

Donde:

D = Densidad de la especie

Dr = Densidad relativa

ΣD = Sumatoria de densidad de todas las especies

3. Cobertura

La cobertura de una especie es la proporción de terreno ocupado por la proyección perpendicular de las partes aéreas de los individuos de la especie considerada. Se expresa como porcentaje de la superficie total, se utiliza ante la ausencia de límites netos visibles entre individuos, como ocurre en los pastizales en el caso de plantas macollantes y cespitosas, o en cojín.

Para la estimación objetiva de la cobertura hay dos técnicas fundamentales mediante unidades muestrales lineales y mediante unidades muestrales puntuales.

La primera técnica consiste en extender una línea de longitud determinada y medir la longitud interceptada por cada especie. Esta técnica resulta adecuada para estimar el diámetro de la copa de los árboles.

La técnica de estimar la cobertura a partir de unidades muestrales puntuales consiste en registrar la presencia o la ausencia de una especie en cada uno de un conjunto de puntos ubicados al azar. También puede estimarse la cobertura a partir de puntos ubicados sistemáticamente, para ello puede ubicarse en vegetación herbácea una red de hilo (Matteucci S. C., 1982).

$$\frac{C = \text{Área que ocupa la}}{\text{Área de la parcela}} * 100 = (C / \Sigma C) 100 \quad \text{especie}$$

Donde:

C = Cobertura

Cr = Cobertura relativa

ΣC = Sumatoria de cobertura de todas las especies

4) Índice de Valor de Importancia

El índice de valor de importancia (IVI), es un dato que brinda objetivamente la significancia de las especies y que se define como la suma de los valores relativos de densidad, frecuencia, área basal, cobertura o biomasa. Este índice por involucrar tres

parámetros estándar característicos de una especie, da un valor de la dominancia que ejerce una especie sobre otra al controlar mayor flujo energético. Generalmente el índice de valor de importancia para especies arbóreas y arbustivas se obtiene de la sumatoria de los valores relativos de densidad, frecuencia, área basal o cobertura relativa. (Matteucci S. C., 1982).

$$\begin{array}{l} \text{Árboles:} \\ \text{IVI} = \text{Dr} + \text{Fr} + \text{Abr} \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Arbustos:} \\ \text{IVI} = \text{Dr} + \text{Fr} + \text{Cr} \end{array}$$

Donde:

Dr = Densidad relativa (%)

Cr = Cobertura relativa (%)

Fr = Frecuencia relativa (%)

Abr = Área basal relativa (%)

CAPITULO III

3.1. MARCO REFERENCIAL

El presente estudio se realizó en tres sitios diferentes pertenecientes a la cuenca alta nor-occidental del río Nahualate. Para fines de este informe, dichos sitios se identificarán por el nombre de la especie dominante en cada uno de ellos.

3.1.1. Fisiografía

De acuerdo con (Asociación Vivamos Mejor, 2011), el área objeto de estudio se encuentra dentro de la provincia fisiográfica Tierras Altas Volcánicas y pertenece a la región de gran paisaje Montañas volcánicas altas de Occidente.

3.1.2. Suelos

Según (Asociación Vivamos Mejor, 2011), la geología de las regiones montañosas de la cuenca alta nor-occidental del río Nahualate se caracterizan por tener materiales como riolitas, tobas vítreas y depósitos de cenizas volcánicas.

Las características edafológicas se encuentran definidas como suelos de las montañas volcánicas y se concentran en la serie de suelos Totonicapán.

Tabla 1: Serie de suelos Totonicapán y sus características

Características serie de suelos Totonicapán	
Material original	Ceniza volcánica o roca
Relieve	Suavemente inclinado a ondulado
Drenaje interno	Bueno
Color superficial	Negro o café muy oscuro
Textura superficial	Franco-turbosa
Prof. Efectiva (cm)	90
pH	Acido
Riesgo de erosión	Alto

Fuente: (Asociación Vivamos Mejor, 2011) Adaptado de UPG GR-MAGA 2011.

3.1.3. Zona de vida

Corresponde a la zona de vida Bosque muy húmedo Montano Bajo Subtropical bmh-MB, esta zona se caracteriza por su elevada altitud y su clima frío. Se ubica en la parte alta de la cuenca, de la divisoria de aguas hacia abajo con elevaciones que van de los 2,000 msnm a los 3,549 msnm. En esta zona ocurren precipitaciones pluviales que van de los 1,000 a 2,000 mm anuales y temperaturas medias anuales mínimas de 12C a 19C. Esta zona es la que más se mantiene con cobertura vegetal poco intervenida. Generalmente el relieve

es accidentado con algunas áreas onduladas. A pesar de ello, su capacidad de uso de de vocación estrictamente forestal.

Las especies naturales consideradas como indicadoras y dominantes del estrato arbóreo son el pino blanco y curtidor (*Pinus* sp.), ciprés común (*Cupressus lusitanica*), aliso (*Alnus acuminata*, *A. jurullensis*, *A. arguta*), encino (*Quercus* sp.), canac (*Chiranthodendron pentadactylon*).

3.2. DESCRIPCIÓN DE LOS SITIOS DE ESTUDIO

3.2.1. Bosque reforestación con *Cupressus lusitanica* y *Pinus hartwegii* Lindl. (BRC).

Esta reforestación fue realizada en el año 1995 como parte de los esfuerzos para la conservación de los bosques del área. El proyecto fue financiado con fondos de la parroquia Santa Catalina de Alejandría ubicada en la cabecera municipal de Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá y el proyecto fue ejecutado por la organización “Familia – familia”.

Durante los primeros años de establecimiento, en el sitio reforestado tuvo un manejo silvícola para promover el crecimiento exclusivo de las especies *Cupressus lusitanica* y *Pinus hartwegii* Lindl., como replantaciones y podas. Pero hace 10 años aproximadamente que en el sitio no se ha realizado ninguna actividad de manejo. Cabe destacar que el sitio reforestado tiene contacto directo con el bosque natural presente en el área. Actualmente no se conoce el destino que tendrá este sitio reforestado.

3.2.1.1 Ubicación y extensión

Ocupa una extensión territorial de 15 ha y se localiza en la aldea Chiquisis del municipio de Santa Catarina Ixtahuacán del departamento de Sololá. Geográficamente se localiza entre las coordenadas que se registran en el mapa 1.

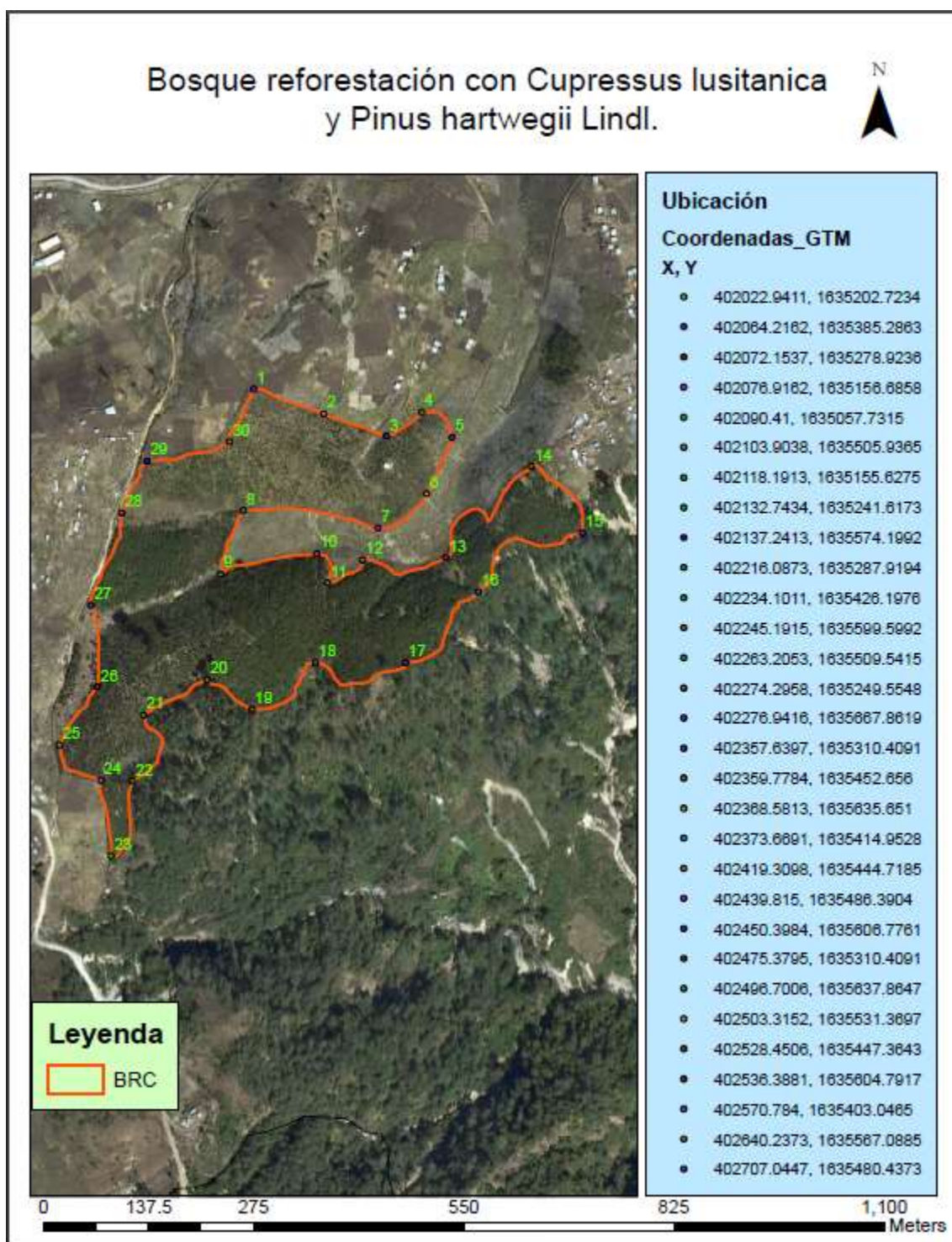
3.2.1.2. Vías de acceso

Desde la ciudad de Guatemala se puede llegar a la cabecera municipal de Santa Catarina Ixtahuacán por medio de la carretera asfaltada de la ruta interamericana y se sitúa en el kilómetro 173, el desvío que conduce a los sitios de estudio se sitúa en el km 170 de la ruta interamericana desde ese punto se deben recorrer 9.2 km de distancia hasta llegar a la aldea Chiquisis, Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá.

3.2.1.3. Jurisdicción político-administrativa

Se encuentra bajo jurisdicción de la aldea Chiquisis del municipio de Santa Catarina Ixtahuacán del departamento de Sololá.

Mapa 1: Ubicación sitio BRC en la aldea Chiquisis, Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá



Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Bosque natural *Alnus acuminata* (BNA)

Este bosque tiene una extensión de 80 ha y está catalogado como bosque comunal de la aldea Chiquisis, cuyos habitantes poseen el título de propiedad. Al inicio de esta investigación fue considerado como bosque sin perturbación aparente. Sin embargo, los resultados de este estudio señalan que se trata de un bosque intervenido, por lo que fue necesario considerar el análisis de un tercer sitio poco intervenido.

3.2.2.1. Ubicación y extensión

Ocupa una extensión territorial de 80 ha y se localiza en la aldea Chiquisis del municipio de Santa Catarina Ixtahuacán del departamento de Sololá. Geográficamente se localiza entre las coordenadas que se registran en el mapa 2.

3.2.2.2. Vías de acceso

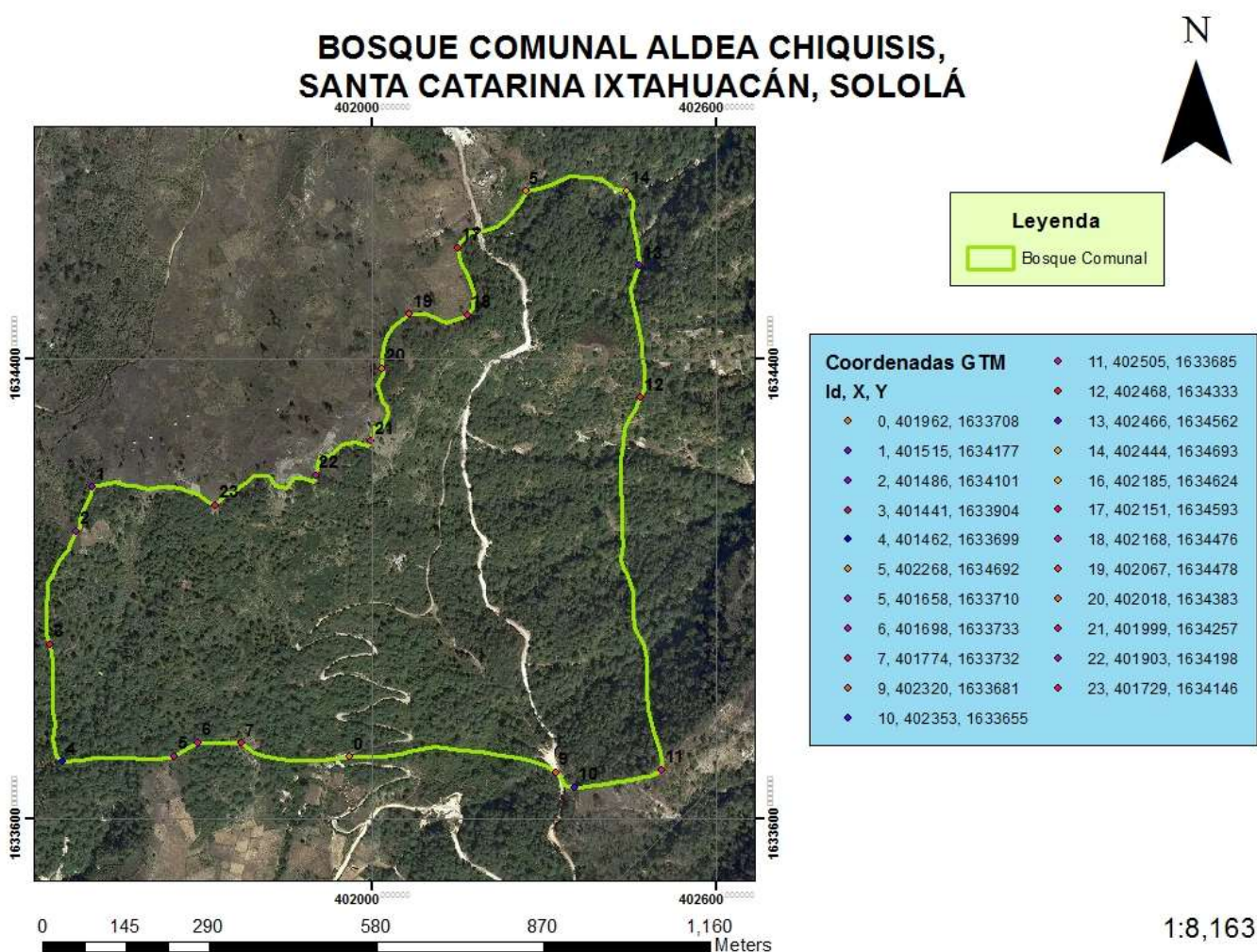
Desde la ciudad de Guatemala se puede llegar a la cabecera municipal de Santa Catarina Ixtahuacán por medio de la carretera asfaltada de la ruta interamericana y se sitúa en el kilómetro 173, el desvío que conduce a los sitios de estudio se sitúa en el km 170 de la ruta interamericana desde ese punto se deben recorrer 9.2 km de distancia hasta llegar a la aldea Chiquisis, Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá.

