



**UNAP**



**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**DOCTORADO EN AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**TESIS**

**INFLUENCIA DE LA ALTURA DEL TOCÓN EN LA CAPACIDAD Y  
LONGITUD DEL REBROTE DE *Calycophyllum spruceanum*  
EN ZONA ALUVIAL, IQUITOS-2022**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN AMBIENTE Y  
DESARROLLO SOSTENIBLE**

**PRESENTADO POR: JOSE LUIS PADILLA CASTRO**

**ASESOR: ING. FOR. JORGE ELÍAS ALVÁN RUÍZ, DR.**

**IQUITOS, PERÚ**

**2024**



**UNAP**



**FACULTAD DE AGRONOMÍA**

**DOCTORADO EN AMBIENTE Y DESARROLLO SOSTENIBLE**

**TESIS**

**INFLUENCIA DE LA ALTURA DEL TOCÓN EN LA CAPACIDAD Y  
LONGITUD DEL REBROTE DE *Calycophyllum spruceanum*  
EN ZONA ALUVIAL, IQUITOS-2022**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE DOCTOR EN AMBIENTE Y  
DESARROLLO SOSTENIBLE**

**PRESENTADO POR: JOSE LUIS PADILLA CASTRO**

**ASESOR: ING. FOR. JORGE ELÍAS ALVÁN RUÍZ, DR.**

**IQUITOS, PERÚ**

**2024**



**UNAP**

**Escuela de Postgrado**  
**"Oficina de Asuntos**  
**Académicos"**



**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**  
**N°018-2024-OAA-EPG-UNAP**

En Iquitos en la Escuela de Postgrado (EPG) de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP) a los treinta y un días del mes de enero de 2024 a las 10:00 a.m, se dió inicio a la sustentación de la tesis denominada "INFLUENCIA DE LA ALTURA DEL TOCÓN EN LA CAPACIDAD Y LONGITUD DEL REBROTE DE *Calycophyllum spruceanum* EN LA ZONA ALUVIAL IQUITOS 2022", aprobado con Resolución Directoral N°0161-2024-EPG-UNAP, presentado por el egresado **JOSE LUIS PADILLA CASTRO**, para optar el **Grado Académico de Doctor en Ambiente y Desarrollo Sostenible**, que otorga la UNAP de acuerdo a la Ley Universitaria 30220 y el Estatuto de la UNAP.

El jurado calificador designado mediante Resolución Directoral N°1491-2023-EPG-UNAP, esta conformado por los profesionales siguientes:

- |  |              |
|--|--------------|
| Ing. Agron. Juan Imerio Urrelo Correa, Dr. | (Presidente) |
| Ing. Fores. Ángel Eduardo Maury Laura, Dr. | (Miembro)    |
| Ing. Fores. Segundo Córdova Horna, Dr.     | (Miembro)    |

Después de haber escuchado la sustentación y luego de formuladas las preguntas, éstas fueron respondidas: SATISFACTORIAMENTE

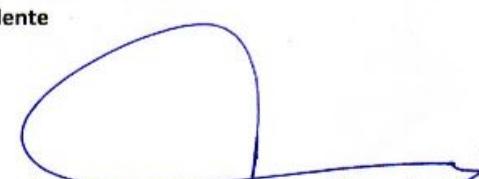
Finalizado la evaluación; se invitó al público presente y al sustentante abandonar el recinto; y, luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al resultado siguiente:

La sustentación pública y la tesis ha sido: APROBADAS con calificación BUENA.

A continuación, el Presidente del Jurado da por concluida la sustentación, siendo las 12:00 p.m del treinta y uno de enero de 2024; con lo cual, se le declara al sustentante ADTO, para recibir **Grado Académico de Doctor en Ambiente y Desarrollo Sostenible**.

  
Ing. Agron. Juan Imerio Urrelo Correa, Dr.  
Presidente

  
Ing. Fores. Ángel Eduardo Maury Laura, Dr.  
Miembro

  
Ing. Fores. Segundo Córdova Horna, Dr.  
Miembro

  
Ing. Fores. Jorge Elías Alvan Ruiz, Dr.  
Asesor

*Somos la Universidad licenciada más importante de la Amazonía del Perú, rumbo a la acreditación*

Calle Los Rosales cuadra 5 s/n, San Juan Bautista, Maynas, Perú  
Teléfono: (5185) 261101 Correo electrónico: [postgrado@unapiquitos.edu.pe](mailto:postgrado@unapiquitos.edu.pe) [www.unapiquitos.edu.pe](http://www.unapiquitos.edu.pe)



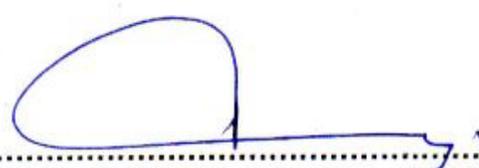
TESIS APROBADA EN SUSTENTACIÓN PÚBLICA EL 31 DE ENERO DEL 2024, EN EL AUDITORIO DE LA ESCUELA DE POSTGRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA EN LA CIUDAD DE IQUITOS – PERÚ.



