



Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**Dirección Específica de Ciencias Ambientales y  
Cambio Climático**

## **Trabajo de Tesis**

**Evaluación del grado de degradación forestal  
en un fragmento de bosque tropical seco en la  
Unidad de Experimentación y Validación  
finca El Plantel, Masaya, 2024**

### **Autores:**

**Br. Enrique José Herrera Obando  
Br. Lucas Eliezer Romero Centeno**

### **Asesor(es)**

**Ing. Bayardo Alberto González Ñamendy  
Ing. MSc. Claudio Joel González Espino**

**Managua, Nicaragua  
Enero, 2026**



Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible

# **UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**

**Dirección Específica de Ciencias Ambientales y  
Cambio Climático**

## **Trabajo de Tesis**

**Evaluación del grado de degradación forestal  
en un fragmento de bosque tropical seco en la  
Unidad de Experimentación y Validación  
finca El Plantel, Masaya, 2024**

### **Autores:**

**Br. Enrique José Herrera Obando**

**Br. Lucas Eliezer Romero Centeno**

### **Asesor(es)**

**Ing. Bayardo Alberto González Ñamendy**

**Ing. MSc. Claudio Joel González Espino**

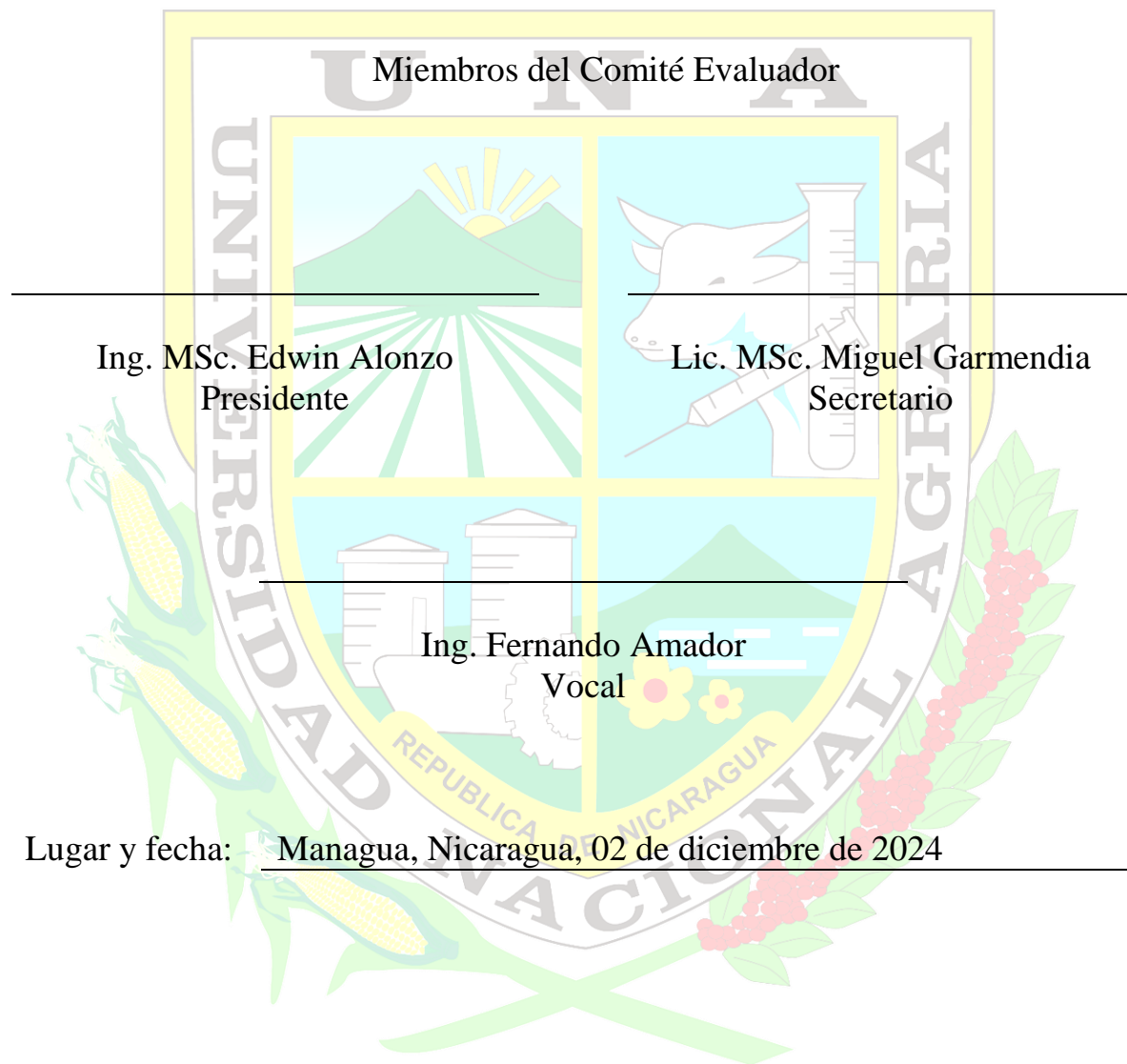
Presentado a la consideración del honorable comité  
evaluador como requisito final para optar al grado de  
Ingeniero Forestal con mención en Restauración de  
Ecosistemas Forestales.

**Managua, Nicaragua**

**Enero, 2026**

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la Dirección Específica de Ciencias Ambientales y Cambio Climático como requisito final para optar al título profesional de:

Ingeniero Forestal con mención en Restauración de Ecosistemas Forestales



## **DEDICATORIA**

Agradezco primeramente a Dios por estar conmigo en todos los momentos de mi vida, por haber permitido coronar mi carrera profesional, por haberme dado la inteligencia y la persistencia de no rendirme en el camino.

Agradezco infinitamente a mi madre Ana Patricia Obando Macanche y a mi padre Manuel Enrique Herrera Morales, por el sacrificio, el apoyo, por infundir en mí el deseo de superación y su ardua labor para darme la oportunidad de profesionalizarme.

A mi tía Josefa Sandino por siempre apoyarme y creer en mi a lo largo de mi vida y mi carrera profesional.

*Enrique José Herrera Obando*

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo primeramente a Dios por darme la sabiduría, la fuerza para salir adelante y nunca rendirme, ya que sin sacrificios no hay victoria y sin esfuerzos no hay resultados.

Agradezco a mi madre Josefa Centeno Valle por darme el apoyo, por ser el pilar fundamental en todo lo que me he convertido, quien con su esfuerzo, voluntad y sacrificio logro que mi sueño se realizara, convertirme en Ingeniero.

Agradezco a mi compañero Enrique José Herrera Obando y a todos mis compañeros de salón.

*Lucas Eliezer Romero Centeno*

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios Padre Celestial, por darnos el entendimiento y la sabiduría para la realización de nuestro trabajo e iluminarnos en todos los momentos de nuestra vida.

A nuestros docentes asesores:

Al Ing. Bayardo Alberto González Ñamendy por sus enseñanzas transmitidas a lo largo de la carrera, por todo su apoyo en el asesoramiento, por su contribución en campo, recomendaciones técnicas en todo este largo camino de realización de nuestro trabajo.

Al Ing. MSc. Claudio Joel González Espino por sus enseñanzas en Sistemas de Información Geográfica impartidas en el aula de clases, por su contribución en campo y por su asesoramiento en el desarrollo de este trabajo.

*Enrique José Herrera Obando*

*Lucas Eliezer Romero Centeno*

# ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTO</b>	ii
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b>	iii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	v
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	vi
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	vii
<b>RESUMEN</b>	viii
<b>ABSTRACT</b>	ix
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	3
2.1. Objetivo General	3
2.2. Objetivos Específicos	3
<b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>	4
3.1. Aspectos generales	4
3.1.1. Bosque tropical seco	4
3.1.2. Estructura del bosque	5
3.1.3. Estructura Horizontal	5
3.1.4. Estructura Vertical	6
3.1.5. Composición florística	6
3.1.6. Gremios ecológicos	6
3.1.7. Riqueza de las especies	8
3.1.8. Abundancia	8
3.1.9. Frecuencia	8
3.1.10. Dominancia	8
3.1.11. Índice de Valor de Importancia	9
3.2. Degradación forestal	9
3.2.1. Aspectos generales sobre la degradación	10
3.2.2. Factores que inciden en la degradación	10
3.2.3. La degradación forestal en Nicaragua	12
3.3. Régimen de disturbios	13
3.3.1. Intensidad, frecuencia y magnitud de los disturbios	14
3.4. Fragmentación de los ecosistemas naturales	15
3.5. Resiliencia de los ecosistemas	15
3.6. Medidas para revertir los procesos de degradación	16
3.6.1. Restauración activa	17
3.6.2. Restauración pasiva	17
3.7. Rehabilitación ecológica	18
3.8. Estudios realizados en la evaluación de la degradación forestal	18
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	20
4.1. Ubicación del área de estudio	20
4.2. Descripción del sitio	21
4.2.1. Clima	21
4.2.2. Suelos	21
4.2.3. Vegetación	21

---

4.3. Proceso metodológico	22
4.3.1. Planificación y recorrido pre muestreo	22
4.3.2. Diseño de muestreo	22
4.3.3. Variables evaluadas	24
4.3.4. Evaluación del grado de degradación forestal	28
4.4. Análisis de la degradación	31
4.4.1. Valoración para el indicador riqueza	33
4.4.2. Valoración para el indicador densidad	33
4.4.3. Valoración para el indicador área Basal	34
4.4.4. Valoración para el indicador biomasa y carbono almacenado	35
4.4.5. Valoración para el indicador especies exóticas	36
4.5. Análisis de los disturbios en el ecosistema	38
4.6. Elaboración de propuestas	39
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	40
5.1 Composición florística y estructura del fragmento de bosque	40
5.1.1. Composición florística de fustales	40
5.1.2. Composición florística de latizales	42
5.1.3. Composición florística de brinzales	43
5.1.4. Análisis de la estructura horizontal	45
5.1.5. Índice de Valor de Importancia	47
5.1.6. Biomasa y Carbono Almacenado	49
5.2. Análisis del grado de la degradación forestal en el fragmento de bosque	50
5.2.1. Análisis de los disturbios en el fragmento	50
5.2.2. Barreras para la restauración ecológica identificadas en el fragmento	51
5.2.3. Matriz de degradación del fragmento	55
5.3. Propuestas de estrategias de restauración	57
<b>VI. CONCLUSION</b>	69
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	70
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b>	71
<b>IX. ANEXOS</b>	78

---

## INDICE DE CUADROS

CUADRO		PÁGINA
1.	Elementos de la matriz para evaluar la degradación forestal con su correspondiente ponderación	32
2.	Valoración de la degradación forestal en términos de riqueza en relación al ecosistema de referencia	33
3.	Valoración de la degradación forestal de acuerdo al Índice de Valor de Importancia obtenido por las especies exóticas	34
4.	Valoración de la degradación forestal en términos de densidad en relación al ecosistema de referencia	34
5.	Valoración de la degradación forestal en términos de área basal en relación al ecosistema de referencia	35
6.	Valoración de la degradación forestal en términos de biomasa y carbono almacenado en relación al ecosistema de referencia	36
7.	Rango de valores del grado de degradación	37
8.	Clasificación de los disturbios presentes en el fragmento de bosque	38
9.	Especies y familias identificadas en la categoría fustales en el fragmento de bosque tropical seco en la finca El Plantel	41
10.	Especies y familias identificadas en la categoría latizal en el fragmento de bosque tropical seco en la finca El Plantel	43
11.	Especies y familias identificadas en la categoría brinzal en el fragmento de bosque tropical seco en la finca El Plantel	44
12.	Índice de Valor de Importancia en el fragmento de bosque tropical seco de la finca El Plantel	48
13.	Biomasa y carbono almacenado por hectárea en el fragmento de bosque tropical seco de la finca El Plantel	50
14.	Clasificación de los disturbios presentes en el fragmento de bosque	51
15.	Matriz de evaluación de la degradación forestal en el fragmento de bosque en la finca El Plantel, Masaya	56
16.	Propuesta de estrategias a desarrollar en el fragmento de bosque tropical seco en la finca El Plantel	63
17.	Especies propuestas para la estrategias de restauración en el fragmento	67

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA		PÁGINA
1.	Mapa de ubicación del fragmento de bosque	20
2.	Proceso de ubicación y establecimiento de línea de inventario	22
3.	Diseño de muestreo y ubicación de las parcelas establecidas en el fragmento de bosque	23
4.	Proceso de medición de diámetro	24
5.	Mapa de ubicación del área del ecosistema de referencia Refugio de Vida Silvestre Río Escalante-Chacocente (Alemán, 2019)	31
6.	Número de árboles y área basal por hectárea en el fragmento de bosque seco, finca El Plantel	46
7.	Hojas, flores y frutos de <i>Calopogonium mucunoides</i>	52
8.	Frutos y flores de <i>Mucuna pruriens</i>	53
9.	Diagrama de fajas de enriquecimiento	57
10.	Diagrama de núcleo de restauración	59
11.	Diagrama de técnica de siembra directa de semillas	60
12.	Diagrama de cerca viva	61

## ÍNDICE DE ANEXOS

---

<b>ANEXO</b>	<b>PÁGINA</b>
1. Gráfico del IVI calculado al 100% de las especies registradas en el fragmento	78
2. Gráfico del área basal por categoría diamétrica registrada en el fragmento	78
3. Fotografía del proceso de medición de diámetro en el fragmento	79
4. Fotografía de evidencia de extracción de postes en el fragmento	79

---

## RESUMEN

El presente estudio fue realizado en la Unidad de Experimentación finca El Plantel, ubicada en el municipio de Nindirí, departamento de Masaya, con el objetivo de evaluar el estado actual de degradación en un fragmento de bosque dentro de la finca, a través de parámetros de estructura vertical y horizontal, identificación de especies exóticas en el área, estimación de biomasa y carbono almacenado por especie. Se realizó un diseño de inventario sistemático en el cual se establecieron un total de 20 parcelas de 20 m x 10 m para la categoría fustal, dentro de estas se establecieron subparcelas de 10 m x 10 m para latizales y subparcelas de 5 m x 5 m para brinzales. Para comparar el estado en el cual se encuentra el sitio, se determinó un ecosistema de referencia ubicado en el Refugio de Vida Silvestre Río Escalante-Chacocente. Se utilizó una matriz de degradación la cual contempla parámetros como riqueza de especies, productividad y el IVI de especies exóticas. Según el resultado de esta matriz, se obtuvo que el área del fragmento presenta un grado de degradación baja siendo fuertemente afectada la riqueza de especies por la alta incidencia de *Azadirachta indica.*, A, considerada en el sitio como especie invasora, favorecida principalmente por actividades antropogénicas que facilitan su dispersión. Posteriormente se identificaron los disturbios y barreras limitantes que inciden en el sitio y se elaboraron propuestas de restauración en el sitio, enfocadas en cada una de las problemáticas encontradas. Estos resultados reflejan que estructuralmente el sitio se encuentra degradado por las afectaciones que ocasiona el Neem, siendo a la vez, su alto número de individuos lo que ocasiona que el lugar se encuentre bien en términos de estructura horizontal (área basal y número de árboles por hectárea) y productividad (carbono y biomasa almacenada) generando un contraste entre los criterios evaluados ocasionado por la misma problemática. A partir de las problemáticas, se elaboraron propuestas dirigidas a disminuir los disturbios, incrementar la diversidad y disminuir el efecto de especies exóticas.

Palabras clave: Rehabilitación forestal, restauración ecológica, resiliencia ecológica, análisis de perturbaciones

## ABSTRACT

The present study was carried out at the finca El Plantel Experimentation Unit, located in the municipality of Nindirí, department of Masaya, with the objective of evaluating the current state of degradation in a fragment of forest within the farm, through parameters of vertical and horizontal structure, identification of exotic species in the area, estimation of biomass and carbon stored by species. A systematic inventory design was carried out in which a total of 20 plots of 20 x 10 m were established for the fustales category, within these subplots of 10 x 10 m were established for latizales and subplots of 5 x 5 m for brinzales. To compare the state in which the site is located, a reference ecosystem located in the Río Escalante-Chacocente Wildlife Refuge was determined. A degradation matrix was used which includes parameters such as species richness, productivity and the IVI of exotic species. According to the result of this matrix, it was obtained that the area of the fragment presents a low degree of degradation, with the species richness being strongly affected by the high incidence of *Azadirachta indica.*, A, considered on the site as an invasive species, favored mainly by anthropogenic activities that facilitate its dispersion. Subsequently, the disturbances and limiting barriers that affect the site were identified and restoration proposals were prepared on the site, focused on each of the problems found. These results reflect that structurally the site is degraded by the effects caused by Neem, and at the same time, its high number of individuals means that the place is in good condition in terms of horizontal structure (basal area and number of trees per hectare) and productivity (carbon and stored biomass) generating a contrast between the evaluated criteria caused by the same problem. Based on these problems, proposals were drawn up aimed at reducing disturbances, increasing diversity and reducing the impact of exotic species.

Keywords: Forest rehabilitation, ecological restoration, ecological resilience, disturbance analysis

## **I. INTRODUCCIÓN**

La degradación de bosques es un aspecto menos comprendido y estudiado que otros impulsores de pérdida de biodiversidad en paisajes, esta es aún más compleja de definir y medir que la deforestación (Dialnet, 2014). Representa un problema global significativo que requiere ser abordado dada sus particulares implicaciones económicas, ambientales y sociales (Vergara, 2017). Según estimaciones el uso insustentable de los bosques ha producido una degradación forestal extensiva que afecta actualmente a más de 2.000 millones de hectáreas a nivel mundial (Minnemeyer et al. 2011).

La deforestación ha sido un tema de gran interés para la comunidad internacional ya que la pérdida de la cubierta vegetal y su degradación están asociadas a serios problemas ambientales, sociales y económicos como cambio climático, pérdida de recursos forestales, pobreza, escasez de agua, entre otros (SEMARNAT, 1998 citado por Vázquez et al. 2006).

Los bosques secos tropicales son considerados como los ecosistemas más frágiles debido a la lenta capacidad de regeneración y a la persistente amenaza de deforestación por causas naturales o antropogénicas (Janzen, 1988). La degradación de los ecosistemas naturales se ha intensificado en los últimos años con la extensión de las fronteras agrícolas, la ganadería, las urbanizaciones y otros usos productivos como la caza de animales silvestre.

De acuerdo con INAFOR (2008), los bosques de Nicaragua han sido sometidos a un fuerte proceso de deforestación (un promedio 70,000 has anuales en los últimos 60 años) y de degradación desde hace varias décadas, lo que ha llevado a la conversión de importantes áreas de suelos de vocación forestal a otro tipo de uso, especialmente agrícola y ganadero, que en términos absolutos significa la pérdida del 50% de la cobertura forestal existente en el país.

Según el Programa de Acción Nacional de Lucha contra la Desertificación y la Sequía (MARENA, 2003), en Nicaragua las zonas secas están distribuidas en la región del Pacífico y en la región norcentral, abarcando una superficie aproximada de 39,000km<sup>2</sup> (36% del territorio nacional). Esta zona incluye 10 departamentos en su totalidad; Nueva Segovia, Madriz, Estelí, Chinandega, León, Managua, Rivas, Masaya, Granada y Carazo. Así mismo en esta zona se concentra el 80% de la población total del país, esta relación población/área, refleja como el índice general la población social sobre el bosque seco es de 2.22 habitantes por km<sup>2</sup> de bosque seco y de 0.31 para el resto del país. A pesar de la importancia potencial que poseen estos bosques existe muy poca información acerca de la composición de la cobertura arbórea, ya que estos paisajes en Nicaragua han sido poco estudiados (Gillespie, 2000).

Uno de los aspectos importantes para elaborar lineamientos que permitan restaurar un ecosistema es determinar qué tan degradado se encuentra el sitio por lo que en el año 2022, como parte de un proyecto de investigación financiado con fondos de la Dirección de Investigación, Extensión y Postgrado (DIEP), se llevó a cabo la presente investigación en la finca El Plantel en un fragmento de bosque que históricamente había sido utilizado para cultivos agrícolas y que luego fue dejado en descanso, sin embargo, distintos factores han impedido el bosque se logre recuperar exitosamente.

Es por ello que se visualizó el potencial y se llevó a cabo este trabajo que tuvo como objetivo evaluar el grado de degradación forestal y posteriormente, generar propuestas para su rehabilitación en función de las características del bosque que presenten mayor degradación, así como los disturbios identificados.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo General**

Determinar el grado de degradación forestal en un fragmento de bosque tropical seco en la Unidad de Experimentación y Validación finca El Plantel que permita la elaboración de propuestas para su rehabilitación.