Una vez en la aldea Chiquisis, el acceso al bosque debe realizarse a pie ya que no existen vías directas para circulación de vehículos.

3.2.2.3. Jurisdicción político-administrativa

Se encuentra bajo jurisdicción de la aldea Chiquisis del municipio de Santa Catarina Ixtahuacán del departamento de Sololá.

Mapa 2: Ubicación bosque natural *Alnus acuminata*, Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá



Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Bosque natural *Cupressus lusitanica* (BNC)

De acuerdo con los resultados de este estudio y al modelo de sucesión ecológica propuesto por (Natareno Franco, 1981) para el área, este bosque correspondería a la etapa climax del proceso de sucesión ecológica y es por esta razón que se ha tomado como análogo a la reforestación con *Cupressus lusitanica*.

3.2.3.1. Ubicación y extensión

El BNC ocupa una extensión territorial de más de 300 ha, para fines de esta investigación se tomará como referencia la extensión de 137 ha ya que es en este territorio

en donde se encuentran las comunidades más estables y antiguas, se localiza en la aldea Vásquez del municipio de Totonicapán del departamento de Totonicapán. Geográficamente se localiza entre las coordenadas que se registran en el mapa 3.

Debido a que este sitio se encuentra a solo 6 kilómetros de los sitios RCP y BAA, los tres sitios de estudio comparten características con respecto a zona de vida, fisiografía y tipo de suelo.

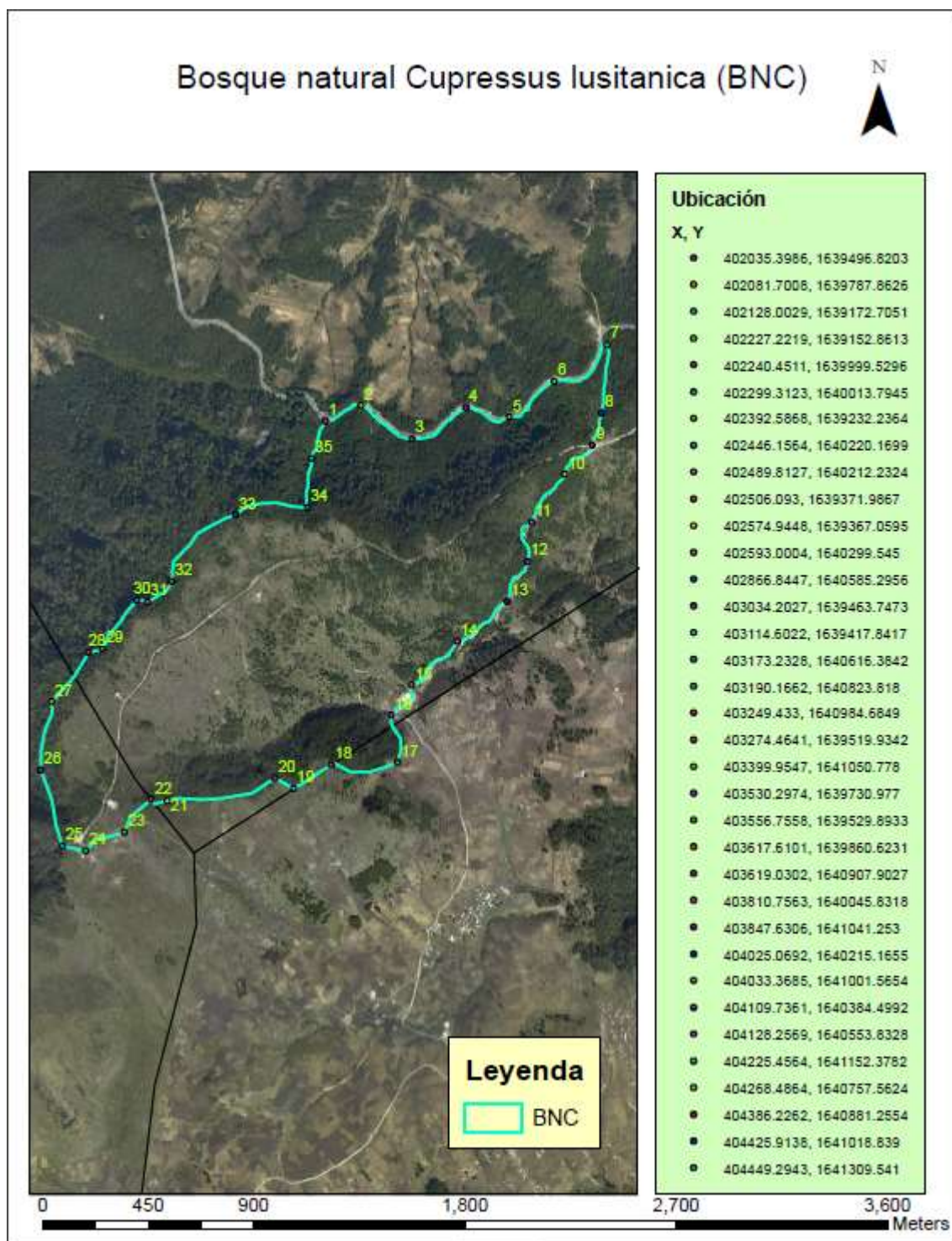
3.2.3.2. Vías de acceso

Desde la ciudad de Guatemala se puede llegar a la cabecera municipal de Santa Catarina Ixtahuacán por medio de la carretera asfaltada de la ruta interamericana y se sitúa en el kilómetro 173, el desvío que conduce a los sitios de estudio se sitúa en el km 170 de la ruta interamericana, desde ese punto al sitio del bosque se deben recorrer 3.2km de distancia.

3.2.3.3. Jurisdicción político-administrativa.

Este sitio de estudio pertenece al bosque comunal de la aldea Vásquez. Cabe destacar que una característica importante de los bosques pertenecientes al departamento de Totonicapán, es que estos son conservados por sus habitantes lo cual permite que los mismos no sean perturbados.

Mapa 3: Ubicación bosque análogo *Cupressus lusitanica*, ubicando en la aldea Vásquez, Totonicapán



Fuente: Elaboración propia

3.2. METODOLOGÍA

3.2.1 Etapa Preliminar

3.2.1.1. Recopilación de información bibliográfica

Esta etapa fue efectuada antes de la etapa de campo y consistió en la revisión de literatura del área de interés en relación con el medio biológico y físico. Además de esto, también fue necesaria la revisión de bibliografía correspondiente a métodos de muestreo y análisis en ecología vegetal.

3.2.1.2. Interpretación de imágenes de sensores remotos

Durante esta etapa se llevó a cabo la interpretación de las imágenes de sensores remotos para la delimitación de la unidad de paisaje bajo análisis. Esto ayudó a planificar en dónde se realizarían los muestreos biológicos, tomando en cuenta la variabilidad de los paisajes.

Como resultado de esta etapa se obtuvo un mapa preliminar con la leyenda correspondiente, para reflejar adecuadamente la unidad de paisaje.

3.2.1.3. Recorridos de reconocimiento preliminar y elaboración de mapa base

Previo a comenzar con la recopilación de datos, fue necesario realizar una visita previa a los sitios para conocer las dificultades topográficas que pudieran presentarse en el área.

Esta actividad permitió evaluar el tiempo que se debía emplear para el desplazamiento y definir con mayor claridad el tiempo efectivo de trabajo para los muestreos; además, permitió conocer el comportamiento climático local a través de las recomendaciones de los habitantes cercanos al área en estudio.

Durante este proceso se recolectó información como datos relevantes sobre el uso del suelo, el grado de intervención y transformación de la cobertura vegetal y, el reconocimiento de rasgos geomorfológicos y del relieve.

3.2.1.4. Muestreos preliminares

Con el objetivo de propiciar la recolección de las especies en etapa fértil para facilitar su identificación, se realizaron muestreos aleatorios durante los recorridos preliminares de todas las especies encontradas con flores o frutos. Esta actividad también contribuyó a tener un acercamiento y familiarizarse con las especies vegetales del área, previa a la colecta y levantamiento de parcelas.

3.2.1.5. Entrevistas a informantes clave

Se realizaron entrevistas a diferentes informantes para conocer aspectos clave sobre el sitio BRC que pudieran ser esenciales para el análisis de resultados y conclusiones finales. (Ver anexo 7.1 y 7.2)

3.2.1.6. Elaboración de mapas por medio de Sistemas de Información Geográfica - SIG-

Una vez obtenidos los datos de los puntos limítrofes, se procedió a realizar los mapas representativos de los lugares de muestreo identificados.

3.2.2 Etapa de Campo

3.2.2.1. Muestreo

a) Método de muestreo

El método utilizado consistió en el muestreo estratificado que es una forma de muestreo preferencial, la población fue dividida en estratos homogéneos, es decir que dentro de ellos la población era similar. Se aplicó la recomendación de (Aguilar, 1974) en la que define que las variaciones en sitios montañosos generalmente se observan por gradiente altitudinal.

Tomando en cuenta que para fines de este estudio, la información derivada de localizar y medir todas las unidades de población no sería más útil que la derivada de un muestreo adecuado (Matteucci S. C., 1982), el número de muestras por estrato fue definido utilizando como criterio la similaridad de especies arbóreas dominantes de los sitios homogéneos, en el caso de los sitios en los que la vegetación presente era bastante parecida, se realizó una parcela por cota altitudinal, siempre direccionando la parte más larga de la parcela en dirección a la pendiente para detectar variables por gradiente altitudinal, y dos parcelas en el caso de los sitios menos homogéneos.

b) Tamaño de la muestra

En el sitio BAA se realizaron dos parcelas para las cotas 3,100 y 3,200; y 1 parcela para las cotas 2,800 y 3,300. Con respecto al sitio BAC y BRC se realizó 1 parcela por cota altitudinal. La distribución se puede observar en la siguiente tabla:

Tabla 2: Distribución de parcelas por cota altitudinal

Sitio	Cota altitudinal	Número de parcelas
BRC	3,100	1
BRC	3,000	2
BAA	3,300	1
BAA	3,200	2
BAA	3,100	2
BAA	2,800	1
BAC	2,800	1
BAC	3,100	1

BAC	3,200	1
-----	-------	---

Fuente: Elaboración propia

c) **Tamaño y forma de las unidades de muestreo**

Para el presente estudio, el tamaño de la parcela varió según el componente a medir, definiéndose los siguientes tamaños:

Vegetación arbórea: Siguiendo la metodología de (Holdridge, 1979), se utilizaron parcelas de 0.1 ha (1000 m²), lo cual facilita el análisis y su inferencia de datos a hectáreas. En este caso, las parcelas fueron de 20 x 50 metros, orientando la parcela con su lado más largo a favor de la dirección de la pendiente, para detectar la variación por gradiente altitudinal.

Vegetación arbustiva: Se levantaron 5 subparcelas de 25m² (5x5) cada una, orientadas en las esquinas opuestas de las parcelas y en la parte central.

Vegetación herbácea y epífitas: Se anotó la presencia o ausencia de las mismas en las parcelas. En el caso de las epífitas se anotó el hospedero en donde fueron encontradas.

3.2.2.2. Colecta de muestras vegetales

Se recolectaron muestras vegetales tanto dentro como fuera de las parcelas, haciendo la identificación correspondiente para cada caso. Se colectaron 4 duplicados diferentes por especie. Las muestras de las parcelas fueron prensadas, secadas, determinadas y etiquetadas para poder ser depositadas y registradas en el herbario BIGU de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

3.2.2.3 Levantamiento de parcelas

La metodología utilizada durante el levantamiento de parcelas fue el siguiente:

- Geoposicionamiento de la parcela:** Se realizó con la ayuda de un GPS y se anotaron los datos de coordenadas y altitud en la boleta de campo.
- Delimitación de la parcela:** Se midió la pendiente calculando el porcentaje con un nivel y una vara de 1m de largo. Se procedió a realizar el cálculo de corrección de pendiente y se delimitó la parcela con pita de algodón y estacas.
- Obtención de datos:** Para cada una de las parcelas los datos recolectados fueron los siguientes:

Estrato arbóreo: Se anotó la densidad de individuos por especie, la altura de los individuos por especie en metros, el diámetro a la altura del pecho por individuo por especie. Se tomaron en cuenta para este estrato todos los individuos con DAP mayores a 10 cm. Se midió la cobertura de la copa de acuerdo a visual, altura del fuste y altura total del árbol incluyendo las ramas, para facilitar la elaboración de los perfiles medios.

Estrato arbustivo: Se realizó la anotación de densidad de individuos por especie, altura en metros, cobertura de los individuos por especie.

Estrato herbáceo y epífitas: Se anotó la presencia o ausencia y se colectaron los ejemplares vegetales para su identificación.

3.2.3 Etapa de gabinete

3.2.3.1 Determinación de riqueza florística

Todas las muestras colectadas en la etapa de campo fueron secadas y entregadas para su determinación.

3.2.3.2. Clasificación y tabulación de variables

Todos los datos recolectados en campo fueron ingresados al programa Microsoft Excel del paquete de Windows para facilitar su ordenamiento y análisis de resultados. A través de este programa se calcularon las siguientes variables:

4. Frecuencia
5. Frecuencia por especie
6. Frecuencia relativa por especie
7. Densidad
8. Densidad por especie
9. Densidad relativa por especie
10. Área basal por individuo
11. Porcentaje de área basal
12. Área basal por hectárea
13. Cobertura
14. Cobertura por especie
15. Cobertura relativa

La descripción del cálculo de cada una de estas variables se encuentra detallada en el marco teórico de este documento.

3.2.3.3 Análisis de la información

a) Composición florística

Una vez que las especies fueron determinadas, se procedió a realizar la clasificación de las especies por sitio y por hábito.

- Determinación de especies endémicas

A partir de las listas de especies se realizó la revisión de la distribución de cada especie en la Flora de Guatemala, Flora de Mesoamérica y otras publicaciones científicas.

- Determinación del valor de importancia por especie

Este dato se calculó relacionando las variables de densidades, frecuencia y cobertura por lo que brinda un resultado objetivo sobre la significancia o importancia de cada especie. Se calculó con la siguiente fórmula:

Estrato arbóreo:

$$IVI = (\text{densidad relativa} + \text{frecuencia relativa} + \text{área basal relativa}) / 3$$

Estrato arbustivo:

$$IVI = (\text{densidad relativa} + \text{frecuencia relativa} + \text{cobertura relativa}) / 3$$

b) Estructura

Los datos recolectados en campo correspondientes a información de estructura, como altura, diámetro y densidad de árboles por parcela, fueron ingresados al programa Excel del paquete de Windows para poder ser agrupados y analizados con mayor facilidad.

Con esta información debidamente ordenada se procedió a calcular los datos de clases altimétricas, clases diamétricas, promedio de densidad de árboles por sitio de muestreo, áreas basales absolutas y relativas por sitio de muestreo y por especie.

c) Determinación de etapa de sucesión ecológica por sitio

Para realizar esta determinación se tomaron en cuenta los datos recolectados en campo, área basal relativa, frecuencia relativa, densidad relativa, para determinar el índice de valor de importancia por especie, en base a los resultados de importancia los datos fueron comparados con los resultados de la investigación de (Natareno Franco, 1981) quien propuso en el año 1981 un modelo de sucesión ecológica para un área del altiplano occidental de Guatemala y en él describe las especies dominantes para cada etapa del proceso de sucesión.

