



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

Por un Desarrollo
Agrario Integral
y Sostenible

TRABAJO DE TESIS

Manejo de rebrotes en las plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, en la Unidad de Experimentación y Validación Finca El Plantel.

AUTORES:

Br. Jeferson Samuel Paiz Corea
Br. Nadia Milena Potosme Franco

ASESOR:

M.C. Francisco Giovanni Reyes Flores.

Managua, Nicaragua
Octubre, 2022.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

TRABAJO DE TESIS

Manejo de rebrotes en las plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, en la Unidad de Experimentación y Validación Finca El Plantel.

AUTORES:

Br. Jeferson Samuel Paiz Corea
Br. Nadia Milena Potosme Franco

ASESOR:

M.C. Francisco Giovanni Reyes Flores

Managua, Nicaragua
Octubre, 2022.



UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA
FACULTAD DE RECURSOS NATURALES Y DEL AMBIENTE

Por un Desarrollo Agrario
Integral y Sostenible"

Este trabajo de graduación fue evaluado y aprobado por el Honorable Tribunal Examinador designado por la Decanatura de la Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente, como requisito parcial para optar al Título Profesional de:

Ingeniero Forestal

Presidente

Secretario

Vocal

Managua, Nicaragua

Octubre, 2022.

ÍNDICE GENERAL

SECCIÓN	PÁG
ÍNDICE DE CUADROS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
ÍNDICE DE ANEXOS	iii
DEDICATORIA.....	iv
DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTOS	vi
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCION.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
2.1. Objetivo General.....	3
2.2. Objetivos Específicos.....	3
III. HIPÓTESIS.....	4
3.1. Hipótesis Nula.....	4
3.2. Hipótesis Alternativa	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA	5
4.1. Descripción de la especie Eucalipto	5
4.1.1. Nomenclatura.....	5
4.1.2. Origen y Distribución.....	5
4.1.3. Requerimientos ambientales	5
4.2. Plantaciones forestales.....	6
4.3. Conceptos básicos.....	7
4.3.1. Rebrote.....	7
4.3.2. Selección de rebrotes.....	7
4.3.3. Manejo de rebrotes.....	7
4.3.4. Brote de tocón o cepa	8
4.3.5. Supervivencia	8
4.3.6. Silvicultura	8
4.3.7. Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA)	8
4.4. Tratamientos silviculturales.....	9
4.4.1. Poda	9
4.4.2. Raleo de rebrotes	9
4.4.3. Limpieza	9
4.5. Variables de Incremento	10
4.5.1. Crecimiento	10

4.5.2.	Incremento.....	10
4.5.3.	Incremento Medio Anual (IMA).....	10
V.	METODOLOGÍA.....	11
5.1.	Ubicación del área de estudio.....	11
5.2.	Clima y precipitaciones.....	12
5.3.	Diseño metodológico.....	12
5.3.1.	Bloques Completo al azar (BCA).....	12
5.3.1.1.	Modelo estadístico.....	12
5.4.	Diseños de bloques.....	13
5.5.	Tratamientos silviculturales.....	13
5.5.1.	Raleo.....	13
5.5.2.	Limpieza.....	14
5.5.3.	Poda.....	14
5.6.	Recolección de datos.....	15
5.6.1.	Medición del diámetro del tocón.....	15
5.6.2.	Medición del diámetro de los rebrotes.....	15
5.6.3.	Medición de altura del tocón.....	16
5.6.4.	Medición de altura de los rebrotes.....	16
5.7.	Variables a evaluar.....	16
5.7.1.	Porcentaje de sobrevivencia.....	16
5.7.2.	Incremento Medio Anual de diámetro.....	17
5.7.3.	Incremento Medio Anual de Altura.....	17
5.8.	Análisis de datos.....	18
5.9.	Materiales y equipos.....	18
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	19
6.1.	Sobrevivencia.....	19
6.2.	Incremento en altura.....	20
6.2.1.	Incremento en altura de cada bloque.....	20
6.2.2.	Resumen del incremento en altura de los 3 ensayos.....	21
6.3.	Incremento en diámetro.....	22
6.3.1.	Incremento en diámetro de cada bloque.....	22
6.3.2.	Resumen del incremento en diámetro de los 3 ensayos.....	23
6.4.	Análisis de varianza (ANOVA) de diámetro del tocón en comparación con el incremento en altura y diámetro de los rebrotes.....	24
6.5.	Análisis de varianza (ANOVA) de la altura del tocón en comparación con el incremento en altura y diámetro de los rebrotes.....	25
6.6.	Recomendaciones técnicas para el Proyecto de Manejo de Plantaciones Forestales en la Finca El Plantel.....	27

VII. CONCLUSIONES	28
VIII.REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	29
IX. ANEXOS.....	32

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	PÁG
1. Categorización de sobrevivencia para la evaluación de rebrotes.....	17
2. Tasa de sobrevivencia de rebrotes en la finca El Plantel, 2022.....	19

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	PÁG
1. Mapa de ubicación de la unidad de experimentación y validación Finca El Plantel, UNA, 2020.....	11
2. Diseños de los bloques en plantaciones de <i>Eucalyptus camaldulensis</i> Dehnh, 2022.	13
3. Aplicación del tratamiento de raleo en los bloques establecidos.....	14
4. Tratamiento de limpieza en los bloques.....	14
5. Aplicación del tratamiento silvicultura de poda en los bloques de estudios..	14
6. Medición de los tocones en los ensayos de estudios en la finca El Plantel..	15
7. Medición de diámetro de los rebrotes con vernier graduado en centímetros.	15
8. Medición de la altura del tocón empleando cinta métrica en centímetro.	16
9. Medición de altura de los rebrotes utilizando el hipsómetro.	16
10. Incremento en altura de los rebrotes de Eucaliptos en cada ensayos de la finca El Plantel, 2022.	20
11. Incremento en altura promedio de los rebrotes de eucaliptos, en la finca El Plantel, 2022.	21
12. Incremento en diámetro de los rebrotes de Eucaliptos en cada ensayos en la finca El Plantel, 2022.	22
13. Incremento en diámetro promedio de los rebrotes de eucaliptos en la finca El Plantel, 2022.....	23
14. Comparación del diámetro del tocón con respecto al incremento en diámetro de los rebrotes, Finca El Plantel, 2022.	24
15. Comparación del diámetro del tocón con incremento en altura de los rebrotes, finca El Plantel, 2022.	25
16. Comparación de la altura del tocón con incremento en altura de los rebrotes, finca El Plantel, 2022.	25
17. Comparación de la altura del tocón con incremento en diámetro de los rebrotes, finca El Plantel, 2022.	26

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO	PÁG
1. Formato de base de datos.	32
2. Prueba T – STUDENT del porcentaje de sobrevivencia.	32
3. Prueba T – STUDENT del incremento en altura.	32
4. Análisis de varianza del incremento en altura de los 3 ensayos.	33
5. Prueba T – STUDENT del incremento en diámetro.	33
6. Análisis de varianza del incremento en diámetro de los 3 ensayos.	33
7. Análisis de varianza del diámetro del tocón con respecto al diámetro de los rebrotes.	33
8. Análisis de varianza del diámetro del tocón con respecto a la altura de los rebrotes.	34
9. Análisis de varianza de altura del tocón con respecto a la altura de los rebrotes.	34
10. Análisis de varianza de altura del tocón con respecto al diámetro de los rebrotes.	34

DEDICATORIA

Dedico este Trabajo a:

A Dios padre celestial, por darme las fuerzas, sabiduría e inteligencia día a día en el proceso de realización de este documento.

A mi querida madre Claudia Corea, quien ha sido un ejemplo de una madre responsable, quien, con esfuerzo, dedicación y sacrificio, me ha brindado su apoyo incondicional y ha sido mi pilar para salir adelante.

A mi padre Noel Paiz, quien me ofreció su apoyo incondicional, con valores y amor supo llenarme de consejos para caminar sobre el camino correcto

A mis hermanos, por brindarme su amor, cariño y apoyo necesario, inspirándome para seguir adelante.

Y a todas esas personas que siempre estuvieron apoyándome indirectamente en las buenas y las malas en la culminación de mis estudios

GRACIAS

Jeferson Samuel Paiz Corea

DEDICATORIA

A Dios padre celestial que me brindo inteligencia, sabiduría para llegar a esta final de mi carrera.

A mi madre Margelia Franco, que me ha brindado su apoyo incondicional y ha sido mi pilar para salir adelante.

A mis herman@s por su apoyo.

A mi tía Irma y a mi tío Aturo gracias por el cariño y el apoyo que me dieron durante mis estudios.

Y a todas esas personas que indirectamente me apoyaron en mis estudios.

GRACIAS

Nadia Milena Potosme Franco

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos infinitamente a Dios por brindarnos sabiduría, inteligencia, paciencia y el deseo de superación para poder triunfar en el trayecto del trabajo de graduación.

Al Proyecto de Manejo de Plantaciones del Departamento de Bosque y Ecosistema de FARENA quienes proporcionaron el financiamiento a través del Fondos del 6% para llevar a cabo dicha investigación.

Al Ing. M.C. Francisco Reyes Flores, nuestro asesor, por habernos brindado su amistad y apoyo en el trabajo de campo y en la redacción de la tesis.

Al MSc. Miguel Garmendia por apoyarnos en el análisis estadístico.

A Lic. Alioska Valle por habernos brindado su confianza, consejos y apoyo incondicional durante nuestro estudio.