.....  
**ING. AGRON. JUAN IMERIO URRELO CORREA, DR.**  
**PRESIDENTE**



.....  
**ING. FOR. ANGEL EDUARDO MAURY LAURA, DR.**  
**MIEMBRO**



.....  
**ING. FOR. SEGUNDO CORDOVA HORNA, DR.**  
**MIEMBRO**



.....  
**ING. FOR. JORGE ELÍAS ALVÁN RUÍZ, DR.**  
**ASESOR**

NOMBRE DEL TRABAJO

**EPG\_DOCTORADO\_TESIS\_PADILLA CAS  
TRO (2da rev).pdf**

AUTOR

**JOSE LUIS PADILLA CASTRO**

RECuento DE PALABRAS

**6883 Words**

RECuento DE CARACTERES

**35324 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**36 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**159.1KB**

FECHA DE ENTREGA

**Sep 7, 2023 11:50 AM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Sep 7, 2023 11:51 AM GMT-5**

● **3% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 2% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 1% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)

A mis padres Efraín - Teófila y a mi hermano Augusto, que en paz descansan. Ruego al Dios Todopoderoso, cuyo Santo Nombre es Jehová los recuerde en la resurrección. (Juan 5: 28, 29), (Hechos 24:15)

## AGRADECIMIENTO

Al **Dr. Jorge Elías Alvan Ruiz**, asesor de la presente tesis, sus recomendaciones fueron valiosas para el desarrollo y la culminación del trabajo.

Al **Ms. Luis Ernesto Freytas Alvarado**, co-asesor de la presente tesis, sus sugerencias fueron oportunas para mejorar la presente publicación.

A los ingenieros forestales **Jorge Raúl López García** y **Luis Alberto Morey Flores**, que colaboraron con los programas estadísticos cuyas Informaciones dieron luz a los resultados.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

	Páginas
Carátula	i
Contracarátula	ii
Acta de sustentación	iii
Jurado	iv
Resultado del informe de similitud	v
Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice de contenidos	viii
Índice de tablas	x
Índice de figuras	xi
Resumen	xii
Abstract	xiii
Resumo	xiv
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO</b>	<b>3</b>
1.1 Antecedentes	3
1.2 Bases teóricas	20
1.3 Definición de términos básicos	22
<b>CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS</b>	<b>25</b>
2.1 Variables y su operacionalización	25
2.2 Formulación de la hipótesis	26
<b>CAPÍTULO III: METODOLOGÍA</b>	<b>27</b>
3.1 Tipo y diseño de la investigación	27
3.2 Población y muestra	27
3.3 Técnicas e instrumentos	28
3.4 Procedimientos de recolección de datos	28
3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de los datos	29
3.6 Aspectos éticos	32
<b>CAPÍTULO IV: RESULTADOS</b>	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b>	<b>43</b>
<b>CAPÍTULO VI: PROPUESTA</b>	<b>49</b>
<b>CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES</b>	<b>50</b>
<b>CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES</b>	<b>51</b>
<b>CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>52</b>

### ANEXOS

1. Datos de Campo de la altura del tocón, capacidad de rebrote y longitud del rebrote
2. La altura del tocón y la capacidad de rebrote
3. Análisis de regresión entre la altura del tocón y la capacidad de rebrote
4. Parámetros estadísticos de los modelos probados entre la altura del tocón y la capacidad de rebrote
5. La altura del tocón y la capacidad de rebrote por tratamiento

6. La altura del tocón y la capacidad de rebrote por tratamiento transformados a la  $\sqrt{x+1}$ .
7. Prueba de homogeneidad de variancias de Bartlett de la capacidad de rebrote por tratamiento con los datos transformados
8. Análisis de variancia de la capacidad de rebrote por tratamiento y la Prueba de Tukey para un diseño completamente randomizado con desigual número de observaciones por tratamiento.
9. La altura del tocón y la longitud del rebrote.
10. Análisis de regresión entre la altura del tocón y la longitud del rebrote.
11. Parámetros estadísticos de los modelos probados entre la altura del tocón y la longitud del rebrote.
12. La altura del tocón y la longitud del rebrote por tratamiento.
13. Prueba de homogeneidad de variancias de Bartlett de la longitud del rebrote por tratamiento.
14. Análisis de variancia de la longitud del rebrote por tratamiento y la Prueba de Tukey para un diseño completamente randomizado con desigual número de observaciones por tratamiento.

