



Por un Desarrollo Agrario  
Integral y Sostenible

**UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y**  
**DEL AMBIENTE**

**Trabajo de Tesis**

Evaluación del estado post aprovechamiento de tres compartimentos de bosque de *Pinus oocarpa* en la Finca forestal El Copetudo en el municipio de Macuelizo, Nueva Segovia, 2022

**AUTORES**

Br. Selva Zapata Joseling Sarahi  
Br. Salinas Martínez Odalys Stefanny

**ASESOR**

Ing. Oscar René Valdivia Martínez

Presentado a la consideración del honorable comité evaluador como requisito final para optar al grado de Ingeniero Forestal

Managua, Nicaragua  
Septiembre, 2023

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el honorable comité evaluador designado por la decanatura de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente como requisito final para optar al título profesional de:

## **INGENIERO FORESTAL**

---

### Miembros del Comité Evaluador

---

MSc. Edwin Alonzo Serrano  
Presidente

Ing. Bayardo González Ñamendy  
Secretario

---

Ing. Ixpayacat Bustillo Tinoco  
Vocal

Lugar y fecha: Sala de conferencia 1 LARENA, 31 de agosto del 2023

## **DEDICATORIA**

Dios es el principio de la sabiduría y tiene el control sobre todas las cosas y todas las cosas le pertenecen, gracias Dios por brindarme fuerza y por poner en mi camino a personas tan grandiosas para seguir creciendo e instruyendo mi vida hacia el bien.

Esto lo hice por mi familia, mi padre Fabio Selva, mi madre Mercedes Zapata, motivada por mis hermanos menores, Elías y Natanael Selva, mis sobrinos José y Joshviert López, apoyada incondicionalmente por mis hermanas mayores, Joshmeri y Jaleska López, ustedes merecen cosechar los frutos de este logro que no es solo mío sino de ustedes.

Simultáneamente dedico este esfuerzo a quienes estuvieron junto a mí durante el proceso tan tedioso que abarcó este estudio, sin vuestra inspiración y motivación seguro me daba por vencida; Eddy Hansack, Leynny Rodríguez y Sarahi Selva.

Br. Joseling Sarahi Selva Zapata

## **DEDICATORIA**

A Dios todopoderoso como principio de mi fe, quien me da la fuerza, perseverancia, sobre todo sabiduría de lo alto y salud, para superar los obstáculos que se me han presentado en la vida y lograr culminar mi carrera universitaria.

Dedico especialmente este trabajo a mi madre **Francis Martínez** por ser el pilar de mi vida, por no descansar hasta ver que su hija ha culminado una de sus metas.

A toda mi familia, por formar a una persona con valores, amor por la vida y deseos de superación desde que tengo uso de razón.

A Mi esposo Rolando Chavarría por ser mi apoyo incondicional y mi complemento perfecto en esta vida.

A mí, por toda la energía, desvelos, tiempo y esfuerzos invertidos en cada año de universidad.

Br. Odalys Stefanny Salinas Martínez

## AGRADECIMIENTO

Ni una hoja, ni una vida me sería suficiente para agradecer a todas aquellas personas que me han ayudado y guiado a crecer, desde que di mis primeros pasos, hasta la fecha que he seguido ya sea con los presentes y ausentes a quienes siempre se estima.

Ustedes han sido parte de este proceso, por eso agradezco su apoyo, motivación, distracción, todo.

- Fabio Selva
- Mercedes Zapata
- Joshmeri López
- Jaleska López
- Elías Selva
- Natanael Selva
- José López
- Eddy Hansack
- Leynny Rodríguez
- Yerson González
- Alfredo Rodríguez
- Odalys Salinas
- Rolando Chavarría

De igual forma extendiendo mis agradecimientos a todos los docentes que me guiaron en mis estudios de preescolar, primaria, secundaria y universidad, quienes en ningún momento se negaron por apartar un momento de su tiempo y aclarar mis dudas, todos sin excepción han aportado un granito de arena en los reconocimientos que hasta ahora poseo.

Un especial agradecimiento al **Ing. Valdivia, Don Israel González, Doña Daysi, Ing. Nelys,** y **Odalys** quienes durante la recolecta de datos en campo siempre estuvieron positivos, alegres y animando a seguir adelante.

Agradezco al comité evaluador por la amabilidad y objetividad de brindar comentarios y aclaraciones para la mejora de este estudio. Destaco al Ing. Bustillo quien no dudó en apartar bastante de su tiempo para darle una forma más profesional y objetiva a esta tesis.

Mi infinito agradecimiento a todos.

Br. Joseling Sarahi Selva Zapata

## AGRADECIMIENTO

A Dios primeramente por darnos su infinito amor, misericordia, sabiduría y salud, por permitirnos este triunfo profesional en la vida.

A mi madre **Francis Martínez**, quien ha sido mi pilar, mi guerrera, mi apoyo y sustento desde el principio hasta el final de la carrera. A mis abuelos **René Martínez** y **Francisca López**, a ellos les debo todas sus oraciones y consejos para poder titularme como ingeniera. A mi hermano **Isaac Martínez**, quien a su corta edad ha sido mi mejor ejemplo de humildad, amor y convicción a Dios.

A mi esposo **Rolando Chavarría**, quien ha puesto su voto de confianza en todo lo que me propongo, por creer en mi capacidad como persona y como profesional, por retarme a ser mejor cada día y enseñarme a que “el no puedo” nunca debe imponerse ante el miedo a lo desconocido.

A nuestro asesor de tesis **Ing. Oscar René Valdivia Martínez** por todo el apoyo brindado en cada etapa de este trabajo por ir de la mano en todo el proceso junto a mi compañera de tesis **Sarahi Selva**.

De manera especial al **Ing. Ixpayacat Bustillo Tinoco** por su ayuda incondicional y aportes para la mejoría de este estudio.

A todas las personas que directa e indirectamente han aportado a mi desarrollo personal y profesional desde el primer hasta el último año de la carrera. A todos los maestros que brindaron su valioso conocimiento en toda la carrera.

Br. Odalys Stefanny Salinas Martínez

## INDICE DE CONTENIDO

SECCIÓN	PÁGINA
<b>DEDICATORIA</b>	i
<b>AGRADECIMIENTO</b>	iii
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	vii
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	viii
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	ix
<b>RESUMEN</b>	x
<b>ABSTRAC</b>	xi
<b>I. INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>II. OBJETIVOS</b>	2
2.1. Objetivo general	2
2.2. Objetivos específicos	2
<b>III. MARCO DE REFERENCIA</b>	3
3.1. Generalidades	3
3.1.1 Bosque de coníferas	3
3.1.2 Manejo forestal	4
3.1.3 Aprovechamiento forestal	5
3.1.4 Tratamientos silviculturales	5
3.2. Manejo de bosque de coníferas	7
3.2.1 Sistema de manejo del bosque de coníferas	7
3.2.2 Tratamientos silviculturales en coníferas	8
3.3. Estudios de evaluación post aprovechamiento	9
3.3.1. Evaluación post aprovechamiento	9
<b>IV. MATERIALES Y MÉTODOS</b>	11
4.1. Localización y descripción biofísica del área de estudio	11
4.1.1 Clima	12
4.1.2 Topografía	12
4.1.3 Suelos	12
4.1.4 Hidrografía	12
4.1.5 Fauna	13
4.1.6 Flora	13
4.2. Antecedentes sobre actividades de manejo implementadas en el bosque	13
4.3. Proceso metodológico	14
4.3.1 Tipo de investigación	14
<b>V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	25
5.1 Descripción de la regeneración natural	25
5.1.1 Densidad de la regeneración natural	25
5.1.2 Estado de desarrollo de la regeneración natural	26
5.1.3 Sanidad de la regeneración natural	29
5.2. Caracterización del estado actual de árboles padres	30
5.2.1 Densidad de árboles padres	30
5.2.2 Fuste de los árboles	31

5.2.3 Porcentaje de la copa con presencia de estróbilos y forma de copa	32
5.2.4 Sanidad de árboles padres	33
5.3 Daños a la vegetación latifoliada dentro de los compartimentos	34
<b>VI. CONCLUSIONES</b>	35
<b>VII. RECOMENDACIONES</b>	36
<b>VIII. LITERATURA CITADA</b>	37
<b>IX. ANEXOS</b>	39

---



## ÍNDICE DE CUADROS

<b>CUADRO</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Intensidad de muestreo y número de parcelas por compartimento	16
2.	Clasificación de presencia de estróbilos en árboles padres	19
3.	Número de individuos por tipo de fuste de los árboles evaluados	31
4.	Porcentaje de la copa con presencia de estróbilos y forma de copa	32
5.	Porcentaje de árboles afectados por incendios, plagas o enfermedades	33
6.	Vegetación remanente registrada en los compartimentos evaluados	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>FIGURA</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Localización geográfica y perímetro de la finca forestal El Copetudo, Macuelizo, Nueva Segovia	11
2.	Distribución de los compartimentos actuales, dentro de los compartimentos pasados	14
3.	Proceso metodológico para la evaluación de los compartimentos	15
4.	Ubicación de las parcelas de muestreo en los compartimentos objeto de estudio	17
5.	Densidad de regeneración natural encontrada en tres compartimentos de finca El Copetudo	25
6.	Relación de desarrollo en diámetro y altura para la regeneración. a) Considerando todos los compartimentos, b) compartimento uno, c) compartimento dos y d) compartimento tres	27
7.	Relación número de verticilos y altura de la planta	28
8.	Porcentaje de plantas sanas y decaídas en cada compartimento evaluado	29
9.	Densidad de árboles padres en los compartimentos evaluados	30

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO</b>		<b>PÁGINA</b>
1.	Formato de campo para el levantamiento de datos de árboles padres	39
2.	Formato de campo para vegetación latifoliada	39
3.	Formato de campo para regeneración natural	40
4.	Establecimiento de parcelas de muestreo	40
5.	Afectaciones por incendio en la base del fuste de árboles padres	41
6.	Representación del tamaño y forma de copa de árboles padres	41
7.	Estado de la regeneración natural en el compartimento 1	41
8.	Estado de la regeneración en el compartimento 2	41
9.	Representación de fustes de árboles padres	42

## RESUMEN

La evaluación post aprovechamiento es básico en sistemas de aprovechamiento forestal, para aplicar los tratamientos silviculturales y orientar las prácticas de manejo forestal. La finca forestal El Copetudo es una superficie clasificada como bosque productivo de pino (*Pinus oocarpa*), se ubica en el municipio de Macuelizo departamento de Nueva Segovia, dentro de la cual se realizaron actividades de aprovechamiento, por esto, la presente investigación tiene por objeto describir el estado de la regeneración natural, árboles padres y vegetación latifoliada posterior al aprovechamiento realizado. En los compartimentos se establecieron parcelas de muestreo con 0.1 ha para evaluar a los árboles padres y vegetación latifoliada, asimismo subparcelas de 0.01 ha para evaluar la densidad y sanidad de la regeneración natural, luego de dos años de haber cerrado las actividades de extracción. Los resultados reflejan que la regeneración es densa, presentando rangos de 1,750 a 3,650, plantas por hectárea, exceptuando el compartimento 3 que presenta densidad baja con 433 plantas/ha. La mayor parte (98%) de las plantas en este estado se encontraron sanas (sin ningún daño aparente). En los tres compartimentos evaluados, aunque solamente el 2 % se encuentra establecido. Los árboles padres presentan buena densidad y sanidad con más de 30 individuos por hectárea en cada compartimento, sin embargo, se evidenció que no todos cumplen con las características para ser clasificados como tal, por otro lado, solamente se encontraron cuatro especies de latifoliadas y en su mayoría estaban cortadas. Debido al cambio de compartimentos entre el plan pasado y el actual no se lograron comparar los volúmenes y árboles por hectárea para reflejar el verdadero nivel de afectación, a su vez, se refleja que varias actividades no estaban contempladas en el plan de manejo pasado.

