



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

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

Trabajo de Tesis

**Evaluación de técnicas de restauración activa
y pasiva en un fragmento de bosque tropical
seco en la Unidad de Experimentación y
Validación Finca el Plantel, Masaya**

Autores:

**Br. Sigrid Eloísa Pérez Cuadra
Br. Jonathan Manuel Mejía Sánchez**

Asesores:

Ing. Bayardo Alberto González Ñamendy

**Managua, Nicaragua
Septiembre, 2025**



Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

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

Trabajo de Tesis

Evaluación de técnicas de restauración activa y pasiva en un fragmento de bosque tropical seco en la Unidad de Experimentación y Validación Finca el Plantel, Masaya

Autores:

**Br. Sigrid Eloísa Pérez Cuadra
Br. Jonathan Manuel Mejía Sánchez**

Asesores:

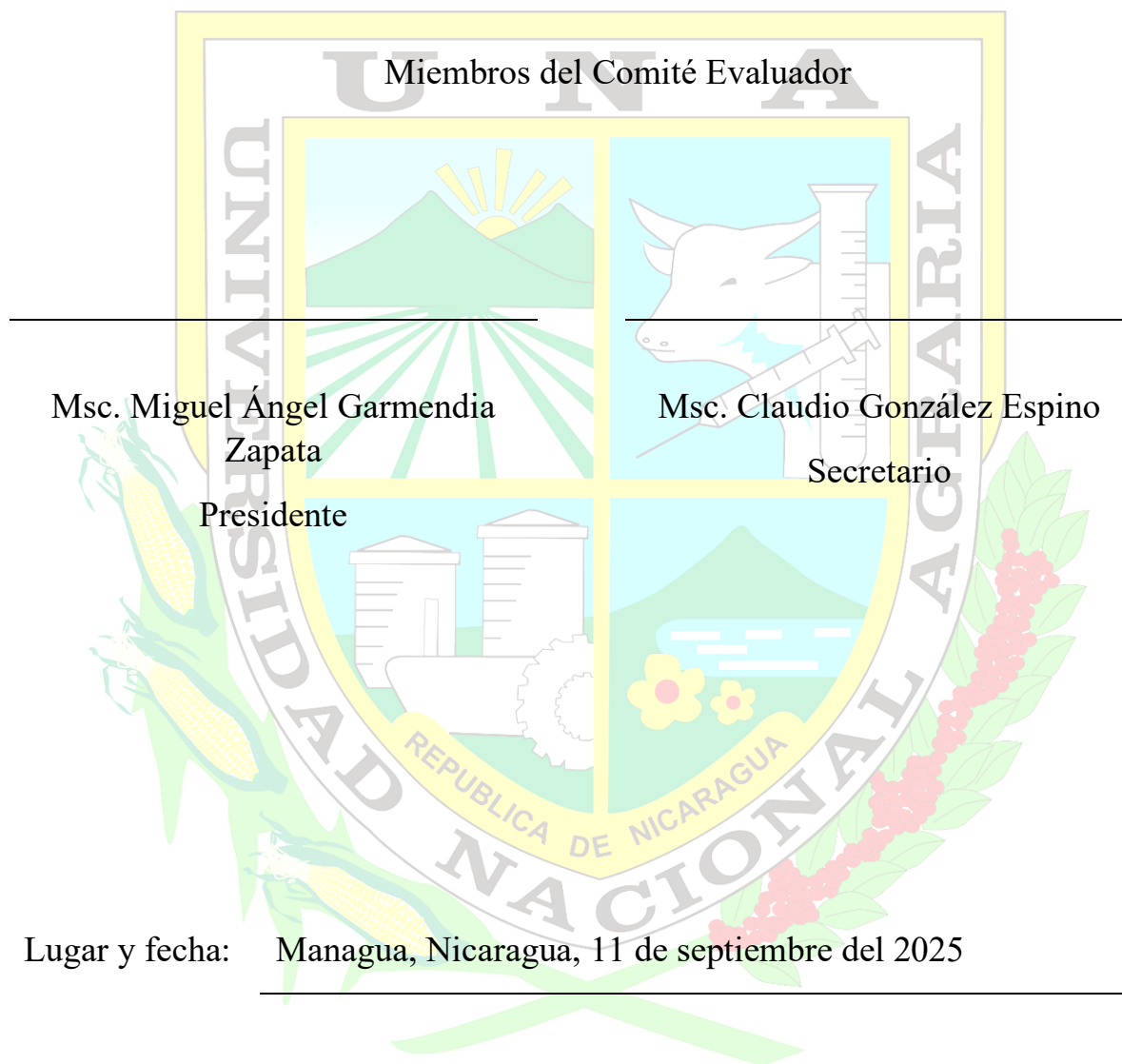
Ing. Bayardo Alberto González Namendy

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
Septiembre, 2025**

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

Primeramente, a Dios todopoderoso que estuvo conmigo ayudándome, apoyándome y dándome fuerza para llegar al final de esta carrera.

A mis padres Vivien Consuelo Cuadra Quintero y Ramiro Antonio Pérez Navarro por su amor, comprensión, paciencia, sacrificio y apoyo durante todos mis años de estudio e impulsarme a seguir adelante en los momentos fatigantes en diversos momentos de mi carrera, a mis hermanos Óscar Daniel Pérez Cuadra y Luis Enrique Boniche Cuadra por apoyarme en momentos difíciles. A mi hija el April Eloísa Villalta Pérez por ser la principal fuente de inspiración por salir adelante y lograr ser una Ingeniera Forestal y al padre de mi hija, Kevin Joselito Villalta Palacios por animarme, apoyarme e impulsarme hacer una mejor persona cada día.

Br. Sigrid Eloísa Pérez Cuadra.

A Dios todo poderoso darle primero las gracias por la vida, la salud y la fuerza que me dio en cada uno de los momentos más difíciles de mi etapa universitaria para poder llegar a este punto de mi carrera cumpliendo una de mis metas propuestas.

Dedico este trabajo de investigación a mi abuela materna Q.E.P.D y a mis padres siendo ambos pilares de suma importancia en el periodo de crecimiento tanto como un inicio de un preescolar hasta el punto universitario dándoles infinitas gracias a los 3 por estar en todo momento hacia conmigo y así poder culminar mi carrera universitaria.

Darle gracias a mi compañera de tesis y amiga que en cada momento difícil que se nos presentó, estábamos juntos para salir adelante, por su esfuerzo, compañerismo y dedicación.

Br. Jonathan Manuel Mejía Sánchez

AGRADECIMIENTO

A dios, sobre todas las cosas, por darme la oportunidad de haber optado por esta hermosa carrera y culminar exitosamente mi pensum académico, por toda la fuerza que me ha brindado para luchar y seguir adelante con mi carrera.

A mis padres Vivien Consuelo Cuadra Quintero y Ramiro Antonio Pérez Navarro por todo el apoyo y sacrificio que han hecho por ver a su hija completar sus estudios y lograr ser una profesional.

A mis asesores, Ing. Bayardo Alberto González Ñamendy, Ing. M.c. Francisco Giovanni Reyes Flores y Ing. Oscar Rene Valdivia Martínez, quiénes me brindaron su tiempo, dedicación y poyo en esta hermosa investigación. A todos aquellos que contribuyeron en diversas actividades directa e indirectamente qué incidieron en mi formación profesional.

Br. Sigrid Eloísa Pérez Cuadra

Le damos infinitas gracias a Dios Todopoderoso por permitirnos llegar al punto de culminación de nuestra carrera de ingeniería forestal mediante este trabajó de investigación, en donde hubo altas y bajas, pero gracias al estamos en este punto de culminación.

Agradecemos a cada uno de nuestros asesores Ing. Bayardo Alberto González Ñamendy, Ing. M.C Francisco Giovanni Reyes Flores, Ing. Óscar René Valdivia Martínez por su tiempo, paciencia, dedicación y profesionalismo en todo este proceso de investigación, apoyándonos en cada momento que fue requerido.

Así mismo, quiero agradecer a los docentes de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, quienes fueron pilares e inspiración en nuestro desarrollo como estudiantes, compartiendo continuamente sus conocimientos siendo las bases de nuestra formación profesional y brindando su confianza en nosotros.

Br. Jonathan Manuel Mejía Sánchez

ÍNDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDO	iii
ÍNDICE DE CUADRO	iv
ÍNDICE DE FIGURA	v
ÍNDICE DE ANEXO	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVO	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivo específico	3
III. MARCO DE REFERENCIA	4
3.1. Situación de la degradación forestal en Nicaragua	4
3.2. Restauración ecológica	4
3.3. Estrategias de restauración empleadas en Nicaragua	5
3.4. Restauración pasiva	5
3.5. Restauración activa	6
3.6. Barreras para la restauración	6
3.7. Análisis de los procesos dinámicos del bosque en los procesos de la restauración	7
3.8. Estudios realizados en la evaluación de técnicas de restauración	7
IV. METODOLOGÍA	10
4.1. Descripción del área de estudio	10
4.1.1. Ubicación del área de estudio	10
4.1.2. Clima	10
4.1.3. Suelo	11
4.1.4. Vegetación	11
4.2. Proceso metodológico	11
4.2.1 Reconocimiento y delimitación de los sitios para las estrategias de restauración	11
4.2.2 Estrategias de restauración implementadas	12
4.2.2.1 Establecimiento de plantación de enriquecimiento en fajas	12
4.2.2.2 Plantación de enriquecimiento a través de núcleos de restauración	14
4.2.2.3 Establecimiento de parcelas permanentes de muestreo	17
4.3. Procesamiento de datos	19
V. RESULTADOS	21
VI. CONCLUSIONES	40
VII. RECOMENDACIONES	41

VIII. BIBLIOGRAFÍA	42
IX. ANEXOS	48

ÍNDICE DE CUADRO

CUADRO	PÁGINA
1. Orden de plantado de las especies a establecer en las fajas de enriquecimiento por Grupos	13
2. Diseño de siembra para los núcleos de restauración en áreas de claro dentro del fragmento de bosque	16
3. Comportamiento de la sobrevivencia de los dos Grupos de especies establecidas en las fajas de enriquecimiento	23
4. Comportamiento de la sobrevivencia en porcentaje de las especies establecidas en la técnica de nucleación	24
5. Incremento en diámetro basal y altura de los dos Grupos de especies establecidas en las fajas de enriquecimiento	26
6. Composición florística de la categoría fustal en la Finca el Plantel	27
7. Composición florística de la categoría de latizal en la Finca el Plantel	29
8. Composición florística de la categoría de brinzales en la Finca el Plantel	30
9. Incremento Corriente Anual (ICA) de los fustales 2023 - 2024	32
10. Incremento Corriente Anual (ICA) de los latizales 2023 - 2024	33
11. Valor en porcentaje de ganancia, pérdida e incremento en área basal para fustales y latizales	35
12. Datos de mortalidad y reclutamiento en la categoría fustal en la Finca el Plantel, periodo 2023 – 2024	36
13. Datos de mortalidad y reclutamiento en la categoría latizal en la Finca el Plantel, periodo 2023 – 2024	37
14. Datos de mortalidad y reclutamiento en la categoría brinzal en la Finca el Plantel, periodo 2023 – 2024	38

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1. Ubicación de área de estudio, Unidad de Experimentación y Validación Finca el Plantel, 2023	10
2. Diseño de las fajas de enriquecimiento implementadas en el fragmento seco, Finca el Plantel	13
3. Diseño de la nucleación en el fragmento	15
4. Dimensión de las parcelas permanentes de muestreo y subdivisiones	17
5. Afectaciones en fajas de enriquecimientos en la Finca el Plantel	22
6. Zona donde se encontró talpetate	23

INDICE DE ANEXO

ANEXO	PÁGINAS
Anexo 1. Lista de especies utilizados en Fajas de Enriquecimiento	48
Anexo 2. Listas de especies utilizadas en núcleos de restauración	48

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo la evaluación de técnicas de restauración activa y pasivas en un fragmento Bosque seco en la unidad de Experimentación y Validación Finca el Plantel, Masaya, Nicaragua, esto con la finalidad de comprender el comportamiento de las especies en diferentes arreglos durante el periodo 2023-2024. Se implementaron como técnicas de restauración activa, fajas de enriquecimientos y núcleos de restauración. Se hizo seguimiento al fragmento del bosque a través de parcelas permanentes para evaluar la restauración pasiva. Se delimitaron 8 fajas de enriquecimiento en las cuales se plantaron 10 especies dispuestas en dos Grupos (rápido y lento crecimiento), en el caso de los núcleos, se realizaron 5 en los cuales se plantaron 6 especies tomando en cuenta aspectos de la sucesión ecológica. Se establecieron 4 parcelas permanentes con el fin de monitorear la dinámica del bosque, con una dimensión de 20 m x 20, con de 10 m x 10 m para latizales y de 5 m x 5 m para brinzales. Las principales variables evaluadas fueron diámetro basal, altura, diámetro normal, así como los análisis de los datos. En las fajas de enriquecimiento las especies que presentaron mayor sobrevivencia fueron Caoba y Guapinol, ambos con 92.31% de sobrevivencia seguido del Madroño con 88.46% de sobrevivencia, la que presentó menor porcentaje de sobrevivencia fue el Mezquite con 29.63%, asimismo para la técnica de nucleación, las plantas presentaron una alta mortalidad, atribuible a las condiciones del sitio (mayor exposición a la radiación y suelos compactados). En las parcelas permanentes de muestreo (PPM), los fustales mostraron pocos cambios, mientras que en latizales y brinzales hubo mortalidad y ningún reclutamiento, lo que sugiere problemas futuros en la regeneración y sucesión del bosque. En cuanto a los incrementos en diámetro, el Neem reportó el mayor valor en fustales, lo que podría causar desplazamiento de especies por competencia por espacio. En latizales, el Cornizuelo mantuvo el mayor valor, indicando la necesidad de aplicar un manejo desde las etapas tempranas de desarrollo del bosque.

Palabras clave: Sucesión ecológica, Resiliencia Ecológica, Manejo de Regeneración, Bosques Degradados.