A los maestros de FARENA y demás personas que de una forma u otra contribuyeron en nuestra formación profesional.

RESUMEN

El estudio de Manejo de rebrotes en las plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de los rebrotes de Eucalipto a través de la aplicación de tratamientos silviculturales (limpieza, raleo y poda), utilizando la metodología del establecimiento de tres bloques, donde se dividieron en tres repeticiones con un tamaño de 20 metros por 9 metros, obteniendo un área total por bloque de 540 m²; el primer bloque cuenta con cuatro rebrotes/ejes por cada tocón, el segundo bloque con tres rebrotes y el tercer bloque con dos individuos (rebrotos/ejes); para la toma de datos en el campo se evaluaron las siguientes variables: diámetro y altura de los tocones y los rebrotes. La sobrevivencia de los rebrotes fue del 93 %, presentando mejor resultados de sobrevivencia el bloque de 2 rebrotes con el 98 %. El ensayo que presentó mayor incremento en altura fue, el de 2 rebrotes con 3.57 metros, presentando diferencias significativas según el estudio de la prueba T – STUDENT, el bloque que obtuvo mayor incremento en diámetro fue el ensayo de 4 rebrotes con un promedio de 1.91 centímetros. En la comparación de las variables de diámetro y altura del tocón con respecto al diámetro y altura de los rebrotes, la única variable que presentó diferencia significativa según el análisis de varianza fue el diámetro del tocón con diámetro del rebrote, por lo tanto, los diámetros de los rebrotes mayores están asociado al diámetro del tocón mayor de 25 cm.

Palabras claves: Manejo forestal, plantaciones y mantenimiento forestales

ABSTRACT

The study of regrowth management in *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh plantations, aimed to evaluate the behavior of *Eucalyptus* regrowth through the application of silvicultural treatments (cleaning, thinning and pruning), using the three-block establishment methodology, where they were divided into three repetitions with a size of 20 meters by 9 meters, obtaining a total area per block of 540 m²; the first block has four shoots/axes for each stump, the second block with three shoots and the third block with two individuals (shoots/axes); For data collection in the field, the following variables were evaluated: diameter and height of the stumps and regrowth. The survival of the regrowths was 93 %, presenting better survival results for the block of 2 regrowths with 98 %. The test that presented the greatest increase in height was that of 2 regrowths with 3.57 meters, presenting significant differences according to the study of the T - STUDENT test, the block that obtained the greatest increase in diameter was the test of 4 regrowths with an average of 1.91 centimeters. In the comparison of the variables diameter and height of the stump with respect to the diameter and height of the regrowth, the only variable that presented a significant difference according to the analysis of variance was the diameter of the stump with the diameter of the regrowth, therefore, the diameters of the largest regrowths are associated with a stump diameter greater than 25 cm.

Keywords: Forest management, plantations, and forest maintenance

I. INTRODUCCION

Se estima que Nicaragua cuenta con aproximadamente 6.2 millones de hectáreas que son de vocación forestal (53% del territorio nacional), pero de estas actualmente solo 3.2 millones de hectáreas corresponden a bosques y barbechos forestales. La tasa anual de deforestación se estima en 50 mil ha por año, mientras que las plantaciones acumuladas que se han establecido en los últimos 10 a 15 años es de no más de 75 mil hectáreas, de las cuales muy pocas han recibido el manejo adecuado (Rivas, 2004).

En las últimas décadas, las plantaciones forestales han tomado mayor relevancia a nivel mundial, sin embargo, desde muchos siglos atrás ocupan un lugar de importancia en el uso de los suelos. "Las plantaciones forestales están llegando a un punto en que superarán a los bosques nativos en la producción de madera industrial en el mundo, con los consiguientes beneficios económicos, ambientales y sociales que ello implica" (Prado, 2015, citado por Méndez y Muñoz, 2020).

Las plantaciones forestales desempeñan una labor muy importante en la captación de dióxido de carbono (CO₂), el CO₂ es utilizado por los árboles para realizar fotosíntesis, proceso por medio del cual producen compuestos orgánicos empleados en su crecimiento y desarrollo. Aproximadamente el 40% de la masa seca de las plantas consiste en carbono fijado mediante la fotosíntesis (Yepes y Buckeridge, 2011, citado por Méndez y Muñoz, 2020).

El Eucalipto (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh), es una especie identificada como prioritaria para la reforestación en el país, ya que tiene características que justifican su importancia como: rápido crecimiento, usos múltiples, lo que hace altamente deseable para su establecimiento. La capacidad de rebrotes tiene mucha importancia para el agricultor porque después de plantar un árbol puede manejarlo para obtener varios cortes si se implementan técnicas adecuadas de manejo (Valdivia, 2006, citado por Chávez, 2011).

La importancia de manejar las plantaciones es que al utilizar las diferentes técnicas y prácticas silviculturales se puede obtener mayor rendimiento y mejor calidad de los productos de una plantación (Galloway, 1993, citado por Pérez y Zeledón, 2004).

El manejo de rebrotes es un sistema rápido, simple, aplicable sin grandes dificultades, tomando en cuentas que son empleadas a muchas especies que rebrotan y crean un recurso renovable donde antes no existía obteniendo una ganancia, donde puede permitir un valor económico de vegetaciones consideradas sin valor (Valdivia, 2006, citado por Chávez, 2011).

La importancia en los rebrotes es que se pueden utilizar en construcciones rústicas como madera en rollo, postes, estacas, construcciones y carpintería en general, artículos torneados. La madera de Eucalipto cuando está completamente seca constituye un combustible excelente, produciendo leña y carbón de óptima calidad. Su poder calorífico es de 4,800 Kcal/kg. *E. Camaldulensis* es una especie apropiada para utilizarse en el establecimiento de cortinas rompe vientos, debido a su altura, permeabilidad de la copa, resistencia a los vientos, alta capacidad (Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales [MARENA], 2002, citado por Chávez ,2011).

El estudio se realizó en la Unidad de Experimentación y Validación Finca El Plantel, propiedad de la Universidad Nacional Agraria, el objetivo principal es evaluar el comportamiento de los rebrotes en las plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, donde se aplicaron diferentes tipos de tratamientos silviculturales como: la limpieza, raleo y poda, con el fin de evaluar el grado de sobrevivencia de cada uno de los rebrotes. Este estudio contribuye a generar información cualitativa y cuantitativa, de acuerdo con el manejo de los rebrotes en la especie de Eucalipto, con el fin de demostrar que el manejo de rebrotes es una técnica muy eficaz en plantaciones energética.

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo General

Evaluar el comportamiento de los rebrotes en las plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, a través de tratamientos silviculturales en la Finca El Plantel, en el periodo 2020 – 2022.

2.2. Objetivos Específicos

Estimar el grado de sobrevivencia de los rebrotes en los tres bloques establecidos.

Determinar el incremento de las variables dasométricas en los rebrotes de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, en los diferentes bloques experimentales.

Determinar la correlación entre el diámetro y altura del tocón con el incremento de los rebrotes.

Brindar recomendaciones técnicas para el manejo de las plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis Nula (Ho): La cantidad de rebrotes por tocón no influyen en el comportamiento de los rebrotes de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.

3.2. Hipótesis Alternativa (Ha): La cantidad de rebrotes por tocón influyen en el comportamiento de los rebrotes de *Eucalyptus Camaldulensis* Dehnh.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1. Descripción de la especie Eucalipto

4.1.1. Nomenclatura

El árbol de Eucalipto cuyo nombre científico corresponde a *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, pertenece al reino de las plantas y a la familia Myrtaceae.

4.1.2. Origen y Distribución

Se encuentra en casi todo el continente de Australia, es la especie de Eucalipto de más amplia distribución localizada a lo largo y en las cercanías de casi todos los cursos de agua estacionales, en las zonas áridas y semiáridas. En Nicaragua se introdujeron dos procedencias de semillas y se ha plantado en la zona del Pacífico como cortinas rompe vientos y en plantaciones puras se ha comenzado a introducir en otras áreas del país (MARENA, 2002, citado por Méndez y Muñoz, 2020).

En Nicaragua se han plantado más ampliamente en el occidente del país, León y Chinandega como cortinas rompe vientos y plantaciones energéticas, pero se ha empezado a introducir en otras áreas del país (Martínez, 1990, citado por Mendoza, 2000).

4.1.3. Requerimientos ambientales

En general, en la zona de origen la especie soporta temperaturas altas en verano (29° – 35°C) y temperaturas bajas de hasta 3° a 5°C en invierno y hasta 50 heladas. En América Central se le ha plantado en sitios con temperaturas medias entre 20° y 29° C y en Nicaragua en un rango de 20° a 36° C (Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza [CATIE], 1986).

En el área de su distribución natural, la especie se encuentra tanto en zonas con poca precipitación como en zonas de mayor pluviosidad (200 a 1250 mm). El mínimo para plantaciones comerciales parece ser de 400 mm, aunque la especie puede crecer bien en zonas de menor precipitación, pero con inundaciones estacionales o capa freática alta. Las procedencias del norte de Australia son precipitaciones invernales, Resiste sequías de 4 a 8 meses. En América Central se ha plantado en zonas con precipitaciones entre 620 mm y 2900 mm anuales y hasta ocho meses con déficit hídrico, en Nicaragua los sitios son muy variables entre 400 hasta 2500 mm (CATIE, 1986).