### **2.2. Objetivos específicos**

- Caracterizar la estructura y composición florística del fragmento de bosque para determinar su estado actual.
- Estimar el grado de degradación forestal en el área del fragmento a partir del análisis de disturbios y una matriz de degradación.
- Proponer estrategias que permitan la rehabilitación del fragmento de bosque utilizando una valoración de degradación forestal.

### **III. MARCO DE REFERENCIA**

#### **3.1. Aspectos generales**

##### **3.1.1. Bosque tropical seco**

El Bosque Tropical Seco (BTS), se define como un sitio cálido con tendencia a la desertificación, el cual se encuentra dominado por árboles de hojas anchas, de baja altura a menudo con espinas, pierden sus hojas en las épocas secas (Aranda et al. 2018). Esta excelente estrategia le permite a la vegetación reducir el área de evapotranspiración y por lo tanto la pérdida de agua (Trejo y Arellano, 2023).

Toman este nombre porque las características ambientales son particularmente duras debido a la ausencia de agua de lluvia por largos periodos de tiempo durante el año. Esto lleva a la vegetación a sobrevivir con cantidades de agua muy restringidas, por lo cual tiene que adoptar estrategias que permitan reducir la pérdida de ese elemento en el calor o en el frío.

El área del bosque tropical seco es de gran importancia biológica, debido que es un ecosistema singular, muy amenazado y poco conocido, con presencia de especies endémicas y una importante diversidad local y regional (Mittermeier et al. 2005). Estos tienen una gran importancia ya que equilibran la ecología, proporcionan diversos servicios a la sociedad, es decir, producen oxígeno, capturan carbono, y pueden ayudar a remediar el calentamiento de la tierra. Por su agradable clima, así como sus fértiles suelos, el bosque tropical seco es uno de los ecosistemas preferidos por el ser humano para asentarse, desarrollar actividades agrícolas y pecuarias y promover el desarrollo urbano (Sánchez, 2018).

Estos se encuentran entre los ecosistemas más amenazados en el mundo, ya que 97% están sometidos a disturbios que pueden provocar su deterioro o eliminación (Janzen, 1988). Los disturbios más recurrentes son las actividades agropecuarias, el cambio climático, los incendios, la deforestación y los asentamientos humanos (Maass, 1995; Miles et al. 2006). La presión que se ejerce sobre los BTS provoca transformaciones que llevan a la fragmentación, la degradación y la deforestación (Wright y Muller-Landau, 2006).

### **3.1.2. Estructura del bosque**

Puede definirse como la forma en que las plantas se organizan en el espacio (Kimmins, 1997), considerando tanto la distribución como la variación en las dimensiones de los individuos. La distribución está determinada por las estrategias de regeneración de las especies, la intervención silvícola y la fase de desarrollo del rodal (Del Rio et al. 2003).

La estructura de un bosque refleja en muchos aspectos de su historia y los parámetros analizados difieren en función del objetivo del estudio. Existe una gran diversidad de opiniones sobre lo que debería contemplar cualquier análisis estructural (Lamprecht, 1962).

Todo análisis estructural permite un estudio detallado de las comunidades vegetales. Según Kellmann (1975), este análisis debe comprender los estudios sobre la estructura horizontal (densidad, frecuencia, abundancia), además se debe considerar la estructura vertical (posición sociológica) y la regeneración natural (Finol, 1971).

### **3.1.3. Estructura Horizontal**

Es determinada por las características del suelo, clima, estrategias de las especies y los efectos de distribución sobre la dinámica del bosque. Se refiere a la cobertura del estrato leñoso sobre el suelo, esta cuantificación es reflejada por la distribución de individuos por clases diamétricas (Manzanero, 2003).

Según Orozco y Brumér (2002), se han definido dos estructuras principales: las cotáneas o regulares y las discetáneas o irregulares. Desde el punto de vista de la silvicultura, la medida más importante de la organización horizontal se calcula como el área de un círculo de diámetro igual al DAP del árbol. Finegan y Delgado (1997), describen que generalmente la suma de todas las áreas basales ( $m^2/ha$ ), se usa como el índice de grado de desarrollo de un bosque y como indicador de competencia.

A través de la estructura del bosque, es posible conocer su dinámica y el temperamento de las especies y que los resultados de los análisis permiten deducciones importantes acerca de su origen, características ecológicas, dinamismo y las tendencias futuras de las comunidades forestales (Lamprecht, 1990).

#### **3.1.4. Estructura Vertical**

Es la distribución de las especies encontradas en cada una de las parcelas de medición, tomando en cuenta la altura de los individuos. Está determinada por la distribución de distintas especies arbóreas que componen un ecosistema y ocupan sitios definidos en respuesta a los factores microclimáticos, gradientes ambientales o al disturbio provocado por el hombre (Remmert, 1991).

Es una forma de describir el estado sucesional en que se encuentra cada especie. De este análisis surge una aproximación sobre cuáles son las especies más promisorias para conformar la estructura forestal en términos dinámicos (Finol, 1971).

#### **3.1.5. Composición florística**

La composición florística se determina por el número de familia, género y especies encontradas en el bosque al hacer el inventario forestal, se determina por factor ambiental como la posición geográfica, clima suelo y topografía, también por la dinámica del bosque y la ecología de las especies, esta información se utiliza esencialmente para caracterizar de manera inicial al bosque en su estructura arbórea. Los componentes que se toman en cuenta es la diversidad de especies, la riqueza de especies y la similaridad de especies (Louman et al. 2001).

#### **3.1.6. Gremios ecológicos**

El termino gremio según Root (1967), se define como un grupo de especies que explota la misma clase de recursos del medio ambiente de una manera similar. El gremio agrupa especies que solapan significativamente en sus requerimientos de nicho, sin considerar la posición taxonómica.

Debido a que la luz es reconocida como el factor ambiental que representa más variación, las especies forestales se clasifican en función a su respuesta a la variación de este recurso. Acompañado al gradiente del recurso luz en el ambiente, las especies han desarrollado dos estrategias biológicas extremas básicas conocidas como esciofitismo o tolerancia a la sombra y heliofitismo o intolerancia (Whitmore, 1991).

Los gremios están clasificados en:

**Heliófitas efímeras:**

Especies intolerantes a la sombra, de reproducción masiva y precoz; el crecimiento es rápido en buenas condiciones de luz y tienen una vida corta, aptas para la colonización de áreas abiertas; las semillas mantienen su viabilidad por largo tiempo y a menudo se encuentran en los bancos de semillas, tanto en bosque primarios como áreas cultivadas. En bosque primarios intervenidos o no intervenidos, estas especies generalmente tienen poca presencia y una distribución diamétrica del número de árboles por hectárea en forma de campana, con los individuos concentrados en una a tres categorías diamétricas.

**Heliófitas durables:**

Especies intolerantes a la sombra, de vida relativamente larga. Las semillas mantienen la viabilidad por menos tiempo que las heliófitas efímeras. Además de colonizar espacios abiertos, pueden generarse en claros más pequeños en el bosque, aunque requieren niveles altos de luz para establecerse y crecer. La mayoría de las especies comerciales “tradicionales” de alto valor y muchas comerciales pertenecen a este gremio. Muchas veces muestran una distribución diamétrica errática o en cohortes, porque la regeneración depende de los disturbios fuertes y entonces no ocurre todo el tiempo, si no en intervalos irregulares.

**Esciófitas:**

Especies tolerantes a la sombra, aunque la mayoría de ellas aumentan su crecimiento más lento que las heliófitas, con un mayor esfuerzo asignado a la producción de estructuras permanentes que favorecen una vida larga de los individuos. Las semillas y las plántulas de las esciófitas generalmente son de tamaño mediano a grande.

### **3.1.7. Riqueza de las especies**

Se utiliza para conocer la dinámica e importancia del bosque en cuanto al número de especies existente, lo cual expresa su composición a través de las especies dentro del área boscosa (Pérez, 2004).

La valoración de la riqueza es un elemento importante para determinar la degradación, puesto que a medida el bosque tiene mayor cantidad de especies, aumentan las interacciones biológicas, y así, si la riqueza es menor, el bosque tiene menor capacidad de ofertar diversos bienes y servicios al resto de las especies que en él interactúan incluyendo a las personas (Valdivia, 2023).

### **3.1.8. Abundancia**

La abundancia se determina por la cantidad de árboles por hectárea, por lo tanto, se denomina entre abundancia absoluta (número de individuo por hectárea) y la abundancia relativa se define como la proporción porcentual de cada especie en el número total de árboles (Lamprecht, 1990).

### **3.1.9. Frecuencia**

Es la existencia o falta de una especie en determinada sub-parcela. La frecuencia proporciona una idea aproximada de la homogeneidad del bosque, valores altos en las clases de frecuencia IV – V (frecuente, Muy frecuente) y valores bajos en I – II (rala, ocasional) estos indican la existencia de una composición florística homogénea. Altos valores en las clases II – III indican heterogeneidad florística acentuada (Lamprecht, 1990).

La frecuencia revela la distribución espacial de las especies, es decir el grado de dispersión. Con relación a la distribución espacial de los árboles existen varios modelos teóricos clásicos en que definen: aleatorio, uniforme y agrupado (Barasorda, 1977).

### **3.1.10. Dominancia**

Se relaciona con el grado de cobertura de las especies como manifestación del espacio ocupado por ellas y se determina como la suma de las proyecciones horizontales de las copas de los árboles en el suelo (Alvis, 2009). Por ello generalmente, estas no son evaluadas, sino que se emplean las áreas basales, como sustitutos de verdaderos valores de dominancia (Lamprecht, 1990). Visto así, la dominancia permite medir la potencialidad del medio ambiente y constituye un parámetro muy útil para la determinación de calidades de sitios, dentro de la misma zona de vida y comparativamente con otras (Cárdenas, 1986).

### **3.1.11. Índice de Valor de Importancia**

Es un parámetro que mide el valor de las especies, típicamente en base a tres parámetros principales: dominancia (ya sea en forma de cobertura o área basal), densidad y frecuencia. Este valor revela la importancia ecológica relativa de cada especie en una comunidad vegetal.

El IVI es usado fundamentalmente para comparar diferentes comunidades, en base a las especies que obtienen los valores más altos y que se consideran son los de mayor importancia ecológica dentro de una comunidad en particular (Matteucci y Colma, 1982). Para tener una visión más amplia, que señale la importancia de cada especie en el conjunto, se combinan los índices de abundancia, dominancia y frecuencia en una sola expresión (Acosta, 2006).

### **3.2. Degradación forestal**

La degradación forestal se ha definido como un proceso de reducción de la calidad de los bosques (Lund, 2009). Son los cambios que experimenta el bosque de manera negativa a la estructura y funcionamiento de la masa forestal, reduciendo su capacidad para suministrar productos que lo caracterizaban como auto sostenible para la producción de semillas y plantas. La degradación forestal ha sido un tema de gran interés para las comunidades a nivel nacional ya que lo bosque pierden su capacidad de regenerarse o ya perdió. La cobertura vegetal y su degradación está asociado a ciertos problemas ambiental como perdida de la del recurso forestal (SEMARNAT, 1998).

Una de las razones es que la degradación denota una pérdida de valores del bosque que puede llegar a ser subjetiva y, por tanto, obviada por científicos; otra es que la degradación es difícil de detectar a través de técnicas de teledetección y, mientras la estimación de deforestación es hasta cierto punto simple ya que se presenta como una variable binaria (deforestado o no), la degradación ocurre sobre un continuo proceso mostrándose en diferentes grados o umbrales que complican su análisis. (Putz y Redford, 2010).

Hay algunos factores principales que detonan la degradación de los bosques. Uno de ellos es el cambio climático, las temperaturas altas y los impredecibles patrones climáticos aumentan el riesgo y la gravedad de los incendios forestales, la infestación de plagas y las enfermedades, pero la principal causa de la degradación de los bosques es la tala insostenible ilegal (Lorin, 2019).

### **3.2.1. Aspectos generales sobre la degradación**

#### **Bosque primario degradado**

Bosque primario en el que la cubierta inicial ha sido adversamente afectada por el aprovechamiento insostenible de los productos forestales madereros y/o no madereros, de manera que su estructura, procesos, funciones y dinámicas son alteradas más allá de la resiliencia a corto plazo del ecosistema; o sea, que la capacidad de estos bosques de una completa recuperación luego de la explotación en el corto al mediano plazo ha sido comprometida (ITTO, 2002). A diferencia de un bosque secundario, la cobertura de un bosque degradado no llega a eliminarse o afectarse a tal punto que los procesos de sucesión ecológica a escalas amplias toman lugar.

#### **Bosque secundario**

Replacación de vegetación leñosa en tierra que fue talada en gran medida de su cubierta boscosa original (por ejemplo: que tiene menos del 10% de la cubierta boscosa original). Los bosques secundarios comúnmente se desarrollan en forma natural sobre tierras abandonadas luego de cultivos migratorios, asentamientos agrícolas, pastoreo, o plantaciones de árboles no logradas (ITTO, 2002).

Es una vegetación que “rebrot/regenera” de forma natural, luego de que el área es desprovista de su vegetación original para ser utilizada para agricultura u otro uso y posteriormente es abandonada o dejada en descanso.

### **3.2.2. Factores que inciden en la degradación**

Los factores que inciden en la degradación forestal incluyen los cambios de usos de suelos, este tiene un impacto en la disminución de la cobertura boscosa. En este sentido se observa el consumo de leña y carbón., los incendios forestales, las quemadas destinadas para el uso agropecuario, la tala de bosque, y la extracción ilegal de los productos forestales, fenómenos naturales o antropogénicos del bosque (Armenteras et al. 2016).

## **Incendios forestales**

Los incendios forestales son una de las principales perturbaciones que influyen en la degradación de los bosques (Souza et al. 2013; Budiharta et al. 2014; Bustamante et al. 2015). Aunque son un mecanismo natural en muchos ecosistemas, las acciones humanas han alterado los regímenes, en particular en las últimas décadas en los trópicos. El alcance y la frecuencia de los incendios ha aumentado gracias a impulsores como la expansión de la agricultura y ganadería, la fragmentación y la tala (Thompson et al. 2013).

Los fuegos tienen múltiples efectos sobre la estructura de los bosques y el almacenamiento de carbono, pero también influyen en factores físicos como el microclima y tienen importantes efectos sobre la biodiversidad (afectación de redes tróficas). Además, estos pueden fomentar o fortalecer a las especies de plantas invasoras repoblar el área afectada, conduciendo a una mayor degradación y por consiguiente disminuyendo los servicios ecosistémicos (Bustamante et al. 2015).

Como consecuencia, se producen cambios en estructura y composición de los bosques por lo general acompañados de un aumento en la cantidad y disponibilidad de material combustible. Esto combinado con posibles cambios microclimáticos aumentan por lo general el riesgo de posteriores eventos de incendios (Müller et al. 2014; Bustamante et al. 2015). Los incendios reducen la fertilidad del suelo y puede verse afectada incluso la resistencia de los ecosistemas, haciendo que disminuyan las probabilidades de recuperación o reutilización (Müller et al. 2014).

## **Extracción de leña y tala selectiva**

Las actividades de extracción de leña o la tala para extracción de madera tienen un efecto sobre la biomasa presente en un bosque principalmente por la remoción selectiva de la madera de valor. La degradación del bosque se produce cuando las pérdidas de biomasa superan las ganancias por regeneración a lo largo del tiempo (Pearson et al. 2014).

En muchos casos hay impactos adicionales a la extracción selectiva que se dan por pérdidas de biomasa de los árboles circundantes, que generalmente resultan dañados con la caída de los árboles de valor, o también impactos asociados a la creación de la infraestructura necesaria para la extracción y arrastre de la madera (Pearson et al. 2014). El daño residual adicional puede llegar a representar del 20 al 30 % de las pérdidas de biomasa de la tala selectiva como resultado de un aumento, entre otros, en las tasas de mortalidad de los individuos remanentes (Martin et al. 2015).

El volumen de madera extraída es un indicador que puede asociarse a la pérdida de biomasa en un bosque y su consecuente degradación. En algunos casos se ha asociado el porcentaje de reducción de biomasa con la intensidad de la extracción (Burivalova, 2014).

### **3.2.3. La degradación forestal en Nicaragua**

En Nicaragua la dinámica de la deforestación se ha visto impulsada por factores complejos que agrupan variables demográficas, políticas, economías, tecnológicas y culturales, las cuales han brindado las condiciones habilitadoras para el crecimiento exponencial de la deforestación y degradación en el país (MARENA, 2004).

Los factores que inciden en la degradación forestal en Nicaragua suelen estar asociados a las actividades históricas realizadas por los seres humanos principalmente. Entre éstas se mencionan: extracción selectiva de madera, tala ilegal, extracción indiscriminada para uso y subsistencia, extracción de leña para carbón con destinos en mercados locales, las actividades agrícolas y pecuarias principalmente.

Según INAFOR (2008), Nicaragua tiene el potencial de transformar 1, 907,643 ha (14.6% del territorio nacional) para tener bosque secundario en un corto plazo, mediante una política que incentive el manejo adecuado de tacotales a un bajo costo. En “otras tierras con árboles y arbustos naturales”, se estimó una superficie de 2,219,217 ha, con una mayor proporción en áreas de tacotal (1,907,643 ha) y arbustos (unas 187,668 ha).

### **3.3. Régimen de disturbios**

Un disturbio se puede definir como cualquier evento relativamente discreto en el tiempo que trastorna la estructura de una población, comunidad o ecosistema y cambia los recursos, la disponibilidad de sustrato o el ambiente físico (Pickett y White, 1985). Las causas y los efectos del disturbio, al igual que los métodos para evaluarlo, dependen en gran medida del nivel de organización biológica que interese abordar. Un disturbio en un nivel no necesariamente induce perturbaciones en todos los niveles. En un sistema estructurado jerárquicamente, un disturbio en cualquier nivel puede ser absorbido subiendo la jerarquía, en efecto, colocando el disturbio en un sistema nuevo y más grande (Rykiel, 1985).

Los requerimientos para cuantificar disturbios serán diferentes si se trabaja con zooplancton, con aves o sistemas lagunares. Por lo tanto, es difícil desarrollar técnicas “universales” para analizar disturbios. Dentro de las distintas escalas para analizar un disturbio se encuentran; disturbios en escala de población, disturbios en escalas de comunidad y disturbios en escalas mayores a una comunidad (Vega y Peters, 2003).

Los cambios en el régimen natural de disturbios por disminución, incremento o cambio en el tipo de disturbios afectan la diversidad de especies en los ecosistemas. Al disminuir el régimen natural de disturbios se produce una dominancia de especies altamente competitivas lo cual conlleva a la disminución de las especies nativas (algunas especies nativas también pueden convertirse en colonizadoras agresivas y volverse invasoras). El incremento y el cambio de tipo de disturbios (por ejemplo, aumento de la herbivoría o fuegos por actividades humanas) eliminan las especies nativas y produce el aumento de invasiones (Vargas et al. 2009).

Según Rogers (1996), comprender los regímenes de disturbios de un paisaje en particular es fundamental para el estudio de la ecología del disturbio. En el siguiente apartado se abordarán en tres de los atributos que facilitan la comprensión de la dinámica espaciotemporal de los disturbios, aplicados en la metodología de esta tesis.

### **3.3.1. Intensidad, frecuencia y magnitud de los disturbios**

#### **Intensidad**

Se define como la fuerza o energía física del evento por área y tiempo (Pickett y White, 1985). Sin embargo, según Keddy (2007), sugiere que la intensidad de un disturbio puede ser interpretada por la severidad de sus consecuencias, esta última definida como el efecto de los disturbios sobre la unidad focal. Como puede deducirse intensidad y severidad están positivamente relacionado, ya que los disturbios más intensos por lo general son más severos (Turner, 2010).

#### **Frecuencia**

Atributo que se define como el número medio de eventos por periodo de tiempo, puede ser un año por ejemplo, o bien puede ser revitalizado al tiempo de vida medio de los organismos de interés (Pickett y White, 1985). Este parámetro indicaría si se trata de un tipo de evento frecuente, o más bien son eventos raros. Es importante destacar que un cierto tipo de disturbio puede ser crónico en tanto sea frecuente, a pesar de las dimensiones temporales generalmente pequeñas de cada evento disturbante (Lamberti, 2021).

#### **Magnitud**

Puede hacer referencia al área perturbada por el disturbio, se puede expresar como área por evento, área por intervalo de tiempo, o por el área total por el tipo de disturbio por intervalo de tiempo. Es el impacto del organismo, en la comunidad o en el ecosistema. Ejemplo: biomasa removida, área afectada por incendios (Vega y Peters, 2003).

En síntesis, se han descrito los atributos aplicados en la metodología del trabajo realizado, que permitieron a los elaboradores caracterizar a los distintos disturbios y estudiar sus dinámicas espaciotemporales, es decir, permitir analizar el comportamiento de estos disturbios actuando conjuntamente a lo largo del espacio y el tiempo en el sitio.