ABSTRACT

The present work aimed to evaluate active and passive restoration techniques in a dry forest fragment in the Finca el Plantel Experimentation and Validation Unit, Masaya, Nicaragua, in order to understand the behavior of species in different arrangements during the period 2023-2024. Enrichment strips and restoration cores were implemented as active restoration techniques. The forest fragment was monitored through permanent plots to evaluate passive restoration. 8 enrichment strips were delimited in which 10 species were planted arranged in two groups (fast and slow growth); in the case of the cores, 5 were made in which 6 species were planted taking into account aspects of ecological succession. Four permanent plots were established to monitor forest dynamics, with a dimension of 20 m x 20, with 10 m x 10 m for latizales and 5 m x 5 m for saplings. The main variables evaluated were basal diameter, height, and normal diameter, as well as data analysis. In the enrichment strips, the species with the highest survival were Mahogany and Guapinol, both with 92.31% survival, followed by Madroño with 88.46%. Mezquite had the lowest survival rate at 29.63%. Similarly, for the nucleation technique, plants presented high mortality, attributable to site conditions (greater exposure to radiation and compacted soils). In the PPM, the shoots showed little change, while in the latizas and saplings, there was mortality and no recruitment, suggesting future problems in forest regeneration and succession. Regarding diameter increases, Neem reported the highest value in shoots, which could cause species displacement due to competition for space. In the latizal forests, the Cornizuelo maintained the highest value, indicating the need to implement management from the early stages of forest development.

Keywords: Ecological Succession, Ecological Resilience, Regeneration Management, Degraded Forests.

I. INTRODUCCIÓN

Los bosques son elementos esenciales de la infraestructura terrestre verde, y juegan un papel clave en el ciclo hídrico y en la estabilización del clima. En el 2020 se publicó el informe "El Estado de los Bosques del Mundo" de la FAO, esto muestra que la superficie forestal disminuyó del 32,5% al 30,8% en los tres decenios comprendidos entre los años 1990 y 2020. Esto llegó a representar una pérdida neta de 178 millones de hectáreas de bosques (FAO y PNUMA, 2020).

La deforestación y la degradación forestal se ven impulsadas por varios factores, entre ellos la demanda en aumento de alimentos, piensos, bioenergía y otros productos básicos que ejercen una presión cada vez mayor sobre el uso de la tierra y ponen en peligro la existencia de los bosques del mundo. El problema de la desaparición y degradación de los bosques no solo suponen una amenaza para la economía, sino también para la propia humanidad (MITECO, 2022).

Nicaragua es un punto caliente (HotSpot) de Biodiversidad y paradójicamente, también es un punto caliente de deforestación. En los últimos 45 años los recursos forestales de Nicaragua han sido objeto de un proceso de deforestación y degradación acelerado, perdiéndose cerca del 60% del bosque que tenía el país a fines de los 1960s (Sierra, Cambronero y Vega, 2016).

La preocupación sobre el cambio climático ha llevado a las sociedades actuales a reconocer la importancia del vínculo establecido entre la ecología y la economía, así como entre el capital natural y la calidad de vida de las personas. En este contexto, con el objetivo de proponer soluciones efectivas a la actual crisis ecológica, la restauración de ecosistemas desempeña un papel fundamental, la restauración ecológica se concibe como una herramienta de gran valor en la trayectoria de la sociedad global, hacia un futuro más sostenible y en armonía con la naturaleza (Roldán, 2020).

La restauración ecológica es el proceso de impulsar la recuperación de vegetación que ha sido degradada o destruida. La restauración forestal y ecológica ofrece múltiples beneficios ecológicos, incluyendo la reconexión de fragmentos forestales, el fortalecimiento de la infraestructura verde, la conservación de la biodiversidad y los recursos genéticos, una mayor cobertura forestal y la conservación de servicios ambientales, como los hídricos los vinculados al clima, además de múltiples beneficios.

En ese sentido, en Nicaragua las técnicas para restaurar los bosques se han basado principalmente en la reforestación y la implementación de sistemas agroforestales (SAF) o establecimiento de plantaciones forestales, no considerando en muchas ocasiones, el monitoreo a los procesos de restauración, un punto que es fundamental para garantizar el éxito en cualquiera de las técnicas que se implementen.

En la Finca el Plantel, se ha identificado un fragmento de bosque secundario que históricamente fue utilizado para cultivo y que cuenta con el potencial de ser

rehabilitado a través de la implementación de técnicas que permitan incrementar la diversidad y a futuro, asegurar que se puedan ir ensamblando los procesos ecológicos.

Es importante mencionar que los estudios que se han llevado a cabo en las áreas forestales de esta Finca han tenido un enfoque de manejo de plantaciones con fines productivos, otros estudios han sido enfocados al manejo del suelo y las ciencias agrícolas, no encontrándose alguna documentación que aporte información sobre la restauración de las áreas de bosque mencionadas anteriormente o a sus procesos dinámicos.

Es por ello por lo que, el presente trabajo tiene como objetivo la evaluación de dos técnicas de restauración activa (fajas de enriquecimiento y núcleos de restauración), así como el seguimiento a la dinámica natural del ecosistema a través de parcelas permanentes de muestreo, permitiendo generar información necesaria tanto para determinar si las plantas empleadas tienen buena respuesta, es decir, se pueden recomendar para restaurar, y si los procesos dinámicos son positivos. Esto resultará en información novedosa en el área de la restauración forestal, además de que estos sitios servirán como áreas demostrativas dentro de la Finca con un fin académico y para que pueda ser replicado en otros sitios por productores o dueños de bosques.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

- Evaluar técnicas de restauración activa y pasiva en un fragmento de bosque tropical seco en la Finca el Plantel, en el periodo 2022-2023, que permita la generación de información base para la restauración forestal.

2.2 Objetivos específicos

- Cuantificar la sobrevivencia de las plantas establecidas en núcleos de restauración y las fajas de enriquecimiento durante un periodo de 1 año.
- Medir el incremento en diámetro basal y altura de las plantas establecidas en núcleos de restauración y las fajas de enriquecimiento durante un periodo de 1 año.
- Determinar los cambios en riqueza y estructura en el bosque a través de las parcelas permanentes de muestreo en un periodo de 1 año.
- Calcular la tasa de mortalidad y reclutamiento en el bosque a través de las parcelas permanentes de muestreo en un periodo de 1 año.

III. MARCO DE REFERENCIA

3.1 Situación de la degradación forestal en Nicaragua

Nicaragua es un punto caliente (HotSpot) de Biodiversidad y paradójicamente, también es un punto caliente de deforestación. En los últimos 45 años los recursos forestales de Nicaragua han sido objeto de un proceso de deforestación y degradación acelerado, perdiéndose cerca del 60% del bosque que tenía el país a fines de los 1960s (Sierra, Cambroner y Vega, 2016).

A nivel regional, encontraron que Honduras, El Salvador y Costa Rica ganaron cobertura forestal entre el 2001 y el 2010 (+3460, +586 y +1628 km², respectivamente) para el Salvador, (Sierra *et. al.*, 2016), para Costa Rica, atribuyen la transición de pérdida a ganancia de cobertura forestal a cambios estructurales en la distribución, tipo de empleo y los patrones de consumo de la población.

En estos países, la transferencia de la población económicamente activa del sector agropecuario a otros sectores productivos rurales y urbanos fue facilitada por políticas estatales (educación, salud.) y la creación de empleo en zonas francas, turismo, etc.) que tuvieron un efecto determinante en las opciones disponibles fuera del sector agropecuario para la población rural. En El Salvador, guerras internas contribuyeron a la recuperación de los bosques a través del abandono forzado de extensas regiones rurales.

En contraste, Guatemala y Nicaragua perdieron cobertura forestal en este período (3019 y 7961 km², respectivamente); en el caso de Nicaragua, a pesar de que, al igual que El Salvador, el país vivió casi una década y media de conflicto armado interno continuo. La discusión que sigue sugiere, sin embargo, que Nicaragua se encuentra en un proceso de ajuste similar al observado en el resto de la región y que este proceso, y sus efectos multiplicadores, explican, en términos generales, la reducción de la deforestación en el país en los últimos 20 años.

El empleo en actividades agropecuarias y forestales se redujo 20% entre 1995 y el 2005, mientras el empleo en industrias creció casi 33%, en transporte 17% y en servicios 17% (MARENA, 2019).

3.2 Restauración ecológica

Según (Regalado y WWF, s.f.) Durante milenios los seres humanos hemos moldeado la naturaleza y alterado enormemente los ecosistemas talando bosques para cultivar, secando humedales o cortando montañas para extraer minerales. En tan solo 50 años, el 75 % de la superficie terrestre ha sido transformada por el ser humano. Un cambio sin precedentes en la historia que muestra que conservar ya no es suficiente para detener la rápida degradación de los ecosistemas.

En el caso de los bosques, la restauración se ha entendido tradicionalmente como una reforestación tras analizar el trabajo de las comunidades autónomas, hemos visto que la mayoría de los proyectos de restauración son meras plantaciones de árboles, y muchas veces de una única especie. Esta vieja receta no sirve si queremos es recuperar un

ecosistema sano, diverso, que cumpla sus funciones ecológicas y que pueda adaptarse mejor frente a impactos como los incendios o el cambio climático.

La restauración ecológica trata de ayudar a la naturaleza a regenerarse por sí misma de un modo integral la meta debe ser recuperar ecosistemas sanos, que alberguen biodiversidad y vuelvan a ofrecer sus vitales servicios y recursos a la sociedad, sin embargo, la restauración ecológica da un paso más allá e incluye un amplio conjunto de medidas con el fin la recuperación de un ecosistema degradado (Regalado y WWF, s.f.).

3.3 Estrategias de restauración empleadas en Nicaragua

En términos de cobertura forestal, todavía para la década de los años 40, Nicaragua contaba con una cobertura de ecosistemas naturales forestales de más del 80%; en ese entonces no se concebía si quiera la posibilidad de que algún día el país fuera a quedar sin agua, o que la cobertura natural fuese cambiada drásticamente a tierras descubiertas utilizadas para la agricultura o la ganadería es por eso que se pretende llevar a cabo estas estrategias para la recuperación de los bosques (Alianza Nacional del Bosque Seco, 2011).

Ultimadamente en Nicaragua se han puesto en práctica estas soluciones a la gran problemática de la pérdida del sector forestal, como principalmente la degradación de los bosques:

Reforestación, promoviendo el fomento de plantaciones forestales, propagación de la regeneración natural de bosques y desarrollo de sistemas agroforestales y Silvopastoriles.

Prevención y control de incendios forestales y deforestación, que incluya la regulación, vigilancia y control sobre quemas y talas en bosques naturales o plantados, y detenga la extracción irracional e insostenible de los recursos forestales y de vida silvestre

Educación ambiental, a ser emprendida en todos los niveles del sistema educativo urbano y rural, y también dirigida al resto de la población, motivando su participación activa en la promoción y fomento de los programas antes mencionados (Hernández, 2012)

3.4 Restauración pasiva

La restauración pasiva basa su estrategia en la regeneración natural, la 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 semillas, el tamaño del área perturbada, la fuente de semillas 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 (Clewell, Aronson y Winterhalder, 2004). En algunos casos esta estrategia es la 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 (Lamb y Gilmour 2003) citador por (UICN, 2016).

En la actualidad, muchos paisajes rurales se caracterizan por la presencia de fragmentos esparcidos en una matriz muy diversa de paisajes, y con frecuencia su tamaño forma áreas

de unas pocas hectáreas donde es común que el grado de alteración sea tan severo que las posibilidades naturales de recuperación sean muy limitadas (Lamb y Gilmour 2003), citado por (UICN, 2016).

3.5 Restauración activa

La restauración activa se puede considerar como una actividad intencional que interrumpe los procesos responsables de la degradación, disminuye las barreras bióticas y abióticas que impiden la recuperación del ecosistema, lo cual acelera los procesos de sucesión ecológica (Murcia y Guariguata, 2014). Los procesos de restauración activa están principalmente asociados a tres conceptos: recuperación, rehabilitación y restauración.

- a) Recuperación: recuperación de la productividad en un sitio degradado utilizando principalmente especies diferentes a las presentes antes del disturbio. En algunos casos se establecen monocultivos o la combinación de un grupo muy reducido de especies. La diversidad biológica original no se recupera, pero la función de protección y muchos de los servicios ecológicos pueden ser restablecidos. Permite tener un ecosistema con una serie de atributos ecológicos que refuerza las interacciones con los ecosistemas circundantes.
- b) Rehabilitación: restablecimiento de la productividad y la presencia de un grupo de especies vegetales originalmente presentes. Por razones ecológicas o económicas, el nuevo bosque puede incluir especies que no estaban originalmente presentes. Con el tiempo, la función de protección del bosque y los servicios ecológicos pueden ser restablecidos.
- c) Restauración: el restablecimiento de la estructura, la productividad y la diversidad de las especies originalmente presentes en el bosque. Con el tiempo, los procesos ecológicos y las funciones coincidirán con las del bosque original. La Sociedad para la Restauración Ecológica (Clewel, Aronson y Winterhalder, 2004) define este concepto como “el proceso de ayudar en la recuperación de la salud, integridad y sostenibilidad de un ecosistema que ha sido degradado, dañado o destruido”.

La restauración activa implica la intervención humana para garantizar el desarrollo de los procesos de recuperación y superar así las tensiones que impiden el buen desarrollo de la regeneración natural. De tal manera, se busca incrementar la diversidad florística, con la introducción de nuevas especies, el mejoramiento de la conectividad entre los fragmentos y la disminución de los tiempos de recuperación de las áreas intervenidas. Por lo anterior, es recomendable implementar estrategias de restauración activa en aquellas áreas donde el método de restauración pasiva está asociado a un alto riesgo de fracaso y se requieren acciones inmediatas en la recuperación de los ecosistemas (UICN, 2016).

3.6 Barreras para la restauración

Por barreras a la Restauración Ecológica se entiende todos aquellos factores que impiden o limitan el desarrollo de la sucesión natural en áreas alteradas por disturbios naturales o antrópicos. Las fases iniciales de los programas de restauración identifican el conjunto de

factores dominantes que impiden el desarrollo de la sucesión. Una vez identificadas estas barreras se diseñan experimentos o se emprenden acciones para superarlas.

Las barreras a la Restauración Ecológica las podemos clasificar en dos: barreras de tipo ecológico y barreras socioeconómicas. Las de tipo ecológico están relacionadas con los factores bióticos y abiótico resultante del régimen de disturbios natural y antrópico, los cuales influyen en los diferentes mecanismos de regeneración y colonización de las especies, es decir, los procesos necesarios para que ocurra la dispersión de propágulos, el establecimiento de las plántulas y la persistencia de los individuos y las poblaciones.

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. Las barreras socioeconómicas son todos los factores políticos, económicos y sociales que pueden llegar a limitar los procesos de recuperación de los ecosistemas (Vargas, *et. al.* 2008).