4.1.3.1 Altitud

Es una especie de zonas fluviales; algunas procedencias pueden plantarse en zonas altas, hasta 1400 msnm, en América Central se ha plantado desde el nivel del mar hasta 1200 msnm, este rango se adjunta también para el caso de Nicaragua (CATIE, 1986).

4.1.3.2 Suelo

Se adapta a una amplia gama de suelos, desde muy pobres hasta periódicamente inundados, Sin embargo, en algunos lugares de América Central con suelos compactados por sobrepastoreo o poca humedad disponible todo el año, los crecimientos no han sido satisfactorios. Tampoco prospera en suelos calcáreos (CATIE, 1986, citado por Mendoza, 2000).

4.1.3.3 Viento

La especie resiste bien los vientos, por lo que se emplea en la formación de cortinas rompe vientos. La mayor experiencia en cortinas rompe vientos se haya ubicada en el Departamento de León – Nicaragua, donde se estima un total de 1130 km de cortinas establecidas empleando el *Eucalyptus camaldulensis* como especie principal (CATIE, 1986).

4.1.3.4 Factores limitantes

Como factores limitantes al crecimiento, se considera la presencia de malezas en las primeras etapas del establecimiento, suelos vertisoles o suelos arenosos con poca retención de humedad (CATIE ,1997, citado por Mendoza ,2000).

4.2. Plantaciones forestales

Los bosques secundarios o los dominados por una sola o pocas especies, se presentan más para sistemas monocíclicos que en la mayoría de los bosques primarios. A demás que la composición florística de estos bosques es más homogénea, está conformada por muchas especies con una producción de semillas abundante y frecuente y una alta capacidad de competencia. Además. en estos bosques las especies son a menudo de rápido crecimiento y tienen un ciclo de vida corto (CATIE, 2001, citado por Méndez y Picado ,2006).

Las plantaciones forestales al igual que todos los bosques, son partes de la superficie de la tierra cubierta de árboles, con la diferencia que las plantaciones forestales son rodales creados artificialmente, intensamente manejados, uniformes, coetáneos y simples en su estructura y función: estas son aprovechadas para satisfacer un conjunto específico de productos y servicios. Las plantaciones forestales son bosques domesticados desde el punto de vista biológico como social, ya que conforman una buena opción para ofrecer varios bienes y servicios al ser humano (Ritcher y Calvo, 1995, citado por Caballero y Castillo, 1998).

Una alternativa al manejo de bosques naturales en los trópicos son las plantaciones con especies de crecimiento rápido. El estado poco natural requiere un cuidado permanente de las plantaciones, lo que no es necesario en bosques naturales, se crea un ambiente artificial con todas sus desventajas ecológicas. El manejo de las plantaciones se parece mucho a la agricultura (Fischer, 1993, citado por Pérez y Zeledón, 2004).

4.3. Conceptos básicos

4.3.1. Rebrote

Un sistema de manejo de rebrotes es un buen método en los trópicos secos porque es muy fácil y la mayoría de las especies son capaces de rebrotar. Los rebrotes se regeneran por vía vegetativa; siendo la más importante por brotes de cepa (Fischer, 1993, citado por Pérez y Zeledón, 2004).

4.3.2. Selección de rebrotes

Se debe comenzar por observar cuales son los rebrotes de mayor vigor, mejor forma, rectitud y desarrollo. Lo recomendable es identificar él o los rebrotes dominantes, es decir, aquello que se destacan del resto por su desarrollo en altura (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 1981).

En cuanto a la posición en el tocón, la literatura recomienda seleccionar aquellos provenientes de yemas proventicias; estas son las que se ubican al costado del corte del tocón, y eliminar las provenientes de brotes adventicios ubicados en la base del tocón (FAO, 1981).

Se preferirán los brotes que crezcan sobre el lado del tocón que está en dirección del viento, porque habrá menos probabilidad que este los derribe que si estuvieran del otro lado (FAO, 1981).

Para cortar los rebrotes a eliminar, se puede utilizar tijeras de podar, dependiendo del diámetro del rebrote, lo importante es realizar un corte limpio si desprendimiento de la corteza, lo más próximo posible a la base (Cáceres, 1995, Citado por Pérez y Zeledón, 2004).

La selección y eliminación de rebrotes debe realizarse con cuidado, evitando dañar los rebrotes que quedan, la selección debe realizarse cuando estos adquieran una altura adecuada. El número de rebrotes a dejar dependerá de los objetivos del manejo (Cáceres, 1995, Citado por Pérez y Zeledón, 2004).

4.3.3. Manejo de rebrotes

En cuanto al manejo de rebrotes, es necesario esperar hasta que algunos de ellos muestren dominancia apical, y así seleccionar el número de ejes por árbol. El número de rebrotes que puede manejarse depende de la especie, de la densidad del bosque y del diámetro del tocón, no obstante. es muy poca la información que existe a este respecto. Muchas de las especies que se utilizan para la producción de leña y postes tienden a rebrotar, si los rebrotes son manejados en forma adecuada. la producción de leña y postes en los años siguientes podría aumentarse, realizando cosechas periódicas según el número de rebrotes por tocón que se estén manejando (Fischer, 1993).

4.3.4. Brote de tocón o cepa

Los brotes que proceden de las coronas radicales de los tocones representan el tipo más importante de regeneración vegetativa. Estos vástagos se desarrollan casi invariablemente a partir de yemas durmientes que se formaron originalmente en el tallo principal de la plántula y crecieron hacia fuera con el cámbium, pero no llegaron previamente a desarrollarse dando ramas (Salgado y Silva, 2008).

Puede seguirse la medula de las yemas durmientes hacia atrás, hasta la medula del tallo primitivo, si esta conexión se rompe durante el crecimiento del árbol, la yema se vuelve incapaz de desarrollarse dando un nuevo vástago. Si la corteza se hace demasiado espesa sobre la yema durmiente, puede ser imposible para ésta romperla dando un brote. Tanto el espesor de la corteza como la posibilidad de interrupción de la medula de la yema aumentan con la edad, por consiguiente, la capacidad de rebrotar del árbol tiende a disminuir con la edad, Pueden producirse yemas durmientes a cualquier nivel del tronco, pero sólo las que están al nivel del suelo son capaces de desarrollarse dando brotes útiles (Salgado y Silva, 2008)

4.3.5. Sobrevivencia

La sobrevivencia es determinada en base al número de árboles residuales, expresada en porcentaje como la proporción de los árboles plantados originalmente. Los factores que más influyen en la sobrevivencia de una plantación en los primeros años son: las plantas de alta calidad, época de plantación, tratamientos culturales realizados en épocas correctas y la protección de la plantación de los incendios, plagas y del ganado durante los primeros tres años (Irene, 1993, citado por Caballero y Castillo, 1998).

4.3.6. Silvicultura

Lamprecht (1990), no define la silvicultura en general, sino su papel en el manejo de bosques anteriormente no manejados; así, la considera como una domesticación, o todas las medidas tendientes a incrementar los rendimientos económicos de los rodales, hasta alcanzar cuando menos un nivel que permita su manejo sostenible no deficitario.

4.3.7. Diseño de Bloques Completos al Azar (BCA)

Según, Gutiérrez y Salazar (2008), un diseño de bloques completos al azar (DBCA) se considera tres fuentes de variabilidad: el factor de tratamientos, el factor de bloque y el error aleatorio, es decir, se tienen tres posibles "culpables" de la variabilidad presente en los datos. La palabra completo en el nombre del diseño se debe a que en cada bloque se prueben todos los tratamientos, o sea, los bloques están completos. La aleatorización se hace dentro de cada bloque; por lo tanto, no se realiza de manera total como en el diseño completamente al azar. El hecho de que existan bloques hace que no sea práctico o que incluso sea imposible aleatorizar en su totalidad.

4.4. Tratamientos silviculturales

Un tratamiento silvicultural es toda intervención dirigida a mejorar la producción y calidad de la madera, de otros productos y de servicios con criterios ecológicos que garanticen la sostenibilidad de la producción y del mismo ecosistema bosque (Bueso, 1997, citado por Gómez y Rico, 2006).

Son operaciones que modifican la estructura del bosque, y van dirigidos a solucionar un problema específico, o en general a reducir la intensidad de la competencia sobre los árboles de interés (CATIE, 2001, citado por González y López, 2006)

4.4.1. Poda

La poda es una corta que elimina las ramas del fuste, con el objetivo de eliminar nudos de la madera (CATIE, 1989).

4.4.2. Raleo de rebrotes

Este tratamiento consiste en cortar los ejes (rebrotes) menos vigorosos para favorecer los más desarrollados y que presentan mejores características fenotípicas, normalmente se recomienda su aplicación para la producción de leña, postes y carbón. Es considerada una buena opción para bosques secundarios de zona seca que presentan un alto porcentaje de especies que poseen la facultad de reproducirse fácilmente por brotes o renuevos (Álvarez y Varona, 1988).

4.4.3. Limpieza

Consiste en desmalezar toda la superficie de la plantación., la misma puede hacerse manual, química y mecánica. Se realiza con el propósito de disminuir la competencia por agua y nutrientes, logrando un crecimiento satisfactorio de los árboles. Es imposible especificar el número de veces que hay que desmalezar, ya que ello depende de la especie y de las condiciones ecológicas del sitio. En algunos casos bastaran dos limpiezas al año, uno al comienzo de las lluvias y otro al final, para que la plantación entre sin malezas al periodo de sequía (Mariscal et al., 2000).