Palabras clave: Regeneración natural, vegetación latifoliada, árboles padres, densidad, sanidad, aprovechamiento forestal.

## ABSTRAC

Post-harvest evaluation is basic in forest harvesting systems, to apply silvicultural treatments and guide forest management practices. The Copetudo forest farm is an area classified as productive pine forest (*Pinus oocarpa*), located in the municipality of Macuelizo, department of Nueva Segovia, within this farm harvesting activities were carried out; therefore, this research aims to describe the status of natural regeneration, parent trees and broadleaf vegetation after harvesting. In the compartments, sampling plots of 0.1 ha were established to evaluate the parent trees and broadleaf vegetation, as well as subplots of 0.01 ha to evaluate the density and health of the natural regeneration, two years after the logging activities were closed. The results show that the regeneration is dense, ranging from 1,750 to 3,650 plants per hectare, except for compartment 3, which has a low density of 433 plants/ha. In general, optimum health was found to be greater than 99% in the three compartments evaluated, although only 2% are established. The parent trees show good density and health with more than 30 individuals per hectare, however, it was found that not all of them meet the characteristics to be classified as such, on the other hand, only four species of broadleaf trees were found and most of them were cut. Due to the change of compartments between the past and the current plan, it was not possible to compare the volumes and trees per hectare to reflect the true level of impact, as well as the fact that several activities were not contemplated in the past management plan.

Key words: Natural regeneration, remaining vegetation, parent trees, density, quality, forestry harnessing.

## I. INTRODUCCIÓN

El aprovechamiento forestal ocasiona muchas perturbaciones temporales en la composición original del bosque. Ante esto, es necesario conocer el potencial de recuperación del bosque, con especial énfasis en su capacidad de regeneración (Castelán y Arteaga, 2009), por esto, se debe contar con un plan de manejo forestal el cual cumple como instrumento de gran importancia en el aprovechamiento, protección y conservación de los ecosistemas y recursos naturales, mediante acciones concretas y actividades continuas donde se valore la aplicación y monitoreo del aprovechamiento sostenible dentro del bosque.

La regeneración natural es uno de los factores que se ve mayormente afectado durante las actividades de aprovechamiento, dificultando su crecimiento y desarrollo óptimo para la continuidad de estructura y composición del bosque o sus estados de sucesión. Entre las especies más adaptadas para la regeneración de forma natural, están las del género *Pinus*, cuyos estróbilos, al abrirse, diseminan altas cantidades de semillas, mismas que en condiciones favorables del suelo, germinan con facilidad dando lugar a su regeneración, asegurando la continuidad de los bosques, gracias a la implementación de tratamientos silvícolas (Buesa, 2003).

La evaluación post aprovechamiento es imprescindible para aplicar los tratamientos silviculturales y orientar las prácticas de manejo forestal. Esta, a su vez se encarga de verificar que los volúmenes que se extrajeron no sobrepasen los límites aceptables de sostenibilidad, siendo importante para diseñar medidas correctivas y de mitigación pertinentes (Manzanero y Pinelo, 2004).

El estudio realizado en la Finca forestal El Copetudo, pretende servir como referencia de información relacionada a la evaluación post aprovechamiento del bosque de coníferas, a estudiantes y docentes de la Universidad Nacional Agraria. También está dirigida a ser una guía para el manejo de los compartimentos evaluados.

## **II. OBJETIVOS**

### **2.1. Objetivo general**

Evaluar el estado post aprovechamiento de la regeneración natural, árboles padres y vegetación remanente en tres compartimentos aprovechados en el año 2020 dentro de la finca forestal El Copetudo, Macuelizo, Nueva Segovia.

### **2.2. Objetivos específicos**

- ✓ Describir la densidad, desarrollo y sanidad de la regeneración natural encontrada en los compartimentos objeto de estudio.
- ✓ Caracterizar la densidad, desarrollo y sanidad de árboles padres encontrados en los compartimentos.
- ✓ Determinar los daños a la vegetación latifoliada remanente en los compartimentos objeto de estudio.

### III. MARCO DE REFERENCIA

#### 3.1 Generalidades

El Instituto Nacional Forestal (INAFOR, 2012), afirma que:

Las especies de pinos poseen un alto potencial para las industrias forestales por el valor genético que conservan para la producción de resinas, madera, semillas, entre otros. No obstante, se ven afectados constantemente por incendios, afectando directamente a la regeneración natural del bosque, las propiedades físicas y químicas de los suelos, la muerte o migración de la fauna silvestre y daños a la atmósfera por emisiones de dióxido de carbono.

##### 3.1.1 Bosque de coníferas

Según el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales (MARENA, 2006), dentro del territorio nacional estos bosques se distribuyen en sabanas costeras al norte de la RACCN y RACCS desde el nivel del mar hasta los 1000 metros sobre el nivel del mar y en los departamentos de Nueva Segovia, Madriz, Estelí, Matagalpa, Jinotega, Chinandega, León y Managua.

En Nicaragua, se han identificado cuatro especies del género *Pinus*: *Pinus oocarpa* (ocote), *Pinus maximinoii* (pinabete), *Pinus tecunimani* (pino rojo) y *Pinus caribaeae* (caribeño). Estas especies son consideradas colonizadoras por sus exigencias de luz para poder crecer y desarrollarse, sin embargo, no son exigentes en lo que respecta a la calidad del suelo ya que son capaces de establecerse en suelos degradados y poco profundos (MARENA, 2006).

Greaves (1979) afirma que "el *Pinus oocarpa* es una especie capaz de desarrollarse en suelos minerales desnudos e inclusive que de este factor depende su exitoso establecimiento" (Citado por Delgado *et al*, 2008, p. 11).



### ***Descripción botánica de Pinus oocarpa (pino ocote)***

Árbol que alcanza alturas de 30 m y ocasionalmente 45 m, puede desarrollar un diámetro normal desde 90 hasta 100 cm. Su corteza es color café oscuro; profundamente fisurada exfoliándose en placas gruesas alongadas e irregulares. Hojas aciculares generalmente con cinco acículas por fascículo con longitudes de 12 a 18 cm y 1.2 mm de espesor, son flexibles, subcoriáceas con tres a ocho canales resiníferos. Su reproducción se da a través de estróbilos ovoides, llamados también estróbilos, persistentes de 2.5 a 10.0 cm de largo y 4.0 a 7.5 cm de ancho en pedúnculos de hasta tres cm de longitud, estos estróbilos se abren y dispersan sus semillas desde enero a marzo (INAFOR, 2012).

### ***Requerimientos ambientales***

- Altitud: 600 – 1200 msnm
- Temperatura media anual: 18 – 23°C
- Precipitación media anual: 750 – 2000 mm
- Suelo: se caracteriza por ser una especie pionera que puede prosperar en terrenos pobres, arenosos, pedregosos y accidentados. Puede también desarrollarse en terrenos de granito, diorita, sedimentarios, volcánicos, superficiales e infértiles, con Ph neutro a ácido (INAFOR, 2012).

### **3.1.2 Manejo forestal**

La ley de Conservación, Fomento y Desarrollo Sostenible del Sector Forestal (Ley 462, 2022) define al manejo forestal como "un conjunto de acciones y procedimientos que tienen por objeto la conservación, cultivo, restauración y aprovechamiento sostenible de los recursos forestales manteniendo el ecosistema boscoso".

Dicho de otra forma, el Ministerio del Ambiente y los Recursos Naturales cita que el manejo forestal "es un proceso que consiste en un conjunto de intervenciones técnicas, institucionales y comunicativas dirigidas a la producción sostenible de recursos forestales, la conservación de los ecosistemas forestales y su capacidad para proveer servicios ambientales y la restauración o rehabilitación de áreas forestales que han sido deforestadas o degradadas" (MARENA, 2006).

### **3.1.3 Aprovechamiento forestal**

El aprovechamiento forestal se define como "una planificación para cortar, extraer, almacenar, transportar e industrializar la madera que se puede extraer del bosque con el permiso correspondiente" (Norma técnica obligatoria nicaragüense para el manejo sostenible de bosques naturales latifoliados y de coníferas [NTON 18 001 - 12], 2013).

### **3.1.4 Tratamientos silviculturales**

Los tratamientos silviculturales son técnicas aplicadas a los bosques para aumentar la producción en un determinado tiempo y dentro de una superficie que cuente con un plan de manejo forestal. Estos tratamientos se aplican en función de las condiciones biológicas, distribución espacial y de la densidad que presentan los árboles entre otros (MARENA, 2006).

#### ***Corta final***

Las NTON 18 001 – 12, (2013) definen que:

En rodales maduros con altas densidades (mayores a 250 árboles por hectárea) y árboles de dimensiones no desarrollados, se debe realizar una corta de saneamiento de un 15 % previo al tratamiento de corta final dejando semilleros (dos años posteriormente al saneamiento), a fin de que el rodal pobremente desarrollado no sufra estrés y se elimine los árboles suprimidos y de inferior calidad, respetando el espaciamiento entre árbol.

En rodales de estructuras maduras de baja densidad (menores de 100 árboles/ha) o en áreas sin bosque, se debe promover la regeneración natural desde el primer año de manejo forestal, aplicando las chapias, rondas y la escarificación, previo a la corta final, dejando árboles semilleros para asegurar el establecimiento de la regeneración natural.

### ***Regeneración natural***

De acuerdo con Ortega, (1990), citado por Castelán y Arteaga, (2009), la regeneración natural:

Es uno de los aspectos de mayor importancia que el silvicultor debe considerar al momento de manejar un bosque, ya que dependiendo del conocimiento de estas y del medio en que se desarrollan, las prácticas silvícolas aplicadas contribuirán a su cultivo de manera correcta.

La regeneración natural está definida como aquella vegetación arbórea que se encuentra en sus primeras fases de crecimiento y desarrollo, las NTON 18 001 – 12, (2013) mencionan que la regeneración natural de coníferas debe tener alturas promedias de cinco metros para estar establecida y que se pueda aplicar la corta de árboles semilleros.