3.7 Análisis de los procesos dinámicos del bosque en los procesos de la restauración

Dentro de los proyectos de restauración ecológica, se debe hacer seguimiento de los cambios positivos y negativos del ecosistema asistido en el transcurso del tiempo, a este proceso se le denomina monitoreo. El monitoreo es constante, repetido en el tiempo y el espacio para detectar los cambios que ocurren en la sucesión ecológica del ecosistema asistido, a través de la medición de variables específicas con una periodicidad y plazos definidos.

La importancia del monitoreo de la restauración de bosques radica en que permite el seguimiento continuo de las acciones desarrolladas en el proyecto (Bonilla, 2018). Además, genera los datos que sustentan las decisiones oportunas bajo el enfoque de la gestión. El monitoreo también es considerado como la mejor herramienta para evitar o minimizar el fracaso e identificar acciones de gestión y alternativas de solución ante la detección de problemas de manera temprana de las situaciones específicas.

Inclusive, aporta los insumos necesarios para conocer si los tratamientos de restauración están funcionando o necesitan ser modificados antes de que los problemas se arraiguen. Finalmente, permite evaluar si la restauración ha logrado cumplir los objetivos y metas propuestas (Valladares, 2021).

3.8 Estudios realizados en la evaluación de técnicas de restauración

Regeneración Natural y Plantaciones de Especies Forestales, como dos Métodos Restauración Pasiva y Activa en un Fragmento de Bosque en la Mina San Albino, Nueva Segovia.

De acuerdo con el estudio realizado por (López y Reyes, 2022) el cual se llevó a cabo en el departamento de Nueva Segovia en un fragmento de Bosque en la Mina San Albino con el objetivo de analizar el desarrollo de la regeneración natural y en plantaciones forestales bajo el método de nucleación, para brindar una base técnica y científica que contribuya a la restauración del área de estudio.

El fragmento de vegetación de estudio es propiedad de la empresa Nicoz Resources S.A. y tiene un área de 6.9 hectáreas, se encuentra en la cercanía del Río Jícaro, está fuertemente degradado en su estructura, composición florística, posee un estado sucesional de fase uno en recuperación según las observaciones del entorno realizadas en el transcurso del levantamiento de información. El área fue utilizada para la siembra de granos básicos por los pobladores de la mina San Albino hasta que fue adquirida por la empresa Nicoz Resources S.A en el año 2011.

A partir de este año no se ha implementado ningún tipo de actividad agrícola y pecuaria, por lo tanto, se ha iniciado un proceso de sucesión natural de la vegetación con una edad de 9 años (Comunicación personal con los baquianos Exequiel y Elías). Sin embargo, los daños por pastoreo, corta de árboles y algunos incendios se produjeron en el área de estudio. La empresa estableció un convenio con la Universidad Nacional Agraria (UNA) en el año 2018. A partir de ese año, la empresa se ha encargado de darle protección y constante vigilancia al área, para evitar perturbaciones antropogénicas.

Para el año 2019, se encontraron 14 individuos en 2,500m², agrupados en 5 especies. En el año 2020, se registraron un total de 16 individuos en los mismos 2,500 m² que corresponden al área de las 4 parcelas permanentes de muestreo, esto significa que en el periodo de un año se registraron 2 nuevos individuos. Esto se debe a que en la primera toma de datos estos árboles no alcanzaron la medición de 10 cm, sin embargo, en el transcurso de un año estos alcanzaron 10 o más cm, haciendo así que estos pasen de latizal a fustal.

La técnica de nucleación en forma hexagonal fue el método que se utilizó para crear microhábitats en núcleos pequeños para la llegada de especies animales y sirvan como agentes dispersores de semillas, con esta técnica también forman nichos de regeneración y colonización de nuevas poblaciones de especies.

El arreglo en forma hexagonal se hizo para incorporar especies diferentes y que haya más diversidad en el fragmento utilizando espacios pequeños de áreas que con el tiempo se van a ir expandiendo.

Las especies forestales que obtuvieron mayor adaptabilidad o sobrevivencia en el sitio fueron: *C. candidissimum* (Madroño), *E. cyclocarpum* (Guanacaste negro) y el *L. divaricatum* (Quebracho) con un porcentaje de sobrevivencia del 100% para las tres especies, seguido de *B. alicastrum* (Ojoche), *T. ochracea* (Cortez) y el *H. courbaril* (Guapinol) con un porcentaje de sobrevivencia del 90% para las tres especies y las especies que obtuvieron menor porcentaje de sobrevivencia fueron: *T. rosea* (Falso roble) con 70% y *C. odorata* (Cedro) con 50%, teniendo un promedio general de sobrevivencia de las especies de un 86.25%.

Por ende, la riqueza y diversidad de las especies en el año 2020 en las categorías de vegetaciones es mayor a las del año 2019 lo que significa que la estabilidad del fragmento del bosque se va recuperando ya que esta depende de la biodiversidad que haya en el sitio.

La tasa de mortalidad anual para las categorías de vegetaciones es menor a la tasa de reclutamiento anual lo que significa que la estrategia de restauración pasiva está respondiendo, dando la recuperación de su estructura al fragmento del bosque.

IV. METODOLOGÍA

4.1 Descripción del área de estudio

4.1.1 Ubicación del área de estudio

La unidad de Experimentación y Evaluación El Plantal, propiedad de la Universidad Nacional Agraria se encuentra localizada en el kilómetro 30 carretera Tipitapa – Masaya, en el Municipio de Nindiri, Departamento de Masaya y cuenta con un área de 164.35 ha. Las coordenadas geográficas ubican a la Unidad de Experimentación ‘‘El Plantal’’ entre los 12°06’24’’ y 12°07’30’’ Latitud Norte y entre los 86°04’46’’ y los 86°05’27’’ Longitud Oeste, (Somarriba, 1989).

El fragmento de bosque donde se hizo la investigación se localiza en las coordenadas 599,942 en el eje X y 1,339,895 en el eje Y. Cuenta con una superficie de 3.6 hectáreas, siendo un sitio con bosque en regeneración el cual colinda al norte y al este con áreas agrícolas, al oeste con plantaciones de Eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis*) y al sur con una plantación de Neem (*Azadirachta indica*).

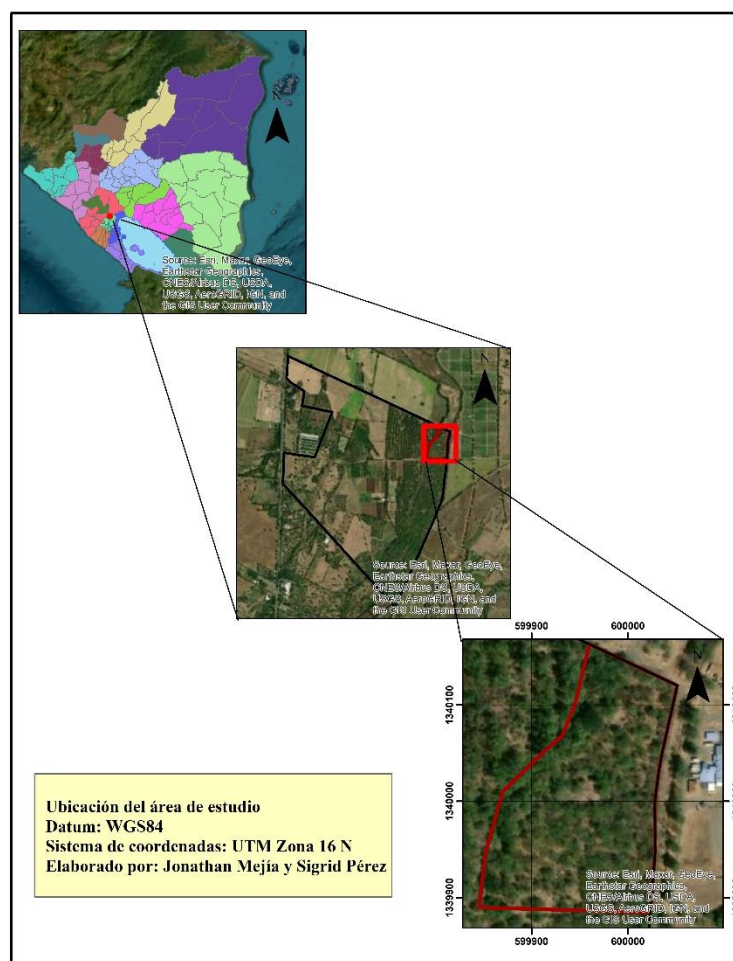


Figura 1. Ubicación de área de estudio, Unidad de Experimentación y Validación Finca el Plantal, 2023

4.1.2 Clima

De acuerdo con la clasificación de Koppen, el clima es tropical de sabana con transición a subtropical, semi – húmedo (Somarriba, 1989). Según 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.

4.1.3 Suelo

El área donde está localizada la Finca el Plantel corresponde a una transición entre el bosque tropical, moderadamente denso y seco, y bosque tropical subhúmedo. Los factores formadores de los suelos son vulcanismo y tectonismo, los procesos formadores que han modelado son la erosión y la sedimentación. La textura varía de arenosa a franco; en general, los suelos son bien drenados y con fertilidad aceptable (Somarriba, 1989).

4.1.4 Vegetación

Todas las planicies alrededor del sitio han sido intensamente deforestadas para la producción de leña y para el desarrollo de actividades agrícolas (CNE, 2001). La vegetación que aún prevalece está concentrada en las orillas de ríos y canales a lo largo de subdivisiones de 6 propiedades agrícolas. Se trata de bosque tropical seco, con prevalencia de Espino de Playa (*Pithecellobium dulce*), Chilamate (*Ficus insipida*), Genízaro (*Albizia saman*), Jiñocuabo (*Bursera simarouba*), Güiligüiste (*Karwinskia calderonii*), Guanacaste (*Enterolobium cyclocarpum*), Melero (*Thouinidium decandrum*), Tigüilote (*Cordia dentata*.) y Mango (*Mangifera indica*).

La vegetación en el municipio varía, en la zona norte la vegetación es esencialmente de matorral bajo. Se extienden áreas de cultivos de pastos y árboles con fines energéticos (Méndez y Muñoz, 2020).

4.2 Proceso metodológico

4.2.1 Reconocimiento y delimitación de los sitios para las estrategias de restauración

Se realizó un recorrido por todo el fragmento de bosque visualizando las áreas potenciales para el establecimiento tanto de los núcleos de restauración como de las fajas de enriquecimiento. Se observó que en el bosque hay áreas sin cobertura, denominadas claros, las cuales fueron consideradas como sitios idóneos para la nucleación dado que el fin de esta estrategia es aumentar la cobertura y diversidad en el tiempo, permitiendo ir cerrando estos claros. En relación con las fajas de enriquecimiento fueron establecidas en sitios bajo cobertura, distribuidas en dirección este a oeste, esto por la accesibilidad al sitio por un camino que se encuentra de lado este.

4.2.2 Estrategias de restauración implementadas

Se implementaron tres estrategias de restauración de las cuales 2 son estrategias activas (fajas de enriquecimiento y núcleos de restauración) y 1 es pasiva (monitoreo de la regeneración natural a través de parcelas permanentes de muestreo). Las fajas de enriquecimiento y los núcleos de restauración son estrategias activas para impulsar la recuperación del ecosistema mediante la plantación selectiva, las parcelas permanentes son una herramienta de monitoreo indispensable para evaluar el éxito de esas y otras estrategias de restauración a lo largo del tiempo. A continuación, se describe el procedimiento específico que se utilizó para cada una de las técnicas.

4.2.2.1 Establecimiento de plantación de enriquecimiento en fajas

Se establecieron plantaciones de enriquecimiento en líneas bajo el dosel del bosque, esto con el uso de especies nativas y propias del bosque tropical seco. Para ello las plantas se establecieron en dos grupos: Grupo 1 que comprende especies que normalmente son de rápido crecimiento y Grupo 2 que son especies normalmente de lento crecimiento. La lógica para hacerlo de esta manera es tratando de simular la sucesión ecológica, donde aquellas especies de las etapas de sucesión temprana e intermedia permitirán ir creando condiciones a las especies de sucesión avanzada, lo que asegurará a futuro que estas puedan establecerse.

Se describe a continuación los pasos para el establecimiento de las líneas de enriquecimiento.

a) Selección de plantas

Se utilizaron 5 especies de rápido crecimiento (Grupo 1) en una misma línea las cuales son el Falso roble (*Tabebuia rosea*), Brasil blanco (*Caesalpinia velutina*), Pintadillo (*Caesalpinia eriostachys*), Mezquite (*Prosopis juliflora*) y Helequeme (*Erythrina berteroana*). En el caso de las especies de lento crecimiento (Grupo 2) estas fueron: Guayacán (*Guaiacum sanctum*), Madroño (*Calycophyllum candidissimum*), Caoba (*Swietenia humilis*), Guapinol (*Hymenaea courbaril*) y Ojoche (*Brosimum alicastrum*).

Estas especies fueron seleccionadas por su valor ecológico, como melíferas, alimento para la fauna y fijadoras de nitrógeno. Además, son especies que se encuentran naturalmente en el bosque tropical seco, lo que ayudará a recrear la diversidad y estructura del ecosistema antes de su degradación. Las plantas, obtenidas del vivero forestal de la Dirección Específica de Ciencias Ambientales y Cambio Climático, cumplen con características como tallo recto y lignificado, y están libres de plagas y enfermedades.

b) Diseño de las líneas de enriquecimiento

Se establecieron 8 fajas de enriquecimiento (Figura 3), en las cuales se alternaron las líneas de especies que son el Grupo 1 y Grupo 2. El diseño consistió en establecer un par de líneas (Grupo 1 y 2) separadas 5 metros una de otra, siendo el siguiente par ubicado a una distancia de 35 metros y así sucesivamente hasta completar el cuarto par. La orientación que se les dio es de este a oeste, lo que permitió cubrir varias áreas del fragmento de bosque a lo ancho.

La longitud de cada línea fue variable ya que dependió del ancho del fragmento en ese punto donde se fueron realizando. Se establecieron un total de 269 plantas (138 Grupo 1 y 131 del Grupo 2).