### **3.4. Fragmentación de los ecosistemas naturales**

Según Vargas (2007), la fragmentación y la división de hábitat, lo cual continua en pequeños fragmentos, sustituyendo al ecosistema original por ambientes construido por el hombre como: pastizal, cultivo agrícola, carreteras, represas entre otros. Al fragmentarse se disminuye el área total de ecosistemas, por lo tanto, se disminuye el tamaño total de los parches original y se genera un aislamiento al fragmento.

La pérdida de hábitat y la fragmentación se han convertido en las más importantes amenazas para el mantenimiento de la biodiversidad en todos los ecosistemas, principalmente en los terrestres. La fragmentación es la pérdida de la continuidad de un ecosistema y produce cambios importantes en las estructuras de las poblaciones y comunidades de plantas y animales, tanto en el ambiente físico como en el ecológico, lo que afecta en su funcionamiento (Navarro et al. 2015).

### **3.5. Resiliencia de los ecosistemas**

La resiliencia es la capacidad que tiene un ecosistema de restablecerse luego de un disturbio. Es decir, aquellos ecosistemas que mejor responde, después de un disturbio, en su regeneración espontanea son los que presentan una mayor resiliencia (Barrera et al. 2010). Es una propiedad ecosistemática que deriva de la biodiversidad en múltiples escalas, y comprende desde la diversidad genética hasta la diversidad paisajística (Thompson, 2009). La resiliencia resuena con la visión moderna de que los sistemas naturales son empujados, tirados y, a veces, golpeados por perturbaciones que varían en estructura, amplitud y frecuencia.

Relacionado a este concepto de resiliencia está el de resistencia, que es la capacidad del bosque de resistir a alteraciones de menor envergadura lo largo del tiempo, tales como la muerte de algunos árboles o un nivel crónico de herbívora provocadas por insectos. Estos cambios de leve importancia son alteraciones susceptibles de mitigación, como los vacíos en el dosel, que se crean por la muerte de algunos árboles o grupo de árboles, los cuales terminan colmándose rápidamente por el crecimiento de nuevos individuos jóvenes (Thompson, 2011).

El estado del ecosistema se define de acuerdo a la composición florística (arbórea) dominante y la estructura esperada de un determinado sitio. El cambio en el estado del bosque resulta de la pérdida de la resiliencia y se caracteriza por la modificación parcial o total que da origen a un tipo de ecosistema diferente del que se habría esperado para la zona. Por ende, el “cambio en el estado del ecosistema” puede servir como indicador de degradación. Desde la perspectiva de la biodiversidad y de producción, esto generaría una afectación cuantitativa de bienes y servicios. Un ejemplo de degradación puede ser el establecimiento de especies invasivas que han terminado prevaleciendo sobre las nativas, con la consiguiente merma de los bienes producidos por el ecosistema (Thompson, 2011).

Si la perturbación es demasiado intensa, esta da origen a una serie de efectos que generan cambios marcados en el ecosistema forestal, los cuales determinan el paso del bosque a un nuevo estado. Los bosques no siempre suelen recuperarse tras los episodios de perturbación grave y prolongada. A este punto en el cual el ecosistema pierde su capacidad de recuperación o resiliencia se denomina punto de inflexión o umbral ecológico. Un ejemplo de esto puede ser la fragmentación forestal, un proceso en el cual el bosque continuo termina abriéndose debido a las distintas perturbaciones que lo han afectado. Estudios indican que determinados niveles de fragmentación son puntos de inflexión que conllevan pérdidas forestales, de funcionalidad y de menor capacidad de producir bienes y servicios (Andrén, 1994).

### **3.6 Medidas para revertir los procesos de degradación**

Una vez identificado los procesos que contribuyen a la degradación forestal o a la afectación de alguno de los atributos del bosque, es importante plantearse de qué manera se recuperarán estas características en el tiempo. Esto se hace a través de la restauración ecológica, la cual es definida según la FAO, como una acción que revierte la degradación forestal o la pérdida de productividad de los bienes y servicios de los ecosistemas (madera, agua, biodiversidad), como consecuencia de la actividad humana y otros procesos naturales (FAO, 2022).

Esta se puede realizar de dos maneras: restauración ecológica activa y pasiva.

### **3.6.1 Restauración activa**

Consiste en intervenir un ecosistema de manera de controlar la recuperación del mismo. La intensidad de intervención puede diferir de acuerdo con el grado de perturbación y el ecosistema de referencia, incluyendo la restauración de la topografía, preparación del suelo, reducción de plantas o animales, fertilización e incluso manipular regímenes de disturbios como por ejemplo los incendios (Holl y Aide, 2011).

La restauración activa se emplea cuando el ecosistema presenta una baja resiliencia o está demasiado alterado y por lo tanto no se puede recuperar por si solo (Lozano et al. 2017). Cuando los ecosistemas están muy degradados o destruidos, han perdido sus mecanismos de regeneración y en consecuencia es necesario asistirlos, en lo que se denomina como restauración activa o asistida (sucesión dirigida o asistida). La restauración activa implica, que, con intervención humana, se ayude el ecosistema para superar tensionantes que impiden la regeneración y garantizar el desarrollo de procesos de recuperación (Vargas, 2012).

### **3.6.2 Restauración pasiva**

Es el proceso mediante el cual los ecosistemas se recuperan por si solos cuando no existen tensionantes o se eliminan las barreras que impiden su regeneración en un proceso conocido como restauración pasiva o sucesión natural.

La sucesión natural o restauración pasiva basa su estrategia en la regeneración natural, lo cual depende de diferentes factores que limitan los mecanismos naturales de regeneración, entre ellos pueden mencionarse; el estado del banco de semillas, el grado de conectividad de paisajes, la lluvia de las semillas, el tamaño del área perturbada, la fuente de la semilla y los agentes dispersores. En la restauración pasiva, la intervención consiste en retirar o eliminar los factores tensionantes o los disturbios que causan la degradación del sistema para que se regenere por sí solo. En algunos casos esta es la estrategia más adecuada, en situaciones donde la degradación no es extensa y existe una buena proporción de fragmentos de bosques residuales con buenas condiciones de biodiversidad, lo que favorecerá los procesos de colonización y sucesión natural (Sanchún et al. 2016).

### **3.7 Rehabilitación ecológica**

Según Vargas (2007), la rehabilitación ecológica no los permite llegar a un estado original del bosque, pero, se puede usar para indicar cualquier acto de mejoramiento desde un estado de degradación, teniendo como objetivo final caracterizar la composición florística del fragmento de bosque.

Permite la recuperación del patrimonio natural de la zona, a la conservación, preservación de los bosques y la estructura, composición florística, diversidad de las especies y la dinámica de estas. La restauración y rehabilitación de los bosques son tareas difíciles y a largo plazo que requieren una planificación, una ejecución y un seguimiento cuidadoso (FAO, sf).

### **3.8. Estudios realizados en la evaluación de la degradación forestal**

#### **Propuesta de rehabilitación en un fragmento de bosque en la mina San Albino, El Jícaro, Nueva Segovia, 2022.**

El estudio se realizó en un fragmento de bosque de sabana tropical ubicado en La Mina San Albino, a 7 km del municipio del Jícaro, del departamento de Nueva Segovia, propiedad de la empresa NICOZ RESOURCES S. A, el cual cuenta con un área de 6.96 hectáreas. En este se realizó una evaluación actual del área en términos de composición de especies, estructura y función con el fin de comprender los factores de alteración y los atributos del ecosistema. A pesar de que el área donde se realizó el estudio es protegida y conservada, la sucesión forestal se encuentra sujeta a alteraciones antropogénicas y naturales que han afectado negativamente al desarrollo de la etapa inicial de sucesión, lo cual ha ocasionado la degradación del fragmento de bosque.

Se realizó un inventario forestal, utilizando un diseño de muestreo sistemático, estableciendo 14 líneas de inventario con una distancia de 25 metros entre cada una de ellas. En estas se establecieron 64 parcelas cuadradas de 10 m x 10 m (100 m<sup>2</sup>), en la cual se estableció aleatoriamente una subparcela de 5 m x 5 m y en una esquina de esta, se estableció una subparcela de 2.5 m x 2.5 m. En las subparcelas de 10 m x 10 m, se registraron individuos de la categoría latizal, y en las subparcelas de 2.5 m x 2.5 m, se registraron individuos de a categoría brinzal.

Posterior se realizó un análisis del inventario forestal desarrollado en el fragmento, tomando en cuenta parámetros como; número de árboles/ha, área basal/ha, volumen/ha, biomasa aérea, carbono almacenado, índice de valor de importancia (IVI). Luego se seleccionó un ecosistema de referencia para permitir realizar una evaluación de las condiciones previas y actuales del ecosistema, tomando en cuenta la similitud de las áreas en términos biofísicos (clima, relieve, suelo), número de especies presentes, estructura del bosque.

Como resultados de este estudio, se obtuvo que en el fragmento de bosque para todas las categorías de vegetación (fustal, latizal y brinzal) en un área de 0.61 ha muestreadas se encontraron 45 especies arbóreas, 23 especies botánicas de las cuales las más representativas fueron Fabáceas (5), Mimosácea (5) y tres especies no identificadas. La vegetación arbórea presento en total 67 arb/ha, de los cuales 55 se encontraban en la categoría fustal.

Mediante el uso de la matriz de degradación, se determinó que el bosque presenta un nivel medio de degradación en términos de composición florística al contar el número de familias y especies, ocasionado principalmente por las actividades antropogénicas realizadas por las comunidades del municipio del Jícaro como; agricultura y actividades forestales, ejerciendo presión sobre los recursos forestales, causando una reducción del bosque y pérdida de diversidad de flora y fauna. Se desarrollaron propuestas que eviten la pérdida del recurso forestal y degradación del fragmento de bosque tales como: Incrementar la riqueza de especies en el fragmento de bosque, mejorar la estructura del área mediante la aplicación de tratamientos silviculturales y disminuir los impactos antropogénicos generados por la población mediante charlas.

## IV. MATERIALES Y METODOS

### 4.1. Ubicación del área de estudio

La evaluación se realizó en la Unidad de Producción y Validación finca El Plantel propiedad de la Universidad Nacional Agraria, ubicada en el kilómetro 30 de la carretera Tipitapa-Masaya, en el municipio de Masaya, en las coordenadas 12°06'24" latitud norte y 86°04'06" longitud, está a una altura de 100 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.).

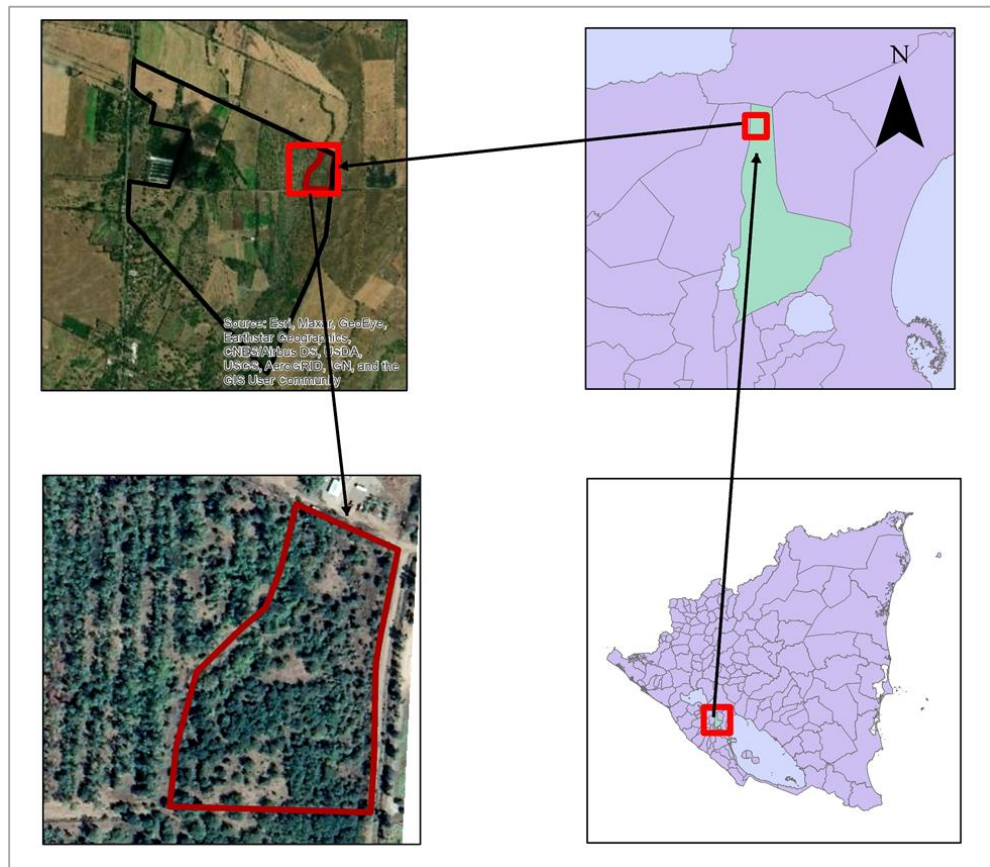


Figura 1. Mapa de ubicación del fragmento de bosque en la finca El Plantel.

## **4.2. Descripción del sitio**

### **4.2.1. Clima**

De acuerdo con datos de la estación meteorológica ubicada en la finca El Plantel, en los últimos dos años (2022 y 2023) se han registrados temperaturas medias de 27.3° C y 27.9° C respectivamente. En relación con las precipitaciones, se registran acumulados para el año 2022 de 1,418 mm, siendo de mayo a noviembre los meses más lluviosos (acumulados de 1395.5 mm) y de diciembre a abril los meses más secos, con un acumulado de precipitación de 22.8 mm

### **4.2.2. Suelos**

El área donde está localizada la finca El Plantel corresponde una transición entre bosque tropical, moderadamente denso y seco, y bosque tropical subhúmedo. Los factores formadores de suelos son el vulcanismo y tectonismo y los procesos formadores que los han moldeado son la erosión y la sedimentación. La textura varía desde arenosa a franco. En términos generales se consideran suelos bien drenados con fertilidad aceptable (López y González, 2006).

### **4.2.3. Vegetación**

Según López y González (2006), la formación de la vegetación se caracteriza por desarrollarse bajo un régimen de precipitación entre los 750 a 1,250 mm a una temperatura entre 26 a 29 °C. Está ubicada en un rango de elevación que va de los 0 a los 500 msnm en donde llueve de mayo a octubre. Esta vegetación fue eliminada con la introducción de monocultivo de Algodón (*Gossypium hirsutum*), entre los años 50 y 60. Actualmente la tierra se usa con cultivos de granos básicos como Maíz (*Sea maiz*), Sorgo (*Sorghum bicolor*), Frijol (*Phaseolus vulgaris* L), otras plantaciones como Mango (*Manguidera indica*), Aguacate (*Persea americana*) y Platano (*Musa sapientum*), así como las plantaciones de Neem (*Azadirachta indica*) Eucalipto (*Eucalipto camaldulensis*), Teca (*Tectona grandis*), Madero negro (*Grilicidia sepium*), Espino de playa (*Pithecellobium dulce* B) y Sardinillo (*Tecoma stans*).

### **4.3. Proceso metodológico**

#### **4.3.1. Planificación y recorrido pre-muestreo**

En la primera parte se realizó un recorrido que permitió conocer las condiciones del área del fragmento en términos generales, así como la delimitación en campo de los bordes del área de bosque. Se hizo el diseño de los formatos de campo, así como entrevistas que permitieron brindar información tanto de las características del ecosistema como aspectos sociales que pueden tener incidencia en el proceso de degradación forestal en este sitio.

#### **4.3.2 Diseño de muestreo**

Para fines de evaluar la degradación forestal, se implementó un diseño de muestreo sistemático. Se delimito primeramente una línea base con orientación de este a oeste, la cual tiene una longitud de 180 metros. En el caso de las líneas de inventario, se realizaron cada 25 metros, estableciendo un total de 5 líneas. En cada línea se establecieron las parcelas, con un distanciamiento de 25 metros entre borde de parcelas, siendo un total de 20 parcelas rectangulares de 10 m x 20 m.



Figura 2. Proceso de ubicación y establecimiento de línea de inventario.

En cada parcela de 20 m x 10 m se recolectaron datos de fustales (árboles con  $DN \geq 10$  cm), a la vez, se establecieron subparcelas de 5 m x 5 m en la esquina inferior izquierda de la parcela grande (esquina suroeste) para la recolección de datos de latizales (DN entre 5 cm y 9.9 cm) y posterior una subparcela (dentro de la de latizales) de 2.5 m x 2.5 m para brinzales (DN <5 cm y 1.5 m de altura), a fin de recolectar la información de la dinámica y estructura forestal en las categorías menores.



Figura 3. Diseño de muestreo y ubicación de las parcelas establecidas en el fragmento de bosque.

### **4.3.3. Variables evaluadas**

#### **Identificación taxonómica**

Se realizó la identificación taxonómica de cada árbol con el objetivo de identificar cada una de las especies presente dentro de las parcelas de muestreo, utilizando las diferentes partes como hojas, flores o frutos para su correcta identificación. En el caso de aquellas especies que no se lograron identificar en campo, se colectaron muestras y se llevaron a la universidad para ser identificadas por el docente y asesor Ing. Bayardo González.

#### **Diámetro normal**

Esta variable se midió en cada árbol a 1.30 metros de la superficie del suelo, para lo cual se hizo una cinta diamétrica que permitirá obtener este valor en centímetros. Esta variable es importante puesto que permite realizar diversos análisis en la estructura horizontal del bosque.



Figura 4. Proceso de medición de diámetro.

#### **Altura**

Para determinar la altura de los árboles, se empleó el uso de una pistola haga, con la cual se realizaron dos mediciones, una hacia el ápice del árbol y otra hacia la base. La lectura que se hace en ambas mediciones se suma y se obtiene la altura del árbol expresada en metros.

## Árboles por hectárea

Para el cálculo de los árboles por hectárea, según Reyes et al. (2021), se utilizó la siguiente fórmula:

$$N^{\circ} \text{ de arb/ha} = \frac{10,000m^2}{\text{dist}(m) * \text{dist}(m)}$$

Donde:

$10,000 m^2$  = equivalen a una hectárea

$\text{dist}(m)$  = la distancia entre arboles

## Área basal

Para el cálculo del área basal, según Ugalde (1981), se empleó la fórmula

$$AB: (\pi / 4) * DAP^2$$

Donde:

$AB$  = Área basal

$\pi$  = 3.1416

$DAP$  = Diámetro a la altura del pecho

## Volumen

Para el cálculo del volumen, según Ugalde (1981), se empleó la fórmula con factor de forma de 0.70 para las latifoliadas,

$$Vol = AB * Ht * Ff$$

Donde:

$V$  = Volumen total en  $m^3$

$AB$  = Área basal

$Ht$  = Altura total

$Ff$  = Factor de forma

### **Área basal por hectárea (Ugalde, 1981).**

$$AB/ha = \frac{1}{Np * Tp} * \sum AB$$

*Dónde:*

*l= Tamaño de cálculo de una hectárea*

*Tp= Tamaño de parcela*

*Np= Numero de parcela*

*∑V= Sumatoria del área basal*

### **Volumen por hectárea (Ugalde, 1981).**

$$Vol/ha = \frac{1}{Np * Tp} * \sum Vol$$

*Dónde:*

*l= Tamaño de cálculo de una hectárea*

*Tp= Tamaño de parcela*

*Np= Numero de parcela*

*∑V= Sumatoria del volumen*

### **Biomasa forestal**

Para el cálculo de la biomasa forestal se utilizó la siguiente formula (Brown, 1997).

$$Bf = V * GE * FEBa$$

Donde:

Bf= Biomasa forestal(ton)

V= Volumen total calculado en m<sup>3</sup>

GE= Densidad de la madera

FEBa= Factor de expansión de la biomasa aérea

### **Carbono almacenado**

Para el cálculo del carbono almacenado (toneladas), según Rüginitz et al. (2009), se puede determinar de la siguiente manera:

$$C = Bf * Fc$$

Donde:

C= Carbono almacenado (ton)

Bf= Biomasa forestal en (ton)

Fc= Factor de carbono

### **Coefficiente de similitud de Jaccard**

Según Moreno (2001), el índice de Jaccard expresa el grado en el que dos muestras son semejantes por las especies presentes en ellas, permite estimar cambios en la composición de especies entre sitios y periodos de muestreo, pudiendo asociar el grado de similitud con las diferencias en las condiciones ambientales predominantes y se calculó con la siguiente formula:

$$IJ = \frac{c}{a + b + c} * 100$$

a = número de especies presentes en el sitio A

b = número de especies presentes en el sitio B

c = número de especies presentes en ambos sitios A y B

### **Índice de valor de importancia (IVI)**

El IVI es utilizado fundamentalmente para comparar diferentes comunidades basándose en las especies que contienen los valores más altos y que se consideran en particular (Matteucci y Colma, 1982). Se utilizó la siguiente formula:

$$IVI = A\% + D\% + F\%$$

Donde:

A%= Abundancia porcentual

D%= Dominancia porcentual

F%= Frecuencia porcentual

#### **4.3.4. Evaluación del grado de degradación forestal**

##### **Selección del ecosistema de referencia**

Se realizó una revisión bibliográfica para seleccionar el ecosistema de referencia a utilizar para determinar el grado de degradación forestal. Este ecosistema es importante puesto que sirve para planear un proyecto de restauración y más adelante, para su evaluación. Se tomó como ecosistema de referencia el área de trabajo en el estudio que actualmente se realiza en un área de bosque seco en Chacocente realizado por Calero y Gutiérrez (2024) [Manuscrito inédito], en el cual aparecen reflejados aspectos como la composición y estructura del bosque. En dicho estudio no se evaluó la biomasa y carbono almacenado, por lo que para estas variables se utilizó el trabajo realizado por Siu y Ordeñana (2001) en este mismo bosque, titulado “Estimación del contenido y almacenamiento de carbono en el bosque seco secundario del refugio de vida silvestre Chacocente”.