4.5. Variables de Incremento

4.5.1. Crecimiento

Es el proceso biológico en que un organismo aumenta su tamaño y masa durante el transcurso del tiempo (CATIE., 1984, citado por Salgado y Silva, 2008).

4.5.2. Incremento

Es la magnitud del crecimiento total de un organismo en un determinado periodo de tiempo (CATIE, 2001, citado por Salgado y Silva, 2008).

4.5.3. Incremento Medio Anual (IMA)

Es el crecimiento promedio anual de los árboles tomados en base a un período de tiempo (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria [INTA], 2003, citado por Salgado y Silva, 2008).

V. METODOLOGÍA

5.1. Ubicación del área de estudio

El trabajo de investigación se realizó en la Unidad de Experimentación y Validación Finca El Plantel, propiedad de la Universidad Nacional Agraria, que se encuentra ubicado en el kilómetro 30 de la carretera Tipitapa – Masaya, en las coordenadas 12°06'24" latitud norte y 86°04'06" latitud oeste, a una altura de 100 metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m) (Blandón y Ramírez, 2016).

La Finca El Plantel cuenta con un área total de 164.11 ha, el área de las plantaciones forestales cuenta con una extensión de 48.20 ha, y en el sitio de plantación de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh cuenta con una extensión de 10.03 ha, la cual fue establecida aproximadamente en el año 1980, donde se aprovechó en el año 2018 (según la entrevista realizada al director de la finca).

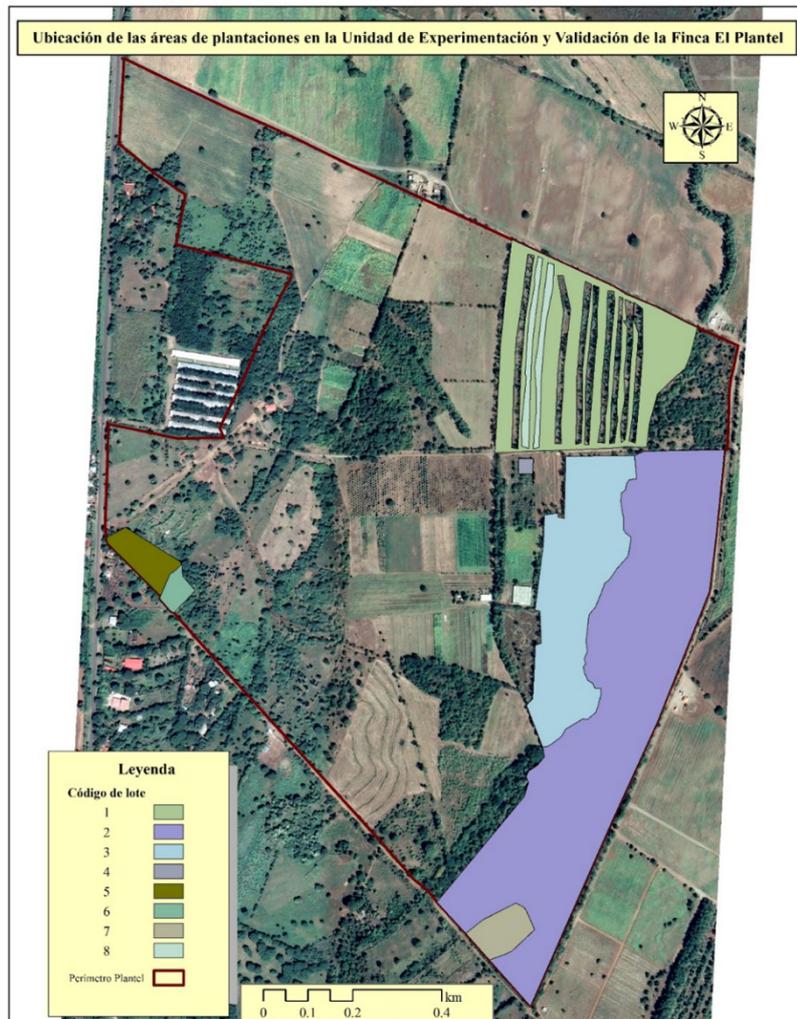


Figura 1. Mapa de ubicación de la unidad de experimentación y validación Finca El Plantel, UNA, 2020.

5.2. Clima y precipitaciones

El clima en la zona de estudio en El Platel se caracteriza por tener temperaturas cálidas durante todo el año, posee una marcada estación seca que ahora va desde mayo a noviembre, siendo pocos los meses de lluvia. según la clasificación (Köppen, 1923, citado por Alaniz y Cruz, 2018).

Se produce un déficit de precipitaciones en los meses de Julio a agosto, los cuales son muy calurosos, se originan las mayores precipitaciones en los meses de junio y octubre, y en abril las precipitaciones son pocas o nulas. Las temperaturas máximas alcanzan los 38 °C y las mínimas 20 °C presentando temperaturas medias de 29 °C. La evapotranspiración potencial mensual varía de 105 a 150 mm año⁻¹, presentándose los mayores valores entre los meses de marzo y abril y los menores entre octubre y Diciembre (Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales [INETER], 2015, citado por Alaniz y Cruz, 2018).

5.3. Diseño metodológico

5.3.1. Bloques Completo al azar (BCA)

Se estableció un ensayo de campo en bloques completos al azar (BCA) en las plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh en la finca El Platel de la Universidad Nacional Agraria con el fin de evaluar el comportamiento de los rebrotes.

5.3.1.1. Modelo estadístico

Cuando se decide utilizar un DBCA, se piensa en que cada medición será el resultado del efecto del tratamiento donde se encuentre, del efecto del bloque al que pertenece y de cierto error que se espera sea aleatorio.

El modelo estadístico para este diseño está dado por: (Gutiérrez y Salazar, 2008)

$$y_{ij} = \mu + \tau_i + \beta_j + \epsilon_{ij}$$

$i = 1. 2. 3.....t$ Tratamiento

$j = 1. 2. 3.....r$ repeticiones

y_{ij} : La j - esima observación del i - esimo tratamiento

μ : Es la media poblacional a estimar a partir de los datos del experimento

τ_i : Efecto del i - esimo tratamiento a estimar a partir de los datos del experimento

β_j : Efecto debido al j - esimo bloque.

5.4. Diseños de bloques

Para el establecimiento de los ensayos, se utilizó un diseño de bloque completamente al azar, donde se dividieron en 3, con un área total de cada bloque de 540 m², los ensayos se encuentran diseñados de la siguiente manera:

Bloque 1: se establecieron 3 subparcelas con un tamaño de 20 m x 9 m, donde en el primer bloque se seleccionaron 4 rebrotes por cada tocón, en las diferentes subparcelas.

Bloque 2: se delimitaron 3 subparcelas con un tamaño 20 m x 9 m, en este segundo bloque contó con 3 rebrotes por cada uno de los tocones dentro del bloque.

Bloque 3: de igual forma en este bloque se dividió en 3 subparcelas con las mismas dimensiones, con la diferencia que se seleccionó 2 rebrotes por cada tocón.

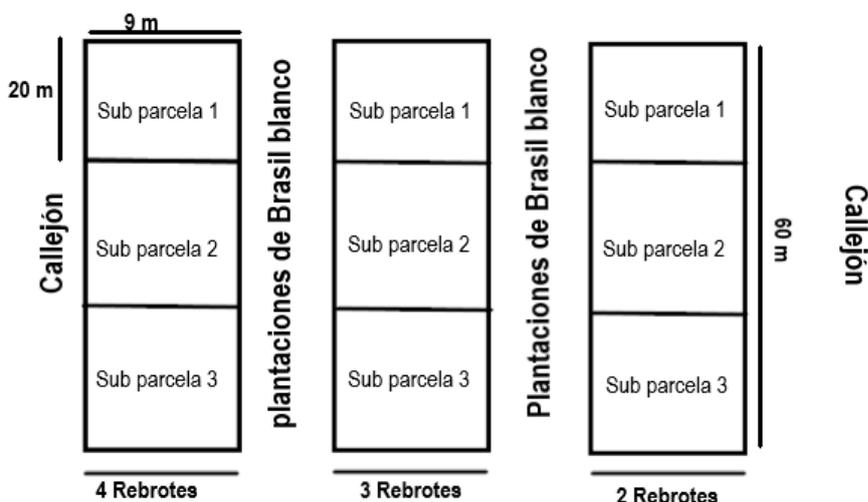


Figura 2. Diseños de los bloques en plantaciones de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, 2022.

5.5. Tratamientos silviculturales

Para esta investigación se utilizaron 3 tipos de tratamientos silviculturales a los bloques completos al azar que se aplicaron a este diseño experimental, por ende, todos los tratamientos aparecen representados en cada uno de los bloques del experimento.

5.5.1. Raleo

Esta actividad consistió en seleccionar los rebrotes que presentaban mejores características fitosanitaria como: fuste recto, mayor grosor de diámetro y menores ramificaciones, se aplicó este tratamiento a los rebrotes seleccionados para no ser raleado, con el fin de eliminar la competencia de nutrientes, luz, agua y espacio entre ellos y asegurar su desarrollo óptimo, lo cual no se contabilizó el

número total de rebrotes que estaban establecidos por la magnitud de números que se encontraban (Figura 3).



Figura 3. Aplicación del tratamiento de raleo en los bloques establecidos.

5.5.2. Limpieza

Se realizó dicha actividad con el fin de eliminar malezas, arbustos y rastrojo secos que se encontraron en los bloques, utilizando la desbrozadora de sierra y el machete. Esta actividad se ejecutó dos veces en los meses lluviosos y una vez en los meses secos (Figura 4).