La metodología ejecutada por Castelán y Arteaga (2009), tomada de Cano (1988), consiste en ubicar al número total de individuos en tres clases:

- Satisfactorio: Igual o mayor a 2,500 árboles por hectárea.
- Insuficiente: Mayor de 300 y menor de 2,500 árboles por hectárea.
- Escasa: Menor de 300 árboles por hectárea.

No obstante, en el Anexo I de las NTON 18 001 – 12, (2013) la regeneración natural está categorizada como tal por presentar alturas promedias menores a 1.30 metros y según la densidad se puede clasificar en:

- Regeneración densa: presenta un promedio igual o mayor a 1500 árboles por hectárea.
- Regeneración rala: presenta densidades de 300 a 1500 árboles por hectárea.
- Regeneración muy rala: presenta densidades menores a 300 árboles por hectárea.

La regeneración natural debe ser evaluada dos años después del aprovechamiento forestal, para determinar si los árboles semilleros están siendo efectivos y, reflejar si la regeneración natural puede ser considerada como el mecanismo apropiado para recuperar el potencial productivo del bosque, de esta forma definir los tratamientos silviculturales que deben implementarse. En cuanto al muestreo de la regeneración, se debe realizar en parcelas circulares distribuidas sistemáticamente (NTON 18 001 - 12, 2013).

## *Árboles padres*

Los árboles padres son aquellos que cumplen una serie de características fenotípicas deseables para la reproducción de semillas de buena calidad y que de forma natural se puedan dispersar dentro del bosque para favorecer la regeneración natural (Castelán y Arteaga, 2009). Entre las características que deben considerarse para la selección de árboles padres están:

- Vigorosidad y sanidad.
- Edad promedio de producción (25 a 30 años).
- Fuste recto y definido.
- Copa cónica definida.
- Alta producción de estróbilos.

## **3.2. Manejo de bosque de conífera**

### **3.2.1 Sistema de manejo del bosque de coníferas**

Los bosques de pinos son manejados bajo un sistema monocíclico, a través de rodales o compartimentos los cuales se determinan tomando en cuenta la edad, altura, diámetro, crecimiento y estado de desarrollo (NTON 18 001 – 12, 2013), se clasifican a través de un diagnóstico o inventario forestal, estos son:

- Área sin bosque: aquella superficie que no cuenta con una cobertura boscosa mayor al 10 %.
- Bosque en regeneración: presenta alturas promedio a 1.30 m.
- Bosque joven: presenta diámetros promedios menores a 10 cm y alturas mayores a 1.30 m.
- Bosque en desarrollo: presenta diámetros promedios mayores a 10 cm y edades menores a 25 años.
- Bosque maduro: ha alcanzado el desarrollo óptimo de producción, en promedio mayor de 25 años.
- Bosque con presencia de latifoliadas: Conocido como bosque mixto o pino encino, presenta proporciones del 50 % en área basal.

### **3.2.2 Tratamientos silviculturales en coníferas**

Las NTON 18 001 – 12, (2013) y MARENA (2006) mencionan que los tratamientos silviculturales para ejecutar en cada rodal van en función al estado de desarrollo del bosque ya que esto permite aumentar la productividad de cada rodal, entre los principales tratamientos se encuentran:

#### ***Replacación***

Consiste en efectuar una plantación forestal al tercer año del aprovechamiento, esto en caso de que la regeneración natural aún no se haya establecido.

#### ***Raleo pre comercial***

También conocido como raleo a desecho, se aplica principalmente en áreas de bosque joven con densidades mayores a 1500 árb/ha, edades menores a 6 años y diámetros menores de 10 cm.

#### ***Raleo comercial***

Consiste en eliminar árboles que compiten por luz o que tienen algún defecto que limite su futuro aprovechamiento.

#### ***Rondas***

Se aplica en todos los rodales para impedir que sean afectados por incendios forestales imprevistos, pueden medir de 3 a 5 m de ancho

#### ***Corta final dejando árboles semilleros***

Tratamiento enfocado a eliminar árboles sobre maduros y con densidades mayores a 250 árb/ha, dejando 30 árboles semilleros por cada hectárea.

#### ***Escarificación***

Consiste en limpiar la superficie del suelo para que las semillas dispersadas tengan mayor facilidad de germinación directa en el suelo.

### **3.3 Estudios de evaluación post aprovechamiento en coníferas**

#### **3.3.1 Evaluación post aprovechamiento**

En las NTON 18 001 – 12, (2013) se ordena realizar un muestreo de evaluación post aprovechamiento para identificar el estado del bosque, señalar a los árboles de futura cosecha y la regeneración natural menor a 1.30 metros de altura, teniendo en cuenta su densidad, sanidad, vigor y ubicación con respecto a otras plantas.

Manzanero y Pinelo, (2004), mencionan que la evaluación post aprovechamiento es básico en sistemas de aprovechamiento forestal, para aplicar los tratamientos silviculturales y orientar las prácticas de manejo forestal. La evaluación a su vez se encarga de verificar que los volúmenes que se extrajeron no sobrepasen los límites aceptables de sostenibilidad, por esto, es importante para diseñar medidas correctivas y de mitigación pertinentes.

En Veracruz, la reserva de San Juan del Monte estuvo bajo aprovechamiento con el fin de combatir la presencia de *Dendroctonus spp.* Rodríguez *et al.*, (2015), fueron quienes realizaron la evaluación post aprovechamiento y de esta forma evidenciar la condición sanitaria y dasométrica del bosque. La metodología utilizada fue el establecimiento de cinco rodales a través de un muestreo sistemático estratificado. El estudio reflejó que hubo un cambio en la estructura horizontal y vertical del bosque.

Investigadores como Castelán y Arteaga (2009), han evaluado el establecimiento de la regeneración natural de *Pinus patula* Schl. *et* Cham. La evaluación se realizó en bosques manejados con el método de árboles padres, este contempla un periodo de cinco años para que la regeneración se considere establecida. La metodología consistió en ubicar sitios de muestreo al azar dentro de las áreas aprovechadas, considerando variables como densidad, altura total, diámetro de la base y diámetro de copa para determinar el crecimiento a través de los años.

En este estudio se encontró que la regeneración se comportaba de manera regular y uniforme. Se consideró a esta como establecida a los cuatro años post aprovechamiento, puesto que sus densidades estaban dentro de lo normado.

Otra evaluación realizada por Escobar (2015), utilizó un muestreo sistemático. Esta evaluación fue más integral; se tomaron en cuenta variables que permitieran describir las condiciones del bosque (densidad de copas, distribución de individuos por estrato y densidad de árboles) y del suelo (materia seca). El estudio determinó que no hubo una afectación negativa en el dosel inferior del bosque por el aprovechamiento forestal y que el aprovechamiento no generó afectaciones drásticas a la biomasa.

Otro estudio realizado en México por Espinoza *et al.*, (2018), dio seguimiento a operaciones de aprovechamiento con 96 árboles comerciales. Durante la extracción de estos se observó que el derribo es la operación con mayor ocurrencia de afectación en el arbolado residual, también se determinó que por cada árbol derribado se afectan siete árboles remanentes y tres por el arrastre, esto dejando un claro promedio de 47.69 m<sup>2</sup>. La investigación concluye en que por cada metro cúbico que se extrae se afecta a 1.08 m<sup>3</sup> de madera residual del bosque.

## IV. MATERIALES Y MÉTODOS

### 4.1 Localización y descripción biofísica del área de estudio

La Finca El Copetudo se encuentra ubicada en la comunidad El Batidero municipio de Macuelizo, al oeste del departamento de Nueva Segovia. El municipio se ubica a 246 kilómetros de Managua (Capital de Nicaragua). Limita al norte con la república de Honduras, al sur con el municipio de Somoto (Departamento de Madriz), al este con el municipio de Dipilto y Ocotal; al oeste con el municipio de Santa Clara.

La posición geográfica de la finca se encuentra entre las coordenadas  $13^{\circ} 42'' 00.6''$  N,  $86^{\circ} 37'' 01.7''$  O y  $13^{\circ} 41'' 37.8''$  N,  $86^{\circ} 36'' 35.1''$  O, el perímetro de esta limita con otras fincas que también se dedican al aprovechamiento forestal, agrícola y ganadero (ver figura 1).

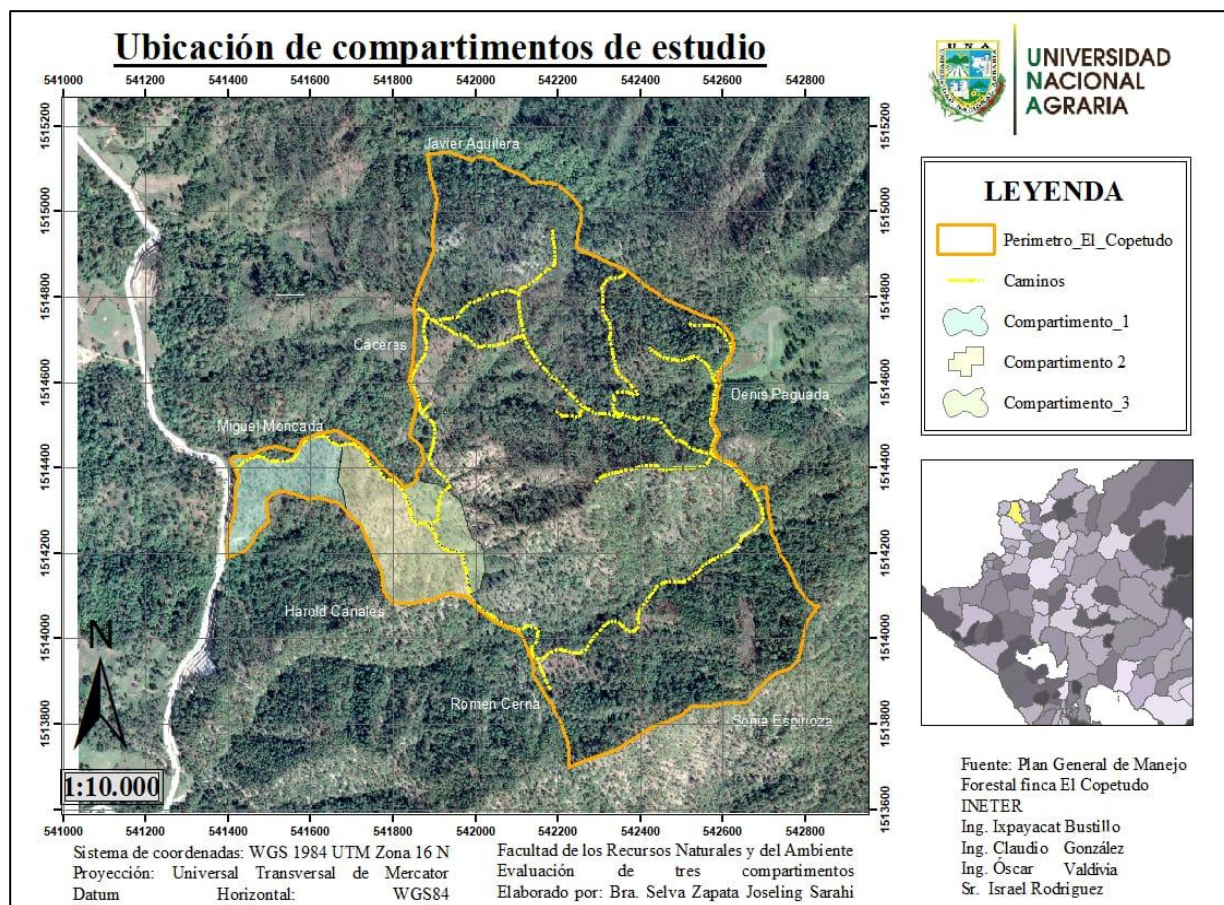


Figura 1. Localización geográfica y perímetro de la finca forestal El Copetudo Macuelizo, Nueva Segovia



#### **4.1.1 Clima**

Macuelizo es un municipio localizado en las zonas más elevadas del país caracterizado por un clima de sabana tropical, en altitudes mayores a 1000 msnm domina el clima subtropical de montaña, la temperatura oscila de 20 ° C a 25 ° C (Ministerio de Educación, Cultura y Deportes, [MINED], 2004).