El ecosistema de referencia seleccionado tiene las siguientes características:

##### **Ubicación geográfica**

El ecosistema de referencia seleccionado se ubica en El Refugio de Vida Silvestre Escalante-Chacocente, localizado en el extremo Sur Oeste del departamento de Carazo. Sus coordenadas geográficas están comprendidas entre las latitudes 11° 30' 33'' y 11° 34' 28'' norte y longitudes 86° 09' 33'' y 86° 11' 43'' oeste. El refugio abarca una superficie de 4,800 hectáreas y se considera un área de influencia de 2, 712 hectáreas adicionales, lo que en conjunto totalizan 7,500 hectáreas (Molina, 1996).

Alrededor del 90% de la superficie del refugio se encuentra dentro de los límites territoriales del municipio de Santa Teresa. La superficie es compartida por lo municipios vecinos de Jinotepe, en el departamento de Carazo, y Tola, en el departamento de Rivas (MARENA, 1999).

### **Condiciones climáticas**

El refugio se caracteriza por tener un verano largo de unos 7 meses de duración. Aun durante el periodo de lluvias hay muchos días despejados y soleados. La precipitación promedio es de 1000 mm anuales. El periodo lluvioso se concentra entre los meses de junio y octubre. Las lluvias son irregulares, caracterizadas por violentos chaparrones de corta duración seguidos de varios días de calma, la temperatura promedio es de 26° C (MARENA, 2002).

### **Características del suelo y relieve**

Son suelos de tipo vertisoles y coluviales, en su gran mayoría corresponde a la clase de uso IV y VII, el cual representa el 85% del área. Por sus características físicas, los suelos se caracterizan escarpados a muy escarpados, textura variable, franca arcillosa, arena gravosa y pocos profundos (MARENA, 2002). El 11.5% pertenecen a las clases II y III, bastantes planos, profundos y permeabilidad lenta, con pendientes de 0-8%.

Su topografía alcanza pendientes de 100%, parte altas con elevaciones de hasta 400 msnm, se entre cruzan con cauces secos, pequeñas corrientes y riachuelos que se activan únicamente en la época lluviosa (MARENA, 2002).

## Vegetación

El bosque es muy diverso debido a la gran variedad de ambientes existentes. La influencia del mar, la humedad de los ríos Escalante y Acayo, los suelos arcillosos, las playas arenosas y las colinas rocosas del interior del refugio son ambientes que crean diferentes formas vegetales (Tercero y Urrutia, 1994). El bosque se encuentra formado por:

Bosque seco caducifolio; dominado principalmente por las especies Pata de venado (*Allophylum occidentale*), Talalate (*Gyrocarpus americanus*), Guacimo de molenillo (*Luchea candida*), Quebracho (*Lysiloma spp.*), Chiquirín (*Myrospermum frutencens*), Huevo de chanco (*Stemmadenia abovata*) y Cortez (*Tabebuia ochracea*), (Tercero y Urrutia, 1994).

Bosque de galería; conformado por individuos de mayor diámetro y mayor altura como: Guanacaste blanco (*Albizia niopoides*), Genizaro (*Samanea saman*), Melero (*Thounidium decandrum*) y Nanciguiste (*Zyziphus guatemalensis*), (Tercero y Urrutia, 1994).

Bosque de playa; conformado por especies dominantes como; Madroño (*Calycophyllum candidissimum*), Nacascolo (*Caesalpinia coriaria*), Niño muerto (*Caesalpinia exostemma*), Endurece maíz (*Capparis indica*), Muñeco (*Cordia bicolor*), Talalate (*Gyrocarpus americanus*), Brasil (*Haematoxylon brasiletto*), Escobillo (*Phyllostylon brasiliensis*), Agujote (*Prosopis ioliiflora*) y Nanciguiste (*Zyziphus guatemalensis*), (Tercero y Urrutia, 1994).

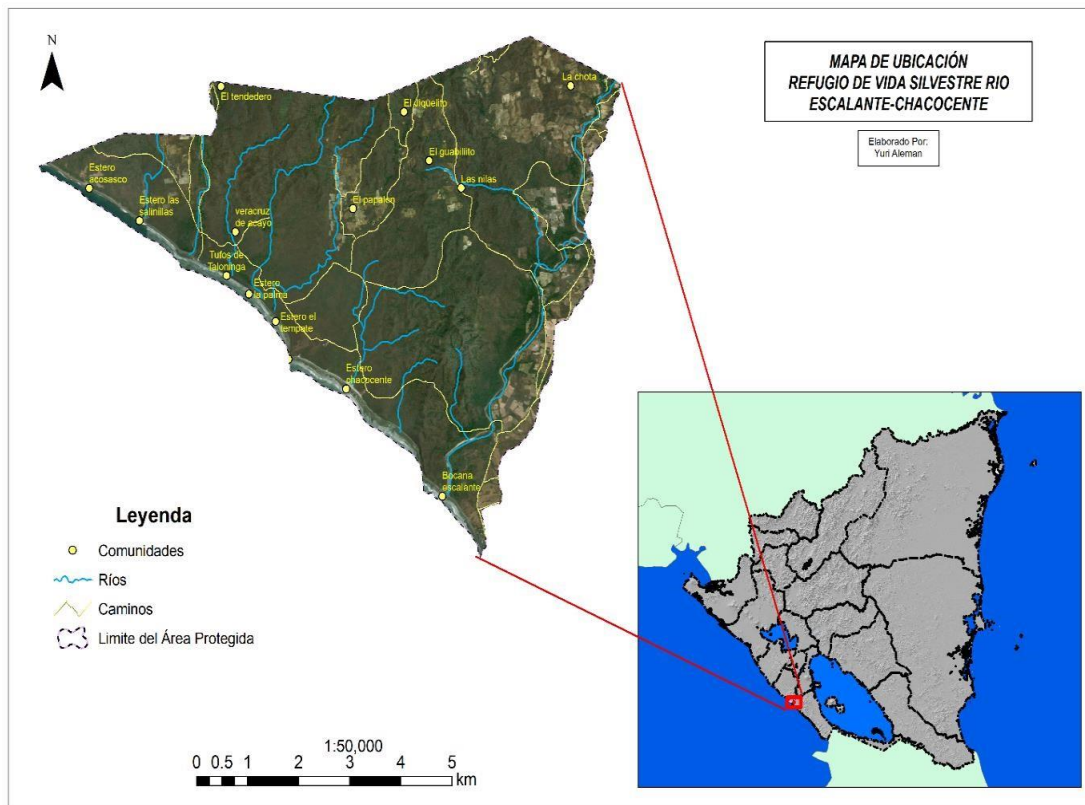


Figura 5. Mapa de ubicación del área del ecosistema de referencia Refugio de Vida Silvestre Río Escalante-Chacocente (Alemán, 2019).

#### 4.4. Análisis de degradación

Para realizar el análisis del grado de degradación forestal se hizo uso de la matriz propuesta por Castro, González y Alonzo en el año 2022 (cuadro 1), esta toma en cuenta 3 criterios principales; composición florística, estructura horizontal y la productividad del bosque, los cuales permiten comprender aspectos del ecosistema que se encuentran con mayor problema y poder asignar una valoración para cada indicador. Los indicadores se basan principalmente en una variable analizada en la metodología; para la riqueza (de especies), se realizó un análisis a partir del porcentaje de especies compartidas entre el ecosistema de referencia y el ecosistema a restaurar haciendo uso del coeficiente de Jaccard, con el fin de presentar el estado actual de la composición florística del fragmento y mostrar cuan afectada está debido a los disturbios.

Cabe resaltar que originalmente esta variable se llama “% de similaridad” pero fue modificada a “% de especies compartidas” a fin de comprender mejor su funcionalidad.

Dentro del mismo criterio de composición florística fue analizada la incidencia de las especies exóticas a partir del cálculo del IVI, con el fin de presentar la incidencia de las especies invasoras y las implicaciones de su alto valor ecológico además de la alta abundancia, frecuencia y dominancia sobre las demás especies en el fragmento.

Para el análisis del criterio de la estructura horizontal se utilizaron los indicadores densidad y el área basal a partir de las variables n° de arb/ha y el area basal en metros cúbicos encontradas en ambos ecosistemas. Por último, se analizó la productividad mediante el carbono almacenado y la biomasa entre los dos ecosistemas, a fin de conocer la calidad del medio ambiente y la potencialidad del bosque del fragmento.

Cuadro 1. Elementos de la matriz para evaluar la degradación forestal con su correspondiente ponderación.

<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>	<b>Variable a evaluar</b>	<b>Ecosistema Referencia</b>	<b>Ecosistema Restaurar</b>	<b>Valoración</b>
Composición Florística	Riqueza	% de especies compartidas			
	Especies Exóticas	IVI			
Estructura horizontal	Densidad	N° arb / ha			
	Área Basal	m <sup>2</sup> /ha			
Productividad	Carbono almacenado	t/ha			
	Biomasa	t/ ha			
Total					

Fuente: Castro, González y Alonzo, 2022 (Modificado por Herrera y Romero, 2024)

Para analizar cada uno de los criterios e indicadores se utilizaron las siguientes matrices, las cuales realizan una comparativa mediante una puntuación asignada en base a 100% a partir de las variables para cada indicador y esta se multiplica por un peso asignado, los cuales se muestran a continuación.

#### 4.4.1. Valoración para el indicador riqueza

La valoración de la riqueza es un elemento importante para determinar la degradación, puesto que a medida el bosque tiene mayor cantidad de especies, se aumentan las interacciones biológicas, y así, si la riqueza es menor, el bosque tiene menos capacidad de ofertar diversos bienes y servicios al resto de las especies que en el interactúan incluyendo las personas. En el cuadro 2 se puede observar que el mayor porcentaje se asigna si la comparación utilizando el coeficiente de Jaccard entre el ecosistema a restaurar y el de referencia, es mayor a 90%, así el caso extremo, cuando el valor es menor a 19%, la puntuación será la más baja. El porcentaje correspondiente se multiplica por el valor de 0.30 y el resultado se ubica en la columna de valoración de la matriz de degradación.

Cuadro 2. Valoración de la degradación forestal en términos de riqueza en relación al ecosistema de referencia.

Porcentaje	Descripción
100	Si el ecosistema a restaurar contiene más del 90% de las especies del ecosistema de referencia.
70	Si el ecosistema a restaurar contiene entre un 70 a 89% de las especies del ecosistema de referencia.
50	Si el ecosistema a restaurar contiene entre un 50 a 69% de las especies del ecosistema de referencia.
25	Si el ecosistema a restaurar contiene entre un 20 a 49% de las especies del ecosistema de referencia.
10	Si el ecosistema a restaurar contiene entre un 0 a 19% de las especies del ecosistema de referencia.

Fuente: Castro, González y Alonzo, 2022

#### 4.4.2. Valoración para el indicador especies exóticas

Este indicador refleja la abundancia de las especies encontradas en el área de muestreo, reflejando las especies que obtengan mayor valor en el área, calificado mediante factores como la abundancia, dominancia y frecuencia, identificando las posibles consecuencias o beneficios que inciden el área. En el cuadro 3 se puede observar que el mayor porcentaje se asigna si el Índice de Valor de Importancia (IVI) del ecosistema a restaurar es menor a 19% así el caso extremo, cuando IVI es mayor a 80%, la puntuación será la más baja. El porcentaje correspondiente se multiplica por el valor de 0.15 y el resultado se ubica en la columna de valoración de la matriz de degradación.

Cuadro 3. Valoración de la degradación forestal de acuerdo al Índice de Valor de Importancia obtenido por las especies exóticas.

Porcentaje	Descripción
100	Si el ecosistema a restaurar contiene especies exóticas con IVI entre 0 a 19%.
70	El ecosistema a restaurar contiene especies exóticas con IVI entre 20 a 39%.
50	El ecosistema a restaurar contiene especies exóticas con IVI entre 40 a 59%.
25	El ecosistema a restaurar contiene especies exóticas con IVI entre 60 a 79%.
10	El ecosistema a restaurar contiene especies exóticas con IVI entre 80 a 100%.

Castro, González y Alonzo, 2022

#### 4.4.3. Valoración para el indicador densidad

La densidad involucra aspectos de la estructura del ecosistema, estando vinculada directamente con la competencia entre las especies forestales, así como los tamaños poblacionales estimados para las especies, siendo importante tener en cuenta que, si se presentan varias especies con densidades muy bajas, estas se vuelven más vulnerables a ir desapareciendo. En el cuadro 4 se puede observar que el mayor porcentaje se asigna si la comparación utilizando un cociente del número de árboles del ecosistema a restaurar y el de referencia, es mayor a 90%, así el caso extremo, cuando el valor es menor a 19%, la puntuación será la más baja. El porcentaje correspondiente se multiplica por el valor de 0.20 y el resultado se ubica en la columna de valoración de la matriz de degradación.

Cuadro 4. Valoración de la degradación forestal en términos de densidad en relación al ecosistema de referencia.

Porcentaje	Descripción
100	Si el ecosistema a restaurar contiene más del 90% del número de árboles del ecosistema de referencia.
70	Si el ecosistema a restaurar contiene entre un 70 a 89% del número de árboles del ecosistema de referencia.
50	Si el ecosistema a restaurar contiene entre un 50 a 69% del número de árboles del ecosistema de referencia.
25	Si el ecosistema a restaurar contiene entre un 20 a 49% del número de árboles del ecosistema de referencia.
10	Si el ecosistema a restaurar contiene entre un 0 a 19% del número de árboles del ecosistema de referencia.

Castro, González y Alonzo, 2022

#### 4.4.4. Valoración para el indicador área basal

El área basal es otro aspecto de la estructura del bosque, que se relaciona con el espacio horizontal que ocupa una determinada especie en el sitio, siendo necesario para su análisis, la agrupación del área basal para cada una de las categorías diamétricas que puede presentar el bosque. En el cuadro 5 se puede observar que el mayor porcentaje se asigna si la comparación utilizando un cociente del área basal del ecosistema a restaurar y el de referencia, es mayor a 90%, así el caso extremo, cuando el valor es menor a 19%, la puntuación será la más baja. El porcentaje correspondiente se multiplica por el valor de 0.20 y el resultado se ubica en la columna de valoración de la matriz de degradación.

Cuadro 5. Valoración de la degradación forestal en términos del área basal en relación al ecosistema de referencia.

<b>Porcentaje</b>	<b>Descripción</b>
100	Si el ecosistema a restaurar contiene más del 90% del área basal del ecosistema de referencia.
70	Si el ecosistema a restaurar contiene entre un 70 a 89% del área basal del ecosistema de referencia.
50	Si el ecosistema a restaurar contiene entre un 50 a 69% del área basal del ecosistema de referencia.
25	Si el ecosistema a restaurar contiene entre un 20 a 49% del área basal del ecosistema de referencia.
10	Si el ecosistema a restaurar contiene entre un 0 a 19% del área basal del ecosistema de referencia.

Castro, González y Alonzo, 2022

#### 4.4.5. Valoración para el indicador biomasa y carbono almacenado

La Biomasa y carbono almacenado, involucra aspectos como la capacidad que tiene el bosque de procesar elementos como el dióxido de carbono en el aire mediante el proceso de la fotosíntesis, es por ello que es un criterio a tomar en cuenta en la realización de este estudio ya que, de esta manera, sirve indicador de posibles disturbios que afectaron en la estructura del sitio. En el cuadro 6 se puede apreciar que el mayor porcentaje se asigna si la comparación utilizando un cociente de la biomasa y carbono almacenado del ecosistema a restaurar y el de referencia, es mayor a 90%, así el caso extremo, cuando el valor es menor a 19%, la puntuación será la más baja. El porcentaje correspondiente se multiplica por el valor de 0.15 y el resultado se ubica en la columna de valoración de la matriz de degradación.

Cuadro 6. Valoración de la degradación forestal en términos la biomasa y carbono almacenado en relación al ecosistema de referencia.

Porcentaje	Descripción
100	Si el ecosistema a restaurar contiene más del 90% de la Biom y CA del ecosistema de referencia.
70	Si el ecosistema a restaurar contiene entre un 70 a 89% de la Biom y CA del ecosistema de referencia.
50	Si el ecosistema a restaurar contiene entre un 50 a 69% de la Biom y CA del ecosistema de referencia.
25	Si el ecosistema a restaurar contiene entre un 20 a 49% de la Biom y CA del ecosistema de referencia.
10	Si el ecosistema a restaurar contiene entre un 0 a 19% de la Biom y CA del ecosistema de referencia.

Castro, González y Alonzo, 2022

Una vez se ha completado la columna de valoración en la matriz, se procederá a emplear la siguiente fórmula (Castro, González y Alonzo, 2022). El valor obtenido se ubicó en uno de los rangos que se muestran en el cuadro 7, siendo clasificada la degradación desde nula a muy alta.

$$Vd = S + D + AB + BC + EX$$

Donde:

S: valoración de la similaridad en términos de riqueza

D: valoración de la densidad

AB: valoración en términos de área basal

BC: valoración en términos de Biomasa y Carbono almacenado

EX: valoración en términos de IVI de especies exóticas

Cuadro 7. Rango de valores del grado de degradación.

<b>Puntos</b>	<b>Estado de degradación</b>
80 – 100	Nula
60 – 79	Baja
40 – 59	Media
20 – 39	Alta
10 – 19	Muy alta

Castro, González y Alonzo, 2022

#### 4.5. Análisis de los disturbios en el ecosistema

Los disturbios son un proceso clave en los ecosistemas, estos pueden facilitar o afectar el proceso de sucesión en el ecosistema, por lo que además de analizar la degradación, es importante considerar aquellos aspectos que favorecen o afectan el sitio.

Para su análisis, se realizó una observación en cada una de las parcelas de muestreo la presencia, ausencia y el tipo de disturbio. La información se consolidó a través una matriz (cuadro 8) donde se refleja la frecuencia de ocurrencia por parcela en el área, el área afectada y el impacto sobre el fragmento. Se clasificaron por orden de jerarquía de acuerdo con cada uno de los aspectos mencionados.

Cuadro 8. Clasificación de los disturbios presentes en el fragmento de bosque.

Disturbio	Frecuencia	Área afectada	Impacto sobre el fragmento
-----------	------------	---------------	----------------------------

- Frecuencia de ocurrencia: Se clasificó como muy frecuente (cuando se evidenció en más del 80 % de las parcelas), frecuente (evidenciado en el 50 % al 79 % de las parcelas), poco frecuente (en menos del 49 % de las parcelas).
- Área afectada: Se clasificó en extensa, media y localizada (local).
- Impacto sobre el fragmento: Se describen las consecuencias del disturbio para el sitio (flora, fauna, funciones, productividad del bosque, entre otras).

#### **4.6. Elaboración de propuestas**

Una vez se logró recopilar toda la información del muestreo, así como del análisis de disturbios y degradación, los pasos a seguir para definir las propuestas fueron los siguientes:

1. Identificación de aquellos componentes de la matriz que se encuentran con mayor nivel de degradación.
2. Análisis de los disturbios en el ecosistema.
3. Determinación de especies potenciales para la restauración de acuerdo con el ecosistema de referencia y las características propias del ecosistema.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. Composición florística y estructura del fragmento de bosque

#### 5.1.1. Composición florística de fustales

Para la categoría fustal en 0.4 hectáreas muestreadas se encontraron 191 individuos distribuidos en 16 especies arbóreas, de las cuales las familias más representativas son Bignoniaceae (4 especies), Fabaceae (3 especies), Meliaceae (2 especies), sobresaliendo según el número de árboles encontrados, las especies *Azadirachta indica* (Meliaceae) y *Cordia alliodora* (Boraginaceae) encontrando en algunas parcelas hasta cuatro individuos en un mismo eje, incrementando a un total de 217 árboles en 0.4 ha si se consideran cada uno de los ejes (cuadro 9).