Comparación de sitios de muestreo

- Cálculo de coeficiente de comunidad de Sorensen

Este coeficiente es comúnmente utilizado para la determinación de comunidades ya que presenta como resultado un número decimal el cual entre más parecido a la unidad sea significa que la parcela de muestreo es más parecida a la que se está comparando. Se calcula en base a las variables de frecuencia por especies previamente estimadas, la fórmula utilizada fue la siguiente:

$$CC1.2 = 2a / 2^{a+b+c}$$

Donde:

CC1.2 = Coeficiente de comunidad de Sorensen

a = Especies comunes de las parcelas n1 y n2

b = Especies presentes exclusivamente en la parcela n1

c = Especies presentes exclusivamente en la parcela n2

- Comparación de comunidades vegetales

Una vez estimado el coeficiente de comunidad de Sorensen, se procedió a realizar la comparación de las comunidades vegetales en este caso cada una de las parcelas de muestreo en base a los resultados de relación entre ellas. Los resultados fueron ordenados en una matriz de doble entrada que permitió comparar todas las parcelas con ellas mismas y con las demás parcelas de muestreo una a la vez.

La matriz obtenida fue ingresada al programa JMP con el fin de realizar un análisis del nivel de relación entre comunidades el cual es representado a través de un dendograma, esta herramienta es muy útil ya que agrupa de forma gráfica las comunidades similares.

- Elaboración de perfiles medios

Los perfiles medios tienen la finalidad de representar gráficamente el aspecto fisonómico estructural de la vegetación. Se utilizó para su cálculo la metodología modificada para la elaboración de perfil idealizado (Holdridge, 1979) conocida como perfil medio. El mismo representa la estructura y desarrollo medio alcanzado por el bosque (Tribouillier Navas, 2014).

Esta es una herramienta para graficar las especies más representativas, así como su desarrollo basal medio y su desarrollo en altura, tomando en consideración la forma que presentan las especies, así como las medidas dendrométricas del árbol tipo (Tribouillier Navas, 2014).

Según la recomendación de (Tribouillier Navas, 2014) la metodología utilizada fue la siguiente:

1. Agrupación de boletas de recolección de datos.
2. Agrupación de las áreas basales según el muestreo por especie.
3. Determinación del número promedio de individuos por parcela por especie
4. Consideración de especies con mayor frecuencia y densidad relativa, según índices de importancia.
5. Sumatoria de área basal de especies con mayor valor de importancia para obtener valor relativo, considerando como 100% la sumatoria solamente de las especies que fueron incluidas.
6. Determinación de área media por especie
7. En base a los valores relativos se determinó el área basal media por parcela correspondiente a cada especie.
8. Se dividió la cantidad de área basal que corresponde por especie entre el área basal media de la especie, para determinar la cantidad de árboles a dibujar.

9. Se dibujó el perfil a una escala de 1:500, representando la pendiente media del estrato, incluyendo también la orientación de las copas con respecto a los puntos cardinales.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 SITIO 1: Reforestación *Cupressus lusitanica* y *Pinus hartwegii* Lindl. (RCP)

a) Descripción del sitio

Este sitio corresponde a una reforestación de aproximadamente 21 años de antigüedad. Se encuentra ubicado entre el rango altitudinal de 3000 a 3100 msnm, con una extensión de 15 ha. La plantación fue establecida con las especies *Cupressus lusitanica* como dominante y la especie *Pinus hartwegii* Lindl. Presenta árboles dominantes con alturas entre 15 y 20m siendo éstos de las dos especies nombradas anteriormente. Este sitio presenta una densidad aproximada de 1,020 árboles por hectárea.

El sotobosque es muy escaso o nulo, principalmente en las partes que no tienen contacto con el bosque natural del área.

4.1.1 Composición florística

a) Estrato arbóreo

Tabla 3: Especies arbóreas presentes en el sitio "Reforestación *Cupressus lusitanica* y *Pinus*"

No.	Especie	Nombre común
1	<i>Cupressus lusitanica</i>	Ciprés
2	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	Pino

Fuente: Elaboración propia

b) Estrato arbustivo, herbáceo y epífita

En el sitio se encontraron algunos individuos dispersos de las especies descritas en la tabla 6, siendo la más frecuente *Psacalium pinetorum* (Standl. Et. Steyer) cuatrec.

Tabla 4: Especies de arbustos, hierbas y epífitas encontradas en el sitio "Reforestación *Cupressus lusitanica* y *Pinus*"

No.	Familia	Especie	Hábito
1	Asteraceae	<i>Psacalium pinetorum</i> (Standl. & Steyer) Cuatrec.	Hierba
2	Asteraceae	<i>Roldana aschenborniana</i> (S. Schauer) H.Rob. & Brehell	Hierba

3	Ericaceae	<i>Monotropa hypopitys</i> L.	Hierba
4	Commelinaceae	<i>Weldenia candida</i> Schult.	Hierba
5	Apiaceae	<i>Eryngium guatemalense</i> Hemsl.	Hierba
6	Solanaceae	<i>Cestrum</i> sp.	Arbusto
7	Bromeliaceae	<i>Tillandsia capitata</i> griseb var. <i>guzmanioides</i> L.B. Smith	Epífita

Fuente: Elaboración propia

4.1.3 Descripción de la vegetación

a) Dominancia Relativa

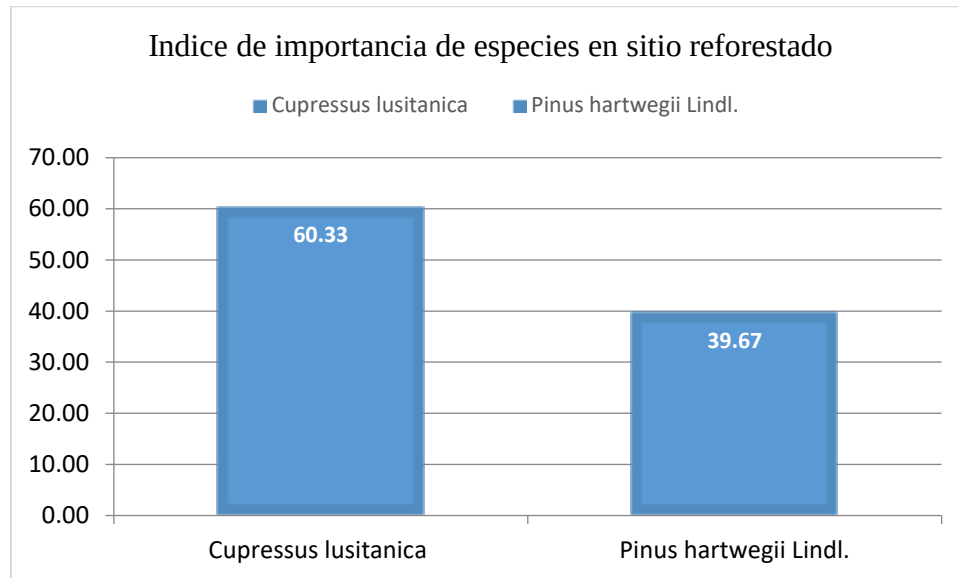
De las dos especies establecidas, el mayor porcentaje de IVI se concentra en la especie *Cupressus lusitanica* con 60.33. El resto se concentra en la especie *Pinus hartwegii* Lindl. con 39.67.

Tabla 5: Índices de importancia de las especies encontradas en el sitio "Reforestación *Cupressus lusitanica* y *Pinus*"

Especie	Frecuencia relativa	Área basal relativa	Densidad relativa	IVI
<i>Cupressus lusitanica</i>	50	69.68	61.30	60.33
<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	50	30.32	38.70	39.67

Fuente: Elaboración propia

Figura 1: Índices de importancia en el sitio "Reforestación *Cupressus lusitanica* y *Pinus*"



Fuente: Elaboración propia

b) Área basal, distribución diamétrica y altimétrica

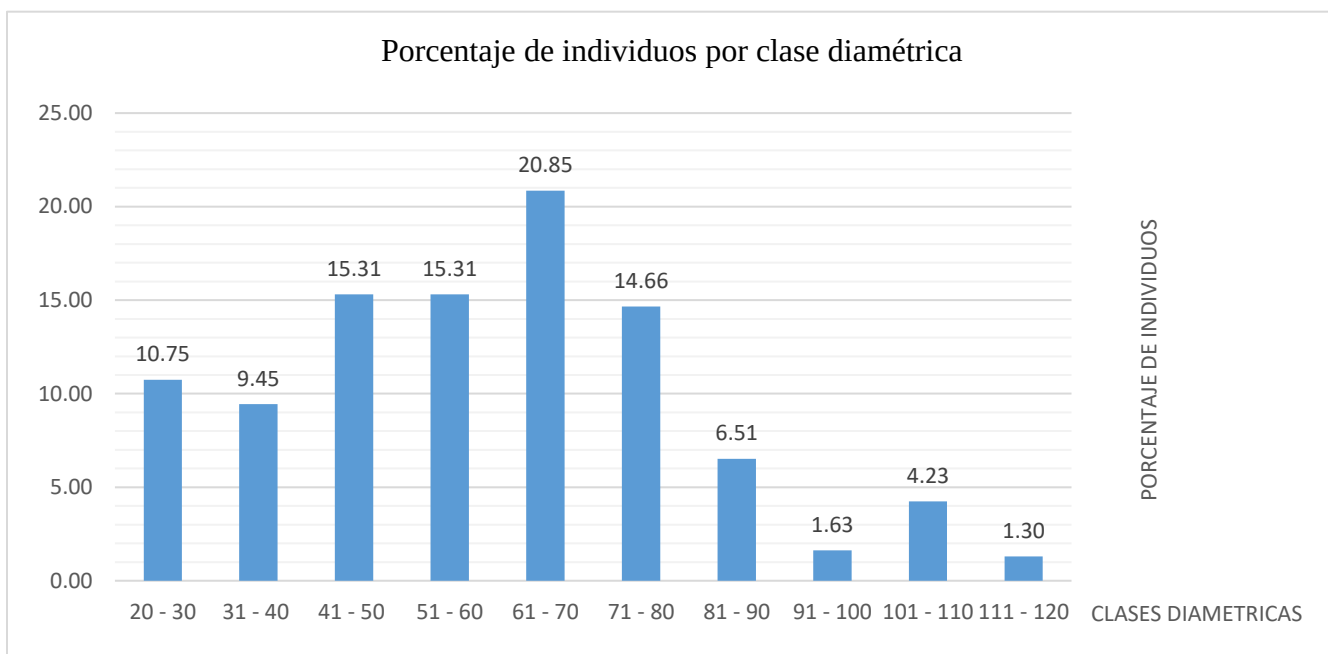
El área basal se estimó en 32.83 m²/ha. La distribución diamétrica de los individuos con un DAP mayor a 10cm muestra que el mayor porcentaje de individuos se concentra en las clases diamétricas de 41 a 80cm, siendo la clase diamétrica que posee mayor cantidad de individuos la ubicada entre 61 y 70cm. De estos datos también podemos interpretar que tan solo el 5.53% de los individuos han alcanzado diámetros mayores a 100cm (Ver figura 2).

En la figura 3 se puede observar la distribución por porcentajes de los individuos por clase altimétrica, la clase con mayor número de individuos es la compuesta entre 5 y 8.99 metros de altura con un 60%.

d) Regeneración natural

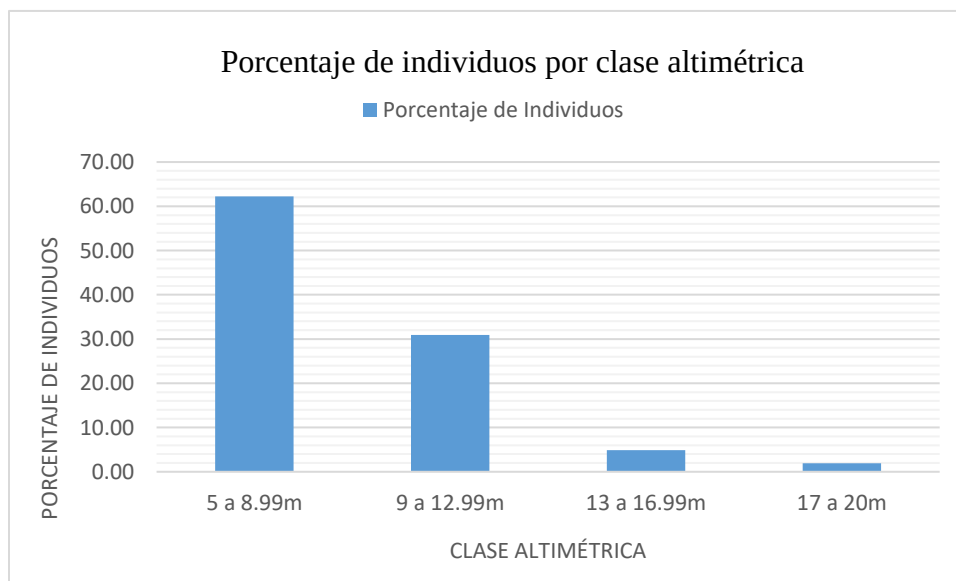
No se observaron plántulas de *C. lusitanica* o *Pinus* a pesar de que la edad reproductiva de la especie *Cupressus lusitanica* es entre los 10 y 12 años. Esto se debe a que esta especie no se regenera bajo su propia sombra y requiere de luz para su establecimiento exitoso (Cháves & Fonseca, 1991).

Figura 2: Porcentaje de individuos por clase diamétrica en sitio "Reforestación *Cupressus lusitanica* y *Pinus*"



Fuente: Elaboración propia

Figura 3: Porcentaje de individuos por clase altimétrica del sitio "Reforestación *Cupressus lusitanica* y *Pinus*"



Fuente: Elaboración propia

4.2 SITIO 2: Bosque análogo *Alnus acuminata*

a) Descripción del sitio

Este sitio se encuentra ubicado entre el rango altitudinal de 2,800 y 3,300 msnm. Por sus características de presencia de especies y dominancia, este sitio puede ser clasificado de acuerdo al modelo de sucesión ecológica propuesto para una región del altiplano Occidental de Guatemala por (Natareno Franco, 1981), en la etapa “*Alnus-maduro*”. Este modelo propone que en esta etapa *Alnus acuminata* sigue teniendo un valor de importancia alto en comparación con la otra especie de la comunidad, *Bocconia vulcanicola*. Sus diámetros son ya de valor comercial, esta etapa se establece a los 30 años de iniciado el proceso y domina durante un período de 40 años aproximadamente (Natareno Franco, 1981).

Por la presencia de especies indicadoras y otros indicios de degradación, se concluyó que este sitio posee áreas perturbadas.

El sotobosque es mucho más abundante en las partes con menos acceso a poblaciones debido a pendientes muy inclinadas.