Los vientos predominantes de la zona son con dirección de norte a noreste, con un valor máximo de 4.5 m/s en el mes de diciembre y un valor mínimo de 1.6 m/s en el mes de septiembre. El régimen de precipitación se presenta en los meses de mayo a octubre, su precipitación media anual es de 1000 mm y los mayores acumulados de lluvias se presentan en el mes de septiembre (MINED, 2004).

#### **4.1.2 Topografía**

La topografía de Macuelizo presenta muchos accidentes geográficos con fuertes pendientes, relieve montañoso y leves planicies de poca extensión (MINED, 2004).

#### **4.1.3 Suelos**

La mayor parte de los suelos son de tipo areno arcilloso y con presencia de minerales como Cuarzo y Macuelizo. (MINED, 2004).

#### **4.1.4 Hidrografía**

Entre los principales ríos que riegan el territorio se encuentran: el río Coco, el Macuelizo (afluente del río Coco y el Sutayal), los suelos aledaños a riberas de estos ríos se categorizan como fértiles y propicios para cultivar (MINED, 2004).

#### **4.1.5 Fauna**

Entre los mamíferos silvestres destacan zorros, coyotes, tigrillos, venados, guardatinajas o tepezcuintles, armadillos. Entre los réptiles zumbadoras, boas, cascabeles, corales (todas serpientes), iguanas, etc. Dentro del grupo de las aves se observan los chocoyos, gallinas de monte, gavilanas, guardabarrancos y pájaros carpinteros (Programa Regional de Seguridad Alimentaria y Nutricional para Centroamérica – Programa Regional de Sistemas de Información en Seguridad Alimentaria y Nutricional, [PRESANCA II- PRESISAN], 2016).

#### **4.1.6 Flora**

En el municipio predominan grandes extensiones de bosques de coníferas. A su vez otras especies maderables como macuelizo, pino, laurel, cedro, caoba y roble, así como diversidad de flores (PRESANCA II- PRESISAN, 2016).

#### **4.2 Antecedentes sobre actividades de manejo implementadas en los tres compartimentos**

La finca El Copetudo durante un periodo de diez años (2010 - 2020), estuvo bajo un Plan General de Manejo Forestal (PGMF), previamente supervisado y aprobado por el Instituto Nacional Forestal (INAFOR). Durante dicho periodo los compartimentos objeto de estudio, se distribuían de manera distinta a la actual, tanto por estado de desarrollo como por superficie, siendo así representados como compartimentos 2 y 10.

El compartimento 2 contaba con aproximadamente 12.55 has de bosque en desarrollo con promedio de edades de 29 años, área basal de 9 m<sup>2</sup>, volúmenes de 84 m<sup>3</sup>/ha, dentro de este compartimento se aplicaron dos tratamientos en diferentes periodos, en el primer periodo se realizó un raleo comercial con 30 % de corta y en el tercer periodo se aplicó corta final dejando semilleros con una intensidad de corta del 76 % (García, 2010).

Asimismo, el compartimento 10 contaba con una extensión de 6.3 has con bosque maduro, por esto se aplicó el tratamiento silvicultural de corta final dejando semilleros durante el segundo periodo con una intensidad de corta del 80 %, posteriormente se aplicó un 100 % de corta de semilleros en el tercer periodo, estos árboles contaban con edades promedio a 35 años, área basal de 9 m<sup>2</sup> y volúmenes de 78 m<sup>3</sup>/ha (García, 2010).

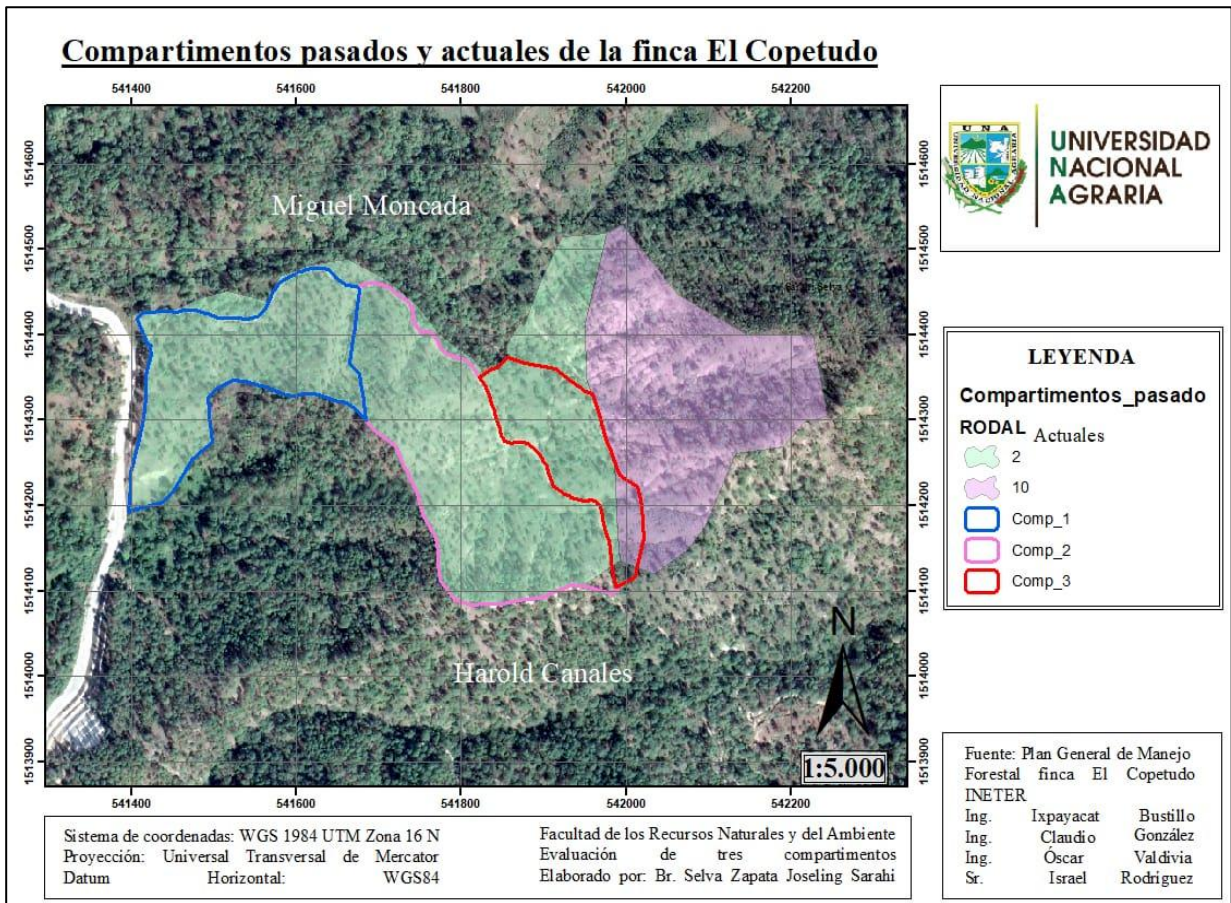


Figura 2. Distribución de los compartimentos actuales, dentro de los compartimentos pasados

### 4.3 Proceso metodológico

#### 4.3.1 Tipo de investigación

Mediante el levantamiento de datos y la observación es como se obtienen datos cuantitativos y cualitativos, haciendo de esta investigación no experimental del tipo cuantitativa descriptiva, ya que dichas variables se evaluaron sin alterar el entorno sobre el cual se encontraba la vegetación.

La metodología aplicada se dividió en tres fases que comprenden desde el reconocimiento del área de estudio hasta el procesamiento, análisis y presentación de resultados.



Figura 3. Proceso metodológico para la evaluación de los compartimentos

### ***Fase 1: Reconocimiento y compilación de información de la finca***

Para el desarrollo de esta fase se realizó revisión de literaturas tales como, el plan general de manejo forestal que se ejecutó en la finca en el período 2010-2020, asimismo literatura relacionada a las evaluaciones post aprovechamientos y su alcance de afectación y revisión de las normativas establecidas para el manejo de bosques de coníferas.

Posteriormente se realizó una primera visita a la finca, para valoración y observación de la accesibilidad, distribución y ubicación de los tres compartimentos.

### ***Compartimentos del área de estudio***

Son objeto de estudio los compartimentos uno, dos y tres que se encuentran ubicados en la entrada principal de la finca, estos fueron los últimos en aprovecharse según lo establecido en el Plan Operativo Anual 2020 aprobado por el Instituto Nacional Forestal.

### ***Fase 2: Planificación del inventario***

#### ***Diseño de muestreo***

Las NTON 18 001 – 12 (2013), establecen que una evaluación post aprovechamiento en coníferas se debe realizar a través de un muestreo sistemático, ya que implica menos costos, facilita la ubicación de la parcela y presta la posibilidad de una mejor distribución de la muestra.

### ***Intensidad de muestreo, número de parcelas***

Para la determinación de la intensidad de muestreo se tomó en consideración el área de cada uno de los compartimentos a evaluar, así como el tamaño de parcelas, que en este caso ha sido utilizado un tamaño de parcelas grandes, para garantizar la representación de las clases de vegetación evaluada (ver cuadro 1).

El enfoque del estudio es de línea base, por lo tanto, se consideró que los valores de intensidad de muestreo superior al cinco por ciento son aceptables en cuanto a precisión y representatividad de la información para la evaluación y toma de decisiones tomando en cuenta lo que estipulan las NTON 18 001 – 12, (2013).