Figura 4. Tratamiento de limpieza en los bloques.

5.5.3. Poda

Consistió en eliminar ramas no deseadas en cada uno de los rebrotes, para que este no gaste su energía en las ramas si no que dé vigorosidad y grosor al eje principal. Esta actividad se realizó durante los dos años de estudio (Figura 5).



Figura 5. Aplicación del tratamiento silvicultura de poda en los bloques de estudios.

5.6. Recolección de datos

Se realizaron 4 levantamientos de datos, el cual se realizó cada 6 meses en un período de dos años, donde el primer levantamiento se ejecutó en el mes de septiembre del año 2020, el segundo (marzo, 2021), el tercero (septiembre, 2021), y culminando en el mes de marzo del año 2022.

La recolección de la información se ejecutó de la siguiente manera:

5.6.1. Medición del diámetro del tocón

Se midió con cinta diamétrica graduada en centímetro; para evaluar la correlación de esta variable con el rebrote, con el fin de conocer si el tamaño de los tocones influye en el crecimiento o desarrollo de los rebrotes (Figura 6).



Figura 6. Medición de los tocones en los ensayos de estudios en la finca El Plantel.

5.6.2. Medición del diámetro de los rebrotes

La medición se realizó a través de dos tipos de herramientas. la cinta diamétrica que se aplicó en rebrotes mayores de 7 centímetros de grosor y el vernier en rebrotes con diámetros de 1 cm a 7 cm. Ambas mediciones se realizaron desde la base de los rebrotes (Figura 7).



Figura 7. Medición de diámetro de los rebrotes con vernier graduado en centímetros.

5.6.3. Medición de altura del tocón

La altura del tocón se midió con cinta métrica, desde la base del suelo hasta donde termina el tocón (Figura 8).



Figura 8. Medición de la altura del tocón empleando cinta métrica en centímetro.

5.6.4. Medición de altura de los rebrotes

Se midió la altura de los rebrotes con el equipo del Suunto o hipsómetro, en el cual la toma de dato se realizó desde la base hasta el ápice del rebrote, a una distancia del árbol entre los 15 a 20 metros. La unidad de medida de esta variable es en metros (Figura 9).



Figura 9. Medición de altura de los rebrotes utilizando el hipsómetro.

5.7. Variables a evaluar

5.7.1. Porcentaje de sobrevivencia

Se realizó un inventario inicial en el año 2020, de todos los rebrotes seleccionados en los bloques de ensayos, donde se obtuvo el 100% de sobrevivencia, en la última medición se realizó nuevamente el inventario en el año 2022, donde se comparó el porcentaje de rebrotes que sobrevivieron. Para esta variable se utilizó la siguiente fórmula de (Bustillo Navas y Peña, 2013).

$$\% \text{ sobrevivencia} = \frac{N^{\circ} \text{ rebrotes inicial}}{N^{\circ} \text{ rebrotes final}} * 100$$

La sobrevivencia se calculó después de haber obtenido la última medición realizada, donde se evaluó utilizando la categorización de (Centeno, 1993 citado por Chávez, 2011) (Cuadro 1).

Cuadro 1. Categorización de sobrevivencia para la evaluación de rebrotes.

Categoría	Porcentaje de sobrevivencia (%)
Bueno	80 ó mas
Regular	40 – 80
Malo	Menor de 40

5.7.2. Incremento Medio Anual de diámetro

El incremento se define como el aumento en volumen, área basal, diámetro o altura de un árbol o de una masa forestal en un período de tiempo determinado (COJOM citado por Ramírez, 2017).

Para calcular el Incremento Medio Anual en diámetro se utilizó la siguiente formula:

$$IMA = \frac{DN}{t}$$

Donde:

IMA (DN)= Incremento Medio Anual del Diámetro Normal

DN= Diámetro Normal promedio.

t= Edad de los rebrotes

5.7.3. Incremento Medio Anual de Altura

El Incremento medio anual de la altura es la relación del crecimiento vertical de las especies forestales medidas en metros y la edad, está definida por la siguiente fórmula: (COJOM citado por Ramírez, 2017).

$$IMA = \frac{h}{t}$$

Donde:

IMA (h)= Incremento Medio Anual de altura

h= Altura promedio.

t= Edad de los rebrotes

5.8. Análisis de datos

Se realizó cuatro levantamientos de datos cuantitativos en los bloques, por medio de formato de registro, recopilada la información se incorporó al programa de Microsoft Excel. Para el análisis de los datos se realizó a través de la prueba estadística t- STUDENT para determinar si hubo nivel de significancia entre las medias de dos grupos. se utilizó el parámetro siguiente: si $P > 0.05$ no hay diferencia significativa y si $P < 0.05$ si hay diferencia significativa.

Se aplicó el análisis estadístico de ANDEVA ó ANOVA con el propósito de evaluar el tamaño del tocón, donde se estudió la influencia que este tiene en el crecimiento en altura y diámetro de los rebrotes.

Se utilizó el análisis estadístico de t – STUDENT, solamente para datos pareados, es decir de un mismo factor o variable, en cambio el análisis de ANDEVA, se aplicó para comparación de diferentes factores.

5.9. Materiales y equipos

Para llevar a cabo este trabajo se utilizaron los siguientes materiales:

- Cinta métrica
- Cinta diamétrica
- Vernier
- Hipsómetro o Suunto
- Spray
- Machetes
- Motoguadaña (Desbrozadora)
- Tabla de campo

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Sobrevivencia

El primer inventario de los rebrotes/ejes en el año 2020. se contabilizó un total de 272 rebrotes, finalizando para el año 2022, con el 93% de sobrevivencia, lo que representa el total de 252 rebrotes vivos (Cuadro 2).

La prueba T – STUDENT aplicada indica que en el bloque con 4 rebrotes/ejes, presenta diferencia significativa con un valor del parámetro de $P=0.0003$ (Anexo 2).

En el ensayo de 3 rebrotes/ejes el análisis estadístico T – STUDENT, determinó que existe diferencia significativa para el porcentaje de sobrevivencia de este ensayo de $P=0.02$ (Anexo 2).

Cuadro 2. Tasa de sobrevivencia de rebrotes en la finca El Plantel, 2022.

BLOQUE	N.º EJES 2020	N.º EJES 2021	N.º EJES 2022	SOBREVIVENCIA %	MORTALIDAD %
Rebrote 4	124	119	109	88	22
Rebrote 3	102	98	98	96	4
Rebrote 2	46	45	45	98	2
Total	272	262	252	93	7

El ensayo con mejores rebrotes en sobrevivencia fue el bloque de 2 repeticiones, se encontró un total de rebrotes/ejes de 45, representando 98% de sobrevivencia, con una mortalidad del 2%, el porcentaje de mortalidad independientemente del número de rebrotes/ejes que presenta, fue mínima (Cuadro 2). En este, no existe diferencia significativa para la sobrevivencia del ensayo de 2 rebrotes/ejes ($P=0.16$) (Anexo 2).

Según la tabla de (Centeno, 1993 citado por Chávez, 2011), el porcentaje de sobrevivencia se encuentra categorizado como bueno (cuadro 1), esto es resultado del buen manejo que se brindó en el área de estudio a través de los tratamientos silviculturales aplicados. La mortalidad es del 7 %, estos fue producto por factores antropogénicos, donde estudiantes que realizaron actividades en la finca El Plantel, cortaron algunos rebrotes que se encontraban establecidos en el bloques 1.

Según Chávez (2011), en su investigación realizada en la finca El Plantel en rebrotes de Eucaliptos, obtuvo un resultado del 88% de sobrevivencia, en comparación con el estudio que se realizó actualmente resultó ser bastante similar, donde los dos estudios comprueban que los tratamientos silviculturales influyen en el buen resultado de sobrevivencia.

6.2. Incremento en altura

6.2.1. Incremento en altura de cada bloque

En el ensayo de 4 rebrotes que se refleja en la figura 10, inicia con un promedio de 2.92 metros de altura, después de un periodo de 2 años de estudios presentaron un promedio de 5.60 metros de altura, esto indica un incremento en altura de 2.22 metros, esto es debido a la influencia de los tratamientos silviculturales aplicados. El análisis T - STUDENT para datos pareados se encontró que existe significancia estadística para el incremento medio en altura ($p= 0.000001$) (Anexo 3). entre más se aleja al parámetro establecido, mayor será la significancia.

Se observa en la figura 10, en el ensayo de 3 rebrotes, presenta un valor inicial de promedio de 3.25 metros de altura, presentando al final del estudio un promedio de 6.36 metros de altura, obteniendo un incremento en altura 3.11 metros, donde los tratamientos silviculturales contribuyen en este valor. La prueba T – STUDENT, encontró que existe diferencia significativa para el incremento medio en altura ($P=0.00002$) (Anexo 3).