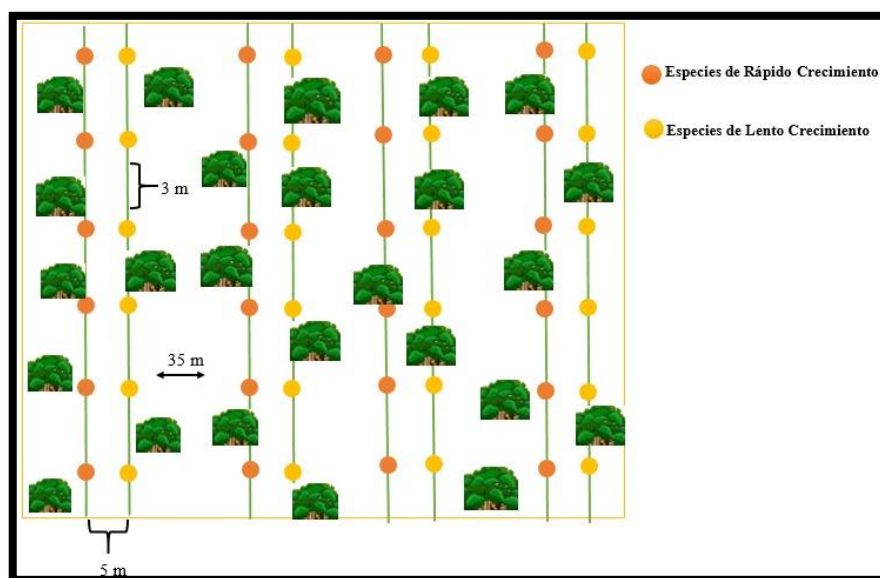


Figura 2. Diseño de las fajas de enriquecimiento implementadas en el fragmento seco, Finca el Plantel

c) Establecimiento de las líneas

Para realizar el alineamiento de las líneas de plantación, se utilizó una brújula para establecer el rumbo a seguir que fue de este (180°) a oeste (270°). Se fueron colocando estacas cada 15 metros desde el inicio hasta el final de la línea, esto con el objetivo delimitar los puntos donde va cada planta y facilitar el proceso de ahoyado y planta. Una vez alineadas, se procedió a ahoyar los puntos donde fueron cada planta, esto con ayuda de palines dobles se realizaron los hoyos. Las dimensiones variaron según el tamaño de las bolsas, dichas dimensiones fueron de 20 cm de profundidad por 15 cm de ancho.

Se realizaron dos grupos de especies de las cuales tendrán un orden determinado que se muestra en el cuadro 1.

Cuadro 1. Orden de plantado de las especies a establecer en las fajas de enriquecimiento por grupos.

Grupo de especie	Orden de plantado	Especies	Nombre científico
Grupo 1	1	Falso roble	<i>Tabebuia rosea</i>
	2	Brasil blanco	<i>Caesalpinia velutina</i>
	3	Pintadillo	<i>Caesalpinia eriostachys</i>
	4	Mezquite	<i>Prosopis juliflora</i>
	5	Elequeme	<i>Erythrina berteroana</i>

Cuadro 1. Continuación ...

Grupo 2	1	Guayacán	<i>Guaiacum sanctum</i>
	2	Madroño	<i>Calycophyllum candidissimum</i>
	3	Caoba	<i>Swietenia humilis</i>
	4	Guapinol	<i>Hymenaea courbaril</i>
	5	Ojoche	<i>Brosimum alicastrum</i>

d) Manejo de plantas

- **Limpieza**

Se realizó limpieza en el lugar donde se establecieron las líneas con ayuda de machetes. Asimismo, se realizó el caseo a las plantas establecidas en las líneas. Estas no se podían limpiar de forma mecánica debido a que no hay accesibilidad de maquinaria a este sitio, además de que se busca como generar el menor impacto al resto de la vegetación natural en el bosque.

- **Eliminación de algunos troncos y arbustos cercanos**

Se eliminaron arbustos cercanos y troncos que dificultaron la realización de las actividades con el apoyo de machetes, esto con el fin de reducir el riesgo a incendios, el control de diseminación de enfermedades, asimismo el incremento de paso de la luz a través de la copa para el mejor desarrollo de plantas. Se buscó con ello que las plantas establecidas tuvieran menor competencia con especies que no eran de interés, aunque esto solo se aplicó a puntos específicos donde estaban las plantas.

4.2.2.2 Plantación de enriquecimiento a través de núcleos de restauración

a) Selección de plantas

Se seleccionaron 6 especies, las cuales son el Granadillo (*Dalbergia retusa*), Guayacán (*Guaiacum sanctum*), Madroño (*Calycophyllum candidissimum*), Cedro (*Cedrela odorata*), Brasil blanco (*Caesalpinia velutina*), Chaperno (*Lonchocarpus minimiflorus*). Estas especies fueron seleccionadas como especies con valor ecológico (melífera, como alimento para la fauna, especies fijadoras de nitrógeno, etc.) asimismo como especies que se encuentran naturalmente en el bosque tropical seco y que permitirán ir recreando a nivel de la diversidad y estructura, lo que en su momento fue este ecosistema antes de ser degradado dichas plantas se obtuvieron del vivero forestal del Departamento de Manejo de Bosques.

b) Diseño de plantación

En el diseño de esta técnica se consideró la sucesión natural o ecológica, un proceso evolutivo natural por el que unas especies ocupan paulatinamente el lugar de otras, a través de la sucesión se esperó lograr cambios progresivos en la composición florística en el bosque tropical seco.

Se llevaron a cabo 5 núcleos de restauración en el fragmento de bosque seco, se lanzaron 8 radios a partir del centro del núcleo, cada radio tiene una longitud de 10 metros y las especies seleccionadas tienen un distanciamiento entre ellas de 2 metros (Figura 3). Los núcleos poseen 8 individuos por anillo, 5 individuos por líneas y uno en el centro del

núcleo, haciendo un total de 41 individuos por núcleo, repitiendo esta técnica en los demás claros.

El tamaño del núcleo como el distanciamiento entre plantas son decisiones estratégicas que buscan acelerar la sucesión ecológica, maximizar la eficiencia de los recursos, crear un microclima favorable, y promover la regeneración natural en las áreas circundantes al núcleo plantado. La elección de este distanciamiento se fundamenta en el tamaño de los claros para evitar colocar plantas bajo la sombra de las especies que se encuentran en el borde de estos.

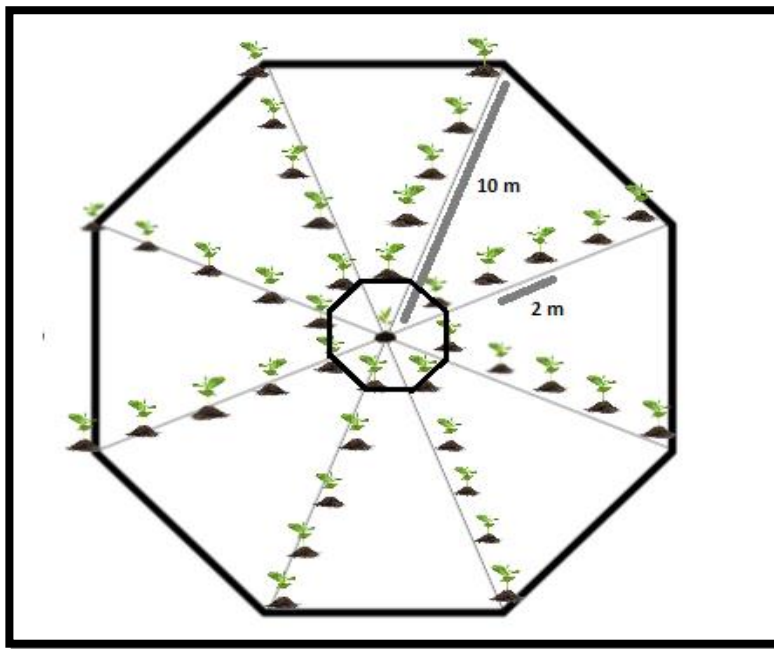


Figura 3. Diseño de la nucleación en el fragmento

c) Alineado de radios

Se definió el centro del claro con una estaca; posterior nos ubicamos en el norte con la ayuda de una brújula, hasta levantar la primera línea. Luego se tomó un ángulo de 45° a partir de la primera línea establecida en sentido de las manecillas del reloj haciendo un total de ocho líneas hasta formar un octágono.

d) Ahoyado y plantado

En el centro de los núcleos se sembró la especie Granadillo posteriormente se siguió el orden que se presenta en el cuadro 2, se sembró 1 Granadillo por núcleo y asimismo se sembraron 8 individuos por cada una de las 5 especies restantes, esta actividad se realizó en los meses de julio a agosto esto con el fin de aprovechar las últimas lluvias del año. Los huecos fueron de aproximadamente 40 cm de profundidad.

El Granadillo en el centro del núcleo de restauración es una decisión estratégica que no solo busca la recuperación de una especie en peligro con un alto valor económico, sino que también es fundamental para acelerar la sucesión ecológica, establecer un bosque más

biodiverso y estructuralmente complejo, y garantizar la resiliencia a largo plazo del ecosistema restaurado.

Cuadro 2. Diseño de siembra para los núcleos de restauración en áreas de claro dentro del fragmento de bosque

Orden	Nombre común	Nombre de científico
0	Granadillo	<i>Dalbergia retusa</i>
1	Guayacán	<i>Guaiacum sanctum</i>
2	Madroño	<i>Calycophyllum candidissimum</i>
3	Cedro	<i>Cedrela odorata</i>
4	Brasil blanco	<i>Caesalpinia velutina</i>
5	Chaperno negro	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i>

e) Manejo de plantas

- **Riego**

Se llevaron a cabo riegos en la época seca que permitieran un mayor porcentaje de sobrevivencia de las plantas establecidas en el fragmento de bosque. Para ello, se utilizó el agua de la fuente más cercana para luego recolectarla en baldes y se trasladó en camioneta lo más cerca de las plantaciones. Se aplicaron aproximadamente 6 litros de agua por planta para garantizar que el suelo quedará con humedad y pudiera ser aprovechado por esta.

- **Limpieza**

Se realizó limpieza en el lugar donde se establecieron los núcleos con ayuda de machetes, asimismo se realizó el caseo a las plantas establecidas para que mantuvieran la humedad por más tiempo.

f) Variables evaluadas en ambas técnicas

- **Diámetro basal (mm)**

Se comenzó las medidas desde el suelo al ápice de la planta, haciendo uso de vernier (pie de rey).

- **Altura total (cm)**

Para el levantamiento de la altura se llevó a cabo desde la superficie del suelo hasta la inserción de la hoja bandera, con el uso de cinta métrica de 5 metros.

- **Sobrevivencia**

Para calcular el porcentaje de supervivencia de las plantas se utilizó la siguiente ecuación (Linares, 2005) citado por Barreto (2015).

$$\text{Porcentaje de Supervivencia} = \frac{Pv}{(pv + pm)} \times 100$$

Dónde:

Pv: Plantas vivas

Pm: Plantas muertas

4.2.2.3 Establecimiento de parcelas permanentes de muestreo

Se establecieron 4 parcelas permanentes en el fragmento de bosque para realizar monitoreos, fundamentales para estudiar y comprender los mecanismos que controlan la dinámica de los procesos ecológicos en diferentes escalas espaciales y temporales. Estas parcelas permitieron generar información sobre la estructura y composición del bosque, así como evaluar la dinámica de estos ecosistemas. Las parcelas se ubicaron de forma intencionada atendiendo dos criterios:

1. Presencia de vegetación forestal.
2. Presencia de especies en sus 3 categorías: fustales, latizales y brinzales.

a) Diseño y establecimiento de las parcelas

Las parcelas cuentan con una dimensión de 25 metros por 25 metros cada una en la que se recopilaban datos de especies de la categoría fustales (árboles con DN mayor a 10 cm). Dentro de estas se realizó 2 sub-parcelas en esquinas opuestas, las dimensiones son de 10 metros por 10 metros donde se tomó datos de especies de la categoría de latizales (árboles con altura mayor a 1.5 m y diámetro normal menor a 9.9 cm) y otra parcela de 5 m x 5 m en el cual se tomaron los datos de las especies de la categoría de brinzales (mayores a 0.3 m y menores a 1.5 m de altura) (Figura 4).

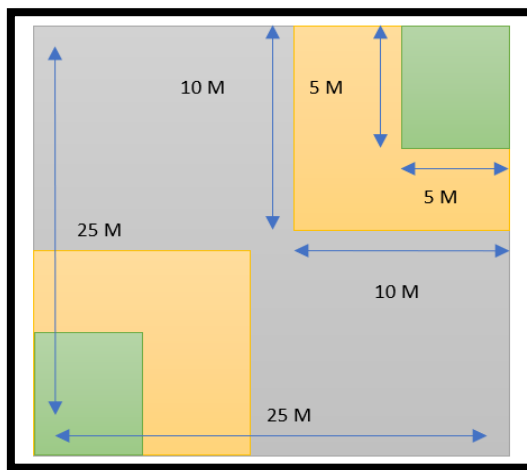


Figura 4. Dimensión de las parcelas permanentes de muestreo y subdivisiones

Para la delimitación se utilizó una brújula, ubicándose en una de las esquinas de la parcela, tomando como referencia al norte franco (360°) a partir de aquí se medirán 25 metros en dicha dirección y se colocó una varilla de hierro. Posteriormente, se giró hacia el este franco (90°) y se medirán 25 metros, colocando una varilla de hierro. Se repitió este procedimiento hasta haber cuadrado la parcela. Una de las varillas se ubicó en el centro de la parcela, esta se georreferencio al igual que los 4 vértices.

Las varillas tienen una dimensión de 20 cm en el cual 5 cm se estará enterrando y 15 cm quedo expuesto para una mejor visualización de ella.

- **Codificación de los árboles**

Se colocó con pintura el número del árbol y con una línea se marcó la altura hasta donde se midió el diámetro; en el caso de latizales se les colocó una etiqueta de aluminio y en los brinzales solamente se realizó un recuento. Las mediciones se hicieron 2 veces durante un año (inicial y al final).

- b) **Variables evaluadas en las parcelas permanentes de muestreo**

- **Diámetro Normal (DN)**

Las mediciones se realizaron con una cinta diamétrica, primeramente, se ubicaron los 1.30 metros desde el nivel del suelo, referida al diámetro a la altura del pecho.

- **Altura**

Altura total desde el suelo hasta el ápice de la copa. Se midió en forma vertical, en metros con precisión al decímetro y redondeado al decímetro inferior. La altura total se estimó con ayuda de un clinómetro.

- **Incremento Corriente Anual (ICA)**

Con las mediciones del crecimiento de diámetro y altura y los volúmenes calculados, en los dos años de evaluación, se hicieron los cálculos de ICA a cada árbol por cada una de las variables referidas. (Espinoza y Rodríguez, 2010).

$$(ICA): \text{Medición 2023} - \text{Medición 2024}$$

- **Tasa de mortalidad y reclutamiento**

La tasa anual de mortalidad se estimó de acuerdo con Primack et al., (1985).

$$Tam = 1 - \left(\frac{N_{final}}{N_{inicial}} \right)^{\frac{1}{t}}$$

Dónde:

N_{final}: Población al final del periodo

N_{inicial}: Población al inicio del periodo

t: Tiempo del periodo

La tasa promedio anual reclutamiento (r) se estimó usando un modelo logarítmico (Hoshino, et al., 2002) citada por Narváez (2012).

$$r: (\ln N_{00} - \ln N_s) / T$$

Dónde:

r: Es el reclutamiento expresado en porcentaje.