Para determinar la intensidad de muestreo en el inventario, se utilizaron las siguientes fórmulas:

$$\mathbf{Anm=Tp * Np}$$

Anm: Área neta muestreada (ha)

Tp: Tamaño de la parcela (ha)

Np: Número de parcelas

$$\mathbf{IM\%=(Anm / At) x 100}$$

IM: Intensidad de muestreo (%)

Anm: Área neta muestreada (ha)

At: Área total (ha)

Cuadro 1. Intensidad de muestreo y número de parcelas por compartimento

Compartimento	Área (ha)	Número de parcelas	Área de parcela (ha)	Intensidad de muestreo (%)
1	3.62	10	0.1	27
2	5.46	12	0.1	22
3	2.03	6	0.1	29

### *Establecimiento de parcelas*

De manera sistemática se establecieron parcelas circulares grandes de 0.1 ha con un radio de 17.84 m para la recolección de datos de vegetación remanente mayor a 10 cm de DAP y árboles padres, asimismo parcelas anidadas de 0.01 ha con radio de 5.62 m, para levantamiento de datos de la regeneración natural, con un distanciamiento entre parcela de 50 m.

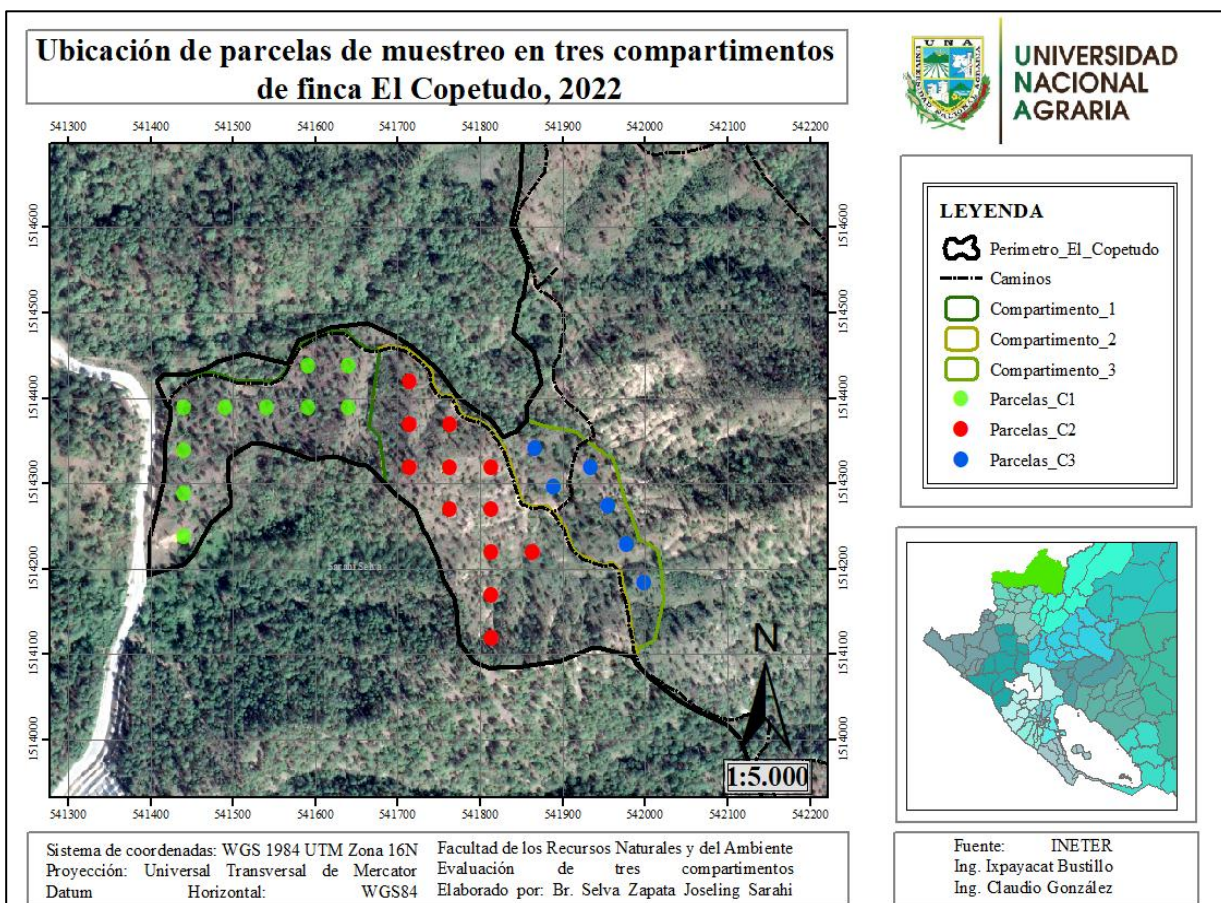


Figura 4. Ubicación de las parcelas de muestreo en los compartimentos objeto de estudio



### ***Variables evaluadas***

Las variables dasométricas a medir deben ir en función a los objetivos establecidos. La presente investigación se enfocó en evaluar la sanidad y densidad de la regeneración natural, árboles padres y daños ocasionados a la vegetación asociada. A continuación, se enuncian las variables para las cuales se obtuvieron observaciones en las unidades de muestreo. Se presentan según el tamaño o tipo de vegetación.

### ***Regeneración natural***

- Número de individuos: Cantidad de plantas que fueron registradas y medidas.
- Altura de la planta: Medida en cm desde el cuello de la raíz hasta las yemas apicales tomada con una cinta métrica.
- Diámetro al cuello de la raíz (DAC): Medida en mm tomada con un vernier al cuello de la raíz.
- Número de verticilos: Cantidad de ramificaciones que posee la planta.
- Sanidad: Las observaciones para esta variable estuvieron sujetas a la percepción. Se valoraron como plantas sanas aquellas que no tenían ninguna de las siguientes condiciones: amarillamientos en las hojas, marchitez, evidencias de daños por insectos o daños mecánicos en el sistema caular. Todas aquellas, que tenían al menos una de estas condiciones se consideraron como "no sanas".

## Árboles Padres

- Número de individuos: Cantidad de árboles que fueron registrados y medidos.
- Forma de copa: Se definieron dos tipos de copas: irregular o cónica.
- Diámetro a la altura del pecho (DAP): Medida con cinta diamétrica en cm tomada a los 1.30 m desde el nivel del suelo.
- Altura total: Medida que se tomó en metros, con clinómetro, desde la superficie del suelo hasta el ápice del árbol.
- Altura comercial: Medida tomada en metros con clinómetro, desde la superficie del suelo hasta la primera ramificación del árbol.
- Forma de fuste: El fuste fue clasificado en tres clases, recto, curvo o bifurcado.
- Sanidad: Las observaciones para esta variable estuvieron sujetas a evidencias de daños por insectos, enfermedades e incendios.
- Porcentaje de fructificación de estróbilos: Porcentaje de la copa con presencia de estróbilos: Se estimó de forma relativa el porcentaje de la copa que contenía estróbilos. Se utilizó una modificación del procedimiento expuesto por Urrego y Del Valle (2001). La copa se dividió en cuatro cuadrantes, cada uno de estos equivalía a un 25%. De manera que el valor asignado a cada individuo tomó los valores indicados en el cuadro 2. El valor fue ponderado considerando los cuatro cuadrantes imaginarios.

Cuadro 2. Clasificación de presencia de estróbilos en árboles padres

Sección	Porcentaje
1	0 - 25 %
2	50 %
3	75 %
4	100 %



## **Vegetación Latifoliada**

- Número de individuos: Cantidad de árboles que fueron registrados por especie.
- Especie: Corresponde a la especie identificada
- Presencia de daño (metodología tomada y modificada de Aráuz, 2015):
  - ✓ Ausencia de daños mecánicos: Árbol que no evidenciara daños mecánicos por aprovechamiento.
  - ✓ Daños en la copa: Árbol que evidenciara ramas quebradas o copa deformada por ramas faltantes.
  - ✓ Daños en el fuste: Árbol que evidenciara grandes fisuras o quebraduras en el fuste.
  - ✓ Daños en la copa y fuste: Árbol que evidenciara daños en la copa y fuste.
  - ✓ Árbol cortado (tocón): Identificación de tocones por medio de los rebrotes, corteza del árbol y colaboración del baqueano y encargado de la finca.

### ***Fase 3: Procesamiento y análisis de datos***

Posterior a la colecta de información en campo cada formato lleno fue digitalizado en una hoja de cálculo del programa Excel que permitió agrupar las variables que fueron evaluadas. A continuación, se describe cada uno de los procedimientos que se realizaron para obtener información que diera respuesta a los objetivos planteados. Todo el procesamiento fue realizado el mismo programa.

#### ***Descripción del estado actual de la regeneración natural***

En una hoja de cálculo Excel, se ordenaron los datos de los tres compartimentos, dado que la medición del diámetro al cuello de la raíz fue tomada en milímetros, se procedió a convertirla a centímetros, posteriormente se realizó el cálculo de árboles por hectárea, mediante la fórmula propuesta por Sörgel (1985). Seguidamente se trasladaron los datos a un gráfico de barras donde se refleja el total de plantas por hectárea en cada compartimento y así evidenciar las diferencias entre estos.

Para identificar si la regeneración se encontraba establecida o no, se realizaron gráficos de dispersión en Excel, asociando el diámetro y su altura, en el eje Y la altura y en el eje X el diámetro, ambos en centímetros. Esto se realizó por cada compartimento y uno donde se reflejan los tres compartimentos, de esta manera se facilita la identificación de las alturas y diámetros máximos en cada compartimento.

Los verticilos se asociaron con la altura de la planta, así se facilitaría identificar si la altura de la planta influye en el número de verticilos, es decir, evidenciar si a mayor altura habría más verticilos o no.

La sanidad de las plantas se representó en un gráfico de barras, que fue elaborado a partir de una matriz de frecuencias, considerando las categorías plantas sanas y plantas decaídas (marchitas o decoloradas).