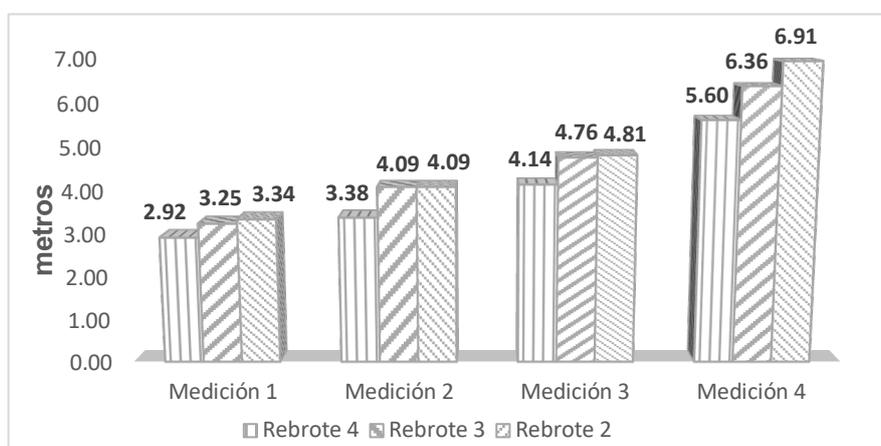


Figura 10. Incremento en altura de los rebrotes de Eucaliptos en cada ensayo de la finca El Plantel, 2022.

En el ensayo de 2 rebrotes (Figura 10), presentaron un promedio inicial de 3.34 metros de altura, después de un periodo de 2 años de evaluación refleja un promedio de 6.91 metros de altura, representando un incremento en altura de 3.57 metros, lo que implica que, al momento de la aplicación de los tratamientos silviculturales, se obtuvo un incremento mayor que del valor inicial sin tratamiento. El análisis T – STUDENT, refleja que existe diferencia significativa para el incremento medio en altura ($P=0.000002$) (Anexo 3).

6.2.2. Resumen del incremento en altura de los 3 ensayos

En la figura 11, se presenta un resumen de incremento en altura para cada uno de los bloques de estudios, encontrándose que el tercer ensayo que cuenta con 2 rebrotes presentó mayor incremento en comparación de los otros dos ensayos, debido a la competencia que existe, entre mayor cantidad de rebrotes, mayor competencia por luz, nutrientes y espacios. El análisis de varianza encontró que existe diferencia significativa para los incrementos promedio en altura de los 3 ensayos ($P=0.006$) (Anexo 4).

En comparación con el estudio de incremento de altura de los rebrotes de Eucalipto, en la evaluación de manejos de rebrotes en 3 diferentes comunidades del municipio de Telica, presentó que en la comunidad las Marías, resultó un valor de 2.87 metros de altura, en Los Mangles de 1.47 metros y Las Carpas 1.54 metros (Pérez y Zeledón, 2004). Resultando que los valores de los incrementos de este estudio fueron mayores en comparación con el estudio de Pérez y Zeledón.

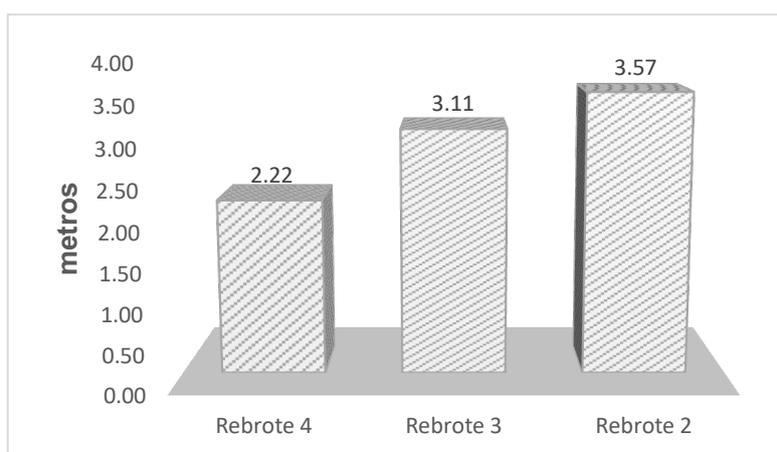


Figura 11. Incremento en altura promedio de los rebrotes de eucaliptos, en la finca El Plantel, 2022.

La comparación con ambos estudios se refleja que hay una mayor diferencia en incremento de altura en la finca El Plantel, esta diferencia es debido por dos factores que fueron influencia en estos estudios: el periodo de evaluación, en el estudio realizado por Pérez y Zeledón, fue en 6 meses, en cambio esta investigación se evaluaron los rebrotes en un periodo de 2 años, lo que influye en los resultados que haya mayor incremento, otros de los factores fue el número de rebrotes que se estudiaron, debido a que en Telica se estudió con mayor número de rebrotes, lo que se comprueba que, a menor cantidad de rebrotes, mayor incremento de estos.

6.3. Incremento en diámetro

6.3.1. Incremento en diámetro de cada bloque

En el ensayo de 4 rebrotes (Figura 12), se inicia con un promedio de 3.96 centímetros de diámetro, después de un periodo de 2 años de evaluación presentaron un promedio de 5.88 centímetros de diámetro, obteniendo un incremento en diámetro de 1.91 centímetros, donde el manejo de los rebrotes por medio de los tratamientos silviculturales aplicados influye en este resultado. El análisis T – STUDENT existe significancia para el incremento medio en diámetro ($P=0.0004$) (Anexo 5).

En la figura 12 del ensayo de 3 rebrotes, presenta un valor inicial de promedio de 4.56 centímetros de diámetro, encontrándose al final un promedio de 6.25 centímetros de diámetro, esto representa un incremento en diámetro de 1.68 centímetros, esto es debido a los al buen manejo que se brindó a los rebrotes. La prueba T – STUDENT, encontró que existe diferencia significativa para el incremento medio en diámetro ($P=0.00002$) (Anexo 5).

En el ensayo de 2 rebrotes (Figura 12), se refleja un promedio inicial de 4.31 centímetros de diámetro, posterior al tiempo de evaluación presenta un promedio de 6.11 centímetros, obteniendo un incremento en diámetro de 1.80 cm, donde se refleja que los tratamientos silviculturales atribuyen en el incremento de los rebrotes. El análisis T – STUDENT encontró que existe diferencia significativa para el incremento medio en diámetro ($P=0.005$) (Anexo 5).

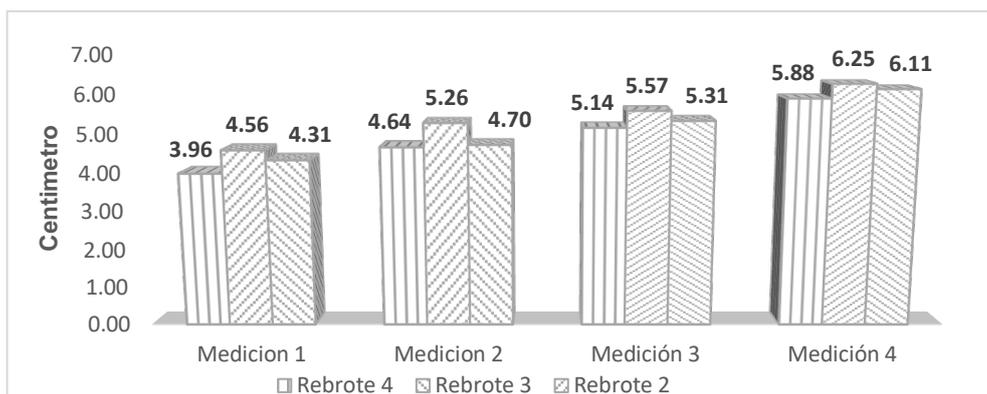


Figura 12. Incremento en diámetro de los rebrotes de Eucaliptos en cada ensayo en la finca El Plantel, 2022.

6.3.2. Resumen del incremento en diámetro de los 3 ensayos

En la figura 13 se presenta un resumen de incremento en diámetro para cada uno de los bloques de estudios, encontrándose en el primer ensayo que cuenta con 4 rebrotes presentó mayor incremento en comparación de los otros dos ensayos, seguido el ensayo de 2 rebrotes se encontró que obtuvo un incremento casi similar al ensayo de 4 repeticiones. El análisis estadístico de varianza determinó que no hay diferencia significativa según lo establecido en el parámetro ($P=0.39$) (Anexo 6).

Según literatura, (FAO, 1981), el desarrollo de los árboles de las especies de Eucaliptos, su crecimiento principalmente es en altura, posterior se desarrolla en diámetro, lo que se refleja en la figura 11, que el ensayo de 4 rebrotes obtuvo mayor incremento en diámetro que los otros dos ensayos, debido a que presenta rebrotes con mayor altura; a mayor altura de los rebrotes mayor incremento en diámetros.

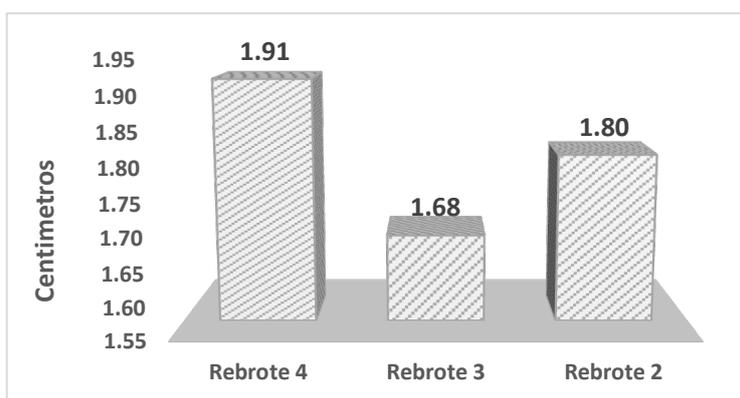


Figura 13. Incremento en diámetro promedio de los rebrotes de eucaliptos en la finca El Plantel, 2022.