N_s: Es el número de individuos vivos en el 2024 = (N₂₃ – Número de individuos muertos en el periodo)

N00: Número de individuos vivos durante el segundo registro = (Ns + número de individuos reclutados en T intervalo de tiempo).

Análisis de la Tasa anual de pérdida, ganancia y de incremento del área basal (Magurran, 1988)

Tasa anual de pérdida en área basal (%/año)

$$P = \frac{\ln AB_{2023} - \ln AB_{s2023}}{t}$$

Tasa anual de ganancia en área basal (%/año)

$$G = \frac{\ln AB_{2024} - \ln AB_{s2023}}{t}$$

Tasa anual de crecimiento en área basal (%/año)

$$i = \frac{\ln AB_{s2024} - \ln AB_{s2023}}{t}$$

Dónde:

P: Tasa anual de pérdida en área basal (%/año)

G: Tasa anual de ganancia en área basal (%/año)

i: Tasa anual de crecimiento en área basal (%/año)

ln: Logaritmo natural

AB23: Área basal de los individuos registrados en 2023

ABs23: El área basal en el 2023 de los individuos sobrevivientes hasta el 2024

ABs24: Área basal en el 2024 de los individuos sobrevivientes de 2023 a 2024

AB2024: ABs24 + Área basal de los individuos reclutados en el 2024

t: Intervalo de tiempo entre el primer y último muestreo, expresado en años.

4.3 Procesamiento de datos

En esta etapa se ejecutó lo que es el procesamiento de datos que se levantó en el periodo de 1 año, esto posteriormente a la etapa de campo. Se organizó la base de datos en Excel provenientes de las parcelas permanentes de muestreo, así como los datos provenientes de las técnicas de enriquecimiento. Se analizaron dichos datos para lograr evaluar las técnicas de enriquecimiento que se están realizando.

Luego se redactó los primeros borradores en el software Microsoft Word 2019. En el caso de los mapas de ubicación de parcelas y las técnicas de restauración, se hicieron en el programa ArcGis 10.3.

V. RESULTADOS

5.1. Supervivencia de las plantas establecidas en las fajas de enriquecimiento y núcleos de restauración

5.1.1. Supervivencia de las fajas de enriquecimiento

En el Cuadro 3, se muestra el comportamiento de dos grupos de especies evaluadas en las fajas de enriquecimiento, obteniendo una supervivencia en el primer grupo del 68.12% de plantas vivas, con un total de 138 individuos, de los cuales 94 se encontraron vivas y 44 muertas.

Las especies con mayor supervivencia total del Grupo 1, fueron el Falso roble con un 86.21%, seguido del Pintadillo con el 82.14%, las cuales lograron tolerar las condiciones de cobertura existentes. La especie con un menor porcentaje fue el Mezquite, con el 29.63% con un total de 27 plantas, de las cuales se registraron 19 muertas y 8 vivas. Para esta última, su bajo porcentaje de supervivencia se pudo deber a diversos factores, principalmente antropogénicos como machetazos por personas en busca de leña o postes, y pisadas, puesto que esta especie no se visualizaba fácilmente (alturas menores a 30 cm), asimismo el factor clima pudo afectar en la supervivencia.

En el Grupo 2 se obtuvo una supervivencia total del 83.21% (cuadro 3), siendo las especies que mostraron mayor supervivencia Caoba (*Swietenia humilis*) y el Guapinol (*Hymenaea courbaril*), con el 92.31%, seguido del Madroño (*Calycophyllum candidissimum*) con un 88.46 % de supervivencia, en cambio el Guayacán fue el que presentó menor supervivencia con un 71.43% con 20 plantas vivas y 8 plantas muertas.

Sediles (2010) evaluó por un período de seis meses la plantación de enriquecimiento en un área de bosque seco secundario; fue posible observar una tendencia general a favor de una supervivencia satisfactoria de las tres especies evaluadas en el estudio, Cedro (*Cedrela odorata*), Pochote (*Pachira quinata*) y Caoba del pacífico (*Swietenia humilis*), esta última especie obtuvo aproximadamente 90 % de supervivencia al final del periodo, similar a lo reportado en este estudio, no reportándose afectaciones por algún tipo de plaga o enfermedades evidentes.

Igualmente, en referencia los valores de supervivencia del Guapinol, Sobalvarro y Picado (2012), reportan que en las plantaciones de *H. courbaril* establecidas en la Finca el Plantel obtuvieron una supervivencia general de 61.6% siendo un valor bajo en comparación con los resultados de este estudio, lo que se puede asociar a que la especie se estableció en un área sin ningún tipo de cobertura, mientras que en el caso del presente estudio tuvieron cierto grado de cobertura que pudo favorecer una mayor supervivencia, lo que sugiere que se pueden obtener mejores resultados de supervivencia bajo cobertura del dosel.

A través de este análisis se puede contemplar que el Grupo 2 fue el que presentó mayor porcentaje de supervivencia, por lo que las especies que se encuentran en este grupo lograron tener una mejor respuesta a las diferentes condiciones ambientales, el efecto de la cobertura y las limitaciones hídricas.



Figura 5. Afectaciones en fajas de enriquecimientos en la Finca el Plantel

En referencia a los valores de sobrevivencia del Brasil blanco, Martínez y Castillo (2013), señalan en su estudio que esta especie presentó mayor porcentaje sobrevivencia (69%) ya que esta crece muy bien en plantaciones, además que crece en sitios con baja fertilidad de suelo como en San Francisco Libre y Tipitapa. El resultado de sobrevivencia obtenido en el estudio de Martínez y Castillo (2023) muestra una gran similitud al presente trabajo.

Se puede evidenciar un mayor contraste si se compara con los resultados obtenidos por Calixtro y Suárez (2022) quienes evaluaron la sobrevivencia en plantación forestal de esta especie, resultando una sobrevivencia de entre 90 % y 94 % a los 10 meses de establecidas en dos callejones. Esta diferencia puede explicarse dado que en dicho estudio las plantas se ubicaron en callejones donde había mayor incidencia de luz, lo que podría indicar que esta especie requiere mayor cantidad de iluminación y explicaría por qué hay una sobrevivencia más baja donde hay cobertura.

Es importante destacar que estas especies son propias de bosques secos y en cuanto a la Caoba (*Swietenia humilis*) debido a la explotación irracional de esta especie, actualmente se encuentra en el apéndice II de las CITES (The Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora) y se prohíbe su comercialización, por lo que su alto porcentaje de sobrevivencia en estas condiciones puede valorarse como positivo para ser considerado en otros proyectos de restauración, aunque no necesariamente se obtengan mismos resultados.

Cuadro 3. Comportamiento de la sobrevivencia de los dos grupos de especies establecidas en las fajas de enriquecimiento

Grupo	Especie	Muertas	Vivas	Total	Porcentaje de sobrevivencia
1	Brasil blanco	9	19	28	67.86
	Falso roble	4	25	29	86.21
	Helequeme	7	19	26	73.08
	Mesquite	19	8	27	29.63
	Pintadillo	5	23	28	82.14
	Total	44	94	138	68.12
2	Caoba	2	24	26	92.31
	Guapinol	2	24	26	92.31
	Guayacán	8	20	28	71.43
	Madroño	3	23	26	88.46
	Ojoche	7	18	25	72
	Total	22	109	131	83.21

5.1.2 Sobrevivencia de la técnica de nucleación

Respecto a la sobrevivencia en los sistemas de nucleación se puede observar en el cuadro 4, que de los cinco núcleos que se realizaron, el núcleo 2 fue el que presentó mayor porcentaje de sobrevivencia con el 46.34%, seguido del núcleo 1 con un porcentaje total de 41.46%, el núcleo 3 con un porcentaje de 17.07% y el núcleo 4 con un porcentaje del 2.44%.

Por otro lado el núcleo 5 fue el que presento el 0% de sobrevivencia esto, debido de diversos factores, principalmente el difícil acceso a alguna fuente de agua para el riego ya que estos núcleos estaban ubicados al fondo del bosque y se complicó el acceso para la realización de la actividad de riego, para esta actividad solamente se realizó un riego en temporada seca y asimismo en esa zona se encontró lo que se conoce como talpetate que es una piedra caliza y arenosa que pudo dificultar la sobrevivencia principalmente el núcleo 3, 4 y 5.



Figura 6. Zona donde se encontró talpetate

Para esta técnica en el primer núcleo las especies que presentaron mayor sobrevivencia fue el Brasil blanco con el 75% de sobrevivencia, seguido del Madroño con un 62.5% de sobrevivencia y el Chaperno con un 50% de sobrevivencia, por otro lado las especies que presentaron el menor porcentaje fueron el Granadillo y el Cedro real con el 12.5% de sobrevivencia, seguido del Guayacán con un 0% de sobrevivencia.

En el segundo núcleo las especies con mayor sobrevivencia fueron Brasil blanco y Madroño los dos con el 75% y Chaperno Negro con el 62.5%, por otro lado, las especies con menor porcentaje fueron el Cedro real con 25% y el Granadillo y Guayacán con el 0% de sobrevivencia,

Ya en el tercer núcleo el Madroño fue el que presentó 50% de sobrevivencia siendo el que presenta mayor sobrevivencia, seguido del Cedro real con 25% y Chaperno Negro con el 12.5%. Lo que respecta el Brasil blanco, Granadillo y Guayacán presentaron un 0% de sobrevivencia. Esto evidencia la necesidad de modificar o implementar otra técnica que permita a las plantas sobrevivir bajo estas condiciones de suelos con poca profundidad y dificultad para acceder a agua durante la época seca, al menos en los primeros años de establecido el núcleo, además que las temperaturas y radiación solar puede ser más severas en estos sitios en comparación con áreas donde hay mayor cobertura.

Otro factor que se ha venido mencionando es la incidencia de acciones antropogénicas, donde se logró observar árboles cortados (para postes o leña) por lo que accidentalmente pudieron haber pasado sobre las plantas y con ello, aumentado la mortalidad.

Cuadro 4. Comportamiento de la sobrevivencia en porcentaje de las especies establecidas en la técnica de nucleación

Especie	Núcleo				
	1	2	3	4	5
Brasil blanco	75	75	0	0	0
Cedro real	12.5	25	25	0	0
Chaperno negro	50	62.5	12.5	0	0
Granadillo	12.5	0	0	0	0
Guayacán	0	0	0	0	0
Madroño	62.5	75	50	12.5	0
Sobrevivencia/núcleo	41.46	46.34	17.07	2.44	0

5.2 Análisis del incremento en diámetro basal y altura de las plantas establecidas en las fajas de enriquecimiento

Para este análisis solamente se consideró la información proveniente de las fajas de enriquecimiento, dado que los núcleos presentaron valores de sobrevivencia muy bajos y en la mayoría de los casos el 100 % de mortalidad, por lo que se concluyó que los resultados promedios de estas plantas no aportarían a un dato real de crecimiento e incremento de diámetro y altura.

Se puede observar en el cuadro 5 que hay diferencias en el incremento de las especies establecidas en las líneas del Grupo 1 y el Grupo 2 siendo las del primer grupo, las que se adaptaron mejor en el fragmento de bosque, reportando los mayores valores las especies como Falso roble (*Tabebuia rosea*) con un incremento en diámetro de 7.8 mm al año y con de altura de 70.60 cm/año, Helequeme (*Erythrina berteroana*) con un incremento de diámetro basal 13.68 mm/año y con una altura de 70.60 cm/año, Brasil blanco (*Caesalpinia velutina*) con incremento de su diámetro basal de 5.74 mm/año y con una altura de 40.85 cm/año.

En lo que respecta el incremento en diámetro basal de *C. velutina*, Calixtro y Suárez (2022) obtuvieron un incremento en diámetro basal de 0.721 mm/mes en el callejón con distanciamiento de 2 m x 3.5 m, lo cual si extrapolamos este valor mensual para un año resulta de 8.652 mm/año, y el callejón 2 con un distanciamiento de 1.5 m x 3.5 m con un incremento de 0.923 mm/mes (11.07 mm/año) siendo superior en ambos casos al reportado en este estudio donde la especie se estableció a 3 metros de distancia entre plantas, por lo que se puede esperar un incremento más bajo por no tener alta competencia por el espacio, además de cierto grado de cobertura que pudo incidir en una menor tasa de incremento.

En el caso de la altura los resultados también tienden a variar, donde estos mismos autores reportan 5.358 cm/mes para el callejón 1 (64.29 cm/año) y 6.638 cm/mes (79.66 cm/año) para el callejón 2, superando los incrementos en altura reportados en este estudio. Esta especie aparentemente se desarrolla mejor en sitios abiertos y con poca cobertura, un elemento a considerar para su establecimiento en diferentes contextos.

En referencia a los valores incremento en diámetro basal de la especie Guapinol, Martínez y Castillo (2013), muestra los resultados obtenidos para la variable incremento en diámetro, siendo *Hymenaea courbaril* la especie que obtuvo el mayor valor con 4.43 mm/año, siendo ligeramente superior que los reportados en este estudio, considerando que se establecieron en un sitio con mayor incidencia de iluminación, aunque con una sobrevivencia más baja (63 %), siendo importante destacar que en esta etapa de establecimiento, se debe priorizar la sobrevivencia y posteriormente, aplicar tratamientos que permitan el aumento en diámetro y altura (por ejemplo poda en las áreas donde se encuentran las especies de las fajas que mayor demandan luz).

A pesar de la época de sequía y los diferentes disturbios tanto como ambientales y disturbios antrópicos que se presentaban, estas especies lograron responder positivamente, indicando que son de gran valor para la recuperación de áreas deforestadas y recuperación de la cobertura boscosa en zonas secas.

Las especies del Grupo 2 fueron las que reportaron en promedio los menores incrementos tanto en diámetro basal como en altura. Se puede observar que *S. humilis* obtuvo el mayor incremento en diámetro basal (7 mm/año) aunque no así en altura, mientras que *G. sanctum* obtuvo el menor incremento en diámetro basal (1.35 mm/año) y en altura (0.14 cm/año) lo que la hace una especie que requiere mayor seguimiento para su correcto establecimiento y garantizar un mayor éxito.