### ***Caracterización del estado actual de los árboles padres***

Los datos colectados fueron ordenados en una hoja de cálculo Excel, luego se realizó la conversión del diámetro de centímetros a metros, cálculo de árboles por hectárea, área basal y volumen por hectárea. Los árboles por hectárea se representaron en un gráfico de barras. Los valores se obtuvieron utilizando las fórmulas siguientes:

Árboles por hectárea, Sörgel (1985)

$$\frac{\mathbf{Árb}}{\mathbf{ha}} = \frac{\mathbf{1}}{\mathbf{Tp} * \mathbf{Cp}} * \sum_{j=1}^{\mathbf{Cp}} \mathbf{Zj}$$

Dónde:

**Árb/ ha:** cantidad de árboles por hectárea

**1:** término del cálculo para una ha

**Tp:** tamaño de la parcela en ha

**Cp:** cantidad de parcelas

**Z<sub>j</sub>:** sumatoria de árboles en la parcela j (parcela 1, 2, 3...)

**J:** 1- número de parcelas (parcela 1, 2...)

**Σ:** signo de sumatoria en estadística

Área basal

$$\mathbf{AB (m2)} = \pi/4 * \mathbf{D}^2$$

Dónde:

**AB:** Área basal (m2)

**π / 4:** constante 0.7854

**DN:** Diámetro normal medido a los 1.30 m sobre la superficie del suelo

Área basal por hectárea

$$\frac{AB}{ha} = \frac{1}{Tp * Cp} * \sum_{j=1}^{Cp} Zj$$

Dónde:

**Árb/ ha:** cantidad de árboles por hectárea

**1:** término del cálculo para una ha

**Tp:** tamaño de la parcela en ha

**Cp:** cantidad de parcelas

**Z<sub>j</sub>:** sumatoria de área basal en la parcela j (parcela 1, 2, 3...)

**J:** 1- número de parcelas (parcela 1, 2...)

**Σ:** signo de sumatoria en estadística

Volumen

$$Vol (m3) = AB * Ht * Ff$$

Dónde:

**Vol:** volumen (m3)

**AB:** área basal calculada en m2

**Ht:** Altura total en (m)

**Ff:** factor de forma 0.47 para especies de bosque coníferas

Volumen por hectárea, Sörgel (1985)

$$\frac{V}{ha} = \frac{1}{Tp * Cp} * \sum_{j=1}^{Cp} Zj * \sum_{j=1}^{Cp}$$

Dónde:

**V/ ha:** Volumen de árboles por hectárea

**1:** término del cálculo para una ha

**Tp:** tamaño de la parcela en ha

**Cp:** cantidad de parcelas

**Z<sub>j</sub>:** cantidad de árboles en la parcela j (parcela 1, 2, 3...)

**J:** 1 número de parcelas (parcela 1, 2...)

**∑:** signo de sumatoria en estadística

**i:** 1 – Número de los árboles en la parcela (árbol uno, árbol dos...)

**vij:** volumen de cada árbol en cada parcela

El número de árboles por tipo de fuste (recto, curvo y bifurcado) fue resumido en un cuadro de frecuencia de manera que se evidenciara el total de árboles por cada condición.

El porcentaje de presencia de estróbilos en la copa se representó en función del tipo de copa (cónica o irregular). Se generó un cuadro de frecuencias absolutas y relativas (se relacionó el número de árboles para cada categoría de la escala entre el total de árboles para el compartimento). El cuadro permite identificar cuantos árboles se encontraron para cada categoría de presencia de estróbilos considerando el tipo de copa.

La sanidad se determinó a través del porcentaje de árboles que evidenciaran afectación por incendio y los que evidenciaran afectación por plagas o enfermedades en el fuste.

### ***Daños a la vegetación latifoliada***

Por cada categoría de presencia de daño se agrupó el total de árboles por cada especie identificada, así se reflejaría la mayor afectación a dicha vegetación.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1 Descripción de la regeneración natural

#### 5.1.1 Densidad de la regeneración natural

En las NTON 18 001 – 12 - (2013), se detallan las categorías de densidades para la regeneración natural, partiendo de ellas es como se ha clasificado a las densidades de los compartimentos evaluados en muy rala (Compartimento 3), densa (Compartimento 2) y rala (Compartimento 1) (ver figura 5).

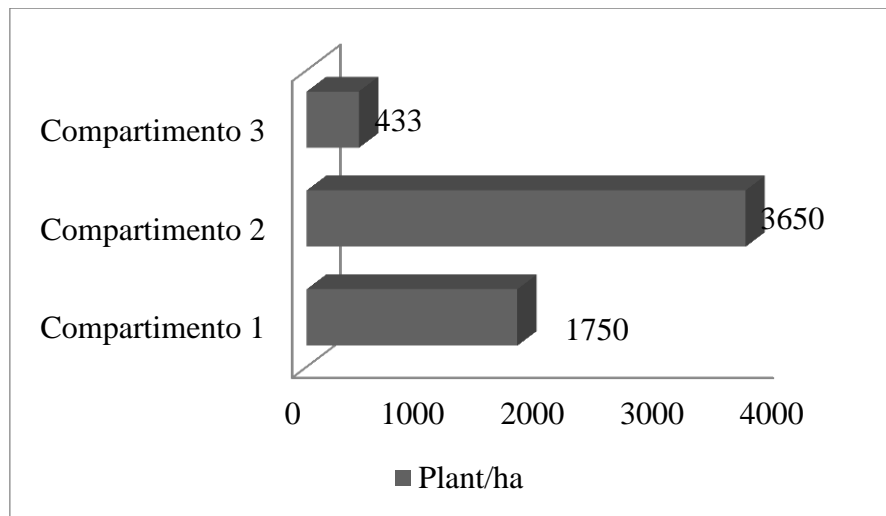


Figura 5. Densidad de regeneración natural encontrada en tres compartimentos de finca El Copetudo

En el estudio del establecimiento de regeneración natural de *P. patula* realizado por Santillán (1991) citado por Castelán y Arteaga (2009), se encontró que la densidad de las plantas era adecuada, encontrando hasta 50,000 plant/ha con alturas promedios de diez centímetros. Posterior a cinco años del aprovechamiento se contabilizaron hasta 20,000 plant/ha reflejando así, la necesidad de aplicar tratamientos silviculturales como pre aclareo o raleos de al menos un 30 %.

MARENA (2006), menciona que los bosques de regeneración natural con densidades menores a 1,600 plantas/ha deben ser intervenidos con repoblación. De los compartimentos evaluados se evidencia que el tercero necesita dicha intervención para tener niveles aceptables de regeneración natural dentro del compartimento.

Lo anteriormente expuesto puede estar relacionado a la corta final de semilleros en al menos un 14 % de su área total, ocasionando un impacto focalizado que se refleja en la parcela establecida ya que en esta no se encontró regeneración natural.

### **5.1.2 Estado de desarrollo de la regeneración natural**

Las alturas y los diámetros se relacionan positivamente entre sí (Figura 6a.); es decir, que a medida que se tienen mayores valores de diámetro aumentan los de altura. Se evidencia entonces que el crecimiento ocurre en ambos sentidos. El gráfico también refleja que la mayor parte de la regeneración encontrada se concentra en alturas y diámetros inferiores a 100 cm y 2 cm, respectivamente.

Observando el gráfico del primer y tercer compartimento (Figura 6b, 6d), se puede identificar que las plantas se encuentran por debajo de los tres centímetros de diámetro basal, caso contrario del segundo compartimento donde los diámetros llegan a un máximo de 8 cm, sin embargo, la cantidad de plantas que presentan esta característica es reducida.

La altura promedio de las plantas considerando los tres compartimentos es de 0.46 m. Ningún compartimento ha desarrollado alturas mayores a los tres metros como para clasificarse en regeneración natural establecida, siendo conveniente esperar hasta un máximo de cinco años para que esta se pueda desarrollar, establecer y reemplazar a los árboles padres, tal como lo recomiendan Castelán y Arteaga (2009) y NTON 18 001 – 12, (2013).

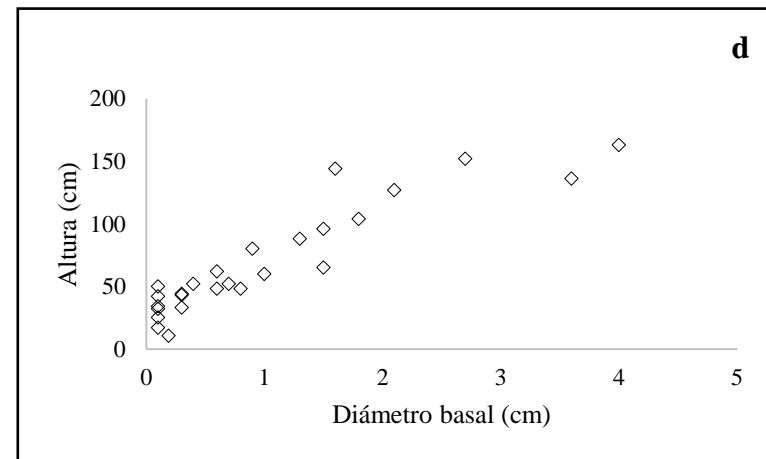
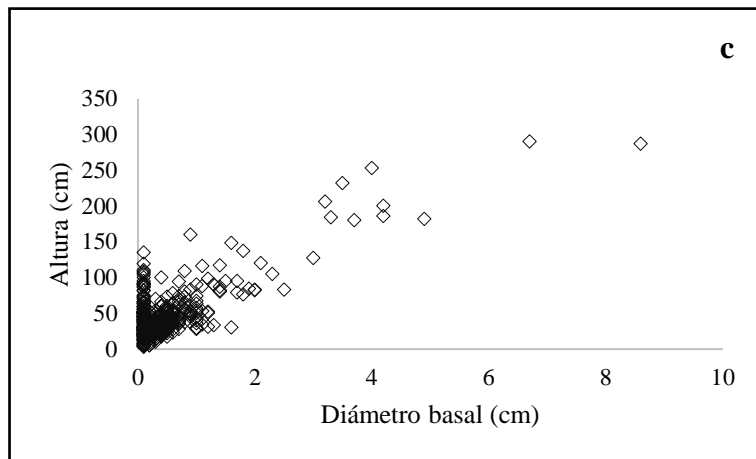
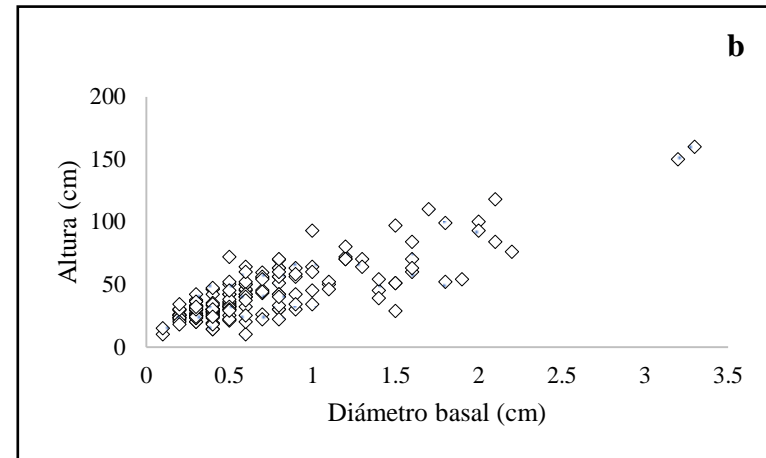
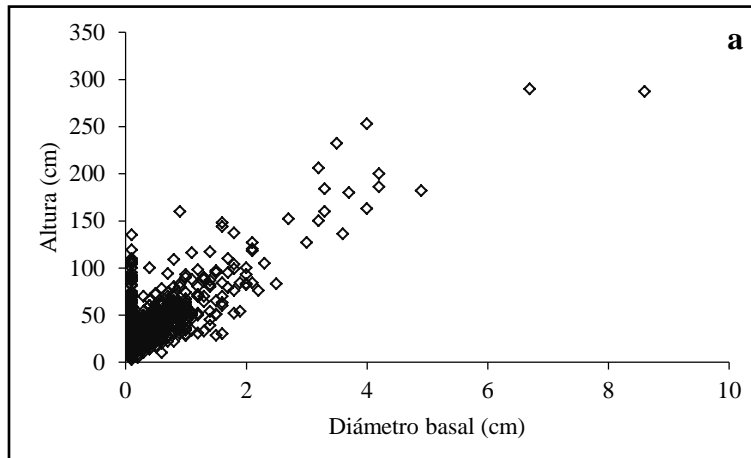


Figura 6. Relación de desarrollo en diámetro y altura para la regeneración. a) considerando todos los compartimentos, b)compartimento uno, c) compartimento dos y d) compartimento tres



El número de verticilos está estrechamente relacionado al desarrollo de la planta, por tanto, a mayor altura, mayores ramificaciones o verticilos irá desarrollando la planta, siendo este uno de los atributos morfológicos medidos, se refleja en la figura 7 que las plantas evaluadas con alturas mayores a 100 cm y menores de 200 cm han desarrollado de 5 a 15 verticilos, en cambio, las plantas registradas > 200 cm, presentan de 15 a 20 verticilos, lo cual evidencia a su vez, que pese a su relación con el crecimiento de la planta, el número de verticilos también irá en función a otros atributos morfológicos y fisiológicos.