4.2.1 Composición florística

a) Estrato arbóreo

De acuerdo a los muestreos realizados para este sitio, la riqueza florística del estrato arbóreo se encuentra conformada por 10 especies de familia y género diferente a excepción del género *pinus* el cual posee tres especies diferentes. El detalle de estas especies aparece a continuación:

Tabla 6: Inventario de familias, géneros y especies arbóreas del bosque análogo *Alnus acuminata*

No.	Familia	Genero	Especie
1	Rutaceae	Zanthoxylum	<i>Zanthoxylum foliolosum</i> Donn. Sm
2	Ericaceae	Comarostaphylis	<i>Comarostaphylis arbutoides</i> subsp. <i>arbutoides</i>
3	Papaveraceae	Bocconia	<i>Bocconia vulcanica</i> Donn. Smith
4	Araliaceae	Oreopanax	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne & Planch
5	Solanaceae	Cestrum	<i>Cestrum anagyris</i> Dunal
6	Cupressaceae	Cupressus	<i>Cupressus lucitanica</i> Mill
7	Betulaceae	Alnus	<i>Alnus acuminata</i> Kunth
8	Pinaceae	Pinus	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.
9	Pinaceae	Pinus	<i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenb. Ex Schltldl.
10	Pinaceae	Pinus	<i>Pinus</i> sp.
11	Ericaceae	Arbutus	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth

Fuente: Elaboración propia

b) Estrato arbustivo

La riqueza florística del estrato arbustivo se encuentra conformada por 13 familias, 18 géneros y 20 especies. Los helechos más frecuentes fueron incluidos en esta categoría. El inventario de familias, géneros y especies se detalla en la tabla 10 y 11.

Tabla 7: Inventario de familias, géneros y especies arbustivas encontradas en el bosque análogo *Alnus acuminata*

No.	Familia	Genero	Especie
1	Asteraceae	Squamopappus	<i>Squamopappus skutchii</i> (S.F.Blake) R.K.Jasen, N.A.Harriman & Urbatsch.
2	Asteraceae	Roldana	<i>Roldana heterogama</i> H.Rob. & Brettell
3	Asteraceae	Ageratum	<i>Ageratum</i> sp.*
4	Asteraceae	Verbesina	<i>Verbesina apleura</i> S.F.Blake
5	Buddlejaceae	Buddleja	<i>Buddleja nitida</i> Benth.
6	Campanulaceae	Centropogon	<i>Centropogon grandidentatum</i> (Schltdl.) Zahlbr.
7	Caprifoliaceae	Symphoricarpos	<i>Symphoricarpos microphyllus</i> (Humb. & Bonpl. Ex Schult.) Kunth
8	Caryophyllaceae	Arenaria	<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb.
9	Ericaceae	Gaultheria	<i>Gaultheria acuminata</i> Schltdl. & Cham.
10	Lamiaceae	Salvia	<i>Salvia tubifera</i> Cav.
11	Onagraceae	Fuchsia	<i>Fuchsia microphylla</i> subsp. <i>quercetorum</i> Breedlove
12	Onagraceae	Fuchsia	<i>Fuchsia splendens</i> Zucc.
13	Orobanchaceae	Castilleja	<i>Castilleja integrifolia</i> L.f.
14	Polygalaceae	Monnina	<i>Monnina xalapensis</i> Kunth.
15	Rhamnaceae	Ceanothus	<i>Ceanothus caeruleus</i> Lag.
16	Rosaceae	Rubus	<i>Rubus glaucus</i> Benth.
17	Rosaceae	Acaena	<i>Acaena elongata</i> (L.) Poir
18	Rosaceae	Rubus	<i>Rubus trilobus</i> Ser.
19	Solanaceae	Solanum	<i>Solanum nudum</i> Dunal
20	Solanaceae	Solanum	<i>Solanum lanceolatum</i> Cav.

Fuente: Elaboración propia

*La especie se encontró fuera de la parcela de muestreo

Tabla 8: Inventario de familias, géneros y especies de helechos encontradas en el bosque análogo *Alnus acuminata*

No.	Familia	Genero	Especie
1	Blechnaceae	Blechnum	<i>Blechnum falciforme</i> (Liebm.) C. Chr.
2	Coriariaceae	Coriaria	<i>Coriaria incisifolia</i> subsp. <i>microphylla</i> (Pour.) L.E. Skog.

3	Pteridaceae	Adiantum	<i>Adiantum poiiretii</i> Wikstr.
---	-------------	----------	-----------------------------------

Fuente: Elaboración propia

c) Estrato herbáceo

El estrato herbáceo para este sitio está conformado por 12 familias, 18 géneros y 19 especies. El inventario de familias, géneros y especies se detalla en la tabla 11. Cabe destacar que estos datos son un estimado, ya que no se realizó un muestreo sistemático para este estrato.

Tabla 9: Inventario de familias, géneros y especies herbáceas del bosque análogo *Alnus acuminata*

No.	Familia	Genero	Especie
1	Amaranthaceae	Iresine	<i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Wild.
2	Apiaceae	Arracacia	<i>Arracacia aegopodioides</i> (Kunth) J.M. Coult. & Rose
3	Apiaceae	Eryngium	<i>Eryngium guatemalense</i> Hemsl.
4	Asteraceae	Bidens	<i>Bidens ostruthioides</i> (DC.) Sch.Bip.
5	Asteraceae	Oxylobus	<i>Oxylobus glandulifer</i> (Sch. Bip. Ex Bent. & Hook.f.) A.Gray
6	Asteraceae	Gnaphalium	<i>Gnaphalium viscosum</i> Kunth.
7	Begoniaceae	Begonia	<i>Begonia oaxacana</i> A. DC.
8	Boraginaceae	Hackelia	<i>Hackelia mexicana</i> (Schltdl. & Cham) I.M. Johnst.
9	Boraginaceae	Hackelia	<i>Hackelia skutchii</i> I.M. Johnst.
10	Campanulaceae	Lobelia	<i>Lobelia nana</i> Kunth.
11	Ceramiaceae	Ceramium	<i>Ceramium goldmanii</i> Rose ex Hanks & Small.
12	Commelinaceae	Weldenia	<i>Weldenia candida</i> Schult.f.
13	Orchidaceae	Govenia	<i>Govenia liliacea</i> (Lex.) Lindl.
14	Oxalidaceae	Oxalis	<i>Oxalis alpina</i> (Rose) Rose ex R. Knuth
15	Phytolaccaceae	Phytolacca	<i>Phytolacca icosandra</i> L.
16	Polytrichaceae	Polytrichum	<i>Polytrichum. Orbiculatum</i> (Desv.) J.Rémy & Fée
17	Solanaceae	Lycianthes	<i>Lycianthes quichensis</i> (J.M. Coult 8 Donn. Sm.) Bitter
18	Solanaceae	Jaltomata	<i>Jaltomata procumbens</i> (Cav.) J.L.Gentry
19	Solanaceae	Physalis	<i>Physalis angustiphysa</i> Waterf.

Fuente: Elaboración propia

d) Estrato epífita y lianas

Las especies identificadas para éste hábito se detallan en la tabla 10.

Tabla 10: Inventario de familias, géneros y especies epífitas del bosque análogo *Alnus acuminata*

No.	Familia	Genero	Especie
1	Alstroemeriaceae	Bomarea	<i>Bomarea acutifolia</i> (Link & Otto) Herb.
2	Asparagaceae	Maianthemum	<i>Maianthemum flexuosum</i> (Bertol.) LaFrankie
3	Piperaceae	Peperomia	<i>Peperomia quadrifolia</i> (L.) Kunth.
4	Polypodiaceae	Polypodium	<i>Polypodium plesiosorum</i> Kunze.
5	Polypodiaceae	Polypodium	<i>Polypodium sp.</i>
6	Santalaceae	Phoradendron	<i>Phoradendron heydeanum</i> Trel.

Fuente: Elaboración propia

4.2.2 Especies endémicas

Fueron identificadas 11 especies con algún grado de endemismo, de las cuales 3 corresponden al hábito arbóreo, 3 al hábito arbustivo, 3 al herbáceo y 2 de ellas al epífito. Además de esto, fue encontrada una especie no registrada para Guatemala, siendo ésta endémica de San Cristobal de la Casas, Chiapas, México.

Tabla 11: Especies endémicas presentes en el bosque análogo *Alnus acuminata*

No.	Especie	Hábito	Categoría
1	<i>Zanthoxylum foliolosum</i> Donn. Sm.	Árbol	Endémica regional
2	<i>Comarostaphylis arbutoides</i> subsp. <i>arbutoides</i>	Árbol	Endémica regional
3	<i>Bocconia vulcanica</i> Donn. Smith	Árbol	Endémica regional
4	<i>Buddleja nitida</i> Benth.	Arbusto	Endémica
5	<i>Fuchsia microphylla</i> subsp. <i>quercetorum</i> Breedlove	Arbusto	Endémica Chiapas / Guatemala
6	<i>Monnina xalapensis</i> Kunth.	Arbusto	Endémica
7	<i>Lycianthes quichensis</i> (J.M. Coult. & Donn. Sm.) Bitter	Hierba	Endémica
8	<i>Eryngium guatemalense</i> Hemsl.	Hierba	Endémica Chiapas / Guatemala
9	<i>Ceranium goldmanii</i> Rose ex Hanks & Small.	Hierba	Nuevo registro para Guatemala / Endémica de San Cristobal de las casas
10	<i>Maianthemum flexuosum</i> (Bertol.) LaFrankie	Liana	Endémica Chiapas, Guatemala, El Salvador,

			Honduras y Nicaragua
11	<i>Phoradendron heydeanum</i> Trel.	Parásita	Endémica

Fuente: Elaboración propia

4.2.3 Descripción de la vegetación

4.2.3.1 Dominancia Relativa

4.2.3.1.1 Estrato Arbóreo

De las 10 especies arbóreas con DAP mayor a 10cm encontradas en el muestreo, el mayor porcentaje del índice de importancia pertenece a la especie *Alnus acuminata* (48.52%), seguida por la especie *Cupressus lusitanica* (15%) y *Pinus hartwegii* Lindl. (13.33%). Ver tabla 15 y Figura 5.

Tabla 12: Índice de Valor de Importancia de especies arbóreas bosque análogo *Alnus acuminata*

No.	Especie	Densidad %	Área basal %	Frecuencia %	IVI
1	<i>Alnus acuminata</i> Kunth.	52.42	68.14	25.00	48.52
2	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill	15.09	13.24	16.67	15.00
3	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	15.62	9.66	14.70	13.33
4	<i>Bocconia vulcanica</i> Donn. Smith	4.94	2.28	12.50	6.57
5	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth.	3.41	2.33	12.50	6.08
6	<i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenb. Ex Schltdl.	5.08	3.12	4.65	4.28
7	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne & Planch.	1.12	0.11	4.17	1.80
8	<i>Comarostaphylis arbutoides</i> subsp. <i>Arbutoides</i>	0.60	0.31	4.17	1.69
9	<i>Zanthoxylum foliolosum</i> Donn. Sm.	0.52	0.08	4.17	1.59
10	<i>Pinus</i> sp.	1.20	0.74	1.48	1.14

Fuente: Elaboración propia

4.2.3.1.2 Estrato Arbustivo

De las 17 especies arbustivas encontradas en el muestreo, el mayor porcentaje del índice de importancia pertenece a la especie *Squamopappus skutchii* (S.F. Blake) con (30.84%) seguida por la especie *Fuchsia microphylla* subsp. *Quercetorum* Breedlove con (10.64%) y *Monnina Xalapensis* Kunth (9.26%). Ver tabla 15 y Figura 6.

Tabla 13: Índice de Valor de Importancia de especies arbustivas del bosque análogo *Alnus acuminata*

No.	Especie	Densidad %	Cobertura %	Frecuencia %	IVI
1	<i>Squamopappus skutchii</i> (S.F.Blake) R.K.Jasen, N.A.Harriman & Urbatsch.	36.11	38.76	17.65	30.84
2	<i>Fuchsia microphylla subsp.</i> <i>quercetorum</i> Breedlove	13.50	6.66	11.76	10.64
3	<i>Monnina xalapensis</i> Kunth	14.85	7.03	5.88	9.26
4	<i>Buddleja nitida</i> Benth.	4.47	11.24	2.94	6.22
5	<i>Salvia tubifera</i> Cav.	2.97	1.19	5.88	3.34
6	<i>Symphoricarpos microphyllus</i> (Humb. & Bonpl. Ex Schult.) Kunth.	2.53	2.08	2.94	2.52
7	<i>Cestrum formosum</i> C.V. Morton	1.70	2.46	8.82	4.33
8	<i>Acaena elongata</i> L. (Poir)	1.52	0.64	2.94	1.70
9	<i>Ceanothus caeruleus</i> Lag.	3.36	4.49	2.94	3.60
10	<i>Gautheria acuminata</i> Schltdl. & Cham.	1.23	0.76	2.94	1.64
11	<i>Solanum lanceolatum</i> Cav.	2.46	1.16	5.88	3.17
12	<i>Centropogon grandidentatus</i> (Schltdl. Zahlbr)	3.69	9.67	2.94	5.43
13	<i>Fuchsia splendens</i> Zucc.	3.79	3.20	2.94	3.31
14	<i>Rubus trilobus</i> Ser.	1.52	4.99	2.94	3.15
15	<i>Salvia cinnabarina</i> M. Martens & Galeotti	1.52	0.80	2.94	1.75
16	<i>Baccharis</i> sp.	2.27	2.87	2.94	2.69
17	<i>Cestrum anagyris</i> Dunal	2.53	1.99	14.71	6.41

4.2.3.2 Área basal y distribución diamétrica

El área basal se estimó en 27.3 m²/ha. La distribución diamétrica de los individuos con un DAP mayor a 10cm muestra que la mayoría (40%) de los individuos posee un DAP mayor a 100 cm. En la figura 6 se puede observar la distribución de las clases diamétricas en porcentajes de individuos, se puede observar un aumento en el porcentaje mientras aumenta la clase diamétrica. Ver figura 4.