Esto es importante considerarlo, puesto que las especies que reportan más ejes por árbol son Neem y Laurel, evidenciando que en el sitio son mayormente extraídas para leña y postes. Por otro lado, la capacidad de rebrote es un indicador de la resiliencia ecológica, dado que posterior a un disturbio, en la medida que haya más especies con esta capacidad, la recuperación será más rápida.

*Cordia alliodora* como una de las especies de mayor representatividad en el fragmento, tiene un gran potencial para la reforestación debido a la calidad de su madera, a su exitoso empleo en sistemas agroforestales y adaptabilidad a varias condiciones ambientales, además su madera es comercial, con múltiples cualidades que la hacen muy cotizada a nivel nacional e internacional (MARENA e INAFOR, 2002).

Desde el punto de vista aprovechable, *Azadirachta indica* por otro lado, tiene muchas utilidades, en sistemas agroforestales puede ser utilizada como cortinas rompe vientos, puede ser utilizada para construcciones, fabricación de muebles y carpintería en general. Sin embargo, se reporta como especie exótica y con potencial invasor de áreas degradadas, es por ello que se debe prestar especial atención por posibles problemas que puedan ocasionar a largo plazo.

Se encontraron especies de alto valor comercial como *Cedrela odorata* y *Tabebuia rosea*, aunque en baja abundancia, probablemente por su mismo valor comercial pudieron haber estado expuestas a extracción en el pasado. Especies como *Simaruba glauca* fue encontrada en menor cantidad posee potencial de benéfico para el bosque ya que se adapta fácilmente a este tipo de área, en asociada con otras especies.

Comparado con el estudio realizado por Castro y Gonzáles (2011), el cual obtuvo resultados similares teniendo como resultado 21 especies pertenecientes a 15 familias la sucesión de 14 años, siendo *Tabebuia rosea* una de las especies más importantes encontradas. Según Lamprecht (1990), señala que a medida que avanza la sucesión hay un mayor número de especies. Scholz et al. (1999), señala que la edad de la sucesión tiene influencia y una relación directa a medida que aumenta la edad, la riqueza de especies y el número de familias es mayor.

Cuadro 9. Especies y familias identificadas en la categoría fustales en el fragmento de bosque tropical seco en la finca El Plantel.

No	Nombre común	Nombre científico	Familia	Arb/0.4 ha*	Arb/0.4 ha**
1	Acetuno	<i>Simarouba glauca</i>	Simaroubaceae	1	1
2	Aguja de arra	<i>Xylosma horrida</i>	Salicaceae	3	3
3	Cedro Real	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	3	3
4	Cortez	<i>Handroanthus ochraceus</i>	Bignoniaceae	1	1
5	Espino de playa	<i>Pithecellobium dulce</i>	Fabaceae	13	13
6	Guácimo de molenillo	<i>Luehea candia</i>	Malvaceae	11	11
7	Guácimo de ternero	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Malvaceae	15	15
8	Guanacaste Blanco	<i>Albizia niopoides</i>	Fabaceae	1	1
9	Jiñocuabo	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	4	4
10	Jicaro Sabanero	<i>Crescentia alata</i>	Bignoniaceae	1	1
11	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	57	62
12	Madero negro	<i>Gliricidia sepium</i>	Fabaceae	3	3
13	Neem	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	71	89
14	Roble	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae	1	1
15	Sardinillo	<i>Tecoma stans</i>	Bignoniaceae	4	5
16	Tigüilote	<i>Cordia dentata</i>	Boraginaceae	2	4
Total				191	217

\*Número de árboles considerando únicamente el eje principal  
\*\*Número de árboles considerando todos los ejes de cada especie

### 5.1.2. Composición florística de latizales

En la categoría de vegetación latizal en el fragmento de bosque (cuadro 10), se encontraron 58 individuos distribuidos en 7 familias, siendo las más representativas la Fabaceae (2 especies) y Malvaceae (2 especies), el resto de las familias registradas están representadas por una especie arborea, entre las cuales nuevamente *Azadirachta indica* (Meliaceae) y *Cordia alliodora* (Boraginaceae), son las que presentaron un mayor número de árboles por hectárea en el área de muestreo.

A nivel de la categoría latizal puede notarse una alta densidad de *Azadirachta indica*, lo que puede representar una potencial amenaza para las demás especies por la alta competencia de nutrientes y espacio en el área, lo que ocasiona una mayor dificultad de desarrollo a los individuos de otras especies dentro de esta categoría a futuro, por ende, menor diversidad en la próxima sucesión a categoría fustal. Otro aspecto importante es la alta densidad del *Cordia alliodora* la cual es una especie nativa y su forma de dispersión permite esta característica en el sitio, por lo que se puede ver reflejada una alta competencia entre las dos especies más abundantes.

Comparando nuevamente con el estudio realizado por Castro y Gonzáles (2011), el cual obtuvo resultados de mayores en la categoría latizal en los tres estados sucesionales, encontrando 19 familias con 28 especies que las conforman. Analizando la abundancia de las dos especies representativas, indica que en esta categoría de vegetación las heliófitas efímeras le han dado lugar de desarrollo a las heliófitas durables, creando condiciones ambientales favorables para estas y el establecimiento de otras especies (Finegan, 1992).

Otras especies como *Lonchocarpus minimiflorus* que normalmente se encuentra en estadios sucesionales tempranos posee muy pocos individuos en el área, de igual manera que *Tabernaemontana glabra* se encuentra en bajas densidades en comparación al resto de las especies, evidenciando el estado en el cual se encuentra el sitio ya que estas especies son características de bosques secundarios.

Cuadro 10. Especies y familias identificadas en la categoría latizal en el fragmento de bosque tropical seco en la finca El Plantel.

No	Nombre común	Nombre científico	Familia	Árb ha <sup>-1</sup>
1	Cortez	<i>Handroanthus ochraceus</i>	Bignoniaceae	120
2	Espino de playa	<i>Pithecellobium dulce</i> <i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	Fabaceae Fabaceae	80
3	Chaperno negro			20
4	Guacimo de molenillo	<i>Luhea candida</i>	Malvaceae	60
5	Guacimo de ternero	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Malvaceae	60
6	Huevo de chanco	<i>Tabernaemontana glabra</i>	Apocynaceae	40
7	Jiñocuabo	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	20
8	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	280
9	Madero negro	<i>Gliricidia sepium</i>	Fabaceae	80
10	Neem	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	280
11	Sardinillo	<i>Tecoma stans</i>	Bignoniaceae	100
	Total			1140

### 5.1.3. Composición florística de brinzales

En la categoría de vegetación Brinzal (cuadro 11), se contabilizó un total de 186 individuos distribuidos en 14 especies pertenecientes a 8 familias, de las cuales las más representativa es Bignoniaceae (3 especies), el resto de las familias poseen de una a dos especies encontradas en el fragmento.

Al igual que las categorías diamétricas anteriores, *Azadirachta indica* presenta una alta densidad de individuos (1160 arb/ha), indicando una dominancia en las tres categorías de sucesión. *Bursera simaruba* es la segunda especie más representativa (840 arb/ha), se propaga fácilmente y posee una alta capacidad de rebrote, soporta suelos extremos y es tolerante a la sal, posee características repelentes contra insectos y posee usos comerciales en la ebanistería. *Simarouba glauca* es la tercera especie más representativa en términos de abundancia (600arb/ha), esta es utilizada en sistemas agroforestales, empleándose como árbol de sombra y cortinas rompevientos y además tiene usos medicinales (MARENA e INAFOR, 2002).

Comparado con el estudio realizado por Castro y Gonzáles (2011), el cual obtuvo valores similares en el estado de sucesión de 4 años en la categoría brinzal, contando con 10 especies a pertenecientes a 8 familias. La especie *Guazuma ulmifolia* fue la única especie registrada en común en esta categoría, pero en el estado sucesional de 9 años.

Cabe resaltar que en este estudio la densidad de las especies en esta categoría incremento al aumentar la edad de abandono, similar a lo ocurrido en el fragmento de bosque de la finca El Plantel, lo cual indica que el avance de la sucesión crea condiciones favorables para el establecimiento y desarrollo de los individuos, lo cual se considera como una de las principales barreras para la recuperación de bosques secundarios en campo abandonados (Zimmerman et al. 2000).

Cuadro 11. Especies y familias identificadas en la categoría brinzal en el fragmento de bosque tropical seco en la finca El Plantel.

No	Nombre común	Nombre científico	Familia	Árb ha <sup>-1</sup>
1	Acetuno	<i>Simarouba glauca</i>	Simaroubaceae	600
2	Cedro Real	<i>Cedrela odorata</i>	Meliaceae	20
3	Cornizuelo	<i>Vachellia collinsii</i>	Fabaceae	20
4	Cortez	<i>Handroanthus ochraceus</i>	Bignoniaceae	60
5	Genízaro	<i>Samanea saman</i>	Fabaceae	80
6	Guácimo de ternero	<i>Guazuma ulmifolia</i>	Malvaceae	280
7	Huevo de chanco	<i>Tabernaemontana glabra</i>	Apocynaceae	80
8	Jiñocuabo	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	840
9	Jícara sabanero	<i>Crescentia alata</i>	Bignoniaceae	60
10	Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	200
11	Madero negro	<i>Gliricidia sepium</i>	Fabaceae	40
12	Neem	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	1160
13	Sardinillo	<i>Tecoma stans</i>	Bignoniaceae	60
14	Tigüilote	<i>Cordia dentata</i>	Boraginaceae	220
Total				3720

#### **5.1.4. Análisis de la estructura horizontal**

##### **Número de árboles y área basal por categoría diamétrica**

En la figura 4, se puede observar la distribución del número de árboles por clase diamétrica de fustal inventariada en el sitio, reflejando un mayor número de individuos en la categoría 10 cm de diámetro, obteniendo 410 arb/ha, 97.5 arb/ha para la categoría de 20 a 29.9 cm y 22.5 arb/ha en la categoría de 30 a 39.9 cm, siendo así que el número de individuos por hectárea en el fragmento es mayor en estas tres categorías. Las categorías mayores a 40 cm registraron pocos individuos en el área, siendo este un indicativo del grado de intervención al cual se ha sometido el sitio. En la categoría de 50 a 59.9 cm no se encontraron árboles, debido a que, posiblemente en algún periodo de tiempo el fragmento sufrió un disturbio de gran magnitud que afecto directamente a esta categoría dejándola completa o casi vacía.

De acuerdo con Ajbilou et al. (2003), cuando se encuentran “huecos” en los histogramas para ciertas clases de tamaño, se puede inferir que corresponden a determinadas épocas de crisis en la dinámica de la población forestal. En este caso, aunque no se puede deducir con certeza la causa que originó este hueco, pero si se puede relacionar las posibles causas principalmente las encontradas en los disturbios, entre ellas, extracción frecuente de leña y pastoreo. En la categoría de 60 a 69.9cm solamente se encontró un individuo de la especie *Albizia niopoides*, esto se podría percibir como una anomalía, debido a que los bosques con poca perturbación presentan un mosaico mayor de especies en esta categoría.

Según Serrano y López (2000), en los bosques secundarios que entre el 48 y 90 % de los individuos se encuentran en las primeras categorías diamétricas (0 a 30 cm), ya que la mayoría de las especies existentes son pertenecientes al gremio de heliófitas durables (tal es el caso de *Azadirachta indica*) y los árboles de mayor diámetro son considerados remanentes de aprovechamientos pasados. Esto queda evidenciado ya que en el fragmento de bosque estudiado la mayoría de los individuos se encuentran en la primera categoría como resultado de los distintos disturbios que este ha sufrido durante el tiempo.

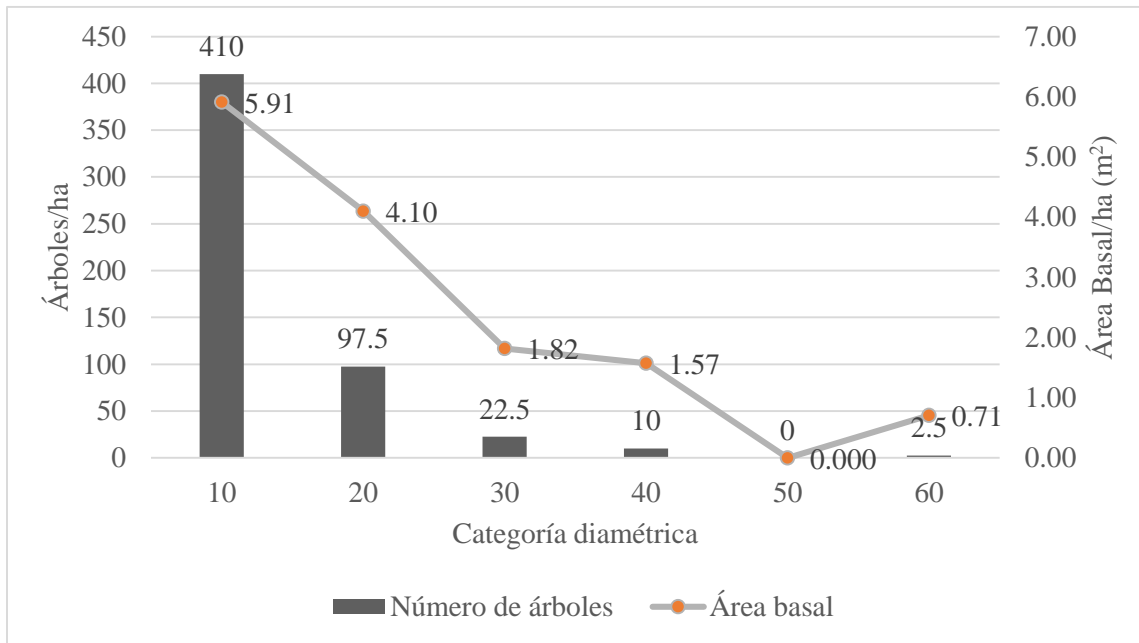


Figura 6. Número de árboles y área basal por hectárea en el fragmento de bosque seco finca El Plantel.

En relación con el área basal por categoría diamétrica presente en el fragmento de bosque, se puede observar que hay una alta acumulación de esta en las categorías de 10 a 20 cm (5.91 m<sup>2</sup>/ha y 4.10 m<sup>2</sup>/ha respectivamente) y a medida aumentan las categorías, el área basal disminuye, por tanto, la cantidad de árboles con diámetros superiores a 30 cm es muy baja en el fragmento.

Si se analiza lo mencionado por Orozco y Brumér (2002), el área basal total y su distribución por clases diamétricas pueden reflejar el grado de intervención que ha ocurrido en un bosque. En el caso de bosques no intervenidos normalmente poseen áreas basales similares entre todas las categorías registradas, además, muestran altos valores de área basal en la última clase diamétrica (árboles de mayor diámetro), por lo que, en el caso de este fragmento, esto no se logra evidenciar, siendo esto un claro indicativo de la intervención y afectación de la estructura horizontal de este bosque.

### **5.1.5. Índice de Valor de Importancia**

Según los resultados obtenidos de los cálculos realizados con los datos recolectados en el inventario (cuadro 12), se encontraron 16 especies estructural y ecológicamente importante en la categoría fustal en el sitio, siendo *Azadirachta indica* (Neem) la que obtuvo un mayor índice con 36.78%, lo cual indica que posee mayor valor ecológico para el fragmento; seguido de *Cordia alliodora* (Laurel) con 24.79% y *Guazuma ulmifolia* (Guacimo de ternero) con 7.76%.

En el fragmento de bosque refleja que las especies más abundantes son *Azadirachta indica* (71 arb/ha), representa el 41.01%, *Cordia alliodora* (57 arb/ha), con 28.57% y *Guazuma ulmifolia* (15arb/ha), representando 6.91% de 191 arb/ha totales registrados.

En cuanto a la dominancia reflejada en el área basal, el total calculado es de 14.1 m<sup>2</sup>/ha donde las especies dominantes son *Azadirachta indica* corresponde al 41.64 % del total de especies, seguido de *Cordia alliodora* con 22.71% y *Guazuma ulmifolia* con 8.67%.

La especie con mayor frecuencia en el fragmento de bosque es *Azadirachta indica* contando con 27.69%, *Cordia alliodora* con 23.08% y *Guazuma ulmifolia* con 7.69% igualado nada más con *Pithecellobium dulce*.

Cuadro 12. Índice de Valor de Importancia en el fragmento de bosque tropical seco de la finca El Plantel.

Especie	AA	AR	DA	DR	FA	FR	IVI 100%
Neem	223	41.01	5.8757	41.64	90	27.69	36.78
Laurel	155	28.57	3.2046	22.71	75	23.08	24.79
Guácimo de ternero	38	6.91	1.2231	8.67	25	7.69	7.76
Espino de playa	33	5.99	0.6144	4.35	25	7.69	6.01
Guácimo de molenillo	28	5.07	0.7071	5.01	20	6.15	5.41
Indio Desnudo	10	1.84	0.9071	6.43	20	6.15	4.81
Guanacaste Blanco	3	0.46	0.7069	5.01	5	1.54	2.34
Sardinillo	13	2.30	0.1841	1.30	10	3.08	2.23
Tigüilote	10	1.84	0.2086	1.48	10	3.08	2.13
Aguja de arra	8	1.38	0.1300	0.92	10	3.08	1.79
Madero negro	8	1.38	0.0743	0.53	10	3.08	1.66
Cedro Real	8	1.38	0.1806	1.28	5	1.54	1.40
Jícaro Sabanero	3	0.46	0.0332	0.24	5	1.54	0.74
Roble	3	0.46	0.0216	0.15	5	1.54	0.72
Acetuno	3	0.46	0.0196	0.14	5	1.54	0.71
Cortez	3	0.46	0.0196	0.14	5	1.54	0.71
Total	543	100	14	100	325	100	100

AA: Abundancia absoluta  
 AR: Abundancia relativa  
 DA: Dominancia absoluta  
 DR: Dominancia relativa  
 FA: Frecuencia absoluta  
 FR: Frecuencia relativa  
 IVI 100%: Índice de Valor de Importancia

Estos datos pueden indicar el estado en el cual se encuentra la estructura forestal del sitio por las especies que lo conforman y tiene mayor peso, ya que, *Azadirachta indica* (Neem), es una especie que crece en vegetación secundaria, claros o áreas perturbadas. Según MARENA e INAFOR (2002); *Cordia alliodora* (Laurel), es excelente como especie pionera, es por ello que se encuentra en bosques degradados o intervenidos. Según Manríquez- Mendoza et al. (2011) *Guazuma ulmifolia* (Guácimo de ternero), es común en pastizales también en bosques perturbados. Tomando en cuenta la ecología de estas especies, se puede evidenciar que el fragmento ha sido sometido a perturbaciones que han incidido en la estructura y composición florística de la vegetación en el sitio.

La presencia de especies comerciales puede ser un indicador de la degradación de un bosque, pues en áreas en las cual existe un proceso de extracción selectiva de estas especies, tendrán pocas o ninguna especie de valor comercial, en este caso, se puede observar la presencia de cedro real (*Cedrela odorata*), lo cual puede ser un indicador de que en algún momento atrás esta especie fue extraída o simplemente se cortó sin considerar su valor ecológico en el sitio, según los antecedentes de este sitio (cultivos de algodón, extracción de madera y perturbaciones a los que ha sido sometido el fragmento).

#### **5.1.6. Biomasa y Carbono Almacenado**

El cuadro 13 muestra el resultado obtenido del cálculo de biomasa y carbono almacenado de todos los individuos por hectárea de la categoría fustal de las especies registradas, siendo *Azadirachta indica* la especie que obtuvo mayores resultados en términos de productividad con 26.11 ton de biomasa y 13.05 ton/ha de carbono, seguido de *Cordia alliodora* con, 12.86 t/ha de biomasa y 6.4 t/ha de carbono. Estos resultados están directamente relacionados con el IVI registrado correspondiente a estas especies, ya que reflejan la incidencia y los bienes y servicios aportados en comparación a las demás especies, incluyendo las de valor comercial.

Según Narváez y Pérez (2022), la cantidad de biomasa y carbono almacenado en los bosques varía en función de la composición florística y el estado de desarrollo de este, esto concuerda con las bajas cantidades obtenidas por parte de las especies con menores individuos por hectárea encontrados en el fragmento de bosque, siendo Neem y Laurel las especies con los valores mal altos en el área.