Según, Pérez y Zeledón (2004), en su estudio realizado, Los incrementos en diámetros que presentaron los rebrotes del municipio de Telica fueron: en Las Marías de 1.4 centímetros, Los Mangles de 1 centímetros y Las Carpas de 1.5 centímetros, en un periodo de evaluación de 6 meses.

En comparación con el estudio realizado en la finca El Plantel, se refleja que presenta bastante similitud en cuanto al incremento en diámetro de los rebrotes de Eucaliptos, siendo influido por los tratamientos silviculturales aplicados a los rebrotes.

6.4. Análisis de varianza (ANOVA) de diámetro del tocón en comparación con el incremento en altura y diámetro de los rebrotes

Se aplicó el análisis de varianza para la comparación de las variables dasométricas del tocón, con respecto al incremento en altura y diámetro de los rebrotes, debido a que se analizó diferentes factores para obtener estos resultados y conocer que influencia tiene el tocón en cuanto al incremento de los rebrotes.

En la figura 14 se refleja la clasificación del diámetro de los tocones, en donde se encuentra representado en 3 categorías, pequeño, mediano y grandes. Al comparar el diámetro de los rebrotes entre las 3 clases de diámetros del tocón la diferencia es significativa ($P=0.000015$) de tal forma que los diámetros de los rebrotes mayores están asociado al diámetro del tocón mayor de 25 cm. Se determina en el gráfico que entre mayor es el diámetro del tocón, mayor será el incremento en diámetro de los rebrotes (Anexo 7).

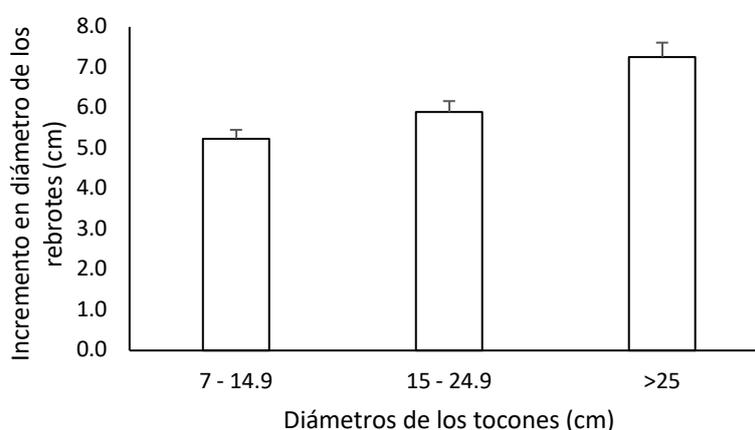


Figura 14. Comparación del diámetro del tocón con respecto al incremento en diámetro de los rebrotes, Finca El Plantel, 2022.

Al realizar el análisis de varianza en comparación del incremento de los rebrotes en altura con la clasificación del tocón en diámetro, se encontró que no hay diferencia significativa, $P=0.50$ (Anexo 8), de tal manera se logra reflejar que el diámetro del tocón no influye en el crecimiento en altura de los rebrotes (Figura 15).

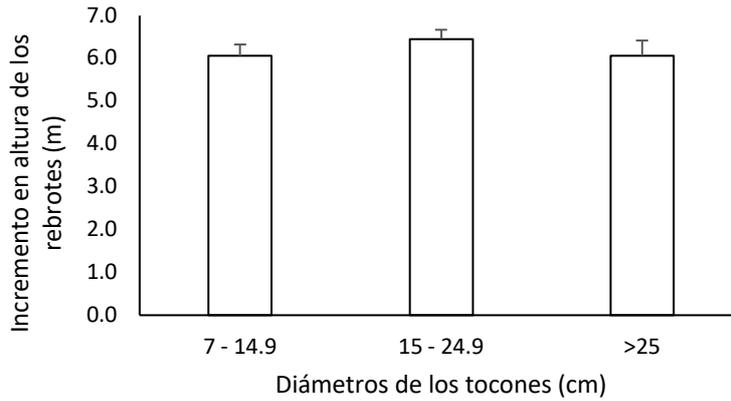


Figura 15. Comparación del diámetro del tocón con incremento en altura de los rebrotes, finca El Plantel, 2022.

6.5. Análisis de varianza (ANOVA) de la altura del tocón en comparación con el incremento en altura y diámetro de los rebrotes

En comparación del incremento de los rebrotes en altura con la altura del tocón, se encontró que no hay diferencia significativa $P=0.38$ (Anexo 9), de tal manera se logra reflejar que la altura del tocón no difiere en el incremento en altura de los rebrotes (Figura 16).

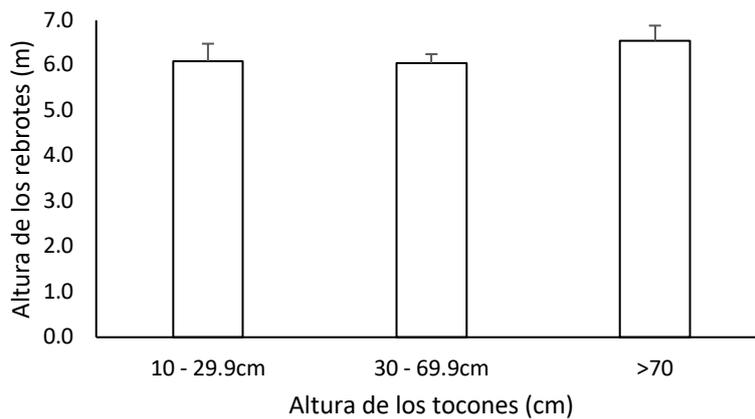


Figura 16. Comparación de la altura del tocón con incremento en altura de los rebrotes, finca El Plantel, 2022.

El estudio de varianza realizado comparando el incremento en diámetro de los rebrotes con respecto a la altura del tocón presenta que no hay diferencia significativa $P=0.24$ (Anexo 10), de tal forma que las diferentes categorías de altura del tocón no influyen en el comportamiento de los rebrotes, comprobándose con el error estándar que se muestra en la figura que las 3 categorías son similares no encontrando diferencia (Figura 17).

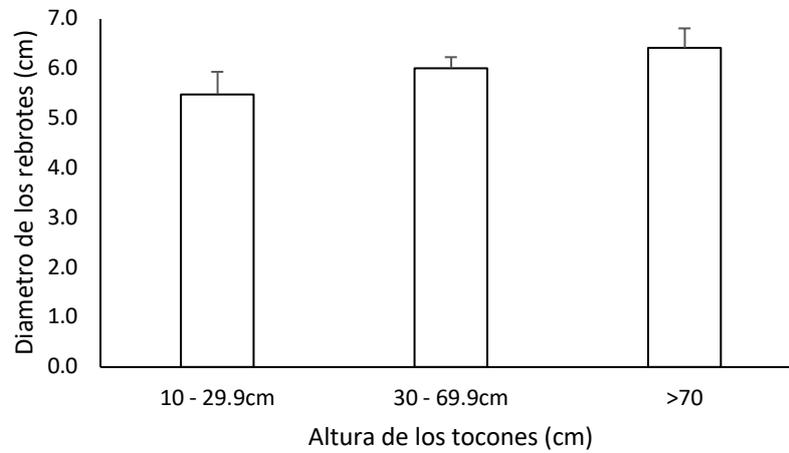


Figura 17. Comparación de la altura del tocón con incremento en diámetro de los rebrotes, finca El Plantel, 2022.

6.6. Recomendaciones técnicas para el Proyecto de Manejo de rebrotes de Eucalipto en la Finca El Plantel

- Realizar limpieza 2 ó 3 veces al año; una vez en época seca y dos veces en época lluviosa.
- Aplicar poda para controlar el crecimiento de los rebrotes.
- Utilizar la herramienta motosierra para el aprovechamiento, para obtener un mejor corte, debido a que, en las plantaciones de Eucalipto, cuando se realizó el aprovechamiento de forma manual con hacha, resultaron cortes desiguales.
- Cuando se realice el aprovechamiento futuro homogenizar la altura del tocón, debido a que presentan diferente tamaño, por lo que se recomienda, que se realice lo que establece las normas técnicas obligatorias Nicaragüense (NTON), dejarlo a 20 cm de altura.
- Realizar el raleo de rebrote a principios de la época de lluvia para obtener un mejor desarrollo, crecimiento y calidad de rebrotes.
- Mantener el seguimiento de los rebrotes Eucalipto 2 ó 3 veces al año, para evitar la perturbación de factores antropogénicos como: la invasión de personas al área de estudio que puedan ocasionar quebraduras, corte o incendios a los rebrotes.

VII. CONCLUSIONES

Como efecto de la aplicación de los tratamientos silviculturales (raleo, poda y limpieza), la variable sobrevivencia mostró en general buen porcentaje de sobrevivencia, encontrándose categorizada como buena.

El incremento en altura de los rebrotes, mostraron diferencia significativa, obteniendo mejores resultados el bloque de 2 rebrotes, en cuanto a los resultados del incremento en diámetros de los rebrotes, el ensayo que presentó mejor resultado fue el bloque de 4 rebrotes, al obtener diferencia significativa en ambas variables se acepta la hipótesis alternativa.

El diámetro de los rebrotes correlacionado con el diámetro del tocón presentó diferencia significativa, siendo la única variable que obtuvo este resultado, de tal forma es la única que influye en el crecimiento de los rebrotes.

La especie *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh mostró muy buena sobrevivencia en los 3 ensayos, de acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, por lo que puede ser considerada como una buena alternativa para reducir los costos de producción, por medio de los tratamientos silviculturales que influyen en el desarrollo de la especie.