Figura 4: Clases diamétricas bosque análogo *Alnus acuminata*

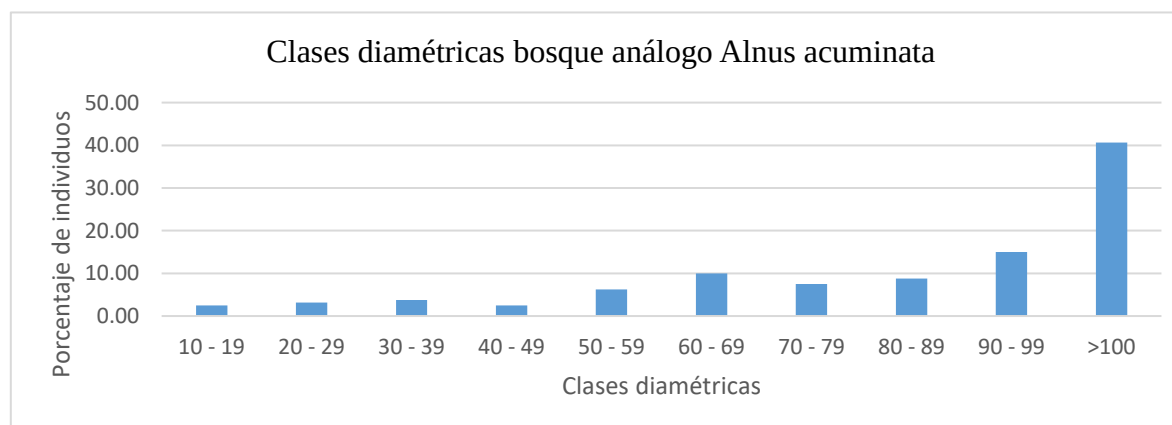
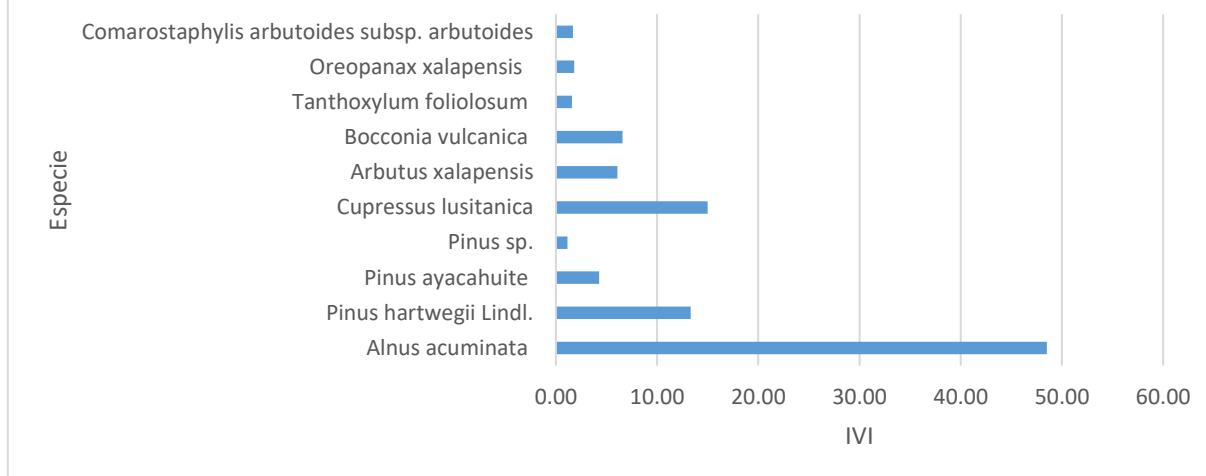
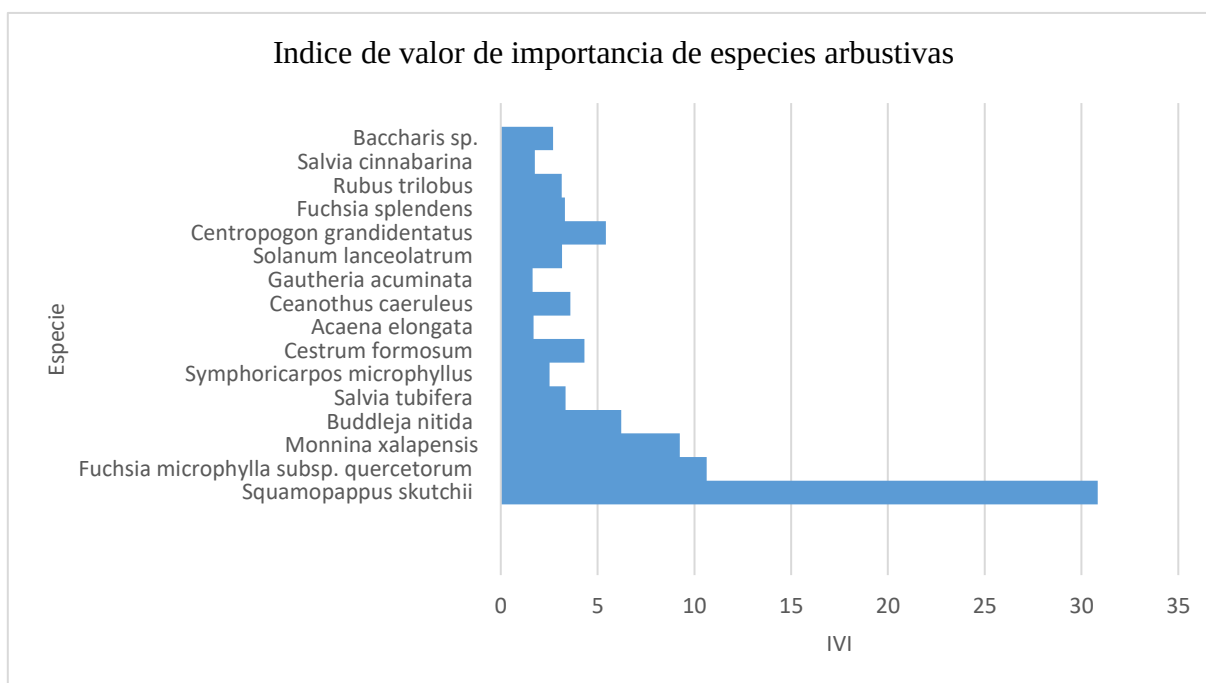


Figura 5: Índice de valor de importancia para especies arbóreas bosque análogo *Alnus acuminata*



Fuente: Elaboración propia

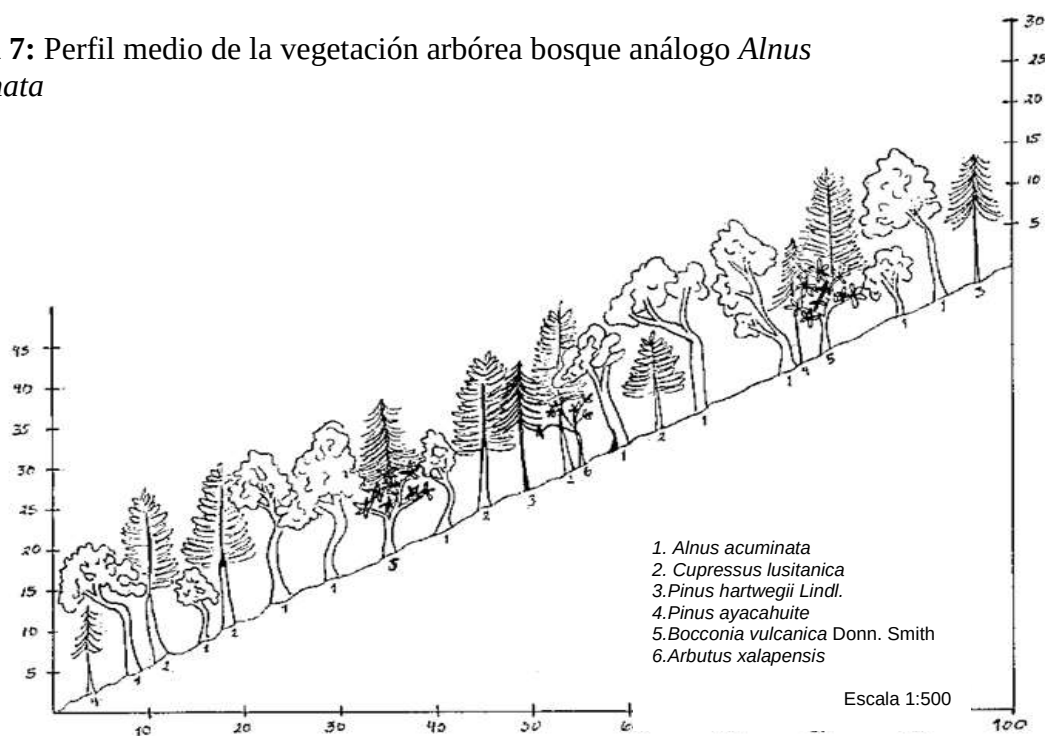
Figura 6: Índice de valor importancia de especies arbustivas bosque análogo *Alnus acuminata*



Fuente: Elaboración propia

4.2.3.3 Perfil medio

Figura 7: Perfil medio de la vegetación arbórea bosque análogo *Alnus acuminata*



Fuente: Elaboración propia

4.3 SITIO 3: Bosque análogo *Cupressus lusitanica*

a) Descripción del sitio

Este sitio se encuentra ubicado entre el rango altitudinal de 2,800 y 3,300 msnm. Por sus características de presencia de especies y dominancia, este sitio fue clasificado de acuerdo al modelo de sucesión ecológica propuesto para una región del altiplano Occidental de Guatemala por (Natareno Franco, 1981), en la etapa “*Cupressus lusitanica*”. Este modelo propone que esta etapa es considerada la comunidad Climax del proceso de sucesión; solo existen 3 especies arbóreas diferentes (*Cupressus lusitanica*, *Pinus ayacahuite*, *Abies guatemalensis*), siendo de valor significativo alto *Cupressus lusitanica*. La etapa se establece alrededor de los 200 años de iniciado el proceso y se constituye en la comunidad menos dinámica del proceso sucesional de la región (Natareno Franco, 1981).

4.3.1 Composición florística

a) Estrato arbóreo

De acuerdo a los muestreos realizados para este sitio, la riqueza florística del estrato arbóreo se encuentra conformada por 4 especies de familia y género diferente. El detalle de estas especies aparece a continuación:

Tabla 14: Inventario de familias, géneros y especies arbóreas del bosque análogo *Cupressus lusitanica*

No.	Familia	Genero	Especie
1	Cupressaceae	Cupressus	<i>Cupressus lusitanica</i>
2	Pinaceae	Pinus	<i>Pinus ayacahuite</i>
3	Ericaceae	Arbutus	<i>Arbutus xalapensis</i>
4	Araliaceae	Oreopanax	<i>Oreopanax xalapensis</i> Kunth.

Fuente: Elaboración propia

b) Estrato arbustivo

La riqueza florística del estrato arbustivo se encuentra conformada por 7 familias, 11 géneros y 18 especies. El inventario de familias, géneros y especies se detalla en la tabla 17 y 18.

Tabla 15: Inventario de familias, géneros y especies arbustivas encontradas en el bosque análogo *Cupressus lusitanica*

No.	Familia	Genero	Especie
1	Asteraceae	Verbesina	<i>Verbesina sp.</i>
2	Asteraceae	Ageratina	<i>Ageratina subinclusa aefes eupatorium monticola</i>
3	Asteraceae	Ageratina	<i>Ageratina subinclusa</i> (Klatt) R.M. King & H.Rob.
4	Asteraceae	Squamopappus	<i>Squamopappus skutchii</i> (S.F.Blake) R.K.Jansen, N.A.Harriman & Urbatsch.
5	Campanulaceae	Centropogon	<i>Centropogon cordifolius</i> Benth.
6	Caprifoliaceae	Symphoricarpos	<i>Symphoricarpos microphyllus</i> Kunth.
7	Onagraceae	Fuchsia	<i>Fuchsia thymifolia subsp. minimiflora</i> (Hemsl.) Breedlove
8	Onagraceae	Fuchsia	<i>Fuchsia microphylla subsp. chiapensis</i> (Brandegge) P.E. Berry & Breedlove
9	Onagraceae	Fuchsia	<i>Fuchsia paniculata subsp. paniculata</i>
10	Onagraceae	Fuchsia	<i>Fuchsia microphylla subsp. aprica</i> (Lundell) Breedlove
11	Onagraceae	Fuchsia	<i>Fuchsia splendens</i> Zucc.
12	Polygalaceae	Monnina	<i>Monnina xalapensis</i> Kunth.
13	Asteraceae		<i>Asteraceae</i>
14	Solanaceae	Cestrum	<i>Cestrum ps.</i>
15	Onagraceae		<i>Fuchsia sp.</i>
16	Lamiaceae		<i>Salvia sp.</i>
17	Asteraceae	Schistocarpha	<i>Schistocarpha platyphylla</i> Greenm.
18	Solanaceae	Solanum	<i>Solanum nigrincans</i> M. Martens & Galeotti

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16: Inventario de familias, géneros y especies de helechos encontradas en el bosque análogo *Cupressus lusitanica*

No.	Familia	Genero	Especie
1	Dryopteridaceae	Polystichum	<i>Polystichum sp.</i>
2	Gentianaceae	Halenia	<i>Halenia decumbeus</i> Benth.
3	Pteridaceae	Adiantum	<i>Adiantum andicola</i> Luebm.

Fuente: Elaboración propia

c) Estrato herbáceo

El estrato herbáceo para este sitio está conformado por 11 familias, 15 géneros y 16 especies. El inventario de familias, géneros y especies se detalla en la tabla 19.

Tabla 17: Inventario de familias, géneros y especies herbáceas del bosque análogo *Cupressus lusitanica*

No.	Familia	Genero	Especie
1	Amaranthaceae	Iresine	<i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Wild.
2	Apiaceae	Arracacia	<i>Arracacia eago podioides</i>
3	Apiaceae	Eryngium	<i>Eryngium guatemalense</i> Hemsl.
4	Apiaceae	Arracacia	<i>Arracacia aegopodioides</i> (Kunth) J.M. Coult. & Rose
5	Asteraceae	Bidens	<i>Bidens ortruthioides</i> DC (Sch. B,P.)
6	Asteraceae	Baccharis	<i>Baccharis lancifolia</i> Less.
7	Asteraceae	Dahlia	<i>Dahlia australis</i> (Sheriff) P.D. Sorensen
8	Asteraceae	Roldana	<i>Roldana heterogama</i> (Benth.) H.Rob. & Beltell
9	Asteroideae	Psacalium	<i>Psacalium pinetorum</i> (Standl. Et. Steyermer) cuatrec.
10	Berberidaceae	Berberis	<i>Berberis volcanica</i> (Standl. & Steyermer.) Cuatrec.
11	Boraginaceae	Hackelia	<i>Hackelia mexicana</i> (Schltdl. & Cham.) I.M.Johnst.
12	Fabaceae	Lupinus	<i>Lupinus montanus</i> Kunth.
13	Gentianaceae	Halea	<i>Halenia decurmbens</i> Benth.
14	Ophioglossaceae	Botrychium	<i>Botrychium virginianum</i> (L.) SW.
15	Orobanchaceae	Castilleja	<i>Castilleja integrifolia</i> L.f.
16	Rosaceae	Acaena	<i>Acaena elongata</i> L. (Poir)

Fuente: Elaboración propia

d) Estrato epífito y lianas

Las especies identificadas para éste hábito se detallan en la tabla 21.

Tabla 18: Inventario de familias, géneros y especies epífitas del bosque análogo *Cupressus lusitanica*

No.	Familia	Genero	Especie
1	Alstroemeriaceae	Bomarea	<i>Bomarea actifolia</i> (Link et Otto) Herb.
2	Apocynaceae	Orthosia	<i>Orthosia rubens</i> (L.O. Williams) W.D. Stevens.
3	Asparagaceae	Maianthemum	<i>Maianthemum flexuosum</i> (Bertol.) LaFrankie
4	Aspleniaceae	Asplenium	<i>Asplenium monanthes</i> L.
5	Aspleniaceae	Asplenium	<i>Asplenium resiliens</i> Kunze
6	Fabaceae	Vicia	<i>Vicia villosa</i> Roth
7	Passifloraceae	Passiflora	<i>Passiflora membranacea</i> Benth.
8	Polypodiaceae	Pleopeltis	<i>Pleopeltis macrocarpa</i> var <i>macrocarpa</i>
9	Polypodiaceae	Polypodium	<i>Polypodium hartwegianum</i> Hook.
10	Polypodiaceae	Polypodium	<i>Polypodium longepinnulatum</i> E. Fourn.
11	Polypodiaceae	Polypodium	<i>Polypodium fissidens</i> Maxon

Fuente: Elaboración propia

4.3.2 Especies endémicas

Fueron identificadas 9 especies con algún grado de endemismo, de las cuales 4 corresponden al hábito arbustivo, 2 al herbáceo y 3 de ellas al epífito.