Comparado con un estudio realizado por Barón y Triana, 2017, en la región de Carare-Opón, ubicada en el departamento de Santander, en el noreste de Colombia, el cual pone en evidencia al igual que en este caso, que las especies de mayor índice de importancia son las que obtienen mayores valores, siendo una condición típica de bosques intervenidos, donde las especies con características heliofitas durables poseen mayor peso ecológico. Esta posición dominante está relacionada con las variables estructurales de vegetación como el área basal y la altura total. De igual forma, es evidencia de la misma situación con el carbono almacenado, ya que está en función de la biomasa.

Cuadro 13. Biomasa y carbono almacenado por hectárea en el fragmento de bosque tropical seco de la finca El Plantel

Especie	Biomasa/ha	CA/ha
Acetuno	0.0660	0.0330
Aguja de arra	0.5277	0.2639
Cedro Real	0.9546	0.4773
Cortez	0.0660	0.0330
Espino de playa	2.0056	1.0028
Guácimo de molenillo	2.6029	1.3014
Guácimo de ternero	5.4263	2.7131
Guanacaste Blanco	3.5626	1.7813
Indio Desnudo	4.2510	2.1255
Jícaro Sabanero	0.1254	0.0627
Laurel	12.8697	6.4348
Madero negro	0.2735	0.1368
Neem	26.1184	13.0592
Roble	0.0818	0.0409
Sardinillo	0.5773	0.2887
Tigüilote	0.7198	0.3599
Total	60.2285	30.1143

## 5.2. Análisis del grado de la degradación forestal en el fragmento de bosque

### 5.2.1. Análisis de los disturbios en el fragmento

Según el cuadro 14, el cual presenta los disturbios incidentes en el sitio de estudio se puede deducir que estos están ligados entre sí. Las quemadas localizadas en el área generan impactos sobre el fragmento, generando una disminución de la diversidad y creando condiciones aptas para la dispersión de *Azadirachta indica* el cual actúa como agente invasor afectando incluso a los procesos naturales como la caída de árboles. Según Vargas et al. (2009), las especies invasoras de plantas y son una de las principales barreras a la regeneración natural y a la restauración ecológica

La intervención, extracción de leña y el pastoreo en el fragmento de bosque, son afectaciones de carácter antropogénicas en el sitio que afectan a la biodiversidad del área e interrumpen todos los procesos ecológicos naturales, afectando estructuralmente y creando condiciones aptas para la generación de nuevas afectaciones.

Cuadro 14. Clasificación de los disturbios presentes en el fragmento de bosque.

Disturbio	Frecuencia	Área afectada	Impacto sobre el fragmento
Extracción de leña y postes	Muy frecuente	Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución de la diversidad.</li> <li>• Menos resiliencia.</li> </ul>
Pastoreo	Frecuente	Media	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Compactación de suelos.</li> <li>• Daños y perturbación en la regeneración natural del sitio</li> </ul>
Quema localizada de árboles	Poco frecuente	Localizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potenciales incendios no controlados en la finca y alrededores.</li> <li>• Perdida de abundancia y de riqueza de especies.</li> </ul>
Invasión de especie exótica <i>Azadirachta indica</i> (Neem)	Muy frecuente	Extensa	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Competencia con especies nativas.</li> <li>• Potencial alteración de los procesos naturales de la sucesión o ralentización de esta.</li> </ul>
Caída de árboles (natural)	Poco frecuente	Localizada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Beneficio para la regeneración.</li> </ul>

### 5.2.2. Barreras para la restauración ecológica identificadas en el fragmento

Para poder recuperar un ecosistema es necesario conocer el mayor número de procesos y elementos que intervienen en su funcionamiento y estructura, a la vez que se identifican las barreras que impiden su restauración (Vargas et al. 2008). Según este estudio, existen dos tipos de barreras de restauración; las de carácter ecológico y las de carácter antrópico, las cuales pueden estar relacionadas entre sí, generando mayor dificultad al momento de emplear métodos para superarlas.

El estudio de estos mecanismos es importante para conocer el potencial de recuperación del ecosistema, esto implica la identificación de las interacciones bióticas, el ensamblaje de las especies en la comunidad y el impacto de las especies invasoras, además de las barreras socioeconómicas, generadas por factores políticos, económicos y sociales que pueden llegar a limitar los procesos de recuperación del ecosistema (Vargas et al. 2008).

### **Barreras identificadas en el fragmento:**

Potencial competencia con hierbas, principalmente *Mucuna pruriens* (frijol terciopelo; exótica e invasora) y *Calopogonium mucunoides* (Calopo).

Según Vargas et al. (2009) los distintos disturbios ocurridos eliminan a las especies nativas, cambian los recursos y relaciones de competencia, favoreciendo a la dispersión, establecimiento y persistencia de estas especies invasoras en el sitio. Tal es el caso de *Mucuna pruriens* especie exótica e invasora que puede generar problemas en la regeneración natural del sitio, afectando a los individuos de las especies nativas del sitio, especialmente en épocas de lluvias cuando se desarrollan con mayor facilidad.

Un efecto generador de estas anomalías puede ser la apertura de claros en el sitio, según Vargas et al. (2009), pocas especies nativas toleran condiciones ambientales extremas y la mayor frecuencia de disturbios, esto favorecen a la colonización del sitio como es visto en el fragmento. Aunque *Calopogonium mucunoides* puede ser común en estos tipos de ecosistemas su presencia puede afectar a los demás individuos en su desarrollo siendo una barrera más en el sitio.



Figura 7. Hojas, flores y frutos de *Calopogonium mucunoides*.



Figura 8. Frutos y flores de *Mucuna pruriens*.

#### **Falta de conciencia en la comunidad.**

A pesar de que no se realizaron entrevistas a las personas que viven en los alrededores de la finca debido que no es objetivo de este estudio, se logró evidenciar que normalmente son personas externas a la finca las que extraen leña y postes. Al estar ubicado el fragmento de bosque en el borde de la finca El Plantel, este es más susceptible a estos disturbios.

Esto es importante considerar como punto clave social, para las estrategias, puesto que se debe trabajar en alternativas enfocadas en dichas familias las cuales posiblemente necesitan de estos recursos para subsistir.

Según Cecon 2022, la práctica de la restauración permite la participación de diversos actores sociales e incorpora diversas perspectivas ambientales e intereses, lo que permite reforzar ideas comunes a través de actividades compartidas. La toma de conciencia colectiva sobre las causas socioeconómicas de la degradación y la necesidad de restaurar el bienestar de los pobladores locales debe de pasar por un intercambio de saberes entre las partes interesadas, para poder negociar y acordar estrategias efectivas de restauración.

### **Condiciones hídricas (escases de agua).**

La falta de agua juega un papel importante como factor limitante en el fragmento de bosque, principalmente al momento de definir estrategias que implique el establecimiento de plantas en sistemas de enriquecimiento (núcleos de plantación, fajas de enriquecimiento, etc.), generando estrés en las plantas e incluso la pérdida de estas. Sumado con la temperatura y condiciones características climáticas del área, son factores que influyen negativamente en el establecimiento de plántulas.

### **Suelos compactados**

Según Aidé et al. (1995), la deforestación, la quema y el pisoteo continuo del ganado ocasionan la pérdida de la estructura del suelo, es decir que aumenta la densidad real y disminuye la porosidad de este. Las deficiencias en la estructura del suelo limitan el establecimiento de árboles, la compactación del suelo afecta al desarrollo de la planta a través del incremento de la fuerza del suelo, y la disminución en la disponibilidad de oxígeno y agua.

Hay que destacar que, en el fragmento de bosque, se encontraron claros o espacios abiertos donde fueron ubicadas algunas de las parcelas de muestreo, en las cuales había presencia de árboles en ninguna categoría más que vegetación herbácea, evidenciando que estas repercusiones son producto de la misma compactación que afecta a la estructura del suelo.

### 5.2.3. Análisis de la degradación forestal

El cuadro 15 presenta la comparativa resultados obtenidos en el fragmento de bosque y los estudios realizados en el ecosistema de referencia, se obtuvo que existe una baja similaridad en términos de riquezas de especies, según el coeficiente de Jaccard, los distintos disturbios ocurridos en el sitio y la alta presencia de la especie *Azadirachta indica* reflejada por el alto porcentaje de IVI (36.75%) son la principal razón por la cual el bosque se encuentra empobrecido en términos de riquezas de especies.

Esto afecta directamente a la resiliencia y resistencia del área, según Hodgson et al. (2015), la resistencia le otorga al ecosistema la capacidad de soportar el impacto inmediato de un disturbio exógeno sobre el estado del ecosistema. La baja riqueza de especies en el fragmento es un índice de baja resistencia ante disturbios a futuro, según Kaufman (1982), se puede estimar la resistencia de un ecosistema a través de la relación entre el valor que adopta el atributo (área basal, riqueza de especies) antes y durante el disturbio, siendo en este caso baja y susceptible a disturbios debido al desequilibrio en la estructura del bosque.

En términos de estructura horizontal se obtuvieron valores relativamente similares comparados con el ecosistema de referencia, esto se debe directamente a la alta abundancia de *Azadirachta indica*, ya que, para el análisis de densidad y área basal se consideraron todos los ejes de los árboles registrados siendo un total de 475 arb/ha, donde el Neem afecta directamente a la estructura del sitio, siendo únicamente este factor el cual altera los valores e iguala significativamente los resultados comparado con el ecosistema de Escalante-Chacocente, evidenciando el desequilibrio estructural que genera esta especie en el área.

En comparación con el ecosistema de referencia en criterios de productividad, los resultados de carbono almacenado y la biomasa son mayores en el fragmento, debido a la presencia de varios individuos de las especies *Azadirachta indica* y *Cordia alliodora*, esto es generado principalmente por la extracción de madera para estacas especialmente de estas especies.

La valoración obtenida luego de comparar el ecosistema a restaurar y los estudios realizados en el ecosistema de referencia es de un 62.5%, el cual según el rango de valores del grado de degradación establecido por Castro, González y Alonzo 2022, indica que el sitio se encuentra en un estado de degradación baja.

La presencia de *Azadirachta indica* en gran abundancia altera significativamente el estado del fragmento, ya que analizando los resultados de cada uno de los criterios se puede reconocer que el sitio se encuentra degradado en términos de riqueza de especies y abundancia de estas, pero presenta valores elevados en términos de productividad por la alta incidencia de la especie invasora producto de los distintos disturbios a los cuales ha estado sometido el fragmento de bosque.

Cuadro 15. Matriz de evaluación de la degradación forestal en el fragmento de bosque en la finca El Plantel, Masaya.

<b>Criterio</b>	<b>Indicador</b>	<b>Variable a evaluar</b>	<b>Ecosistema Referencia</b>	<b>Ecosistema Restaurar</b>	<b>Valoración</b>
Composición Florística	Riqueza	% de especies compartidas		8.33	3
	Especies Exóticas	IVI		36.78	10.5
Estructura horizontal	Densidad	No arb / ha	558	475	14
	Área Basal	m <sup>2</sup> /ha	14.21	14.11 m <sup>2</sup> /ha	20
Productividad	Carbono almacenado	t/ha	21	30.1 t/ha	15
	Biomasa	t/ ha	42	60.2 t/ha	
<b>Total</b>					<b>62.5</b>

### 5.3. Propuesta de estrategias de restauración

Para contrarrestar la degradación el fragmento de bosque en la finca El Plantel, se crearon una serie de estrategias (cuadro 16) que contribuyan a la restauración del sitio, directamente enfocadas en las problemáticas y barreras ecológicas encontradas en el área.

#### Fajas de enriquecimiento

Para la primera estrategia se tomó en cuenta la elaboración de cinco fajas de enriquecimientos distribuidas según las características del terreno en el fragmento, orientadas en dirección de Oeste a Este, con el fin de abarcar el mayor terreno posible. En estas fajas se establecerán individuos de las especies presentadas en el cuadro 17, con el fin de garantizar la diversidad y riqueza de especies nativas en el sitio, adaptándose a las condiciones y contribuyendo con el mejoramiento de la calidad del lugar.

Los individuos serán plantados según los beneficios ecológicos que aporte su especie, además será considerado su velocidad de desarrollo y crecimiento, tomando en cuenta todos los factores que puedan llegar a incidir positiva o negativamente en el sitio.

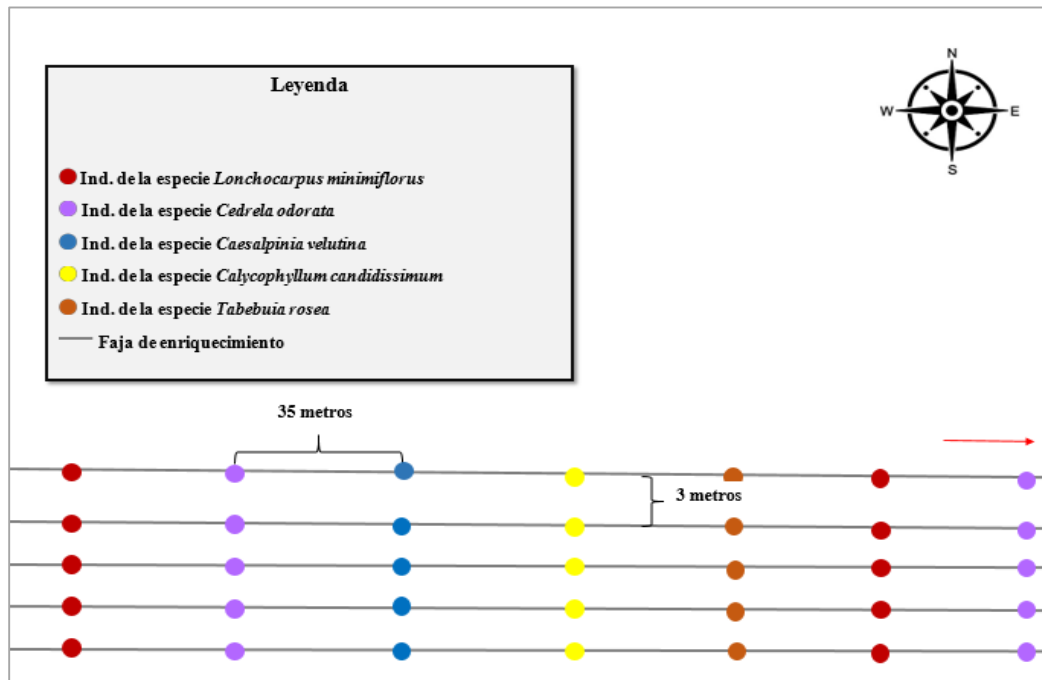


Figura 9. Diagrama de fajas de enriquecimiento.

## Núcleos de restauración ecológica

La implementación de núcleos se consideró como segunda actividad con el fin de generar una cobertura vegetal con especies nativas del sitio, en áreas las cuales se encuentran descubiertas, producto de la extracción de leña o pisoteo de ganado, lo cual contribuye con la dispersión y fácil apropiación del terreno de las especies exóticas e invasoras identificadas en el fragmento. La nucleación asistida imita el proceso natural de sucesión, y estos atributos ayudan a que el área circundante se regenere rápidamente a futuro en comparación a la regeneración natural (Wilson et al. 2021) en especial sitios degradados como el fragmento de bosque.

La figura 8 presenta el diagrama del núcleo a establecer, se seleccionaron especies que contribuirán en la diversidad de especies y el mejoramiento estructural del suelo en el área, ya que, en las áreas con claros los suelos se encuentran evidentemente degradados lo que genera poca adaptación y sobrevivencia de las especies nativas de manera natural. Para suplir estas necesidades se seleccionaron especies como *Lysiloma divaricatum*, la cual contribuye al mejoramiento del suelo y crea condiciones adecuadas para el establecimiento y desarrollo adecuado de las demás especies previstas.

*Cedrela odorata* es otra de las especies seleccionadas, ya que, según CATIE 2003, esta especie crece mejor mezclada con otras especies de árboles, lo que además reduce el riesgo por ataque del barrenador. *Guaiacum sanctum* fue seleccionada como la especie cuyo individuo será establecida en el centro del núcleo, debido a que es recomendada plantarla bajo ciertas sombras laterales proporcionadas por especies de rápido crecimiento para su desarrollo adecuado.

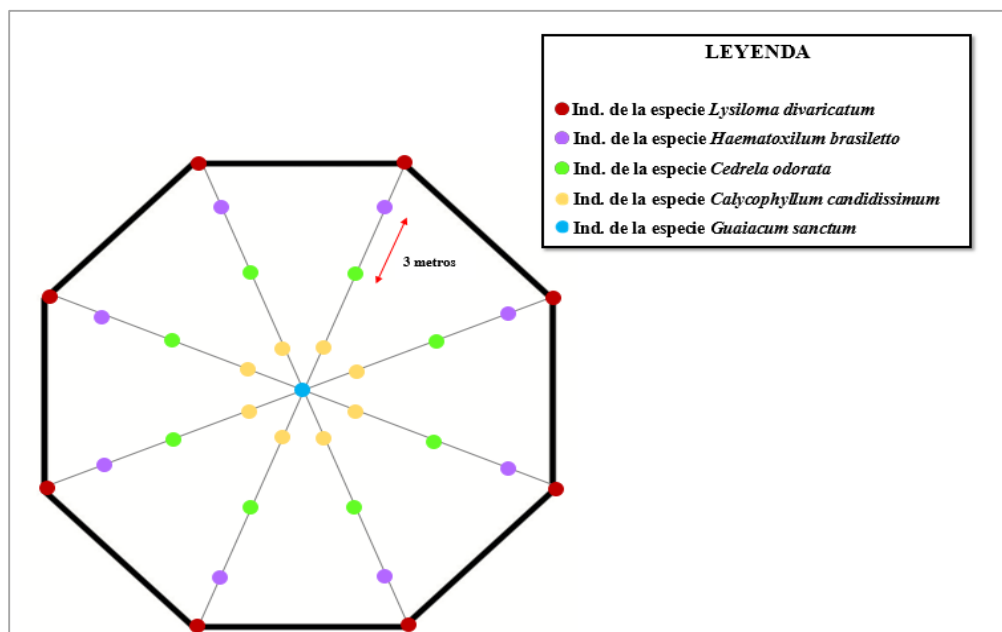


Figura 10. Diagrama de núcleo de restauración.

### Control de especies exóticas invasoras

Otra actividad a considerar es el control de la especie exótica *Azadirachta indica* ya que cuenta con una mayor abundancia en el fragmento. Por lo tanto, se seleccionará área con mayor presencia de la especie, y se llevarán a cabo las actividades silviculturales de poda y raleo para disminuir la incidencia del Neem en el área, además de implementar la técnica de anillamiento por bloques y de esta manera contribuir con el establecimiento y desarrollo natural de las especies nativas en el sitio.

### Manejo de regeneración natural

El manejo de especies como *Simarouba glauca*, *Bursera simarouba* y *Guazuma ulmifolia* se consideró de igual manera, debido a que en categorías de desarrollo como brinzales estas presentan una alta densidad en el sitio, esto es un índice de que existe una regeneración natural elevada en estas categorías, por eso es necesario el manejo de estos individuos mediante actividades silviculturales que contribuyan con el desarrollo adecuado en el sitio y logren con éxito llegar a fustal.

## Siembra directa

Para la siembra directa de semillas se seleccionó la especie *Lysiloma divaricatum*, la cual será sembrada de dos a tres semillas en un mismo sitio. Igualmente, la especie *Caesalpinia velutina* la cual posee características de rápido crecimiento, estas especies al igual que *Calycophyllum candidissimum* y *Cedrela odorata* serán sembradas en los bordes (véase la figura 9) y *Guaiacum sanctum* en el centro.

El lugar donde será implementada la actividad se seleccionará previamente, en lugares donde la incidencia de *Azadirachta indica* no afecte el desarrollo de las semillas, para garantizar esto, esta actividad será realizada posteriormente a la actividad de control de la especie invasora *Azadirachta indica*, también puede servir de apoyo para la actividad de restauración de los suelos compactados en el sitio. Cada hoyo tendrá una profundidad determinada según la especie y en cada uno de estos serán sembradas de dos a tres semillas por especie y serán monitoreado la supervivencia de estas según el calendario de monitoreo establecido, con el fin de reemplazar las semillas muertas.