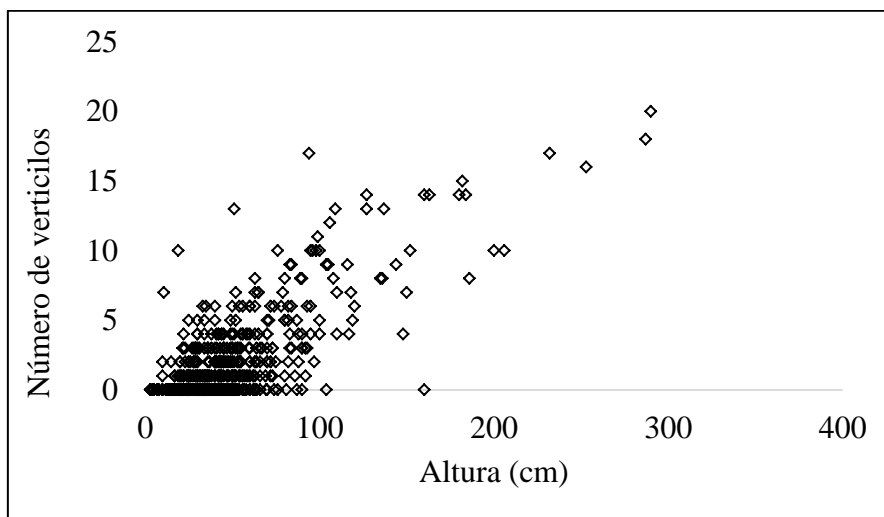


Figura 7. Relación número de verticilos y altura de la planta en los tres compartimentos.

### 5.1.3 Sanidad de la regeneración natural

A nivel de los tres compartimentos se encontró que el 98 % de las plantas evaluadas presentan las características óptimas de sanidad, mientras que el resto son plantas que muestran signos de marchitez o decoloración.

Del total de plantas evaluadas, se refleja en la figura 8 que solamente el primer compartimento presenta aproximadamente el 4 % de plantas decaídas ya sea por marchitez o decoloración. En cambio, pese a que el tercer compartimento concentra las menores densidades de plantas, ninguna de estas presenta afectaciones que inhiban su desarrollo y crecimiento potencial.

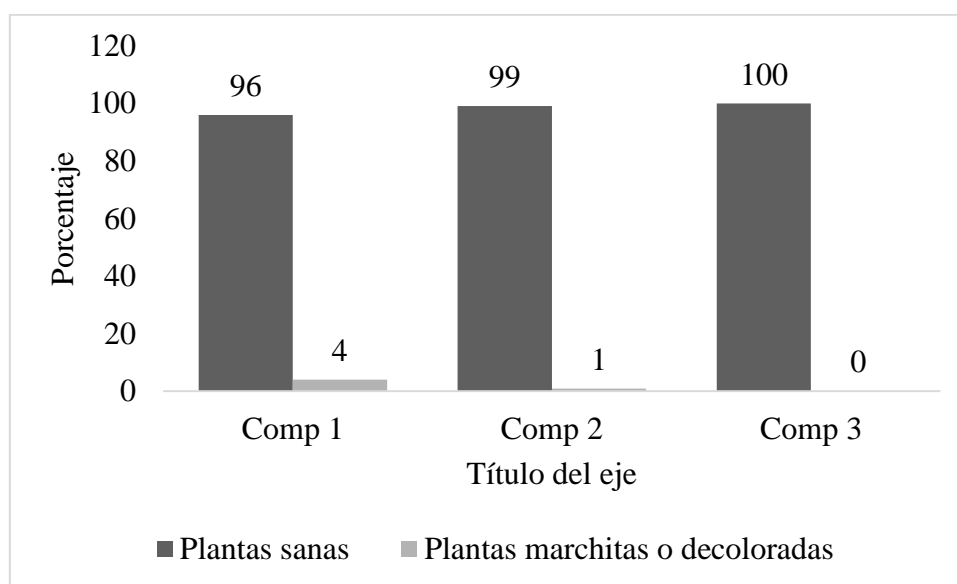


Figura 8. Porcentaje de plantas sanas y decaídas en cada compartimento evaluado

## 5.2. Caracterización del estado actual de árboles padres

### 5.2.1 Densidad de árboles padres

En la figura 9 se refleja que los compartimentos presentan una densidad mayor frente al valor recomendado (30 árboles/ha) por la NTON 18 001 – 12, (2013); las densidades encontradas para dos de los compartimentos sobrepasan casi dos veces dicho valor.

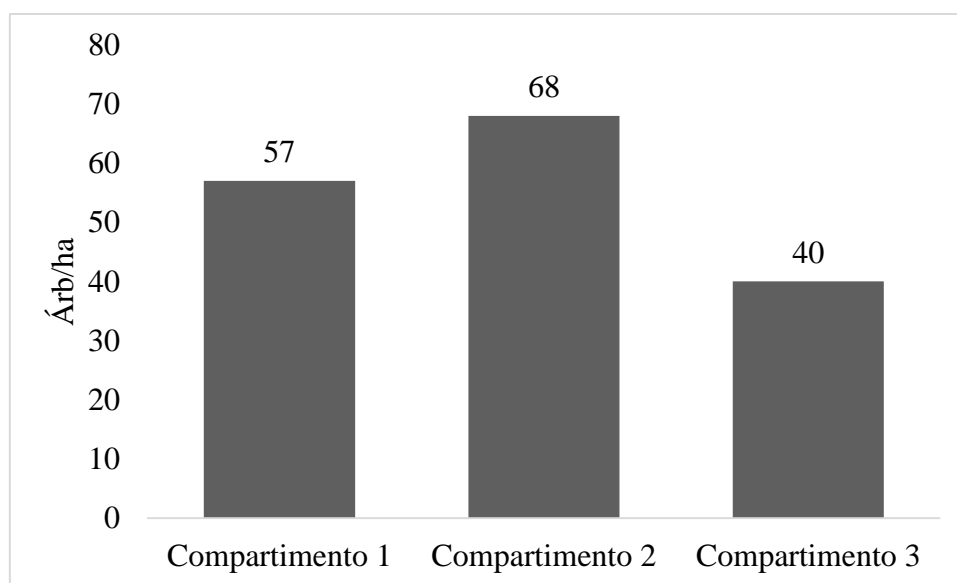


Figura 9. Densidad de árboles padres en los compartimentos evaluados

Los compartimentos evaluados fueron intervenidos bajo el mismo tratamiento, por lo cual se podría esperar una densidad bastante similar entre ellos. No obstante, se aprecian diferencias de más de 15 árboles padres entre el compartimento tres con respecto a los demás. Un aspecto que podría contribuir a explicar esto, es que, durante la redefinición de los compartimentos, parte del área del compartimento tres (0.28 ha) se cortaron árboles semilleros.

Asimismo, estos árboles padres representan área basal y volumen por hectárea, reflejando que el compartimento 1 cuenta con 1.69 m<sup>2</sup> de área basal y 16.68 m<sup>3</sup> de volumen por hectárea, el segundo con 1.55 m<sup>2</sup> y 11.75 m<sup>3</sup> y el tercero con 0.65 m<sup>2</sup> y 5.43 m<sup>3</sup>. De esta manera se estima la disponibilidad de madera para aprovechar posterior al establecimiento óptimo de la regeneración natural.

### 5.2.2 Fuste de los árboles

A nivel de cada compartimento evaluado, la mayor parte de los árboles cuentan con un fuste recto. La condición de fuste curvo es baja con 23 % para el primer compartimento, 12 % en el segundo y 33 % en el tercero, y la condición de bifurcado es prácticamente inexistente, ya que solamente se registró a un individuo que presentaba esta condición en el compartimento 1, el cual está representado con un dos por ciento (ver cuadro 3).

En cuanto a los valores de diámetro, considerando el criterio de Paiz (1995); quien indica que para considerar un árbol como semillero este debe tener un diámetro mínimo de 24 cm, no obstante, aunque el compartimento 2 cuenta con la mayor densidad de árboles padres, este posee la proporción más alta de árboles que no cumplen con este criterio (43 % de los árboles), sin embargo, este criterio no se consideró de gran relevancia ya que los árboles padres se escogen como tal principalmente por sus características fenóticas y alta producción de estróbilos.

Cuadro 3. Número de individuos por tipo de fuste de los árboles evaluados

Compartimentos	Tipo de fuste						Total
	Recto	%	Curvo	%	Bifurcado	%	
1	43	75	13	23	1	2	57
2	72	88	10	12	0	0	82
3	16	67	8	33	0	0	24

### 5.2.3 Porcentaje de la copa con presencia de estróbilos y forma de copa

Para considerar que los árboles tenían alta presencia de estróbilos se tomó en cuenta el rango del 75 al 100 %, dejando como media al 50 % y baja de 25 a 0 %. En el cuadro 4 se puede observar que el primer compartimento tiene la mayor presencia de estróbilos en las copas irregulares (50 %), versus un 19 % de alta presencia en las copas cónicas. El segundo compartimento también reflejó la mayor presencia en copas irregulares con un 44 % y en cónicas con apenas el 29 %.

Asimismo, el tercer compartimento evidenció alta presencia con 17 % en copas irregulares y apenas un 12 % para copas cónicas, seguidamente se evidencia la baja presencia de estróbilos de la mayoría de estos árboles padres, con un 56 % de árboles de copa cónica y 50 % de irregulares.

El primer y tercer compartimento presentan individuos con alta presencia de estróbilos, no obstante, la mayoría se concentra en porcentajes menores al 50 %, en cambio la baja presencia es mayor en comparación a la alta y media presencia de estróbilos, sin embargo, se debe tomar en cuenta que, durante la observación en campo, estos árboles podían estar iniciando o terminando su periodo productivo, por tanto, no deberían ser considerados como poco productivos sin antes realizar un estudio o monitoreo más detallado a estos atributos.