Tabla 19: Especies endémicas presentes en el bosque análogo *Cupressus lusitanica*

No.	Especie	Hábito	Categoría
1	<i>Orthosia rubens</i> (L.O. Williams) N.D. Stevens.	Liana	Endémica nacional
2	<i>Maianthemum flexuosum</i> (Bertol.) LaFrankie	Liana	Endémica regional
3	<i>Polypodium fissidens</i> Maxon	Epífita	Endémica
4	<i>Fuchsia thymifolia</i> subsp. <i>minimiflora</i> (Hensl.) Breedlove	Arbusto	Endémica
5	<i>Fuchsia microphylla</i> subsp. <i>chiapensis</i> (Brandege) P.E. Berry & Breedlove	Arbusto	Endémica regional
6	<i>Fuchsia microphylla</i> subsp. <i>aprica</i> (Lundell) Breedlove	Arbusto	Endémica Guatemala, Honduras, El Salvador
7	<i>Psacalium pinetorum</i> (Standl. Et. Steyer) Cuatrec.	Arbusto	Endémica Guatemala
8	<i>Berberis volcanica</i> (Standl. & Steyer) Marroq. Et Laferr.	Hierba	Endémica
9	<i>Eryngium guatemalense</i> Hemsl.	Hierba	Endémica Chiapas - Guatemala

Fuente: Elaboración propia

4.3.3 Descripción de la vegetación

4.3.3.1 Dominancia Relativa

4.3.3.1.1 Estrato Arbóreo

De las 4 especies arbóreas con DAP mayor a 10 cm encontradas en el muestreo, el mayor porcentaje del índice de importancia pertenece a la especie *Cupressus lusitanica* (68.44%), seguido de la especie *Pinus ayacahuite* (21.24%).

Tabla 20: Índice de Valor de Importancia de especies arbóreas bosque análogo *Cupressus lusitanica*

No.	Especie	Densidad %	Área basal %	Frecuencia %	IVI
1	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill	83.60	84.23	37.5	68.44
2	<i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenb. Ex Schltdl.	10.73	15.49	37.5	21.24
3	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	1.42	0.25	12.5	4.72
4	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth.) Decne. & Planch.	4.26	0.02	12.5	5.59

Fuente: Elaboración propia

4.3.3.1.2 Estrato Arbustivo

De las 20 especies arbustivas encontradas en el muestreo, el mayor porcentaje del índice de importancia pertenece a la especie *Alnus acuminata* (48.52%), seguida por la especie *Cupressus lusitanica* (15%) y *Pinus hartwegii* Lindl. (13.33%). Ver tabla 16.

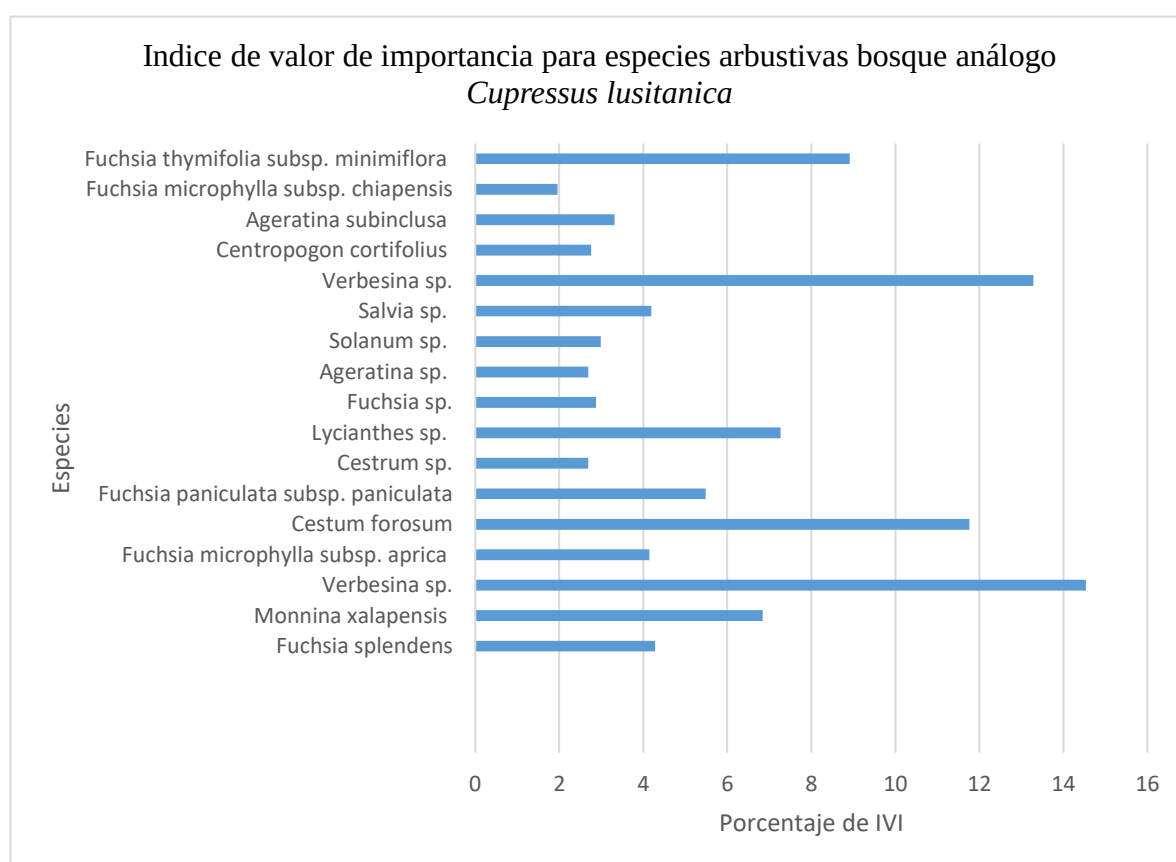
Tabla 21: Índice de Valor de Importancia de especies arbustivas del bosque análogo *Cupressus lusitanica*

No.	Especie	Densidad %	Cobertura %	Frecuencia %	IVI
1	<i>Fuchsia splendens</i> Zucc.	2.78	0.97	9.09	4.28
2	<i>Monnina xalapensis</i> Kunth	8.33	7.65	4.55	6.84
3	<i>Verbesina</i> sp.	17.06	22.00	4.55	14.54
4	<i>Fuchsia microphylla</i> subsp. <i>aprica</i> (Lundell) Breedlove	2.78	0.57	9.09	4.15
5	<i>Cestrum</i> sp.	13.49	17.25	4.55	11.76
6	<i>Fuchsia paniculata</i> subsp. <i>paniculata</i>	5.56	1.82	9.09	5.49
7	<i>Solanum nigrincans</i> M. Martens & Galeotti	2.38	1.15	4.55	2.69
8	<i>Fuchsia</i> sp.	2.38	10.34	9.09	7.27
9	<i>Fuchsia splendens</i> Zucc.	3.57	0.49	4.55	2.87
10	<i>Salvia</i> sp.	2.38	1.15	4.55	2.69
11	<i>Schitocarpha platyphylla</i> Greenm	3.57	0.84	4.55	2.99

12	Asteraceae	1.19	2.30	9.09	4.19
13	Verbesina sp.	13.33	21.99	4.55	13.29
14	<i>Centropogon cortifolius</i> Benth.	3.33	0.40	4.55	2.76
15	<i>Ageratina subinclusa</i> (Klah) R.M. King & H.Rob.	3.33	2.06	4.55	3.31
16	<i>Fuchsia microphylla</i> subsp. <i>chiapensis</i> (Brandege) P.E. Berry & Breedlove	1.19	0.14	4.55	1.96
17	<i>Fuchsia thymifolia</i> subsp. <i>minimiflora</i> (Hensl.) Breedlove	13.33	8.87	4.55	8.92

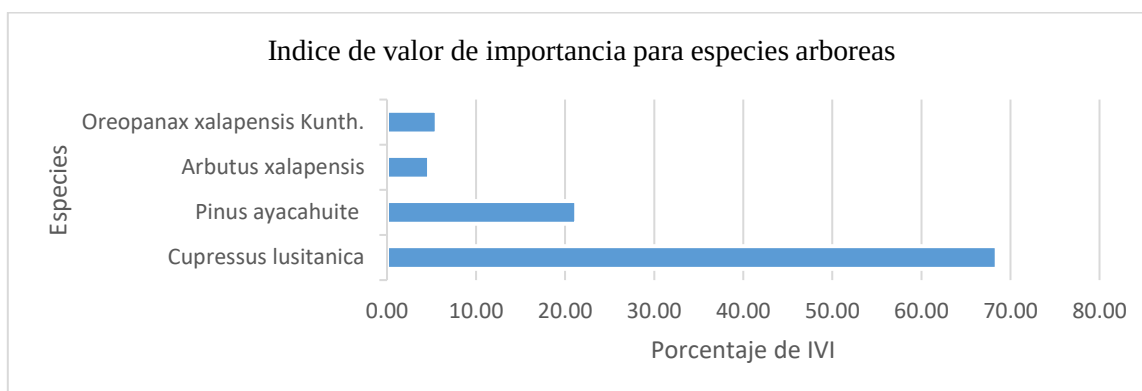
Fuente: Elaboración propia

Figura 8: Índice de valor de importancia de especies arbustivas del bosque *Cupressus lusitanica*



Fuente: Elaboración propia

Figura 9: Índice de valor de importancia especies arbóreas presentes en bosque *Cupressus lusitanica*

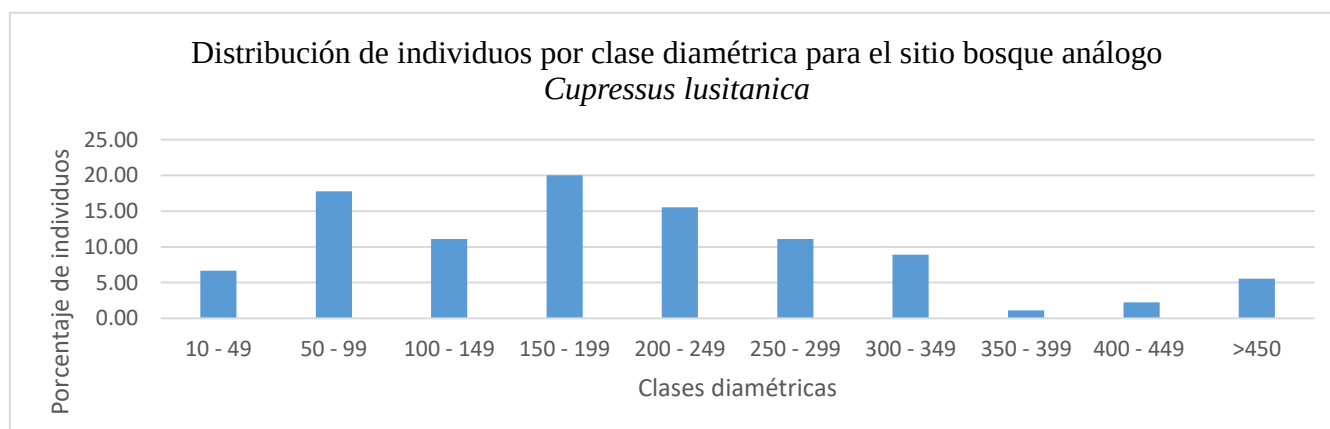


Fuente: Elaboración propia

4.3.3.2 Área basal y distribución diamétrica

El área basal se estimó en 138.73 m²/ha. La distribución diamétrica de los individuos con un DAP mayor a 10cm muestra que la mayoría (20%) de los individuos posee un DAP en la clase diamétrica 150 a 199 cm. En la figura 9 se puede observar la distribución de las clases diamétricas en porcentajes de individuos.

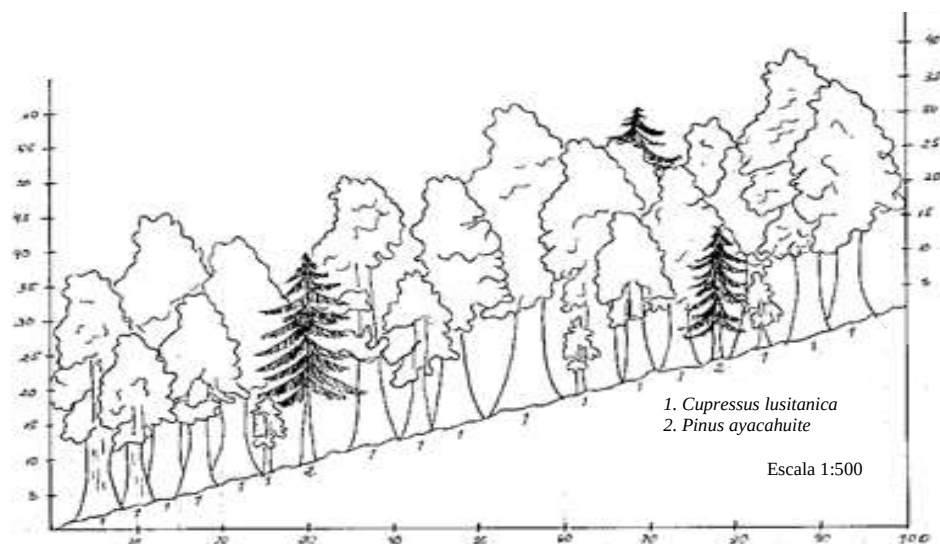
Figura 10: Distribución de individuos por clase diamétrica para el bosque análogo *Cupressus lusitanica*



Fuente: Elaboración propia

4.3.3.3. Perfil medio de la vegetación

Figura 11: Perfil medio de la vegetación arbórea bosque análogo *Cupressus lusitanica*



Fuente: Elaboración propia

4.4 COMPARACIÓN DE SITIOS ANÁLOGOS

a) Principales características geográficas y ecológicas de los sitios de estudio

Tabla 22: Descripción de las principales características geográficas y ecológicas de los sitios de estudio, en la aldea Chiquisis (Reforestación *Cupressus*-*Pinus* y bosque análogo *Alnus acuminata*) En la aldea Vásquez (bosque análogo *Cupressus lusitanica*)

	Sitios de Estudio		
	RCP	BAA	BAC
Superficie (ha)	15 ha	80 ha	137 ha
Altitud (msnm)	3,000 – 3,200	2,500 – 3,200	2,800 – 3,100
Latitud (N)	14.787697	14.774593	14.828385
Longitud (O)	-91.408061	-91.414990	-91.401745
Pendiente (°)	42% / 22.28°	57% / 29.28°	32% / 17.74°
Especies dominantes	<i>Cupressus lusitanica</i>	<i>Alnus acuminata</i> – <i>Cupressus lusitanica</i>	<i>Cupressus lusitanica</i>

Fuente: Elaboración propia

b) Principales características de composición

Tabla 23: Principales características de composición de los tres sitios de estudio

	Sitios de Estudio		
	RCP	BAA	BAC
No. parcelas de muestreo	3	6	3
No. especies arbóreas encontradas	2	11	4
No. especies arbustivas encontradas	1	20	18
No. especies herbáceas encontradas	5	19	16
No. otras especies encontradas	1	6	11
No. especies endémicas encontradas	1	11	9

Fuente: Elaboración propia

c) Principales características de Estructura

Tabla 24: Principales características de composición de los tres sitios de estudio

	Sitios de Estudio		
	RCP	BAA	BAC
Densidad de árboles por hectárea	1,030	280	300
Área basal m²/ hectárea	32.83	27.3	138.73
Clase diamétrica (cm) con mayor frecuencia	61-70	<100	150-199

Fuente: Elaboración propia

d) Comparación de sitios por medio de agrupación jerárquica de comunidades

Se tomaron en cuenta para este análisis todas las especies encontradas en el estrato arbóreo y arbustivo, debido a que es el componente arbóreo el que influye sobre la estructura y estabilidad de las especies que se ubican por debajo de él (Tribouillier Navas, 2014). Con respecto a las especies arbustivas, su ciclo de vida y su temporalidad es más permanente que las herbáceas (Tribouillier Navas, 2014). Para poder realizar una mejor comparación entre los 3 sitios se incluyeron para este análisis las especies de herbáceas más abundantes en cada sitio para las cuales se realizó muestreo sistemático en campo.