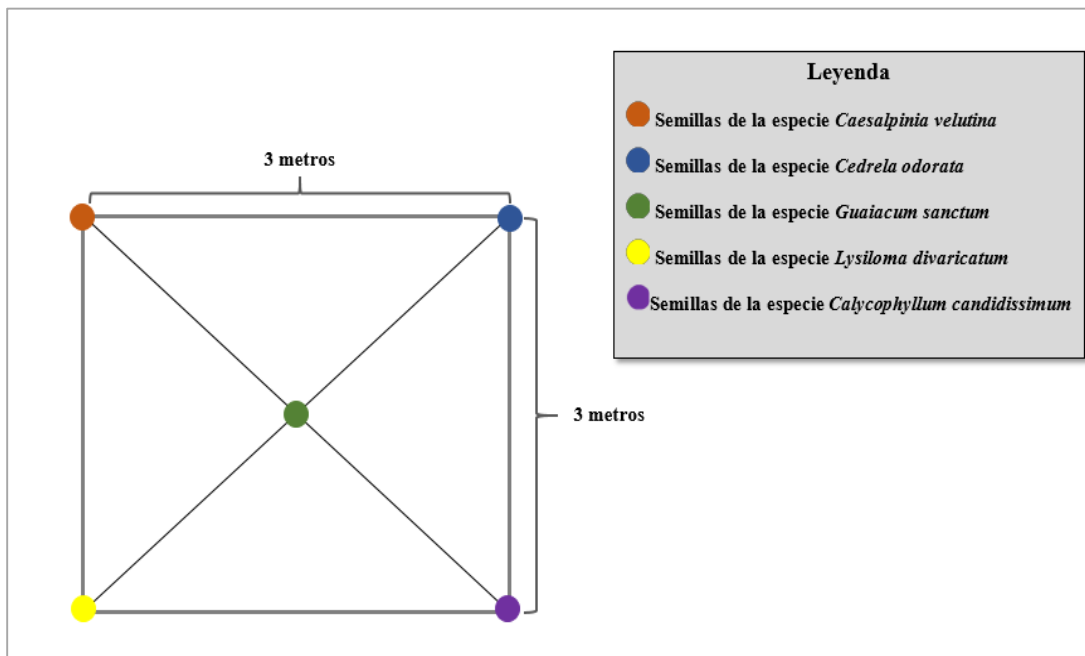


Figura 11. Diagrama de siembra directa de semillas.

### Establecimiento de cercas vivas en áreas sin cercado en el fragmento

Tomando en cuenta que el fragmento de bosque posee áreas sin cerco, se visualizó el desarrollo de esta estrategia, cuyo principal objetivo es proteger las áreas sin alambrado mediante el establecimiento de cercas vivas evitando la introducción del ganado y personas ajenas a la finca en el sitio que pueda interrumpir la regeneración natural del fragmento, además de contribuir con el mejoramiento de la estructura del suelo.

Para el desarrollo de esta estrategia se consideraron especies que contribuyan a la diversidad del sitio y sean fuente de alimentos para la fauna del sitio tales como; *Spondias purpurea* (Jocote) y *Melicoccus bijugatus* (Mamón). Estas especies fueron seleccionadas tomando en cuenta las características del sitio y la adaptabilidad a la hora de introducirlas en el sitio, serán establecidas de manera salteada (cerca viva compuesta).

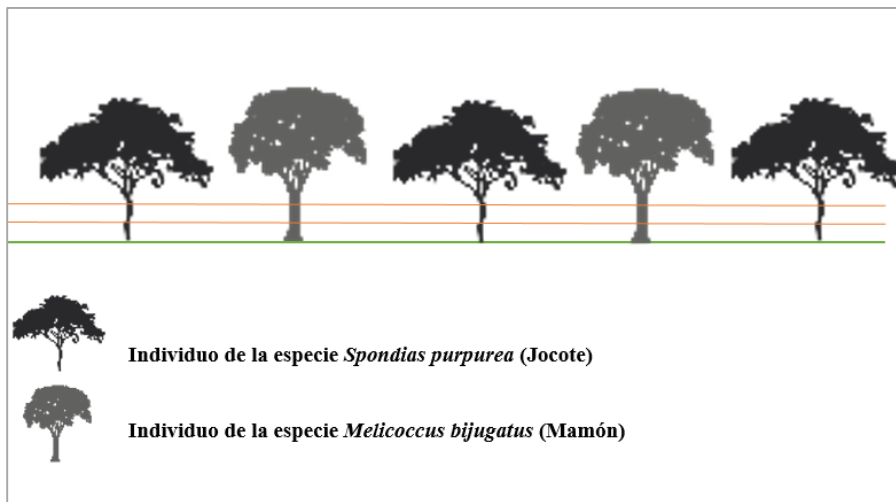


Figura 12. Diagrama de cerca viva.

## **Integración de la comunidad y trabajadores de la finca al proyecto**

Se consideró llevar a cabo esta estrategia como medida de contrarrestar el impacto de la extracción de leña en el fragmento de bosque, involucrando a la población aledaña al área de estudio. Esta actividad contemplará como participantes claves a la familia en conjunto y tomando en cuenta al líder de la familia como representante, con la finalidad de transmitir la información de manera total.

Se realizarán talleres con el fin de crear conciencia sobre el cuidado y el buen uso de los recursos naturales, además de las sanciones correspondientes a la violación de las normativas basándose en la Ley No. 559. “Ley Especial de Delitos Contra el Medio Ambiente y los Recursos Naturales”. Se contemplarán aspectos de la Ley No. 217. “Ley General del Medio Ambiente y los Recursos Naturales”. Posteriormente se realizará un taller de un uso adecuado y la importancia de los distintos elementos que conforman un ecosistema con el fin de crear conciencia en la población.

Como parte de esta estrategia se realizarán talleres a los trabajadores de la finca, con el fin de plasmar y dar a conocer el valor ecológico del fragmento y de las especies que lo conforman, además exponer los distintos disturbios que ocurren y crean afectaciones en el fragmento, además de las medidas de contrarrestar el impacto de estos.

Cuadro 16. Propuesta de estrategias a desarrollar en el fragmento de bosque tropical seco en la finca El Plantel.

Estrategia a implementar	Objetivo de la estrategia	Actividades	Resultados esperados	Insumos
Establecimiento de fajas de enriquecimiento con especies nativas del sitio ( <i>Cedrela odorata</i> , <i>Caesalpinia velutina</i> , <i>Tabebuia rosea</i> , <i>Calycophyllum candidissimum</i> , <i>Lonchocarpus minimiflorus</i> .).	Garantizar la riqueza de especies en el sitio, contribuyendo a la restauración, mediante la introducción de nuevos individuos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección de especies a plantar en las fajas de enriquecimiento</li> <li>• Establecimiento de un vivero forestal</li> <li>• Establecimiento de fajas de enriquecimiento en el sitio</li> <li>• Proceso de plantado de los individuos establecidos en el sitio</li> <li>• Elaboración de calendario de riego de las plantas establecidas</li> <li>• Monitoreo de crecimiento y sobrevivencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento de 5 fajas de enriquecimiento</li> <li>• Establecimiento de 10 especies nativas en el sitio</li> <li>• 85% de sobrevivencia de los individuos de las especies establecidas en el área</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Machete</li> <li>• Palas</li> <li>• Pala dúplex</li> <li>• Mecate</li> <li>• Bolsas biodegradables</li> <li>• Cajillas para plantas</li> <li>• Cintas biodegradables</li> <li>• Brújula</li> </ul>
Implementación de núcleos de restauración en áreas con claros con las especies; <i>Lysiloma divaricatum</i> , <i>Cedrela odorata</i> <i>Calycophyllum candidissimum</i> , <i>Haematoxylum brasiletto</i> <i>Lonchocarpus minimiflorus</i> .	Garantizar la riqueza y abundancia de especies nativas en las áreas con claros	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección de las especies a establecer en los núcleos</li> <li>• Reconocimiento y selección de áreas con claros</li> <li>• Establecimiento de núcleos</li> <li>• Proceso de hoyado y plantado de individuos de las especies seleccionadas</li> <li>• Monitoreo de la sobrevivencia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento de 3 núcleos de enriquecimiento</li> <li>• 90% de sobrevivencia de los individuos establecidos en los núcleos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Machete</li> <li>• Pala dúplex</li> <li>• Bolsas biodegradables</li> <li>• Cajillas para plantas</li> <li>• Cintas biodegradables</li> <li>• Brújula</li> </ul>

Control de la especie exótica <i>Azadirachta indica</i>	Disminuir la incidencia de <i>Azadirachta indica</i> y sus afectaciones en el sitio, mediante actividades silviculturales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Reconocimiento y selección de áreas con mayor abundancia de la especie exótica</li> <li>• Técnica de anillamiento por bloques</li> <li>• Selección y raleo comercial de individuos de la especie <i>Azadirachta indica</i></li> <li>• Poda de individuos de <i>Azadirachta indica</i>, para su futura extracción</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución en la abundancia de <i>Azadirachta indica</i> en las áreas seleccionadas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Machetes</li> <li>• Motosierra</li> <li>• Cinta métrica</li> <li>• Hachas</li> <li>• Formato de individuos extraídos</li> </ul>
Siembra directa de semillas nativas en el fragmento de bosque (Caesalpinia velutina, Lysiloma divaricatum, <i>Calycophyllum candidissimum</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Guaiacum sanctum</i> ).	Promover la abundancia de especies nativas en el área	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección de especies a sembrar</li> <li>• Determinación de fecha de sembrado</li> <li>• Preparación del terreno y proceso de hoyado</li> <li>• Siembra de semillas de las especies seleccionadas</li> <li>• Elaboración de calendario de riego de las semillas establecidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 80% de tasa de germinación de las semillas sembradas</li> <li>• 80% de sobrevivencia de las semillas sembradas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Semillas de las especies seleccionadas</li> <li>• Machetes</li> <li>• Cinta biodegradable</li> <li>• Cinta métrica</li> </ul>
Manejo de regeneración natural en el sitio de las especies ( <i>Simarouba glauca</i> , <i>Cedrela odorata</i> , <i>Handroanthus ochraceus</i> , <i>Tabebuia rosea</i> , <i>Guazuma ulmifolia</i> ).	Promover el desarrollo adecuado de las especies nativas del sitio mediante actividades silviculturales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Selección de especies a manejar.</li> <li>• Señalización y estaquillado de árboles en estado de brinjal y latizal a manejar.</li> <li>• Poda de árboles que cubran la regeneración de interés.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mejoramiento del desarrollo de las especies seleccionadas en un 80%</li> <li>• Disminución de la presencia las principales especies que</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Machetes</li> <li>• Cinta biodegradable</li> <li>• Picos</li> <li>• Tijeras de jardinería</li> <li>• Vernier</li> <li>• Cinta métrica</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Chapia alrededor de la regeneración de interés.</li> <li>• Control de competencia, principalmente <i>Mucuna pruriens</i> y <i>Calopogonium mucunoides</i>.</li> <li>• Monitoreo de crecimiento y sobrevivencia.</li> </ul>	generan competencia	
Descompactación del suelo	Contribuir al mejoramiento de la estructura del suelo en el sitio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Exclusión del ganado y pastoreo en el área del bosque.</li> <li>• Introducción de especies que mejoren la estructura del suelo, entre ellas: <i>Gliricidia sepium</i>, <i>Lysiloma divaricatum</i>, <i>Pseudosamanea guachapele</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Disminución del grado de compactación del suelo.</li> <li>• Mayor sobrevivencia de plantas establecidas en estos sitios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individuos de las especies seleccionadas</li> <li>• Machetes</li> <li>• Cinta biodegradable</li> <li>• Cinta métrica</li> </ul>
Establecimiento de cercas vivas en áreas sin cercado en el fragmento estableciendo especies frutales nativas ( <i>Spondias purpurea</i> y <i>Melicoccus bijugatus</i> )	Proteger las áreas sin cercado en el fragmento con especies frutales nativas que sirvan de fuente de alimento para la fauna del sitio	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificación de las áreas sin protección</li> <li>• Selección de postes de las especies a establecer</li> <li>• Establecimiento de postes de las especies seleccionadas</li> <li>• Creación de calendario de monitoreo del desarrollo de los postes</li> <li>• Poda de copas de las especies establecidas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Establecimiento exitoso de un 80% de los postes de las especies seleccionadas</li> <li>• Aislamiento del ganado y personas ajenas a la finca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Postes de la especie <i>Spondias purpurea</i></li> <li>• Postes de la especie <i>Melicoccus bijugatus</i></li> <li>• Machetes</li> <li>• Palas dúplex</li> <li>• Alambre de púas</li> </ul>

<p>Integración de la comunidad y trabajadores de la finca al proyecto</p>	<p>Contrarrestar las afectaciones antropogénicas ocasionadas por la población residente cerca del fragmento</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Realización de charlas de educación ecológica a los pobladores que habitan cerca del fragmento</li> <li>• Realización de charlas de educación ecológica a los trabajadores de la finca acerca de la importancia de la ecología en el fragmento</li> <li>• Elaboración de alternativas que sustenten la necesidad socioeconómica de la población y su incidencia en el fragmento</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Asistencia del 90% de los pobladores participantes</li> <li>• Asistencia del 100% de los trabajadores participantes de la finca</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Data show</li> <li>• Papelografos</li> <li>• Marcadores</li> <li>• Refrigerios</li> <li>• Listados de asistencia</li> </ul>
---	---	---	---	--

Cuadro 17. Especies propuestas para las estrategias de restauración en el fragmento.

<b>Nombre común</b>	<b>Nombre científico</b>	<b>Gremio ecológico</b>	<b>Justificación</b>
Brasil	<i>Haematoxylum brasiletto</i>	Heliófitas durables	Proporciona alimentación a fauna silvestre. (Machine, 2011)
Cedro real	<i>Cedrela odorata</i>	Heliófitas durables	Especie de valor comercial, fácil adaptabilidad en suelos erosionados y flores melíferas que sirven de alimento para la fauna (García y Sánchez, 2024).
Cortés	<i>Tabebuia ochracea</i>	Heliófitas durables	Especie promotora de biodiversidad. (Meyrat y Quezada, 2013). En el verano sus hojas son fuente de alimento para garrobos.
Chaperno	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>	Heliófitas durables	Útil para recuperar terrenos degradados, mejora la fertilidad del suelo. (Pérez, 1988)
Falso roble	<i>Tabebuia rosea</i>	Heliófitas durables	Especie promotora de biodiversidad. (López y Benöhr, 2022)
Gavilán	<i>Pseudosamanea guachapele</i>	Heliófitas durables	Especie fijadora de nitrógeno y proporciona nutrientes al suelo. (Meyrat y Quezada, 2013).
Guayacán	<i>Guaicum sanctum</i>	Heliófitas efímeras	Especie nativa del bosque tropical seco y promotora de la biodiversidad (CATIE, 2003).
Jocote	<i>Spondias purpurea</i>	Heliófitas efímeras	Especie proveedora de alimento para la fauna (Devia et al. 2014).
Madero negro	<i>Gliricidia sepium</i>	Heliófitas durables	Especie fijadora de nitrógeno y promotora de biodiversidad y conservadora de suelo. (Meyrat y Quezada, 2013, p.184)
Madroño	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	Heliófitas durables	Especie promotora de biodiversidad. (Meyrat y Quezada, 2013, p.186)

Mamón	<i>Melicoccus bijugatus</i>	Heliófitas efímeras	Especie promotora de biodiversidad y proveedora de alimento para la fauna (Devia et al. 2014).
Mandagüal	<i>Caesalpinia velutina</i>	Heliófitas durables	Especie promisor para la reforestación en Nicaragua (MARENA e INAFOR, 2002)
Ñambar	<i>Dalbergia retusa</i>	Esciófitas	Especie poseedora de madera de alto valor económico y es fijador de nitrógeno. (Quezada y Coronado, 2021).
Quebracho	<i>Lysiloma divaricatum</i>	Heliófitas durables	Especie promotora de biodiversidad y para la conservación de los suelos. (Meyrat y Quezada, 2013, p.266)
Tigüilote	<i>Cordia dentata</i>	Heliófitas durables	Especie promotora de biodiversidad (Meyrat y Quezada, 2013). Su fruto sirve de alimento para aves, murciélagos e iguanas que son atraídos por la pulpa jugosa y muy dulce (Devia et al. 2014).

## VI. CONCLUSIONES

La riqueza de especies presente en el fragmento es muy baja, debido principalmente a factores antropogénicos que impiden que la regeneración adecuada, así mismo, la estructura presente en el sitio es irregular en términos de distribución por categoría diamétrica, reflejando el grado de intervención al cual está sometido el ecosistema del área.

El fragmento de bosque presenta un estado de degradación baja según la matriz de degradación, siendo resultado de un contraste directo de los criterios analizados, ya que términos de productividad el sitio se encuentra considerablemente estable aportando una gran cantidad biomasa y carbono almacenado producida principalmente en las categorías diamétricas menores, contrastando directamente con la riqueza de especies en el sitio ya que esta presenta una alta incidencia de especies invasoras (*Neem*), por ende las especies nativas se encuentran reducidas en el sitio afectando directamente a la ecología del sitio.

La alta abundancia de la especie *Azadirachta indica* en comparación de las especies nativas del sitio afecta directamente la composición florística y estructura del sitio estando presente en las tres categorías diamétricas registradas. Otras especies como *Mucuna pruriens* y *Calopogonium mucunoides*, afectan a la regeneración natural de las especies nativas especialmente en temporadas de lluvia cuando estas tienen un mayor desarrollo.

Se elaboraron estrategias de restauración en base a las problemáticas encontradas en el área de estudio, de las cuales se espera principalmente contribuir con el enriquecimiento estructural de la flora del sitio con la introducción de especies nativas en áreas del fragmento. Para facilitar el establecimiento de nuevos individuos, se visualizó identificar áreas con altas incidencias de *Neem* y llevar a cabo un control parcial de esta especie, reduciendo la incidencia además de contribuir con la regeneración natural del sitio.

Mediante la realización de talleres involucrando actores clave como trabajadores de la finca y la población ajena al fragmento se pretende disminuir las afectaciones ocasionadas por la extracción de leña y la introducción y pastoreo del ganado que afecte a la regeneración adecuada del sitio.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Evaluar las interacciones del Neem con el resto de las especies, para determinar potenciales efectos sobre el ecosistema, ya que es evidente que su alta abundancia y propagación es un factor limitante en el establecimiento de otras plantas en el lugar.

Dar seguimiento al bosque y mantener comunicación con los trabajadores y encargado de la finca, para garantizar que el ganado no atraviese este sector de forma accidental y genere mayores disturbios.