En el caso del Madroño (*C. candidissimum*) obtuvo el mayor incremento en altura de este grupo (31.69 cm/año) más alta que los incrementos en altura de alguna de las especies del grupo 1, que pudieron verse limitadas en su crecimiento en altura por el grado de cobertura, mientras el madroño se pudo ver beneficiado.

Importante destacar que *S. humilis* es una de las principales especies forestales del Grupo 2 que respondió mejor tanto en sobrevivencia como en los incrementos del diámetro, a pesar de los diferentes disturbios ambientales y antropicos obteniendo un buen incremento en diámetro y una alta sobrevivencia. Esta es una especie protegida a nivel nacional, encontrándose vedada (Resolución Ministerial No. 010-2024) y se encuentra en el listado de especies amenazadas en la categoría 3, no está en peligro de extinción, pero si continua su mal aprovechamiento podría llegar a estar en peligro.

Como se puede observar en el cuadro 3 el Ojoche tiene una sobrevivencia del 72% siendo este un valor de importancia ya que logro adaptarse de gran manera al ecosistema del fragmento de bosque de la Finca el Plantel formando parte de las especies tanto como en altura y diámetro obteniendo buenos resultados.

Según Somarriba y Reyes (2024) en su estudio la especie del Ojoche cuenta excelentes resultados en su sobrevivencia dichos resultados se pueden atribuir a las condiciones edafoclimáticas del sitio y especificaciones ecológicas de la especie las cuales se cumplen dentro del área de los ensayos, de igual manera se resalta la adaptabilidad de esta especie, afirmando la gran utilidad de estas utilizarse en técnicas de restauración activa en áreas degradadas para poder recuperar capacidad arbórea.

Cuadro 5. Incremento en diámetro basal y altura de los dos grupos de especies establecidas en las fajas de enriquecimiento

Grupo	Especie	Inc. Diámetro (mm año ⁻¹)	Inc. Altura (cm año ⁻¹)
1	Brasil blanco	5.74	40.85
	Falso roble	7.68	28.23
	Helequeme	13.68	70.60
	Mesquite	2.63	14.79
	Pintadillo	4.96	25.24
	Promedio	6.94	35.94
	Caoba	7.00	21.88
2	Guapinol	3.08	16.58
	Guayacán	1.35	0.14
	Madroño	5.79	31.69
	Ojoche	2.36	22.85
	Promedio	3.92	18.63

5.3 Cambios en la riqueza y estructura del fragmento de bosque

5.3.1 Composición florística en fustales 2023-2024

Como resultado de la composición del fragmento de bosque seco en la Finca el Plantel, cuyo muestreo se llevó a cabo en el 2023 encontrando un total general de 107 individuos en la categoría de fustal cuya composición florística está conformada por 10 especies, correspondiente a 8 familias. En el 2024 se contabilizaron 111 individuos, cuya composición florística tiene 10 especies, correspondientes a 8 familias, a través de esta información podemos ver que se dio un aumento significativo.

Esto es una señal positiva que indica que el ecosistema se está regenerando. Las posibles causas incluyen la germinación de nuevas semillas, el crecimiento de plántulas que antes no se contaban, condiciones climáticas favorables o la reducción de disturbios (incendios, tala).

En el cuadro 6, se puede observar el número de individuos por especie que se encontraron en la categoría fustal, donde la especie con más predominancia en cuanto abundancia en el 2023 son: Neem (*Azadirachta indica*) con 52 individuos de la familia Meliaceae, seguido del Laurel (*Cordia alliodora*) con 12 individuos perteneciente de la familia Boraginaceae, Cortez (*Tabebuia ochracea*) 11 individuos que comprende de la familia Bignoniaceae. Asimismo, la familia con más representación en el área es la Boraginaceae con 2 especies que son el Laurel (*Cordia alliodora*) y Tigüilote (*Cordia dentata*).

En lo que es el 2024, el Neem (*Azadirachta indica*) sigue siendo la especie más predominante del lugar, pero esta vez con 54 individuos, seguido del Laurel (*Cordia alliodora*) con 12 individuos, Cortez (*Tabebuia ochracea*) con 12 individuos. Para esta categoría hubo un ligero aumento en los individuos.

En el caso de especies que se mantuvieron con la mismos cantidad de individuos para el 2023 y 2024, se encontraron Aguja de arra (*Xylosma horrida*), Falso roble (*Tabebuia rosea*), Acetuno (*Simarouba amara*), Jiñocuabo (*Bursera simaruba*) y Tigüilote (*Cordia dentata*).

Cuadro 6. Composición florística de la categoría fustal en la Finca el Plantel

Especies	Nombre científico	Familia	Individuos 2023	Individuos 2024
Acetuno	<i>Simarouba amara</i>	Simaroubaceae	3	3
Aguja de arra	<i>Xylosma horrida</i>	Flacourtiaceae	2	2
Cortez	<i>Tabebuia ochracea</i>	Bignoniaceae	11	12
Espino de playa	<i>Pithecellobium dulce</i>	Fabaceae	4	4

Cuadro 6. Continuación...

Especies	Nombre científico	Familia	Individuos 2023	Individuos 2024
Falso roble	<i>Tabebuia rosea</i>	Bignoniaceae	2	2
Guácimo de molenillo	<i>Luehea candida</i>	Tiliaceae	9	10
Jiñocuabo	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	3	3
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	12	12
Neem	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	52	54
Tigüilote	<i>Cordia dentata</i>	Boraginaceae	9	9
Total			107	111

5.3.2 Composición florística latizales 2023-2024

La abundancia del bosque seco en la Finca el Plantel fue en 2023 de 214 individuos en la categoría de latizal, cuya composición florística está conformada por 12 especies, correspondiente a 10 familias. En el 2024 se contabilizaron 190 individuos, cuya composición florística tiene 10 especies, correspondientes a 9 familias.

En la categoría de latizal se puede observar que del 2023-2024 hubo un cambio en la riqueza y en la abundancia, esto se puede apreciar en el cuadro 7, donde las especies con más predominancia en el 2023 son: Neem (*Azadirachta indica*) con 92 individuos de la familia Meliaceae, seguido del Guácimo de molenillo (*Luehea candida*) con 39 individuos perteneciente de la familia Tiliaceae, Laurel (*Cordia alliodora*) 31 individuos de la familia Boraginaceae, esta última la más representativa junto con Fabaceae, cada uno con dos especies.

Para 2024, el Neem (*Azadirachta indica*) sigue siendo la especie más predominante del lugar, pero esta vez con 84 individuos, seguido del Guácimo de Molenillo (*Luehea candida*) con 34 individuos, Laurel (*Cordia alliodora*) con 25 individuos. Se destaca el hecho de que la especie Neem también conocida con Nin o Margosa fue encontrada en las 5 parcelas, siendo un árbol exótico originario de Asia suroriental.

De esta especie se puede obtener muchos beneficios no maderables, pero también es una especie categorizada como invasora y estas son aquellas que se introducen en otros territorios y logran adaptarse, establecerse, reproducirse y dispersarse hasta colonizar el entorno, formar nuevas poblaciones y causar impactos en la biodiversidad, la salud o la economía (WWF, 2022).

Resulta importante prestar especial atención al comportamiento de esta especie en las 3 categorías de vegetación, dado que podría representar un problema por la competencia que puede generar y con ello, desplazar las especies nativas o continuar su dominancia, alterando el proceso de sucesión ecológica y aumentando la degradación en este sitio al verse restringido en su evolución natural.

Cuadro 7. Composición florística de la categoría de latizal en la Finca el Plantel

Especie	Nombre científico	Familia	Abundancia 2023	Abundancia 2024
Aguja de arra	<i>Xylosma horrida</i>	Flacourtiaceae	3	3
Cimarra	<i>Bonellia nervosa</i>	Primulaceae	1	0
Cornizuelo	<i>Vachellia collinsii</i>	Fabaceae	1	1
Cortez	<i>Tabebuia ochracea</i>	Bignoniaceae	21	20
Endurece maíz	<i>Capparis indica</i>	Capparaceae	1	1
Guácimo de molenillo	<i>Luehea candida</i>	Malvaceae	39	34
Huevo de chanco	<i>Tabernaemontana glabra</i>	Apocynaceae	5	5
Jiñocuabo	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	15	13
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	31	25
Mezquite	<i>Prosopis juliflora</i>	Fabaceae	1	0
Neem	<i>Azadirarrecta indica</i>	Meliaceae	92	84
Tigüilote	<i>Cordia dentata</i>	Boraginaceae	4	4
Total			214	190

5.3.3 Composición florística brinzales 2023-2024

El muestreo realizado para la categoría de brinzal en 2023 mostró que para esta categoría se encontraron un total de 48 individuos, cuya composición florística está compuesta por 8 especies correspondiente a 7 familias. En el 2024, se llegó a encontrar 29 individuos, se puede ver en el cuadro 8, que hubo una disminución de 19 individuos en total de las cuales el Espino de playa, Cortez, Laurel y Huevo de chanco en el 2023 se encontraron un individuo por cada una de estas especies mencionadas, ya para el 2024 estos individuos ya no se encontraron en el área de estudio, esto relacionada a afectaciones ya mencionadas como la sequía y afectaciones,

En lo que respecta el Jiñocuabo y Tigüilote se mantuvieron con los mismos individuos encontrados en el 2023 al 2024, cabe destacar que estas especies eran la se encontraron con una mayor presencia en el área y tenían mejor visualización de ella hablando de la altura. El Jiñocuabo aporta servicios ecosistémicos como la cobertura de hojarasca, conservación del suelo, control de erosión, asimismo como la protección al suelo con su denso follaje, recuperación de terrenos degradados, barrera contra incendios entre otros beneficios tanto ecológico como beneficios no maderables.

En cuanto el Tigüilote, es una especie útil para estabilización de taludes, recuperación de áreas degradadas (por ser un árbol pionero que tolera fuertes vientos y suelos degradados), recuperación y conservación de suelos y restauración de áreas degradadas por fuegos.

En tanto el Neem, Guácimo de molenillo y Espino de playa solo sufrieron algunas pérdidas de individuos, conforme estas información se puede observar que no hubo nuevas especies ni aumento de individuos por especies en el lapso de un año y esto, se debe a los factores ya mencionados y debido a esto se debe reflejar la importancia del seguir con estudios similares y de realizar monitoreos constantes en la zona.

Cuadro 8. Composición florística de la categoría de brinzales en la Finca el Platel

Especies	Nombre científico	Familia	Abundancia 2023	Abundancia 2024
Neem	<i>Azadirachta indica</i>	Meliaceae	10	5
Guácimo de molenillo	<i>Luehea candida</i>	Malvaceae	4	3
Espino de playa	<i>Pithecellobium dulce</i>	Fabaceae	14	4
Laurel	<i>Cordia alliodora</i>	Boraginaceae	1	0
Tigüilote	<i>Cordia dentata</i>	Boraginaceae	10	10
Jiñocuabo	<i>Bursera simaruba</i>	Burseraceae	7	7
Cortez	<i>Handroanthus ochraceus</i>	Bignoniaceae	1	0
	<i>Tabernaemontana glabra</i>			
Huevo de chanco		Apocynaceae	1	0
Total			48	29

5.3.4 Análisis de diversidad en el periodo 2023-2024 en fustales, latizales y brinzales

Se reportó un índice de diversidad para fustales de Simpson en 2023 de 0.7229 y en el 2024 de 0.7219, a través de esta información se considera que el área posee cierto nivel de uniformidad de los individuos por especies y conforme a esto se puede lograr el aumento de esta, esto mediante el manejo de la regeneración natural o la exclusión de los disturbios, por otro lado, el análisis de t – student indica que no existen diferencia estadísticamente significativa ($p = 0.98$).

En cuanto a los latizales, se reportó con un índice de Simpson de 0.7453 mientras que en 2024 fue de 0.738. En lo que es el análisis de T se encontraron diferencias estadísticamente significativas ($p=0.82$). Como se puede observar para esta categoría de latizal la abundancia en el año 2023 al 2024 tuvo una disminución siendo la especie del Neem la más abundante en el primer año con 92 individuos y al siguiente año con 84 individuos.

En relación los brinzales, se reportó un valor de 0.7986 en el índice de Simpson en 2023 y 0.7634 en 2024, no encontrando diferencias estadísticas al comparar ambos años. Sin embargo, es notable una alta disminución en el número de individuos que afectó el valor del índice por razones de mortalidad de las especies, por lo que hay elementos en el sitio que pueden estar perturbando la dinámica de la regeneración y por ende, su diversidad, lo que debe ameritar medidas para la identificación de los principales elementos tensionantes en el ecosistema así como su manejo.

Cabe destacar que en esta categoría se encuentran aquellas plantas que recientemente formaron parte de una dinámica de dispersión en el bosque, esto es, desde la formación de la flor, fruto y dispersión de las semillas, por lo que se podría valorar identificar si la afectación es en la etapa de dispersión, germinación (semillas pueden ser afectadas por depredadores o microorganismos) o durante el crecimiento de la plántula.

5.3.5 Cambios en la estructura del bosque en fustal y latizal

Análisis de los cambios en fustal

Cuando se habla de incremento corriente anual se refiere al crecimiento que tiene el árbol entre un año y otro de evaluación; lo que puede variar en dependencia de la edad del árbol. Los árboles obtienen mayor crecimiento a una edad joven y tienden a decrecer a una edad madura, pero en el transcurso de su vida pueden existir variaciones entre un período y otro debido a las condiciones climáticas, edáficas y fitosanitarias que presenta el entorno, donde en un año de evaluación pueden registrar crecimientos mayores que en otro período (Espinoza y García, 1994).

En el cuadro 9, se puede apreciar que de manera general se obtuvo un incremento corriente anual de 0.68 cm/año para el periodo de estudio donde la especie Neem fue el que presentó el mayor incremento en el año con 1.62 cm/año, seguido del Aguja de arra con 1.0 cm/año, por otro lado, el Falso Roble y el Jiñocuabo fueron los que tuvieron el menor incremento en el año, con un incremento de 0.10 cm/año y 0.13 cm/año respectivamente.

El incremento reportado para *T. rosea* contrasta con el valor reportado por Pineda – Herrera, Valdez – Hernández y Pérez – Olvera (2016), con un crecimiento anual promedio de 0.58 cm obtenido a partir de una muestra de 16 árboles en 4 categorías diamétricas, lo que puede explicar el valor bajo de este estudio al únicamente ser analizados 2 individuos de una sola categoría diamétrica, lo que sugiere contar con mayor cantidad de muestras. Por otro lado, existen factores que también pueden influenciar este resultado y el de las otras

especies con incrementos bajos, principalmente el efecto de competencia y dificultad para adaptarse al sitio.