VIII. REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

- Alaniz Ramírez, D. y Cruz Herrera, J., (2018). *Evaluación del patrón de humedecimiento del agua en el sistema de riego por microaspersión en la finca experimental el Plantel (UNA), 2016* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/3686/1/tnf06a319.pdf>
- Álvarez, P. A; Varona, J. C. (1988). *Silvicultura*. Ciudad de la Habana, Editorial Pueblo y Educación.
- Blandón Molina, F. y Ramírez Guzmán, B., (2016). *Estabilidad estructural de los agregados del suelo en la Finca El Plantel municipio de Tipitapa* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/3328/1/tnp33b642.pdf>
- Bustillo Navas, Y. y Peña Romero, A., (2013). *Establecimiento y caracterización dendrológica de cultivares clónales Spondia sp., En el Arboretum Alain Meyrat de la Universidad Nacional Agraria* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnk10b982.pdf>
- Caballero, B. y Castillo, S., (1998). *Evaluación de las plantaciones forestales incentivadas por el apoyo a la silvicultura en cuatro municipios de León* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnk10c112.pdf>
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (1986). *Silvicultura de especies promisorias para la producción de leña en América Central*.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (2001). *Silvicultura de los bosques latifoliados húmedos énfasis en América central*. Turrialba, Costa Rica.
- Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (1989). *I Y II Concurso Centroamericano de Silvicultural de plantaciones de árboles de uso múltiple*. <http://orton.catie.ac.cr/repdoc/A6700e/A6700e.pdf>
- Chávez Lovo, Y., (2011). *Evaluación del incremento de diámetro y altura de rebrotes en la plantación de Eucalyptus camaldulensis Dehnh en la finca El Plantel, Nindirí, Masaya* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1159/1/tnk10ch512e.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1981). *El Eucalipto en la repoblación forestal*. <https://www.fao.org/3/ac459s/ac459s.pdf>.
- Fischer, M. (1993). *El tratamiento silvícola*. Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Autónoma de León.

- Gómez, Á., y Rico, L. (2006). *Efectos de tres tratamientos silviculturales sobre la composición florística y la estructura horizontal del bosque seco secundario latifoliado en la microcuenca Las Marías, Telica, León* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf40g633.pdf>.
- González García, E. y López Zamora, A., (2006). *Estudio del crecimiento y sobrevivencia de cinco especies forestales en la Finca El Plantel* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1082/1/tnk10g643e.pdf>
- Gutiérrez Pulido, H. y Salazar, R. (2008). *Análisis y diseño de experimentos*. Gc.scalahed.com. https://gc.scalahed.com/recursos/files/r161r/w19537w/analisis_y_diseno_experimentos.pdf
- Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria (2003). *PLANTACIONES FORESTALES*. RACCS.
- Lamprecht, H. (1990). *Silvicultura en los Trópicos*. Los ecosistemas forestales en los bosques tropicales y sus especies arbóreas; posibilidades y métodos para un aprovechamiento sostenido.
- Mariscal, E., Martínez, R., & Takano, K. (2000). Manual de plantaciones forestales. https://www.ipcinfo.org/fileadmin/user_upload/training_material/docs/Manual%20de%20Plantaciones%20Forestales.pdf
- Méndez Ballester, O. y Muñoz Sánchez, 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* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional <https://repositorio.una.edu.ni/4106/1/tnk10m538b.pdf>
- Méndez, Á., & Picado, E. (2006). *Análisis de tres estados sucesionales del bosque seco deciduo, desarrollado sobre campos agrícolas abandonados, Nandarola, Nicaragua* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnk10m538.pdf>.
- Mendoza Silva, J., (2000). *Evaluación del comportamiento 32 Descendencias de Eucalyptus camaldulensis Dehnh, bajo condiciones del Trópico Seco, La Leona, León-Nicaragua* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnf30m539.pdf>

- Pérez Mairena, M. y Zeledón Rodríguez, E., (2004). *Manejo de rebrotes en plantaciones de Eucalyptus camaldulensis Dehnh, en tres Comunidades del Municipio de Télica, Departamento de León* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://repositorio.una.edu.ni/1148/1/tnk10p438m.pdf>
- Ramírez Silva, L., (2017). *Incremento Medio Anual de Teca (Tectona grandis L.f.) en plantaciones comerciales, distrito Puerto INCA, Huánco-Perú* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/UNC/1718/T016_472614_81_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rivas, C., 2022. *Idea de Proyecto Establecimiento de Plantaciones Forestales Comerciales en los departamentos de Chinandega y Matagalpa, Nicaragua* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://cenida.una.edu.ni/relectronicos/RENK10R618.pdf>
- Salgado, O. y Silva Zamora, C., (2008). *Evaluación de la capacidad de rebrote de dos especies arbóreas del bosque seco secundario de Nandarola, Nandaime, Granada* [Tesis de ingeniería, Universidad Nacional Agraria]. Repositorio Institucional. <https://cenida.una.edu.ni/Tesis/tnk10s164.pdf>

IX. ANEXOS

Anexo 1. Formato de base de datos.

No.	TOCON		DIAMETRO REBROTOS			ALTURA REBROTOS		
	Diámetro	Altura						

Anexo 2. Prueba T – STUDENT del porcentaje de sobrevivencia.

Ensayo 1		
DESCRIPCIÓN	SOBREVIVENCIA 1	SOBREVIVENCIA 2
Media	4.00	3.68
Varianza	0.00	0.23
Observaciones	31.00	31.00
P(T<=t) una cola	0.0003	
Ensayo 2		
Media	3	2.88
Varianza	0	0.10
Observaciones	34	34
P(T<=t) una cola	0.02	
Ensayo 3		
Media	2	1.95
Varianza	0	0.04
Observaciones	23	23
P(T<=t) una cola	0.16	

Anexo 3. Prueba T – STUDENT del incremento en altura.

Ensayo 1		
DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN 1	MEDICIÓN 2
Media	2.92	5.62
Varianza	0.62	1.38
Observaciones	31	31
P(T<=t) una cola	0.000001	
Ensayo 2		
Media	3.24	6.36
Varianza	1.24	2.18
Observaciones	34	34
P(T<=t) una cola	0.00002	
Ensayo 3		
Media	3.42	6.92
Varianza	1.12	1.62
Observaciones	23	23
P(T<=t) una cola	0.000002	

Anexo 4. Análisis de varianza del incremento en altura de los 3 ensayos.

Descripción	CUENTA	SUMA	PROMEDIO	VARIANZA	PROBABILIDAD
Ensayo 1	31	123.58	3.98	0.70	0.006
Ensayo 2	34	156.77	4.61	1.20	
Ensayo 3	23	110.76	4.81	1.02	

Anexo 5. Prueba T – STUDENT del incremento en diámetro.

Ensayo 1		
DESCRIPCIÓN	MEDICIÓN 1	MEDICIÓN 2
Media	3.99	5.86
Varianza	1.98	2.50
Observaciones	31	31
P(T<=t) una cola	0.0004	
Ensayo 2		
Media	4.56	6.31
Varianza	2.35	3.46
Observaciones	34	34
P(T<=t) una cola	0.00002	
Ensayo 3		
Media	4.30	6.18
Varianza	2.78	3.09
Observaciones	23	23
P(T<=t) una cola	0.005	

Anexo 6. Análisis de varianza del incremento en diámetro de los 3 ensayos.

Descripción	CUENTA	SUMA	PROMEDIO	VARIANZA	PROBABILIDAD
Ensayo 1	31	151.35	4.88	2.16	0.39
Ensayo 2	34	184.59	5.42	2.88	
Ensayo 3	23	118.33	5.14	2.80	

Anexo 7. Análisis de varianza del diámetro del tocón con respecto al diámetro de los rebrotes.

CLASIFICACIÓN	CUENTA	SUMA	PROMEDIO	VARIANZA	DESV_EST	ERROR_EST
7 - 14.9cm	28	146.61	5.23	1.32	1.15	0.21
15 - 24.9cm	32	188.62	5.89	2.34	1.53	0.27
>25cm	28	203.29	7.26	3.43	1.85	0.35

Anexo 8. Análisis de varianza del diámetro del tocón con respecto a la altura de los rebrotes.

CLASIFICACIÓN	CUENTA	SUMA	PROMEDIO	VARIANZA	DESV_EST	ERROR_EST
7 - 14.9cm	28	169.61	6.05	1.98	1.40	0.26
15 - 24.9cm	30	193.66	6.45	1.35	1.16	0.21
>25cm	27	163.83	6.06	3.28	1.81	0.34

Anexo 9. Análisis de varianza de altura del tocón con respecto a la altura de los rebrotes.

CLASIFICACIÓN	CUENTA	SUMA	PROMEDIO	VARIANZA	DESV_EST	ERROR_EST
10 - 29.9cm	15	91.5	6.1	2.21	1.48	0.38
30 - 69.9cm	46	278.37	6.05	1.88	1.37	0.20
>70cm	24	157.24	6.55	2.65	1.62	0.33

Anexo 10. Análisis de varianza de altura del tocón con respecto al diámetro de los rebrotes.

CLASIFICACIÓN	CUENTA	SUMA	PROMEDIO	VARIANZA	DESV_EST	ERROR_EST
10 - 29.9cm	15	82.31	5.48	3.02	1.73	0.44
30 - 69.9cm	46	276.59	6.01	2.21	1.48	0.21
>70	24	153.97	6.41	3.75	1.93	0.39