## VIII. LITERATURA CITADA

- Acosta, V. (2006). *Caracteres Estructurales de las Masas*. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero. 16p.
- Alemán, Y. (2019). Propuesta de Sendero Interpretativo Ecoturístico-Educativo en el Área Protegida Refugio de Vida Silvestre Río Escalante-Chacocente, Carazo, Nicaragua. Universidad Nacional Agraria. Managua, Nicaragua. 4p
- Alvis, J. (2009). *Análisis estructural de un bosque natural localizado en zona rural del municipio de Popoyán*. Universidad del Cauca. Facultad de Ciencias Agropecuarias. 115-118p
- Ajbilou, R. Marañón, T. y Arroyo, J (2003). Distribución de clases diamétricas dasométricas, conservación de bosques en el norte Marruecos. Investigaciones Agrarias. Sistemas y Recursos Forestales
- Andrén, H. (1994). Effects of hábitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: a review.
- Armenteras, D., González, T. M., Retana, J. y Espelta, J. M. (2016). *Degradación de bosques en Latinoamérica: Síntesis conceptual, metodologías de evaluación y casos de estudio nacionales*. IBERO-REDD. 9p
- Barasorda, M. (1977). *Estudio de distribución horizontal y densidad en bosque de Nothofagus glauca (Phil.) Krasser*. Tesis para optar al título de Ingeniero Forestal. Depto. de Silvicultura. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad de Chile.
- Barón, M. y Triana, M. (2017). Estimación de la Biomasa y Carbono Almacenado en la Cobertura Arborea de la Región del Carare- Opón. Region de Santander. Colombia. 89p
- Burivalova, Z. Şekercioğlu, Ç, H. y Koh, L, P. (2014). Thresholds of Logging Intensity to Maintain Tropical Forest Biodiversity. *Curr Biol* 24:1893–1898. doi: 10.1016/j. cub.2014.06.065
- Bustamante, M. M., C. Roitman, I. Aide, T. M., Alencar, A. Anderson, L. Aragão, L. Asner, G. P., Barlow, J. Berenguer, E. Chambers, J. Costa, M. H., Fanin, T., Ferreira L. G., Ferreira J. N., Keller, M., Magnusson, W. E., Morales, L., Morton, D., Ometto, J. P. H. B., Palace, M., Peres, C., Silvério, D., Trumbore, S. y Vieira, I. C. G. (2015). *Towards an integrated monitoring framework to assess the effects of tropical forest degradation and recovery on carbon stocks and biodiversity*. *Glob Change Biol*. Accepted Author Manuscript. doi:10.1111/gcb.13087
- CATIE. (2003). *Arboles de Centromerica, un Manual para Extensionistas*. Costa Rica. 557p
- Cárdenas, L. (1986). *Estudio ecológico y diagnostico silvicultural de un bosque de terraza media en la llanura aluvial del Rio Nanay, Amazonia Peruana*. Tesis. CATIE. Costa Rica. 133p

- Ceccon, E. (2022). La dimensión social en la restauración ecológica: un reto y una posible solución a la crisis socioecológica. SCME. Universidad Nacional Autónoma de México. México. 37p
- Daubenmire, R. (1968). *Plant communities; a textbook of plant synecology*. New York, Harper & Row. 300p.
- Del Rio, M., Montes, F., Cañellas, I. y Montero, G. (2003). Revision: índices de diversidad estructural en masas forestales. *Investigación Agraria. Sistemas y Recursos forestales*, 12(1), 159-176.
- Devia, C. A., Moncaleano, A. M., Niño, L. M. (2014). *Flora del bosque seco de los Archipiélagos Islas del Rosario y San Bernardo*. Incofer Universidad Jorge Toledo Lozano. Cartagena. Colombia.
- Dialnet. (2014). Evaluación de la degradación de los bosques naturales del área de manejo “Las Guasimas”, municipio de Buey arriba. Granma. *Revista Cubana de Ciencias Forestales*. 2(2), 2
- Finegan, B. (1992). El Potencial de Manejo de los Bosque Húmedos Secundarios Neotropicales de las Tierras Bajas. Costa Rica. CATIE 28p
- Finegan, B. y Delgado, D. (1997). *Bases ecológicas para el manejo de bosques tropicales. Los ambientes forestales tropicales y el ajuste de las especies vegetales*. CATIE. 33p
- Finol, U. H. (1971). Nuevos parámetros a considerarse en el análisis estructural de las selvas vírgenes tropicales. *Revista Forestal Venezolana*. 14 (21), 29-42
- García, E. y Sánchez, O. (2024). El Lujo de la Muerte. El Cedro en peligro. Universidad Veracruzana. México
- Gillespie, T., Grijalva, A. y Farris, C. (2000). Diversity composition and structure of tropical dry forest in Central America. *Plant Ecology*. 147: 37-47.
- Gordon, E. (1999). Dinámica de la vegetación en un banco de semillas en un humedal herbáceo lacustrino. Caracas, Venezuela. <http://rbt.ots.ac.cr/revistas/butgordon.htm>
- Holl, T. y Aide T. (2011). *When and where actively restores ecosystems*. *Forest Ecology and Management*. 261: 1558-1563
- Hodgson, D., McDonald, J. L. y Hosken, D. J (2015). What do you mean, “resilient”? *Trends in Ecology and Evolution*, 30(9), 503–506
- INAFOR. (2008). Programa Forestal Nacional del Poder Ciudadano PFN. *INAFOR*Lambreti, M (2021). *La relación entre la ecología y los organismos intergubernamentales: un análisis comparado de las nociones de “disturbio” y “driver” desde la epistemología de la ecología*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Buenos Aires. Argentina.
- ITTO, (2002). *ITTO guidelines for the restoration, management and rehabilitation of degraded and secondary tropical forest*. In a collaboration with the Center of International Forestry

- Research (CIFOR), the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), the World Conservation Union (UCN) and the World Wide Fund of Nature (WWF).* Recuperado de: <https://www.cbd.int/forest/doc/itto-guildenes-restoration-management-rehabilitation-degrade-forests-2002-en.pdf> 26p
- Janzen, D. H. (1988). Tropical Dry Forests: The Most Endangered Major Tropical Ecosystem. National Academy Press. Washington, DC. <http://www.nap.edu/openbook/cap14>
- Kaufman, L. H. (1982). Stream aufwuchs accumulation: disturbance frequency and stress resistance and resilience. *Oecologia*, 52(1), 57– 63
- Keddy, P.A. (2007). “Plants and Vegetation. Origins, Processes, Consequences”. Nueva York. Cambridge University Press. 683 pp
- Kellmann, M. C. (1975). Plant Geography. London, Mephuen. 135p
- Lamberti, M. (2021). *La relación entre la ecología y los organismos intergubernamentales: un análisis comparado de las nociones de “disturbio” y “driver” desde la epistemología de la ecología*. Tesis de Licenciatura. Universidad de Buenos Aires. Argentina. 43p
- Lamprecht, H. (1962). Ensayos sobre unos métodos para el análisis estructural de los bosques tropicales: *Acta Científica Venezolana*. 13(2), 56-57
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los trópicos: Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas, posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido*. <https://agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=DO2003100599> 296p
- López, A., y González, E. (2006). *Estudio del crecimiento y sobrevivencia de cinco especies forestales en la finca El Plantel*. Tesis. Ing. Forestal. Universidad Nacional Agraria, Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Managua, NI, 62p
- López, C. y Benörh, J. (2022). Nothofagus: el Falso roble y la descolonización de las plantas. ENDÉMICO 1P
- Louman, B., Quirós, D. y Nilsson, M. (2001). *Silvicultura de bosques latifoliados húmedos con énfasis en América Central*. CATIE. <https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/3971>. 41p
- Lorin, H. (2019). *La degradación de los bosques: por qué afecta a las personas y la vida Silvestre*. <https://www.worldwildlife.org/descubre-wwf/historias/la-degradacion-de-los-bosques-por-que-afecta-a-las-personas-y-la-vida-silvestre>.
- Lund, H. G. (2009). What is a degraded forest? White Paper on Forest Degradation Definitions Prepared for FAO.
- Manzanero, M. (2003). TEMA SEIS. Composición Florística. Las Guacamayas. *ESTACIÓN BIOLÓGICA LAS GUACAMAYAS*. Guatemala.
- MARENA, (2003). Programa de Acción Nacional de lucha contra la Desertificación y la Sequía. Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales. Programa de Las Naciones Unidas para el Desarrollo(PNUD). Gobierno de la Republica de Nicaragua. Managua. Nicaragua. 10p

- Martin P. A., Newton, A. C. y Pfeifer, M. (2015). Impacts of tropical selective logging on carbon storage and tree species richness: A meta-analysis. *For Ecol Manage.* doi: 10.1016/j.foreco.2015.07.010
- Matteucci, S. y Colma, A. (1982). *Metodología para el estudio de la vegetación*. Secretaria general de la Organización de los Estados Unidos Americanos. Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D. C. Monografía número 22. 51-53p
- Meyrat, A. K. y Quezada, J. B. (2013). Árboles y arbustos predominantes de Nicaragua. HISPAMER. Managua. Nicaragua 308, 184, 266, 38, 60, 90, 186, 108p
- Minnemeyer, S., Laestadius, L., Sizer, N., Saint-Laurent, C. y Potapov, P. (2011). *A world of opportunity*. Washington, D.C., World Resources Institute. <http://www.wri.org/restoringforests>
- Mittermeier, R. A., Gil, P. R., Hoffman, M., Brooks, T., Mittermeier, J. Lamoreux, C. G., Da Fonseca. y G.A.B. (2005). Hotspots revisited: Earth's biologically richest and most endangered terrestrial ecoregions. CEMEX. Mexico D. C. Mexico
- Moreno, C. (2001). *Manual y tesis SEA: Métodos para medir la biodiversidad*. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo (CYTED), Organización de las Naciones Unidas para la Educación la Ciencia y la Agricultura (UNESCO). Zaragoza, ES, 86p
- Müller. R., Pacheco, P. y Montero, J. C. (2014). El contexto de la deforestación y degradación de los bosques en Bolivia. Causas, actores e instituciones. Bogor, Indonesia
- Narváez, O. y Pérez, L. (2022). *Producción de Biomasa en banco proteico de Quelite (Cnidocolus aconitifolium (Mill)) y Marango (Moringa oleífera (Lam)). Finca Las Mercedes, Nicaragua*. Trabajo de Tesis. Universidad Nacional Agraria. Nicaragua
- Navarro. M., González, L., Flores, R. y Amparán, R. (2015). *Fragmentación y sus implicaciones*. Análisis y reflexión documental. Universidad de Guadalajara.
- Orozco, L. y Brumér, C. (2002). *Inventarios Forestales para Bosques Latifoliados*. Manual Técnico. CATIE. Costa Rica. [https://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/training\\_material\\_docs/Inventarios Forestales%2520 Bosques Latifoliados AC.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/training_material_docs/Inventarios_Forestales%2520Bosques_Latifoliados_AC.pdf) 223p.
- Pearson, T. R. H., Brown, S., Casarim, F. M. (2014). Carbon emissions from tropical forest degradation caused by logging. *Environ Res Lett* 9:034017. doi: 10.1088/17489326/9/3/034017
- Pérez, A. (2004). Aspectos conceptuales, análisis numérico, monitoreo y publicación de dato sobre biodiversidad. MARENA. *Centro de Malacología/Diversidad animal*. UCA. Managua Nicaragua.331p.
- Pickett, S. T. A. y White, P.S. (1985). *"The Ecology of Natural disturbance and patch dynamics"*. ACADEMIC PRESS, INC.

[https://books.google.com.ni/books/about/The\\_Ecology\\_of\\_Natural\\_Disturbance\\_and\\_P.h tml?id=jLj-qAflWxQC&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ni/books/about/The_Ecology_of_Natural_Disturbance_and_P.h tml?id=jLj-qAflWxQC&redir_esc=y)

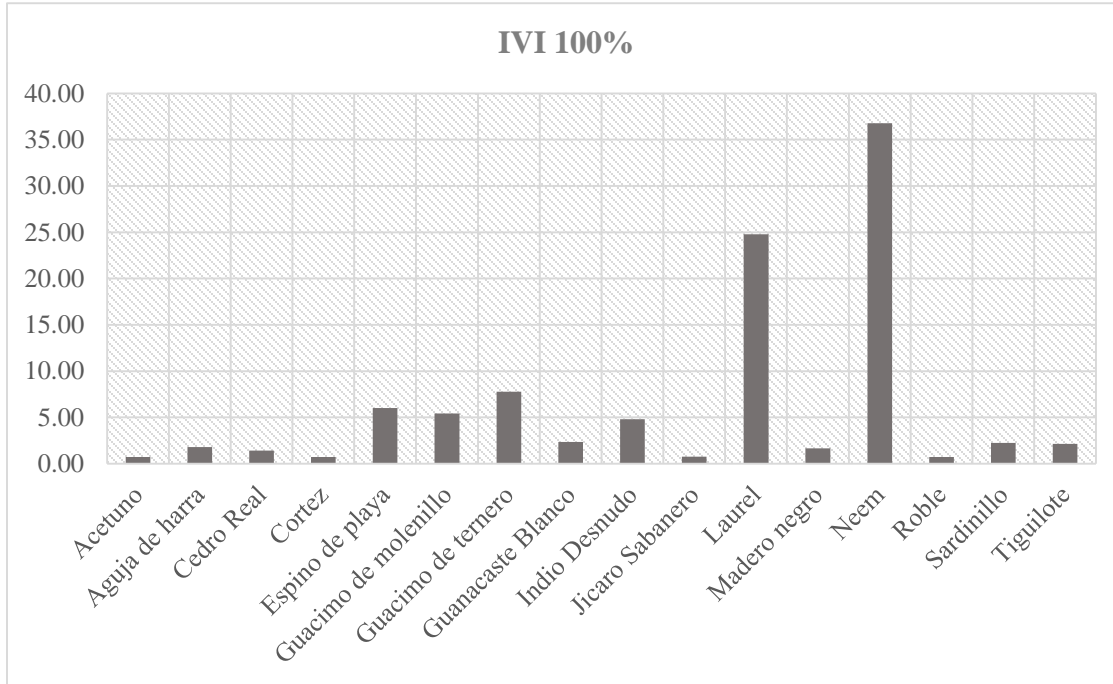
- Putz, F. E. y Redford, K. H. (2010). *The Importance of Defining "Forest": Tropical Forest Degradation, Deforestation, Long-term Phase Shifts, and Future Transitions*. Biotropica. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7429.2009.00567.x> 10p
- Ponce, L. y Montalván, H. (2005). Evaluación del Banco de Semillas del Suelo en Tres Diferentes Sitios en Estados Sucesionales en un Bosque Seco Secundario en Nandaime. Granada. Trabajo de Tesis. Managua, Nicaragua. 68p
- Ramírez, V., Aranda, L. y Rico, V. (2018). La resiliencia del bosque seco tropical: un seguro de vida para su conservación. *CONABIO, Biodiversitas*, 137: 12-16
- Remmert, H. (1991). *The mosaic-cycle concept of ecosystems*. Springer Verlag. Berlin, Germany. 21p
- Reyes, F., Alonzo, E. y Castro, G. (2021). *Manual de Formulas Forestales*. Universidad Nacional Agraria. Managua. Nicaragua
- Rogers, P. (1996). "Disturbance Ecology and Forest Management: a Review of the Literature". General Technical Report INT-GTR-336. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Intermountain Research Station. 16 p.
- Root, R. B. (1967). The niche exploitation pattern of the Blue-Gray Gnatcatcher. *Ecological Monographs*. Recuperado de: <https://doi.org/10.2307/1942327> 317-350p
- Rykiel, E. J. (1985). "Towards a definition of ecological disturbance". *Australian Journal of Ecology*, 10:361-365.
- Salazar, Q. (2002). *Comportamiento de Cordia alliodora ante la aplicación del tratamiento de poda y eliminación de lianas en el bosque seco secundario, finca Santa Ana, Nandaime, Nicaragua*. Tesis. Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua. 60p.
- Sánchez, F. (2016). *Síntesis Conceptual, Metodologías de Evaluación y Casos de Estudio Nacionales*. 56p  
<http://www.cytod.org/sites/default/files/Degradacion%20de%20bosques%20en%20latinoamerica.pdf>
- Sánchez, A. (2018). *La importancia de estudiar los bosques secos tropicales* [Archivo PDF]. 1p
- Sanchún, A., Botero, R., Moreria-Beita, A., Obando, G., Russo, R. O., Scholz, C. y Spinola, M. (2016). *Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas*. UICN, San José, Costa Rica. 13p
- Serrano, M. A. y López, C. A. (2000). *Composición florística y dinámica sucesional de bosques primarios y secundarios de 10 y 20 años en tres zonas representativas del valle medio del Magdalena, Colombia*. Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Colombia. <https://revistas.udistrial.edu.co/index.php/colfor/article/view/3266>

- Stevens, W. (2001). Introducción de vegetación. In Flora de Nicaragua. Monographs in Systematic Botany. Missouri Botanical Garden. p. 1-23.
- Tercero, M. G. y Urrutia, G. S. (1994). Caracterización Florística y Estructural del Bosque de Galería de Chacocente, Carazo, Nicaragua. Trabajo de Diploma. Universidad Nacional Agraria. Managua. Nicaragua
- Thompson, I. D., Guariguata, M. R. y Okabe, K. (2013) An Operational Framework for Defining and Monitoring Forest Degradation. *Ecol Soc* 18:art20. doi: 10.5751/ES-05443-180220
- Trejo, J. y Arellano, L. (2023). Los bosques tropicales secos y su contribución al bienestar humano. *Revista del Instituto Nacional de Ecología, A. C.* 1p
- Turner, M. G. (2010). “Disturbance and landscape dynamics in a changing world”. *Ecology*, 91(10):2833–2849.
- Ugalde, A. L. (1981). *Conceptos básicos de dasometría*. CATIE. <http://www.sidalc.net/repdoc/A5909e/A5909e.pdf>
- Valdivia, O. (2023). *Evaluación del estado actual de conservación de la vegetación arborea en dos fincas, propiedad de la empresa EQUIFOREST, Nandaime, Granada, en el periodo 2021-2023*. Trabajo de Tesis. Universidad Nacional Agraria. <https://cenida.una.edu.ni> 20p
- Vargas, O., Díaz, J., Reyes, S. y Gómez, P. (2012). *Guías técnicas para la restauración ecológica de los ecosistemas de Colombia*. [https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/plan\\_nacional\\_restauracion/Anexo\\_8\\_Guias\\_Tecnicas\\_Restauracion\\_Ecologica\\_2](https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/plan_nacional_restauracion/Anexo_8_Guias_Tecnicas_Restauracion_Ecologica_2).
- Vargas, O., León, O. y Díaz, A.M. (2009). Restauración ecológica en zonas invadidas por retamo espinoso y plantaciones forestales de especies exóticas. Departamento de Biología. Universidad Nacional de Colombia. 197p
- Vargas, O. (2007). *Guía metodológica para la restauración ecológica del bosque Alto Andino*. [https://www.researchgate.net/publication/259482462\\_Guia\\_Metodologica\\_para\\_la\\_Restauracion\\_Ecologica\\_del\\_bosque\\_altoandino](https://www.researchgate.net/publication/259482462_Guia_Metodologica_para_la_Restauracion_Ecologica_del_bosque_altoandino)
- Vázquez, M. (2006). *Evaluación de la degradación forestal por la extracción de especies maderables en la Cuenca San José del Cabo, B.C.S., Mexico*. Tesis. Centro de Investigaciones Biológicas del Noreste, S. C. La paz. Baja California. 2p
- Veblen, T. T., González, M. E., Stewart, G. H., Kitzberger, T. y Brunet, J. (2016). “Tectonic ecology of the temperate forests of South America and New Zealand”. *New Zealand Journal of Botany*, 54(2):1–24.
- Vega, E. y Peters, E. (2003). *Conceptos Generales sobre el Disturbio y sus Efectos en los Ecosistemas*. Instituto Nacional de Ecología. Mexico. 3p
- Vergara, G. y Schlegel, B. (2017). Degradación forestal: enfoques conceptuales y sus implicancias para Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*. 23(3), 73-84

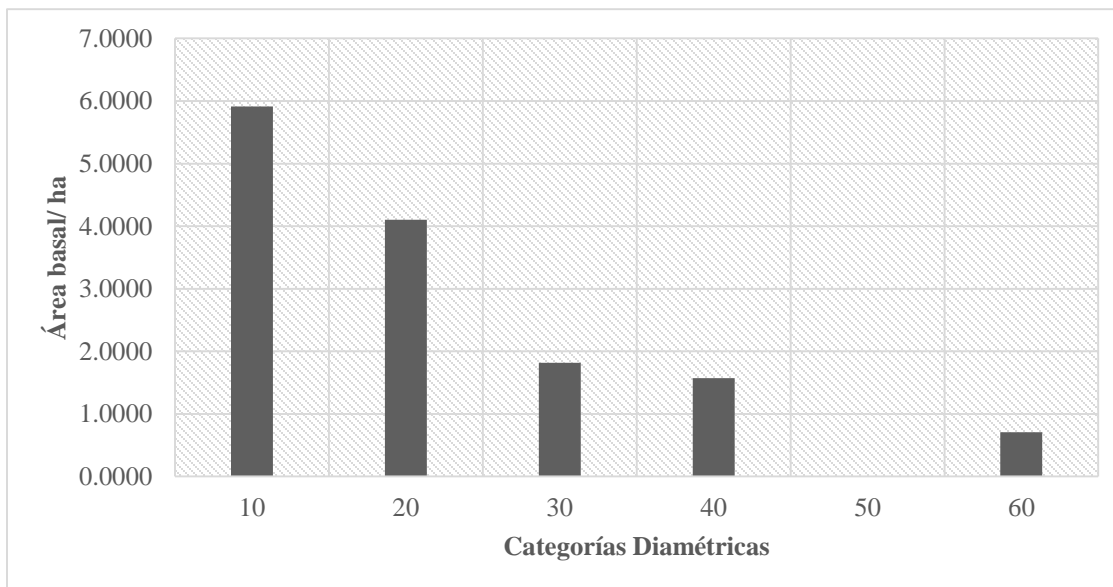
- Whitmore, T. C. (1991). Tropical rain forest dynamics and its implications for management. UNESCO. Paris. Francia. 667-689p
- Wilson, S. J., Alexandre, N. S., Reid, J. L., Zahawi, R., Celentano, D., Sprenkle-Hyppolite, S y Werden, L (2021). Nucleación Aplicada Guía De Restaruración Para Bosques Tropicales. Conservation International. 13p
- Wright, S. J. y Muller-Landau, H. C. (2006). *The Future of tropical forest species*. Biotropica. 287p
- Zimmerman, J. K., Pascarella, J. B. y Aide, T. M (2000). Barriers to forest regeneration in an abandoned pasture in Puerto Rico. *Restor. Ecol.* 8, 350-36

## IX. ANEXOS

Anexo 1. Gráfico del IVI calculado al 100% de las especies registradas en el fragmento.



Anexo 2. Gráfico del área basal por categoría diamétrica registrada en el fragmento.



Anexo 3. Fotografía del proceso de medición de diámetro en el fragmento.



Anexo 4. Fotografía de evidencia de extracción de postes en el fragmento.