Por medio de este análisis se agruparon los sitios de muestreo en comunidades, utilizando para este fin el coeficiente de comunidad de Sørensen. Este consiste en comparar las unidades de muestreo entre sí y fusionarlas en una comunidad, siempre y cuando posean similitudes entre sí. Los resultados del coeficiente de comunidad se presentan en la tabla 27.

Tabla 25: Coeficiente de comunidad de Sorensen

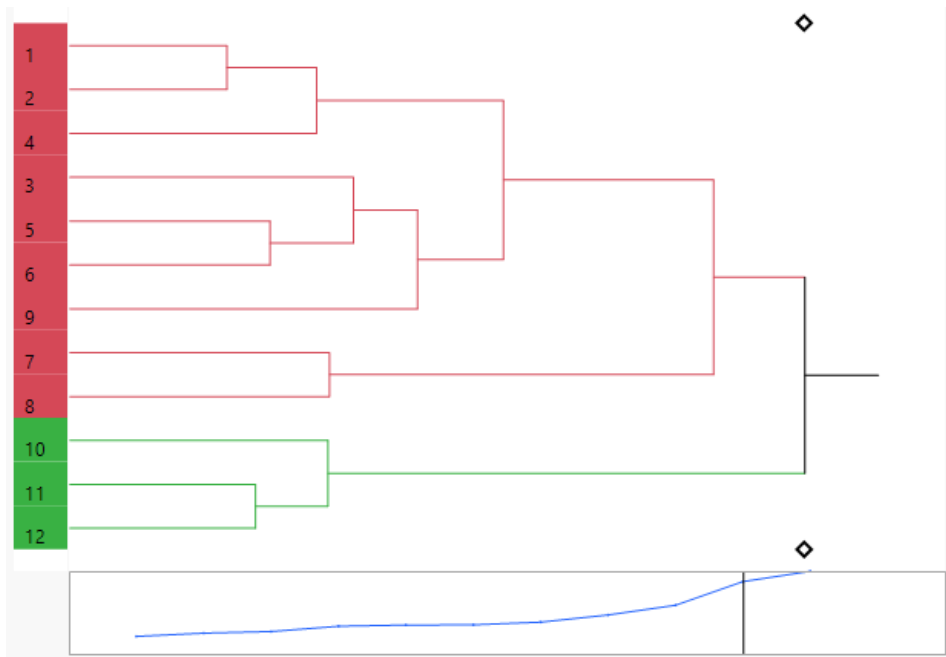
No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	0.7	0.6	0.6	0.4	0.4	0.3	0.2	0.3	0.6	0.2	0.3
2	0.7	1	0.6	0.5	0.4	0.5	0.3	0.2	0.4	0.5	0.2	0.3
3	0.6	0.6	1	0.4	0.6	0.5	0.3	0.3	0.4	0.2	0.3	0.2
4	0.6	0.5	0.4	1	0.5	0.6	0.2	0.2	0.3	0.4	0.1	0.2
5	0.4	0.4	0.6	0.5	1	0.6	0.3	0.3	0.5	0.3	0.2	0.3
6	0.4	0.5	0.5	0.6	0.6	1	0.2	0.2	0.4	0.3	0.2	0.3
7	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	1	0.5	0.4	0.2	0.1	0.3
8	0.2	0.2	0.3	0.2	0.3	0.2	0.5	1	0.4	0.2	0.1	0.2
9	0.3	0.4	0.4	0.3	0.5	0.4	0.4	0.4	1	0.4	0.2	0.3
10	0.6	0.5	0.2	0.4	0.3	0.3	0.2	0.2	0.4	1	0.6	0.7
11	0.2	0.2	0.3	0.1	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.6	1	0.7
12	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3	0.7	0.7	1

Fuente: Elaboración propia

Para el análisis objetivo de relaciones entre cada uno de los sitios estudiados, se realizó una clasificación por medio del programa JMP SAS (SAS Institute, Inc. 1989 - 1997). A través de este programa es posible realizar un cuadro de fusiones o análisis clúster por medio de un dendrograma, el cual ejemplifica la agrupación de la vegetación en comunidades (Tribouillier Navas, 2014).

El dendrograma de la figura 12 muestra los resultados de la clasificación hecha por el programa JMP, utilizando la matriz de índice de comunidad de Sorensen.

Figura 12: Dendograma de comunidades diferenciadas



Fuente: JMP, SAS. 1987-1999, en base a datos de campo

Tabla 26: Clave de número de parcela por sitio

	Sitios de Estudio		
	RCP	BAA	BAC
No. de parcela	10 -12	1 - 6	7 -9

Fuente: Elaboración propia

En la figura se observan 2 comunidades claramente definidas, la primera en color rojo que agrupa los sitios Bosque análogo *Alnus acuminata* y Bosque análogo *Cupressus lusitanica*, en la segunda, de color verde se agruparon las parcelas del bosque reforestación *Cupressus lusitanica* y *Pinus hartwegii* Lindl.

Podemos interpretar del dendograma que las parcelas de los sitios bosque análogo *Alnus acuminata* y bosque análogo *Cupressus lusitanica* (1-9) fueron agrupadas en una sola comunidad, lo cual indica una fuerte relación entre estos dos sitios. Las parcelas del sitio reforestación con *Cupressus lusitanica* y *Pinus hartwegii* Lindl. (10 – 12) fueron agrupadas en una comunidad independiente.

CAPITULO V

5.1 CONCLUSIONES

- De acuerdo al modelo de sucesión ecológica propuesto por (Natareno Franco, 1981), el bosque natural presente en la Aldea Chiquisis, Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá catalogado como análogo al sitio reforestado, se encuentran en la segunda etapa de sucesión ecológica para el componente arbóreo denominada *Alnus*-maduro la cual se establece a partir de los 30 años de haber comenzado el proceso y domina por lo menos 40 años.
- El bosque de coníferas ubicado en la Aldea Vásquez, Totonicapán, Totonicapán, se encuentra catalogado en la etapa *Cupressus lusitanica* según el modelo de sucesión ecológica propuesto por (Natareno Franco, 1981) la cual se establece a los 200 años de haber comenzado el proceso y no presenta variaciones de forma natural en su comunidad dominante a partir de su establecimiento.
- En total fueron identificadas 88 especies, de las cuales 11 pertenecen al estrato arbóreo, 35 al estrato arbustivo, 19 al estrato herbáceo y 27 corresponden a otros estratos. De éstas, 15 poseen algún grado de endemismo, esto demuestra que los bosques naturales del área de estudio son de gran importancia por su riqueza florística.
- En relación al análisis altimétrico del sitio reforestado se concluyó que tan solo el 1% de los individuos ha alcanzado una altura de 17 m o más, el 30% de los individuos se sitúa en las alturas de 9 a 13m y la mayoría con 60% de individuos han alcanzado una altura de 5 a 9m, este análisis en comparación con el análisis de clases diamétricas, en el cual se determinó que tan solo el 4.23% de los individuos han alcanzado un diámetro igual o mayor a 100cm, demuestra que existe una gran competencia entre individuos debido a su alta densidad.
- Las principales diferencias de estructura y composición del bosque reforestado están condicionadas principalmente, por la elección de las especies y densidades implementadas para el componente arbóreo, así como las escasas actividades de poda y raleos de liberación.
- El sitio reforestado posee un empobrecimiento de riqueza florística evidente, ya que alberga tan solo 12 especies (20% del promedio de especies en comparación a los sitios análogos), de este porcentaje solamente una de las especies se encuentra reconocida como endémica, por lo que podríamos decir que 80% de las especies no pueden establecerse bajo las condiciones del sitio reforestado.
- El método de plantación que fue empleado en la aldea Chiquisis, supone el establecimiento de hasta 3 veces el número de árboles por hectárea en comparación con un bosque natural, esto explica el poco establecimiento de otras especies vegetales, dada la poca disponibilidad de luz por debajo del dosel.

- Se comprobó que la afirmación de (González-Espinoza *et al.*, 2006) de que la riqueza florística incrementa con la edad sucesional de un bosque, se cumple en los sitios estudiados, ya que en 6 muestreos realizados en el sitio caracterizado en la etapa de sucesión *Alnus maduro*, se encontró una totalidad de 62 especies, mientras que en 3 muestreos realizados en el sitios *Cupressus lusitanica* se encontró un total de 52 especies; esto quiere decir que de haberse aplicado el mismo número de parcelas en el sitio *Cupressus lusitanica*, seguramente el número de especies superaría al encontrado en el sitio *Alnus maduro*.
- A pesar de que la especie *Cupressus lusitanica* empleada para realizar la reforestación del sitio en la aldea Chiquisis es también la especie dominante en la etapa climax de acuerdo con el modelo de la sucesión ecológica para esta área del altiplano occidental propuesto por (Natareno Franco, 1981), el establecimiento de esta comunidad de manera artificial ha inhibido el proceso de sucesión ecológica, no cumpliendo así con el objetivo de recuperación de las funciones de conservación de la biodiversidad del área.
- El dendograma obtenido por medio del programa JMP a través del coeficiente de comunidad de Sorensen confirma que, efectivamente, el sitio *Alnus maduro* y *Cupressus lusitanica* corresponden a la misma comunidad, lo que indica que ambos sitios están relacionados genéticamente. Sin embargo, también se puede interpretar que debido a que el sitio de reforestación *Cupressus lusitanica* y *Pinus hartwegii* Lindl. se une hasta el final de la gráfica, este corresponde a una comunidad diferente a la que se encuentra presente en el área.
- La ausencia de un plan de manejo actual y de objetivos que definan el futuro que tendrá el sitio reforestado, crea la oportunidad para considerar utilizar el sitio como una estrategia de conservación de suelos y biodiversidad.

5.2 RECOMENDACIONES

- Debido a la importancia por su riqueza florística del área y a las tendencias actuales de empobrecimiento florístico por deforestación en la región de estudio, se sugiere que, al definir futuras estrategias de recuperación de los bosques en el área, sean priorizadas estrategias de conservación.
- No se debe descartar la utilización de especies coníferas como *Cupressus lusitanica* y *Pinus sp.* debido a su importancia como especies dominantes en la comunidad climax. Sin embargo, la densidad de estas especies no debe exceder los 300 individuos por hectárea.
- Es importante que las reforestaciones que se implementen en el futuro, sean realizadas con diferentes especies para el componente arbóreo, ya que de este depende la composición y estructura de las especies que se establezcan debajo de él. Los resultados de esta investigación demuestran que existen al menos 11 especies arbóreas localmente adaptadas, de las cuales podrían ser priorizadas las que cuentan con algún grado de endemismo.
- Para contrarrestar el empobrecimiento de la riqueza florística en la reforestación ya implementada, se propone considerar la recomendación de (Fernández-Pérez *et al.*, 2012) la cual se refiere a la necesidad de sustituir algunos individuos del ciprés por otras especies arbóreas nativas de rápido crecimiento o que permitan el reclutamiento natural de otras especies.
- El crecimiento de plántulas de otras especies bajo el dosel es muy importante y se debe propiciar limitando las actividades de manejo que tengan como fin la limpieza del sitio. Además de esto, se pueden realizar actividades de esparcimiento de especies prioritarias por su importancia ecológica o cultural.
- Además de la repoblación de especies vegetales en el sitio, al realizar esfuerzos de recuperación de los bosques se debe priorizar la recuperación de las funciones de conservación de la biodiversidad para lo cual deben ser imitadas las características de estructura y composición de los bosques producto de la sucesión ecológica presentes en el área.
- Debido a la importancia en riqueza florística de los bosques montanos, se recomienda alcanzar la estabilidad de la curva de acumulación de especies en estudios futuros.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Albuquerque, M., Brustein, V., & Wainez, P. (2000). *Perspectivas y restricciones al desarrollo sustentable de la producción Forestal en América Latina*. Organización de Las Naciones Unidas, Chile: Serie Desarrollo productivo #85.
- Alianza para la Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Mesoamérica. (2008). *Plan de Conservación de los Bosques de Pino-Encino de Centroamérica y el Ave Migratoria Dendroica chrysoparia*. Guatemala: E.S. Pérez, E. Secaira, C. Macías, S. Morales e I. Amezcua. Fundación Defensores de la Naturaleza y The Nature Conservancy.
- Bonifacio Mostacedo, T. S. (2000). *Manual de Métodos Básicos de Muestreo y Análisis en Ecología Vegetal*. Santa Cruz de la Sierra: Proyecto de Manejo Forestal Sostenible (BOLFOR) / USAID.
- Braun-Blanquet, J. (1979). *Fitosociología. Bases para el estudio de comunidades vegetales*. Barcelona: H. Blume.
- CDB. (1992). *Glosario de términos y conceptos sobre la diversidad biológica*. Convenio Sobre la Diversidad Biológica.
- Ceja, J., Serna, A., López, A., & García, J. (2008). *Las plantas epífitas, su diversidad e importancia*. Ciencias 91.
- Cervantes, V., Carabias, J., & Arriaga, V. (2008). *Evolución de las políticas públicas de restauración ambiental*. En: CONABIO. México, D.F.: Capital Natural de México. Vol III: Políticas Públicas y Perspectivas de Sustentabilidad. .
- Chaves, E., & Fonseca, W. (1991). *Ciprés, Cupressus lusitanica Mill. Especie de Árbol de Uso Múltiple en América Central*. . Centro Agronómico Tropical para la Investigación y Enseñanza.
- Clarke, G. L. (1971). *Elementos de ecología 4a ed*. Barcelona: Omega.
- CONAP. (2008). *“Libro sobre biodiversidad de Guatemala: Un enfoque histórico, cultural, biológico y económico”*. Guatemala: Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP- / Oficina Técnica de Biodiversidad –OTECBIO–.
- CONAP. (2011). *Política Nacional de Diversidad Biológica (Acuerdo Gubernativo 220 -2011)*. Guatemala.
- Congreso de la República de Guatemala. (1996). Decreto Legislativo 101-96. Ley Forestal .
- FAO. (2003). *Estado de la diversidad biológica de los árboles y bosques de Guatemala*. Guatemala: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación / Departamento de Montes.
- FAO, D. F. (2012). *Recursos Forestales Mundiales (FRA) Términos y Definiciones*. Roma: Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación.