Según Alvarado y Carpintero (2011), que realizaron el proyecto de comparación y manejo de dos especies, *Swietenia macrophylla* y *Azadirachta indica* que fueron evaluadas en función de su adaptabilidad, crecimiento y rendimiento en Zamorano, Honduras, el Neem obtuvo incremento medio anual en diámetro a la altura de pecho es 0.8 cm/año. A comparación de Alvarado y Carpintero los resultados que, obtenidos en este estudio más altos, lo que indica que esta especie presenta una buena capacidad de respuesta en diferentes condiciones, además de que este incremento es un indicador claro que la competencia por espacio es bastante agresiva dado que es la única especie que registró un valor superior a 1 cm/año lo que puede conllevar al desplazamiento de las especies nativas a largo plazo por el rápido aumento de tamaño.

Cuadro 9. Incremento Corriente Anual (ICA) de los fustales 2023 – 2024

Especie	Incremento Corriente Anual (cm/año)
Neem	1.62
Aguja de arra	1.00
Guácimo de molenillo	0.81
Cortez	0.76
Laurel	0.72
Espino de playa	0.55
Acetuno	0.53
Tigüilote	0.52
Jiñocuabo	0.13
Falso roble	0.10
Promedio	0.68

Según Téllez (1998), las fuerzas ambientales son una de las causas de la variabilidad de las características en especies forestales especialmente las relacionadas al crecimiento. Además, el crecimiento e incluso la sobrevivencia del árbol son afectados en otras formas por el factor iluminación.

Tabebuia ochraceus es una especie con buen potencial de crecimiento en sitios con condiciones de bosque seco y aun cuando existe fuerte competencia con malezas e influencia de insectos defoliadores, la especie mantiene un crecimiento que se puede calificar como bueno en comparación con otras especies de bosque seco (Martínez y Castillo, 2013) algo que se puede evidenciar en el incremento que obtuvo de 0.76 cm/año.

Análisis de los cambios en latizales

Para el análisis de latizales se puede observar en el cuadro 10, Cimarra (*Bonellia nervosa*) y Mezquite (*Prosopis juliflora*), resultaron ser las 2 únicas especies muertas en el estudio, a pesar de que son especies propias de este tipo de ecosistemas (Grijalva y Quezada, 2014).

Por otro lado Cornizuelo (*Vachellia collinsii*) fue el que presento el mayor incremento al año de 2 cm, siendo una especie que se adapta bien y sobrevive a las condiciones del área de estudio teniendo gran importancia ya que es una especie que se puede encontrar en diferentes bosques secos, seguido del Guácimo de molenillo con un incremento del 0.52 cm al año, mientras que las especies Aguja de arra y Neem fueron los que presentaron el menor incremento en el año (cuadro 10), en lo que respecta el Endurece maíz fue el que no presento incremento en el año, lo que puede significar que la especie es de lento crecimiento y en un año no es posible observar cambios.

En esta categoría, resulta interesante el comportamiento de *A. indica* y *X. horrida*, puesto que en fustales obtuvieron los mayores incrementos, en tanto en latizales este fue más limitado, lo que podría estar influenciado por una mayor competencia con otras especies por una mayor abundancia, por lo que las especies nativas con un sistema de dispersión y reproducción masiva pueden verse favorecidas en esta etapa, para lo cual se podrían plantear escenarios de manejo de la regeneración para disminuir la presencia de Neem en los fustales.

Cuadro 10. Incremento Corriente Anual (ICA) de los latizales 2023 - 2024

Especie	Incremento Corriente Anual (cm/año)
Aguja de arra	0.03
Cimarra*	-
Cortez	0.19
Endurece maíz	0.00
Guácimo de molenillo	0.52
Huevo de chancho	0.36
Jiñocuabo	0.36
Laurel	0.23
Mezquite*	-
Neem	0.17
Tigüilote	0.28
Cornizuelo	2.00
Promedio	0.41
*Especies muertas después de un año	

Ganancia, pérdida e incremento del área basal

En referencia a la ganancia, pérdida e incremento de área basal, se puede observar en el cuadro 11, los diferentes resultados para las categorías de vegetación analizadas. Se puede apreciar que los fustales presentan buenos porcentajes de ganancia (11.64% de área basal en las diferentes especies arbóreas), con una pérdida de área basal del 0% siendo esto de gran importancia ya que, en esta categoría, al no reportarse mortalidad, el resultado esperado es que este valor de estructura aumente.

En el incremento de área basal se obtuvo un 10.46% siendo este resultado de gran importancia para contribuir a la cobertura arbórea para la recuperación del bosque y asimismo conocer y manejar la masa forestal ya que el incremento basal es un parámetro fundamental en la ecología, la gestión forestal y la investigación científica asimismo es una medida que refleja la biomasa y el crecimiento de los árboles.

Para la categoría latizales con relación a la ganancia de área basal cuenta con 12.89% siendo mayor que en la categoría fustal, considerando esto como algo relevante y como parte del proceso natural del desarrollo horizontal del bosque a futuro, por lo que estas especies serán de gran aporte.

Para 2024 se obtuvo un 6.51 % de pérdida de área basal, principalmente por la mortalidad de algunos individuos, aunque esto resulta natural por los procesos propios en la dinámica natural de las especies, siendo la ganancia mayor que la pérdida. Somarriba y Reyes (2024) reportan en su estudio una pérdida de área basal de 5.7 % en fustales y 5.4 % en latizales, ganancia de 29.7 % en fustales y 34.8 % en latizales, así como un crecimiento (%/año) de 16.1 en fustales y 15.6 en latizales. Para este estudio los valores de ganancia son menores tanto para fustales como para latizales, principalmente por la cantidad de individuos muertos en los latizales y el bajo reclutamiento en los fustales, lo que se puede evidenciar en la pérdida (cuadro 11) que es mayor que el estudio de Somarriba y Reyes.

Este dato es importante puesto que en el estudio citado anteriormente, no se reportan altas tasas de mortalidad y por ende, de pérdida de área basal por las prácticas de conservación que se implementan, algo que en el fragmento de bosque en El Plantel ha sido difícil manejar por las perturbaciones que se han logrado evidenciar de forma constante.

Cuadro 11. Valor en porcentaje de ganancia, pérdida e incremento en área basal para fustales y latizales

Categoría	Parámetro	Valor (%)
fustales	Ganancia de área basal	11.64
	Pérdida de área basal	0
	Incremento de área basal	10.46
latizales	Ganancia de área basal	12.89
	Pérdida de área basal	6.51
	Incremento de área basal	12.89

5.4 Análisis de la mortalidad y reclutamiento en el fragmento de bosque de la Finca el Plantel en el periodo de 1 año

5.4.1 Análisis en la categoría de fustales

De acuerdo con el cuadro 12, se presenta una mortalidad general del 0% y un reclutamiento general del 3.67 %, lo que significa que del 2023 al 2024 no se reportó mortalidad en ninguna de las especies y más individuos fueron reclutados. A través de este análisis se puede esperar que los individuos puedan continuar estableciéndose en el bosque, continuando su dinámica, principalmente por la nula mortalidad existente en esta categoría.

La especie de Guácimo de molenillo (*Luehea candida*) es que el que presenta mayor porcentaje de reclutamiento con un 10.54%, seguido del Cortez (*Tabebuia ochracea*) con un reclutamiento de 8.70%, Neem (*Azadirachta indica*) con 3.77%, siendo especies propias del bosque tropical seco, asimismo las especies que no llegaron a tener ningún reclutamiento son el Acetuno (*Simarouba amara*) que se mantuvo con 3 individuos de 2023 al 2024, Aguja de arra (*Xylosma horrida*) que se mantuvo con 2 individuos, así como 5 especies más.

Según Narváez, (2012) un aspecto muy importante relacionado con la composición de las especies, es el tipo de dispersión de semillas. Investigaciones han demostrado que las semillas dispersadas por el viento (anemócoras) llegan en mayor número a los claros, al ser favorecidas por los movimientos del aire, la presión y temperatura.

En los bosques tropicales secos la mayoría de las especies (70 y 90 %), sus semillas se dispersan por el viento, lo que indica que la composición de estos bosques estará en dependencia de las especies aledañas y a las condiciones de espacio y luz que éstas encuentren en el sitio al momento de establecerse.

Otro elemento que puede contribuir al porcentaje de reclutamiento de las especies como el Cortez, Guácimo de molenillo y Neem ya que son especies propias del fragmento que podemos encontrar en todas las áreas que se logran adaptar de gran manera a la vez tienen usos maderables u otros aprovechados por los pobladores cercanos al bosque.

Según Grijalva y Blandon (2005) el Cortez (*Tabebuia ochracea*) y el Guácimo de Molenillo (*Luehea candida*) juntos representan el porcentaje de 34.84% de la abundancia total. Para 1994 la abundancia total encontrada fue de 602.5 árboles por hectáreas esto hace suponer que posiblemente la regeneración en los últimos años ha sido afectada por actividades humanas.

Cuadro 12. Datos de mortalidad y reclutamiento en la categoría fustal en la Finca el Plantel, periodo 2023 – 2024

Especie	N23	NS	N00	% m	% r
Acetuno	3	3	3	0	0
Aguja de arra	2	2	2	0	0
Cortez	11	11	12	0	8.70
Espino de playa	4	4	4	0	0
Falso roble	2	2	2	0	0
Guácimo de molenillo	9	9	10	0	10.54
Jíñocuabo	3	3	3	0	0
Laurel	12	12	12	0	0
Neem	52	52	54	0	3.77
Tigüilote	9	9	9	0	0
Total	107	107	111	0	3.67
N23: Individuos registrados en 2023					
Ns: Individuos sobrevivientes en el segundo registro					
N00: Individuos sobrevivientes + reclutados					

5.4.2 Análisis en la categoría de latizal

En la categoría de latizal se presenta un porcentaje de mortalidad general del 11.82% y de un reclutamiento general del 0%. La Cimarra fue la que presentó un mayor porcentaje de mortalidad con el 100%, esto debido a que solamente había un individuo de esta especie inventariada en el 2023 y en el siguiente levantamiento ya no se encontró la especie en cuestión, otra de las especies con mayor mortalidad fue el Laurel con el 21.51%, de los 31 individuos inventariados el 2023 solo se contabilizaron 25 en el 2024.

La causa de mortalidad puede llegar asociarse con diversos factores como los disturbios humanos esto ya sea para extracción de leña o postes, puesto que en la zona se documentaron machetazos o cortes en árboles cerca del estudio y dentro.

Las especies que no presentaron mortalidad son la Aguja de arra (*Xylosma sp*) que se mantuvo con 3 individuos, Endurece maíz (*Capparis indica*) que se mantuvo con solo 1 individuo, Huevo de chanco (*Tabernaemontana glabra*) con 5 individuos, Tigüilote (*Cordia dentata*) con 4 individuos y Cornizuelo (*Vachellia collinsii*) con tan solo un individuo.

En lo que respecta al reclutamiento para este grupo se dio el 0% por lo tanto ningún individuo fue reclutado para esta categoría, esto debido que en la categoría de brinzal no se llegaron a muestrear muchos individuos y los que se llegaron a inventariar poseen un diámetro que no están cerca de llegar a latizal.

Esto puede sugerir un problema en el establecimiento de la regeneración en este bosque y por ende, una barrera en el avance del proceso de sucesión ecológica, considerando que los árboles que se encuentran en esta categoría serán los futuros fustales, algo a tener en cuenta dado que si se mantiene esta dinámica, el bosque podría encontrarse en un proceso de involución (opuesto a sucesión).

Cuadro 13. Datos de mortalidad y reclutamiento en la categoría latizal en la Finca el Plantel, periodo 2023 – 2024

Especie	N23	NS	N00	% m	% r
Aguja de arra	3	3	3	0	0
Cimarra	1	0	0	100	0
Cortez	21	20	20	4.88	0
Endurece maíz	1	1	1	0	0
Guácimo de molenillo	39	34	34	13.72	0
Huevo de chanco	5	5	5	0	0
Jiñocuabo	15	13	13	14.31	0
Laurel	31	25	25	21.51	0
Mezquite	1	0	0	100	0
Neem	92	84	84	9.09	0
Tigüilote	4	4	4	0	0
Cornizuelo	1	1	1	0	0
Total, general	214	190	190	11.89	0
N23: Individuos registrados en 2023					
Ns: Individuos sobrevivientes en el segundo registro					
N00: Individuos sobrevivientes + reclutados					

5.4.3 Análisis en la categoría de brinzales

En esta categoría, según el cuadro 14, podemos observar que las especies de Espino de playa, Neem y Tigüilote siendo estas las especies con mayor presencia en el primer inventario realizado en el año 2023, para el segundo levantamiento correspondiente al año 2024 solamente el Tigüilote se mantuvo con las 10 especies encontradas vivas, siendo este el caso del Neem, Guácimo de molenillo, Espino de playa, Laurel, Cortez y Huevo de chanco obteniendo menos individuos de cada uno de las especies.

En cuanto a las especies de Laurel, Cortez y Huevo de hanco teniendo un 100% de mortalidad correspondiente al segundo levantamiento. Estas pérdidas pueden llegar asociarse con diversos factores como las personas que ingresan al fragmento de bosque para extracción de leña o postes, puesto que en la zona se documentaron machetazos o cortes en arboles cerca del estudio dejando ramas caídas y troncos pequeños tanto como fuera y adentro del fragmento.

Para el reclutamiento en este caso para este grupo se dio el 0% por ende ningún individuo fue reclutado para esta categoría, esto debido que en la categoría de brinzales no se llegaron a muestrear muchos individuos.

Al igual que en los latizales, los procesos que ocurran en esta categoría serán clave para la futura masa forestal, por lo que surgen varias preguntas en torno a qué elementos están contribuyendo a una disminución en la capacidad de regeneración del bosque, más allá de los disturbios antropogénicos, esto es, las barreras para que el bosque se pueda restaurar. De acuerdo a Vargas *et al.* (2008) las barreras a la restauración ecológica se pueden clasificar en dos tipos: barreras de tipo ecológico y barreras socioeconómicas.

Las de tipo ecológico se relacionan con los factores bióticos y abióticos resultantes del régimen de disturbios natural y antrópico, los cuales influyen en los diferentes mecanismos de regeneración y colonización de las especies, es decir, los procesos necesarios para que ocurra la dispersión de propágulos, el establecimiento de las plántulas y la persistencia de los individuos y las poblaciones.