Cuadro 4. Porcentaje de la copa con presencia de estróbilos y forma de copa

% de estróbilos	Forma de Copa											
	Cónica						Irregular					
	C1	%	C2	%	C3	%	C1	%	C2	%	C3	%
0	9	29	11	41	9	49	6	23	9	16	2	33
25	6	19	4	15	1	6	5	19	12	22	1	17
50	10	32	4	15	6	33	2	8	10	18	2	33
75	2	6	2	7	1	6	2	8	12	22	0	0
100	4	13	6	22	1	6	11	42	12	22	1	17
Total	31	99	29	100	18	100	26	98	55	100	6	100

C1: Compartimento 1; C2: Compartimento 2; C3: Compartimento 3

#### 5.2.4 Sanidad de árboles padres

A través de la observación, todos los árboles padres fueron encontrados con la base del fuste superficialmente quemado, sin embargo, estas afectaciones no sobrepasan un metro de altura y la profundidad del daño aparentemente, abarca solamente la corteza externa. Por otro lado, el fuste también fue evaluado para identificar si había signos de enfermedades o presencia de plagas, pero aparentemente ninguno ha sido afectado por alguno de estos factores.

Debido a la ausencia de daños evidentes por los factores mencionados (cuadro 5), se expresa entonces que estos árboles se encuentran con buena sanidad y que son aptos para continuar su ciclo productivo como árboles padres, mientras la regeneración natural los pueda reemplazar.

Cuadro 5. Porcentaje de árboles afectados por incendios, plagas o enfermedades

<b>Compartimento</b>	<b>Evidencia de incendio (%)</b>	<b>Evidencia de plagas o enfermedades en el fuste (%)</b>
1	100	0
2	100	0
3	100	0

### 5.3 Daños a la vegetación latifoliada dentro de los compartimentos

En los compartimentos se registraron cuatro especies latifoliadas Roble (*Quercus sp*), Encino (*Quercus sp*), Nancite (*Byrsonima crassifolia*) y Carbón (*Vachellia pennatula*), para cada individuo se evaluó la presencia de daños considerando la ubicación del daño. De esta forma, se puede reflejar en el cuadro 6 que la mayor afectación a estos árboles fue la corta total, concentrada a especies de encino, debido a su mayor presencia y competencia con los pinares.

El manejo monocíclico que recibe el bosque de coníferas busca reducir que se establezcan las latifoliadas en el área de aprovechamiento para evitar la competencia con los árboles de interés comercial.

El tercer compartimento presentó otras especies como nancite, carbón y roble, a pesar de ser muy pocos los individuos encontrados, el crecimiento y establecimiento de estas latifoliadas puede ser atribuible a la ausencia de árboles padres.

Cuadro 6. Vegetación remanente registrada en los compartimentos evaluados

Compartimento	Nombre Común	Nombre científico	Sin daños	Daño en el fuste	Daño en la copa	Daño en la copa y fuste	Árbol cortado
1	Encino	<i>Quercus sp</i>				2	26
	Encino	<i>Quercus sp</i>					17
2	Nancite	<i>Byrsonima crassifolia</i>					1
	Roble	<i>Quercus sp</i>					5
3	Carbón	<i>Vachellia pennatula</i>	1			1	
	Nancite	<i>Byrsonima crassifolia</i>		1			
	Roble	<i>Quercus sp</i>		3		1	2

## VI. CONCLUSIONES

Las altas densidades de la regeneración natural encontradas en el primer y segundo compartimento brindan una pauta para considerar que el bosque es susceptible de ser regenerado de manera natural.

Los árboles padres están representados por más de 30 individuos por hectárea dentro de las áreas de estudio, sin embargo, se evidenció que no todos cumplen con las características fenotípicas de un árbol padre, pese a tener buen estado de sanidad, donde no se reflejaron afectaciones por plagas o enfermedades, pero sí daños leves en la base del fuste a causa del último incendio forestal registrado dentro de la finca.

La evaluación registró cuatro especies latifoliadas. La mayor afectación a estos árboles fue la corta total, concentrada a especies del género *Quercus sp.*, posiblemente debido a su mayor presencia y competencia con los pinares.



## VII. RECOMENDACIONES

Con fines de manejo, la regeneración natural debe ser monitoreada en parcelas permanentes, de esta manera se podrá determinar el tiempo que dura el establecimiento de la regeneración.

Aplicar el tratamiento de repoblación en el tercer compartimento, con el objetivo de alcanzar densidades adecuadas de regeneración natural.

La corta de árboles padres debe realizarse hasta que la regeneración natural se haya establecido, con métodos de tala dirigida para reducir el impacto a los árboles en desarrollo.

La vegetación latifoliada debería ser manejada con tratamientos de podas y raleos de manera que no afecte al crecimiento y desarrollo de la regeneración de *Pinus oocarpa*.

Se debe orientar investigaciones al establecimiento de la regeneración natural en diferentes índices de sitios

## VIII. LITERATURA CITADA

- Aráuz, J. (2005). *Evaluación de daños post aprovechamiento mejorado del bosque tropical húmedo, en la finca Susun, comunidad de San Martín, Siuna, RAAN, Nicaragua*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/1062/1/tnk10a663e.pdf>
- Buesa, A. (2003). Regeneración de Pino Radiata en el monte de U.P. n°147 “Posadero”. *Revista Forestal*. México. [Regeneración de Pino Radiata en el monte de U.P. n°147 “Posadero” \(studylib.es\)](#)
- Castelán, M. Arteaga, B. (2009). Establecimiento de Regeneración de Pinus patula Schl. Et Cham., En cortas bajo el método de árboles padres. México. *Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15 (1), 49-57.
- Delgado, L. Guadamuz, N. (2008). *Monitoreo ecológico del manejo forestal comunitario de pinares naturales de las Región Autónoma del Atlántico Norte de Nicaragua*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica.
- Escobar, A. (2015). *Efecto del aprovechamiento forestal en el dosel inferior y el suelo en el bosque de coníferas en Santa Inés, Honduras*. [Tesis de grado]. Honduras.
- Espinoza, G. et al., Martínez K. (2018). Evaluación de los daños causados al bosque residual durante el aprovechamiento forestal en Santa Cruz Itundujia, Oaxaca, México. *Foresta Veracruzana*. 20(2),9-20. <https://www.redalyc.org/journal/497/49758340002/html/>
- García M. (2010). Plan General de Manejo Forestal, finca El Copetudo. Nueva Segovia, Nicaragua.
- González, H. (2017). *Evaluación del comportamiento de siete progenies de Moringa oleífera Lam, en condiciones de plantación en la finca Santa Rosa Universidad Nacional Agraria, Managua, Nicaragua*. [Tesis de maestría]. Universidad Nacional Agraria. <https://repositorio.una.edu.ni/3681/1/tnf30g643c.pdf>
- González, L. Ramírez, O. (2000). *Evaluación de la regeneración natural en Pinus oocarpa Schiede, bajo planes de manejo en Dipilto Viejo, Nueva Segovia*. [Tesis de grado]. Universidad Nacional Agraria. [tnk10g643.pdf \(una.edu.ni\)](https://repositorio.una.edu.ni/1062/1/tnk10g643.pdf)
- Instituto Nacional Forestal. (2012). Manual Técnico: Modelos agroforestales sistema productivo integrado para una agricultura sostenible en Nicaragua. (1ª edición).
- Ley 462 de 2022. Ley de Conservación, Fomento y Desarrollo Sostenible del Sector Forestal. 20 de octubre de 2022. D.O. No. 197.

- Manzanero, M. Pinelo, G. (2004). Plan silvicultural en unidades de manejo forestal: Reserva de la Biósfera Maya, Petén, Guatemala. <https://wwfeu.awsassets.panda.org/downloads/plansilvicultural.pdf>
- Ministerio de Educación, Cultura y Deportes. (2004). *Diagnóstico infraestructura escolar e institucional Municipio de Macuelizo*. Nicaragua. <https://ribuni.uni.edu.ni/348/1/Macuelizo.pdf>
- NTON 18 001 – 12. (2013). SEGUNDA REVISIÓN. \_NORMA TÉCNICA OBLIGATORIA NICARAGÜENSE. MANEJO SOSTENIBLE DE LOS BOSQUES NATURALES LATIFOLIADOS Y DE CONÍFERAS. Nicaragua. <http://legislacion.asamblea.gob.ni/normaweb.nsf/9e314815a08d4a6206257265005d21f9/e5f72bc32154fb1d06257bdb005a8ee7>
- Paiz, M. (1994). *Factores que afectan la regeneración natural de Pinus oocarpa Schiede en un Bosque Seco de la Brea, Guatemala*. [Tesis de maestría]. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5126/Factores\\_que\\_afectan\\_la\\_regeneracion\\_natural.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/5126/Factores_que_afectan_la_regeneracion_natural.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- PRESANCA II-PRESISAN. (2016). Fortalecimiento de la Asociación de Municipios de Nueva Segovia -AMUNSE en Seguridad Alimentaria y Nutricional Municipio de Macuelizo, Departamento de Nueva Segovia, República de Nicaragua, Centroamérica Caracterización, Logros y Avances. [Archivo PDF]. [https://www.sica.int/busqueda/busqueda\\_archivo.aspx?Archivo=libr\\_104062\\_1\\_27092016.pdf](https://www.sica.int/busqueda/busqueda_archivo.aspx?Archivo=libr_104062_1_27092016.pdf)
- Reyes, F. Alonzo, E. Castro, G. (2021). Manual de fórmulas. <https://repositorio.una.edu.ni/4324/1/NK10R457.pdf>
- Rodríguez, D., *et al.*, Jiménez J. (2015). Evaluación Post aprovechamiento de la reserva de San Juan del Monte, Las Vigas, Veracruz efecto de la corta selectiva. *El Agro Veracruzano*. Vol. (1). p. 78.
- Sörgel N. (1985). Introducción en inventarios forestales. Servicio Alemán de cooperación social técnica. Managua, Nicaragua.
- Urrego, E. Valle, I. (2001) Relación fenología-clima de algunas especies de los humedales forestales (guandales) del pacífico sur colombiano Interciencia, Asociación Interciencia Caracas, Venezuela pp. 150-156 <http://www.redalyc.org/pdf/339/33905504.pdf>



### Anexo 3. Formato de campo para regeneración natural

Recolección de datos de la regeneración natural								
Compartimento	No. Parcela	No. Plantula	Altura (m)	Diámetro basal (cm)	No. verticilos	Condición fitosanitaria		
						Planta sana	Con de foliación	Otros (marchitez, de coloración, etc.)

### Anexo 4. Establecimiento de parcelas de muestreo





Anexo 5. Afectaciones por incendio en la base del fuste de árboles padres



Anexo 6. Representación del tamaño y forma de copa de árboles padres



Anexo 7. Estado de la regeneración natural en el compartimento 1



Anexo 8. Estado de la regeneración en el compartimento 2



Anexo 9. Representación de fustes de árboles padres