- Fernández- Pérez, L., Ramirez-Marcial, N., & González- Espinosa, M. (2012). *Reforestación con Cupressus lusitanica y su influencia en la diversidad del bosque de pino. encino en los altos de Chiapas, México*. México: Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campo Experimental Chetumal, Chetumal, Quintana Roo, México.
- García Vettorazzi, M. J., López López, J. E., & Ramírez Posadas, M. F. (2015). Dinámica de la regeneración natural de un bosque tropical como fundamento para el desarrollo de estrategias de restauración ecológica en la Reserva de la Biosfera Maya. Petén, DIGI USAC, Guatemala.
- Hernández, A. J., & Pastor, J. (s.f.). *La Restauración Ecológica de Ecosistemas Degradados: Marcos Conceptuales y Metodologías para la Acción*. Madrid, Departamento de Ecología, Universidad de Alcalá, Madrid, España.
- Holdridge, L. H. (1979). *Ecología Basanda en Zonas de Vida*. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas .
- INAB. (2014). *Lineamientos Técnicos de Manejo Forestal*. Guatemala, Guatemala.
- Konijnendijk, C. (2008). *The Forest and the City: The Cultural Landscap of Urban Woodland*. . Springer, Copenhagen.
- Luego, A., Parrota, J., & Brown, S. (1993). *Loss of species caused by tropical deforestation and their recovery through management*.
- Matteucci, S. C. (1982). *Metodología para el Estudio de la Vegetación*. . Ed. Ev. Chesneau Washinton, D. D. : Serie de Biología, Monografía No. 22, 162 p.
- Matteucci, S., & Colma, A. (1982). *Metodología para el Estudio de la Vegetación*. Washinton, D.C.: Ed. Ev. Chesneau.
- Mendoza, Z. A. (2003). *GUIA DE METODOS PARA MEDIR LA BIODIVERSIDAD*. Loja, Ecuador: UNIVERSIDAD NACIONAL DE LOJA.
- Morales, J. (2011). *Prensa Libre*. Obtenido de http://www.prensalibre.com/noticias/comunitario/Guatemala-Inab-bosques-tala_ilegal-incentivos_0_608939308.html
- Natareno Franco, J. J. (1981). *Caracterización y Modelo de la Sucesión Ecológica de una Región del altiplano Occidental de Guatemala Bajo Ataque Severo por Gorgojo (Dendroctonus sp.) del Pino (Pinus sp.)*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala .
- Noss, R. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical model. . Conservation Biology.
- Parrotta , J. (1992). *The role of plantation forests in rehabilitating degraded tropical ecosystems*. Agriculture Ecosystems and Environment.

- Pérez, E., Azurdia, C., Echeverría, J., Montenegro, C., & Chacón, J. M. (2009). *"La Biodiversidad en Guatemala: su importancia, contribución e interacción con la sociedad"*. Guatemala: Consejo Nacional de Areas Protegidas -CONAP- -OTECBIO-.
- Real Academia Española. (2016). *Diccionario de la Lengua Española*. Obtenido de <http://dle.rae.es/?id=KGwkpiZ>
- Richter, D., Markewitz, D., Trumbore, S., & Wells, C. (1999). *Rapid accumulation and turnover of soil carbon in a re-establishing forest*. Nature 400:50-60.
- Rozas Ortiz, V. (s.f.). Heterogeneidad Estructural y Patrones Espaciales en un Bosque Caducifolio Maduro: Implicaciones para la Restauración Y La Gestión Sostenible. Pontevedra, España.
- Secretaría del Convenio sobre Diversidad Biológica. (2000). *Sosteniendo la Vida en la Tierra*. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo -PNUD-.
- SEGEPLAN. (2010). *Plan de Desarrollo Municipal, Santa Catarina Ixtahuacán, Sololá*. Guatemala.
- Sutton, B., & Harmon, P. (1973). *Fundamentos de ecología. Versión española de J.G. Velasco*. México.
- syrie, J., & Cubbage, M. R. (2003). *Sustainable forest management: global trends and opportunities*. Journal of Forest Policy and Economics .
- The nature conservacy / Universidad del Valle Guatemala. (2010). Diagnóstico Ecológico y Socioeconómico de la Ecorregión Bosques de Pino-Encino, Centroamérica . Guatemala, Guatemala.
- Tribouillier Navas, E. R. (2014). *Caracterización de la Vegetación del Bosque Nublado de la Cuenca del Río Xaclbal, en el Municipio de Chajul, Departamento del Quiché, Guatemala*. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.
- UNEP. (1995). Global biodiversity assessment. En R. W. V.H. Heywood. United Nations Environment Programme.
- Villarreal H., M. Á. (2004). *Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad*. Bogotá, Colombia: Instituto de Investigación de REcursos Biológicos Alexander von Humboldt. .
- Wener Junior, W. E., & Benton, A. H. (1976). *Field biology and ecology*. New York: T.H.M. - McGraw Hill.

VII. ANEXOS

7.1. Guía para entrevista semiestructurada a líderes comunitarios y guardabosques.

1. ¿Qué actividades realizan para dar mantenimiento al bosque?
2. ¿Con qué frecuencia realizan actividades de mantenimiento?
3. ¿Han tenido problemas con plagas y enfermedades?
4. ¿Qué medidas se han tomado para la prevención y control de plagas y enfermedades?
5. ¿Han tenido problemas con incendios forestales?
6. ¿Qué medidas se han tomado para la prevención y control de incendios forestales?
7. ¿Qué actividades de protección del bosque han realizado?
8. ¿Cuántas plantaciones han realizado y en qué años?
9. ¿Recuerda usted qué había en el área, antes de establecer la plantación de ciprés?
10. ¿En qué año se realizó la plantación?
11. ¿Qué institución brindó el apoyo financiero y técnico para la realización de la plantación?
12. ¿Quiénes participaron en el proceso de reforestación?
13. ¿Sabe usted las razones por las que se eligieron las especies incluidas en la plantación?
14. Recuerda ¿cómo se preparó el terreno antes de sembrar los árboles?
15. ¿Se han realizado, podas, raleos o cortas selectivas en la plantación?
16. ¿Quiénes realizaron las actividades de manejo?
17. En su opinión, ¿cuáles fueron los objetivos de la plantación?
18. Considera importante la elección de las especies a incluir en una reforestación, ¿por qué?
19. Considera importante que en el bosque existan más plantas además de los árboles.

7.2. Guía para entrevista semiestructurada a institución promotora del proyecto de reforestación

1. ¿En qué año se realizó la plantación?
2. ¿Recuerda usted qué había en el área, antes de establecer la plantación?
3. ¿Quiénes participaron en el proceso de reforestación?
4. ¿Sabe usted las razones por las que se eligieron las especies incluidas en la plantación?
5. Recuerda ¿cómo se preparó el terreno antes de sembrar los árboles?
6. ¿Se han realizado, podas, raleos o cortas selectivas en la plantación?
7. ¿Quiénes realizaron las actividades de manejo?
8. ¿Cuáles fueron los objetivos de la plantación?
9. Considera importante la elección de las especies a incluir en una reforestación, ¿por qué?
10. Considera importante que en el bosque existan más plantas además de los árboles.
11. ¿Cuántas plantaciones han realizado y en qué años?
12. ¿Qué actividades realizan para dar mantenimiento al bosque?
13. ¿Con qué frecuencia realizan actividades de mantenimiento?
14. ¿Han tenido problemas con plagas y enfermedades?
15. ¿Qué medidas se han tomado para la prevención y control de plagas y enfermedades?
16. ¿Han tenido problemas con incendios forestales?
17. ¿Qué medidas se han tomado para la prevención y control de incendios forestales?
18. ¿Qué actividades de protección del bosque han realizado?

7.3. Modelo de Etiqueta para la identificación de muestras

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DE OCCIDENTE Etiqueta de Identificación de Muestras No. _____ Nombre Común: _____ Especie: _____ Coordenadas: _____ Altitud: _____ (msnm) Fecha: _____ No. De duplicado: ____/____ Colector: _____ Notas: _____ _____ _____ _____
--

7.5 Listado general de especies

No.	Especie	Hábito	Estatus
1	<i>Acaena elongata</i> (L.) Poir	Arbusto	
2	<i>Adiantum andicola</i> Liebm.	Helecho	
3	<i>Adiantum poiretii</i> Wikstr.	Helecho	
4	<i>Ageratina</i> sp.	Arbusto	
5	<i>Ageratina subinclusa</i> (Klatt) R.M. King & H.Rob.	Arbusto	
7	<i>Alnus acuminata</i> Kunth	Árbol	
8	<i>Arbutus xalapensis</i> Kunth	Árbol	
9	<i>Arenaria lanuginosa</i> (Michx.) Rohrb.	Arbusto	
10	<i>Arracacia aegopodioides</i> (Kunth) J.M. Coult. & Rose	Hierba	
12	<i>Asplenium monanthes</i> L.	Epífita	
13	<i>Asplenium resiliens</i> Kunze	Epífita	
14	<i>Ageratum</i> sp.*	Arbusto	
15	<i>Begonia oaxacana</i> A. DC.	Hierba	
16	<i>Berberis volcanica</i> (Standl. & Steyerl.) Marroq. & Laferr.	Hierba	Endémica
17	<i>Bidens ostruthioides</i> (DC.) Sch.Bip	Hierba	
19	<i>Blechnum falciforme</i> (Liebm.) C. Chr.	Helecho	
20	<i>Bocconia vulcanica</i> Donn. Smith	Árbol	Endémica regional
21	<i>Bomarea acutifolia</i> (Link & Otto) Herb.	Liana	
22	<i>Botrychium virginianum</i> (L.) Sw.	Hierba	
23	<i>Baccharis lancifolia</i> Less.	Hierba	
24	<i>Buddleja nitida</i> Benth.	Arbusto	Endémica
25	<i>Castilleja integrifolia</i> L.f.	Hierba	
26	<i>Ceanothus caeruleus</i> Lag.	Arbusto	
27	<i>Centropogon cordifolius</i> Benth.	Arbusto	
28	<i>Centropogon grandidentatum</i> (Schltdl.) Zahlbr.	Arbusto	
29	<i>Ceramium goldmanii</i> Rose ex Hanks & Small.	Hierba	Endémica de San Cristobal de las casas / primer registro en Guatemala
30	<i>Cestrum anagyris</i> Dunal	Árbol	
31	<i>Comarostaphylis arbutoides</i> subsp. <i>arbutoides</i>	Árbol	Endémica regional
32	<i>Coriaria incisifolia</i> subsp. <i>microphylla</i> (Pour.) L.E. Skog.	Helecho	
33	<i>Cupressus lusitanica</i> Mill	Árbol	
34	<i>Dahlia australis</i> (Sheriff) P.D. Sorensen	Hierba	
35	<i>Eryngium guatemalense</i> Hemsl.	Hierba	Endémica Chiapas / Guatemala

36	<i>Fuchsia microphylla</i> subsp. <i>aprica</i> (Lundell) Breedlove	Arbusto	Endémica Guatemala, Honduras, El Salvador
37	<i>Fuchsia microphylla</i> subsp. <i>chiapensis</i> (Brandeggee) P.E. Berry & Breedlove	Arbusto	Endémica regional
38	<i>Fuchsia microphylla</i> subsp. <i>quercetorum</i> Breedlove	Arbusto	Endémica Chiapas / Guatemala
39	<i>Fuchsia paniculata</i> subsp. <i>paniculata</i>	Arbusto	
40	<i>Fuchsia splendens</i> Zucc.	Arbusto	
41	<i>Fuchsia thymifolia</i> subsp. <i>minimiflora</i> (Hemsl.) Breedlove	Arbusto	Endémica
42	<i>Gaultheria acuminata</i> Schltdl. & Cham.	Arbusto	
43	<i>Gnaphalium viscosum</i> Kunth	Hierba	
44	<i>Govenia liliacea</i> (Lex.) Lindl.	Hierba	
45	<i>Hackelia mexicana</i> (Schltdl. & Cham.) I.M.Johnst.	Hierba	
46	<i>Hackelia skutchii</i> I.M. Johnst.	Hierba	
47	<i>Halenia decumbens</i> Benth.	Helecho	
48	<i>Iresine diffusa</i> Humb. & Bonpl. ex Wild.	Hierba	
49	<i>Jaltomata procumbens</i> (Cav.) J.L.Gentry	Hierba	
50	<i>Lobelia nana</i> Kunth.	Hierba	
51	<i>Lupinus montanus</i> Kunth.	Hierba	
52	<i>Lycianthes quichensis</i> (J.M.Coult. & Donn.Sm.) Bitter	Hierba	Endémica
53	<i>Maianthemum flexuosum</i> (Bertol.) LaFrankie	Liana	Endémica Chiapas, Guatemala, El Salvador, Honduras y Nicaragua
55	<i>Monnina xalapensis</i> Kunth	Arbusto	
56	<i>Oreopanax xalapensis</i> (Kunth) Decne. & Planch.	Árbol	
57	<i>Orthosia rubens</i> (L.O. Williams) W.D. Stevens	Liana	Endémica nacional
58	<i>Oxalis alpina</i> (Rose) Rose ex R. Knuth	Hierba	
59	<i>Oxylobus glanduliferus</i> (Sch.Bip. ex Benth. & Hook.f.) A.Gray	Hierba	
60	<i>Passiflora membranacea</i> Benth.	Liana	
61	<i>Peperomia quadrifolia</i> (L.) Kunth	Epífita	
62	<i>Phoradendron heydeanum</i> Trel.	Parásita	Endémica
63	<i>Physalis angustiphysa</i> Waterf.	Hierba	
64	<i>Phytolacca icosandra</i> L.	Hierba	
65	<i>Pinus ayacahuite</i> Ehrenb. ex Schltdl.	Árbol	
66	<i>Pinus hartwegii</i> Lindl.	Árbol	
67	<i>Pleopeltis macrocarpa</i> var <i>macrocarpa</i>	Epífita	

68	<i>Polypodium fissidens</i> Maxon	Epífita	Endémica
69	<i>Polypodium hartwegianum</i> Hook.	Epífita	
70	<i>Polypodium plesiosorum</i> Kunze	Epífita	
71	<i>Polypodium</i> sp.	Epífita	
72	<i>Polypodium longepinnulatum</i> E. Fourn.	Epífita	
73	<i>Polystichum</i> sp.	Helecho	
74	<i>Polytrichum. Orbiculatum</i> (Desv.) J. Rémy & Fée	Hierba	
75	<i>Psacalium pinetorum</i> (Standl. & Steyerl.) Cuatrec.	Arbusto	Endémica Guatemala
76	<i>Roldana heterogama</i> H. Rob. & Brettell	Arbusto	
77	<i>Rubus glaucus</i> Benth.	Arbusto	
78	<i>Rubus trilobus</i> Ser.	Arbusto	
79	<i>Salvia tubifera</i> Cav.	Arbusto	
80	<i>Solanum lanceolatum</i> Cav.	Arbusto	
81	<i>Solanum nudum</i> Dunal	Arbusto	
82	<i>Squamopappus skutchii</i> (S.F. Blake) R.K. Jasen, N.A. Harriman & Urbatsch.	Arbusto	
83	<i>Symphoricarpos microphyllus</i> (Humb. & Bonpl. ex Schult.) Kunth	Arbusto	
84	<i>Verbesina apleura</i> S.F. Blake	Arbusto	
85	<i>Verbesina</i> sp.	Arbusto	
86	<i>Vicia villosa</i> Roth	Liana	
87	<i>Weldenia candida</i> Schult.f.	Hierba	
88	<i>Zanthoxylum foliolosum</i> Donn. Sm.	Árbol	Endémica regional