Las barreras socioeconómicas son todos los factores políticos, económicos y sociales que limitan los procesos de regeneración natural. Particularmente esta última es la que más se ha evidenciado por razones posiblemente económicas y sociales de las comunidades aledañas que entran al fragmento a extraer bienes como leña y postes, por lo que se hace necesario profundizar en las de tipo ecológico que pueden limitar la regeneración.

Cuadro 14. Datos de mortalidad y reclutamiento en la categoría brinzal en la Finca el Plantel, periodo 2023 – 2024

Especies	N23	NS	N00	% m	% r
Neem	10	5	5	50	0
Guácimo de molenillo	4	3	3	25	0
Espino de playa	14	4	4	71.43	0
Laurel	1	0	0	100	0
Tigüilote	10	10	10	0	0
Jiñocuabo	7	7	7	0	0
Cortez	1	0	0	100	0
Huevo de chanco	1	0	0	100	0
Total	48	29	29	39.58	0
N23: Individuos registrados en 2023					
Ns: Individuos sobrevivientes en el segundo registro					
N00: Individuos sobrevivientes + reclutados					

VI. CONCLUSIONES

Las plantas en las fajas de enriquecimiento mostraron mayor sobrevivencia en comparación con las de los núcleos establecidos. Esto se debe a que los núcleos están más expuestos a la radiación solar y tienen suelos más compactados, lo que afecta la adaptación de las especies, a pesar de ser nativas del ecosistema.

Las especies Falso Roble, Pintadillo y Helequeme mostraron mayor sobrevivencia e incremento en las fajas de enriquecimiento, siendo recomendadas para futuros proyectos. Caoba, Madroño, Ojoche y Guapinol destacaron en el grupo de lento crecimiento. Mezquite tuvo menor respuesta y requiere condiciones específicas. Guayacán, aunque de crecimiento lento, es resistente a climas cálidos.

En relación a la diversidad y estructura del bosque, este presentó pocos cambios para la categoría de fustales, algo que puede atribuirse al periodo de evaluación que es corto, por lo que no se esperarían grandes cambios a menos que ocurriera un disturbio que afectara drásticamente la comunidad forestal, mientras que en latizales y brinzales se reportaron bajos valores, influenciados por la alta presencia de Neem y otros disturbios que ralentizan el proceso de sucesión en el fragmento.

Los incrementos también fueron heterogéneos según el tipo de especie, siendo el Neem en fustales la que obtuvo el mayor valor, lo que puede sugerir un desplazamiento futuro por una mayor explotación del espacio como un recurso importante para las plantas. En latizales destacó el Cornizuelo con el mayor valor de incremento, lo que puede brindar una idea de la etapa crítica donde ocurre una mayor competencia, en este caso de latizal a fustal.

En la categoría de fustales, no hubo mortalidad y se registró un reclutamiento del 3.67%, lo cual es normal. En latizal, solo se reportó mortalidad y ningún reclutamiento, indicando problemas de regeneración que afectarán la composición y estructura del ecosistema si no se implementa un programa de restauración adecuado.

VII. RECOMENDACIONES

- Implementar nuevas técnicas en los claros, especialmente en suelos compactados y con alta radiación solar, para mejorar los resultados. Una opción es usar arbustos nodrizas que proporcionen sombra y aseguren la sobrevivencia de las plántulas en sus etapas iniciales.
- Desarrollar capacitaciones y charlas de concientización dirigidas al personal de la Finca, enfocadas a promover la restauración del bosque asimismo dar a conocer la importancia de los bosques y los beneficios que podemos obtener de estas áreas.
- Realizar talleres comunitarios con la población cercana a la Finca para informarles sobre la importancia del bosque y la necesidad de cuidar el medio ambiente.
- Llevar a cabo la realización de un reservorio de agua que sería de gran ayuda en la época seca para los riegos de las especies forestales.
- Realizar vigilancia constante del fragmento de bosque por parte del personal de la Finca y estudiantes a continuar monitoreando los métodos de restauración para realizar futuras comparaciones en años posteriores y así disminuir la incidencia de disturbios presentes en el fragmento de bosque.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

- Alianza Nacional del Bosque Seco, (2011). *Programa nacional para la conservación, restauración y manejo del ecosistema de bosque seco en Nicaragua*.
<https://pasopacifico.org/wp-content/uploads/2019/09/programa-bosque-seco-nicaragua-fundenic-2011.pdf>
- Alvarado, E., & Carpintero, M. (2011). *Comportamiento y manejo de Swietenia macrophylla King y Azadirachta indica A. Juss en Zamorano, Honduras*. [Tesis de Grado]. Zamorano. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/2a2b4f59-d4c8-4fcb-b735-90a62f8b9d97/content>
- Barreto, C. (2015). *Evaluación de sobrevivencia e incremento de seis especies forestales maderables en plantaciones de la Finca Eco forestal, San Juan del Sur, Rivas. 2010* [Trabajo de Graduación, Universidad Nacional Agraria].
<https://repositorio.una.edu.ni/3240/1/tnk10l864v.pdf>
- Bonilla, V. (2018). Estrategias de restauración de ecosistemas en un sitio degradado del bosque húmedo premontano transición seca. *Repertorio Científico*, 21(2),37-58.
<https://revistas.uned.ac.cr/index.php/repertorio/article/view/2408>
- Calixtro, B., & Suarez, J. (2022). *Evaluación inicial de la plantación de Brasil Blanco (Caesalpinia velutina Britton & Rose Standl), bajo dos distanciamientos, en la Unidad de Experimentación y Validación El Plantel, Masaya, 2022*. [Trabajo de graduación, Universidad Nacional Agraria].
<https://repositorio.una.edu.ni/4602/1/tnp05g542.pdf>
- Clewell, A, Aronson, J., & Winterhalder, K. (2004). *Principios de SER Internacional nombre libre la Restauracion Ecologica*. Society for Ecological Restoration.

https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/SE_R_Primer/ser-primer-spanish.pdf

CNE (Comisión Nacional de Energía). (2001). *Plan maestro geotérmico de Nicaragua. Evaluación del área de Tipitapa, Volumen 9*. <http://cgeida.una.edu.ni/electronicos/REN371.422U58.pdf>

Grijalva, M., & Blandón, M. (2005). *Estado actual de la regeneración natural del bosque seco en el Refugio de Vida Silvestre Chacocente, Carazo*. [Trabajo de Diploma, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/1058/1/tnk10g857.pdf>

Grijalva, P. A., & Quezada, J. B. (2014). *Un gran recurso: Las plantas ornamentales en Nicaragua: Una guía sobre los árboles y arbustos ornamentales exóticos*. <https://repositorio.una.edu.ni/3163/1/RENF70G857p.pdf>

Espinoza, J., & Rodríguez, V. (2010). *Evaluación del incremento y productividad en plantaciones de Pinus oocarpa Schiede y Pinus caribaea Morelet var. Hondurensis, en la Finca San Nicolás, Municipio de San Fernando, Nueva Segovia, Nicaragua*. [Trabajo de Graduación, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/1145/1/tnk10e77e.pdf>

FAO & PNUMA. (2020). *El estado de los bosques del mundo 2020. Los bosques, la biodiversidad y las personas*. <https://www.fao.org/3/ca8642es/CA8642ES.pdf>

Hernández Rodríguez, O., & Morales Lazo, N. (2022). *Experiencia de restauración ecológica en el Laboratorio Natural Jerusalén. Ciencia E Interculturalidad*, 30(01), 74–92. <https://revistas.uraccan.edu.ni/index.php/Interculturalidad/article/view/1023/3977#:~:text=RAC>

López, J., & Reyes, A. (2022). *Regeneración natural y plantaciones de especies forestales, como dos métodos de restauración pasiva y activa San Albino, Nueva Segovia*. [Trabajo de

graduación, Universidad Nacional Agraria].

<https://repositorio.una.edu.ni/4543/1/tnk10l864o.pdf>

Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press.

<https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0>

MARENA (Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales). (2019). *Causas de la deforestación y degradación forestal en Nicaragua*.

http://www.marena.gob.ni/Endereed/wp-content/uploads/2019/11/Documento-causas-de-la-deforestaciónCC%C3%B3n-26_07_2019_VF.pdf

Martínez, F., & Castillo, M. (2013). *Evaluación del establecimiento de tres especies forestales en la unidad experimental Finca El Plantel, Nindirí, Masaya*. [Trabajo de

Graduación, Universidad Nacional Agraria].

<https://repositorio.una.edu.ni/1187/1/tnk10m385y.pdf>

Méndez, O., & Muñoz M. (2020). *Evaluación del estado actual de las plantaciones forestales establecidas en el Centro de Experimentación y Validación de Tecnología*

El Plantel, Nindirí, Masaya, 2019 [Trabajo de graduación, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/4106/1/tnk10m538b.pdf>

MITECO. (2022). *La problemática de la deforestación a nivel global icono barra herramientas*. Madrid, España.

<https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/internacional-especies-madera/madera-legal/problematika-deforestacion.aspx>

- Murcia, C., & Cossagrianda. (2014). *La restauración ecológica en Colombia: Tendencias, necesidades y oportunidades*. Centro para la Investigación Forestal Internacional (CIFOR). https://www.cifor.org/publications/pdf_files/occpapers/OP-107.pdf
- Narváez, O. (2012). *Dinámica de crecimiento, estructura y composición de la vegetación secundaria en trópico seco de Nandarola, Nicaragua*. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/1183/1/tnk10n238.pdf>
- Noguera, A., Obando, R., & Oliva, E. (2009). *Composición, estructura y dinámica de dos sitios de bosque seco secundario en el sureste de Nicaragua: Pautas para el diseño e implementación de alternativas de manejo*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria. <https://lcalera.una.edu.ni/index.php/calera/article/view/127>
- Primack, R. B., Ashton, P. S., Chai, P., & Lee, H. S. (1985). *Growth rates and population structure of Moraceae trees in Sarawak*. *Ecology* 66(2), 577- 588
<https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2307/1940406>
- Regalado, J., & WWF, (s.f.). *Restauración ecológica*. Recuperado el 14 de noviembre de 2025, de https://www.wwf.es/nuestro_trabajo/bosques/restauracion_de_bosques/
- Roldán, L. (2020). *Restauración ecológica: qué es, tipos y ejemplos*. España.
<https://www.ecologiaverde.com/restauracion-ecologica-que-es-tipos-y-ejemplos-2636.html>
- Sediles, G. (2010). *Evaluación del establecimiento de tres especies forestales de valor comercial (Pachira quinata Jacq, Sustenia humilis Zucc y Cedrela odorata L) bajo diferentes niveles de cobertura como una medida de enriquecimiento del bosque seco secundario de*

- Nandaime, Granada. (Trabajo de graduación). Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/1144/1/tnk10s448.pdf>
- Sierra, M., Cordero, M., & Vega, C. (2016). *Patrones y factores de cambio de la cobertura forestal natural de Costa Rica, 1987-2013*. https://reddcr.go.cr/sites/default/files/centro-de-documentacion/rsierraacambronerovega_patrones_y_factores_cus.pdf
- Somarriba, M. (1989). *Planificación Conservacionista de la Finca el Plantel*. [Trabajo de diploma]. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/2586/>
- Somarriba, M., & Reyes, R. (2024). *Monitoreo de dos métodos de restauración pasiva y activa en un fragmento de bosque en la Mina San Albino El Jicaro Nueva Segovia, en el periodo 2019-2021*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional Agraria. Repositorio Institucional UN. <https://repositorio.una.edu.ni/4940/>
- Sobalvarro, J., & Picado, A. (2012). *Evaluación inicial de Hymenaea courbaril (Guapinol) en una plantación en la Unidad de Experimentación y Validación en la Finca El Plantel-UNA* [Trabajo de graduación, Universidad Nacional Agraria]. <https://repositorio.una.edu.ni/1169/1/tnk10s677.pdf>
- Téllez, I. (1998). *Comportamiento en sobrevivencia, crecimiento y producción de biomasa seca de 30 especies forestales, bajo condiciones de la zona seca de azul, la leona, León*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnk10t275.pdf>

- UICN, (2016). *Restauración funcional del paisaje rural: manual de técnicas*. Unión Salvadoreña de Consorcios de la Naturaleza (USCN).
<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/ST-GFE-no.03.pdf>
- Valladares, R. (2021). *Monitoreo de la restauración de bosque a escala de sitio*.
https://wwflac.awsassets.panda.org/downloads/guia_de_monitoreo_de_la_restauracion_de_bosques_a_escalade_sitio_web.pdf
- Vargas, G., et al. (2008). Barreras para la restauración ecológica. En O. Vargas (Ed.), *Estrategias para la restauración ecológica del bosque altoandino* (2.^a ed., pp. 57–82). Universidad Nacional de Colombia.
https://www.researchgate.net/publication/260639993_Barreras_para_la_restauracion_ecologica
- WWF, (2022). *¿Por qué las especies invasoras amenazan la biodiversidad?*.
<https://www.wwf.org.mx/?374990/Por-que-las-especies-invasoras-amenazan-la-biodiversidad>
<https://www.wwf.org.mx/?374990/Por-que-las-especies-invasoras-amenazan-la-biodiversidad>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Lista de especies utilizados en Fajas de Enriquecimiento

Nombre común	Nombre Científico	Familia
Falso roble	<i>Tabebuia rosea</i> Bertol.	Bignoniaceae
Brasil blanco	<i>Caesalpinia velutina</i> Standl.	Fabaceae
Pintadillo	<i>Caesalpinia eriostachys</i> Benth.	Fabaceae
Mezquite	<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.) DC.	Fabaceae
Helequeme	<i>Erythrina berteroana</i> Urb.	Fabaceae
Guayacán	<i>Guaiacum sanctum</i> L.	Zygophyllaceae
Madroño	<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl) DC.	Rubiaceae
Caoba	<i>Swietenia humilis</i> Zucc.	Meliaceae
Guapinol	<i>Hymenaea courbaril</i> L.	Fabaceae
Ojoche	<i>Brosimum alicastrum</i> SW.	Moraceae

Anexo 2. Listas de especies utilizadas en núcleos de restauración

Nombre Común	Nombre Científico	Familia
Granadillo	<i>Dalbergia retusa</i> Hemsl.	Fabaceae
Guayacán	<i>Guaiacum sanctum</i> L.	Zygophyllaceae
Madroño	<i>Calycophyllum candidissimum</i> (Vahl) DC.	Rubiaceae
Cedro	<i>Cedrela odorata</i> L.	Meliaceae
Brasil blanco	<i>Caesalpinia velutina</i> Standl.	Fabaceae
Chaperno negro	<i>Lonchocarpus minimiflorus</i> Donn.Sm.	Fabaceae