## ÍNDICE DE TABLAS

		<b>Páginas</b>
Tabla N°1	Número de rebrotes por tocón.	37
Tabla N°2	Categorías para conocer la capacidad de rebrote de <i>Calycophyllum spruceanum</i> .	38
Tabla N° 3	Resumen de los parámetros estadísticos de los modelos probados entre la altura del tocón y la capacidad de rebrote.	39
Tabla N° 4	Análisis de variancia entre la altura del tocón y la capacidad de rebrote entre grupos de tratamiento.	40
Tabla N°5	Longitud promedio de rebrotes por tocón.	42
Tabla N°6	Resumen de los parámetros estadísticos de los modelos probados entre la altura del tocón y la longitud del rebrote.	43
Tabla N° 7	Análisis de variancia entre la altura del tocón y la longitud del rebrote entre grupos de tratamiento.	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

		<b>Páginas</b>
Figura N°1	Gráfico de la forma del modelo cúbico seleccionado.	39
Figura N°2	Gráfico de barras del número promedio de rebrotes por altura del tocón.	41
Figura N°3	Gráfico de la forma del modelo potencial seleccionado.	43
Figura N°4	Gráfico de barras de la longitud promedio de rebrotes por altura del tocón	45

## RESUMEN

La zona donde se realizó el estudio está localizada en la Comunidad de Moena Caño, situada en la margen izquierda del Río Amazonas, Provincia de Maynas, Distrito de Belén, Región Loreto. El presente estudio analiza la influencia de la altura del tocón en la capacidad y longitud del rebrote de *Calycophyllum spruceanum* en una zona aluvial de la Amazonía Peruana. Las pruebas paramétricas entre la altura del tocón y las variables del estudio se hicieron mediante el análisis de variancia para un diseño completamente randomizado con desigual número de observaciones por tratamiento y la prueba de Tukey al 95% de confianza. Los resultados indican una capacidad y longitud del rebrote de *Calycophyllum spruceanum* catalogadas como mala. Las pruebas paramétricas demuestran que ninguna de las alturas de corte aplicadas muestra diferencias reales en cuanto a la capacidad y longitud del rebrote. Se recomienda evaluar variables adicionales como la edad y diámetro de los árboles, diámetro del tocón, diámetro basal del rebrote, técnica de intervención y condiciones del sitio para obtener una mayor cantidad de información. Todavía es prematuro descartar a la especie *Calycophyllum spruceanum* para la producción como monte bajo por su baja capacidad y escaso desarrollo del rebrote, faltan incluir otras variables como el diámetro del tocón, lo que podría variar los resultados obtenidos.

**Palabras Claves:** rebrote, influencia, variables.

## ABSTRACT

The area where the study was carried out is located in the Moena Caño Community, located on the left bank of the Amazon River, Maynas Province, Belén District, Loreto Region. The present study analyzes the influence of stump height on the capacity and length of the regrowth of *Calycophyllum spruceanum* in an alluvial zone of the Peruvian Amazon. The parametric tests between the stump height and the study variables were done using the analysis of variance for a completely randomized design with an unequal number of observations per treatment and the Tukey test at 95% confidence. The results indicate a capacity and length of the regrowth of *Calycophyllum spruceanum* classified as bad. Parametric tests show that none of the applied cutting heights show real differences in terms of regrowth capacity and length. It is recommended to evaluate additional variables such as the age and diameter of the trees, stump diameter, basal regrowth diameter, intervention technique and site conditions to obtain a greater amount of information. It is still premature to rule out the species *Calycophyllum spruceanum* for production as coppice due to its low capacity and poor regrowth development; other variables such as stump diameter need to be included, which could vary the results obtained.

**Keywords:** Regrowth, Influence, Variables.

## RESUMO

A área onde foi realizado o estudo está localizada na Comunidade Moena Caño, localizada na margem esquerda do Rio Amazonas, Província de Maynas, Distrito de Belén, Região de Loreto. Este estudo analisa a influência da altura do toco na capacidade de rebrota e no comprimento de *Calycophyllum spruceanum* em uma zona aluvial da Amazônia peruana. Os testes paramétricos entre a altura do toco e as variáveis de estudo foram feitos por meio da análise de variância para delineamento inteiramente casualizado com número desigual de observações por tratamento e teste de Tukey com 95% de confiança. Os resultados indicam uma capacidade e duração da rebrota de *Calycophyllum spruceanum* classificada como ruim. Testes paramétricos mostram que nenhuma das alturas de corte aplicadas apresenta diferenças reais em termos de capacidade de rebrota e comprimento. Recomenda-se avaliar variáveis adicionais como idade e diâmetro das árvores, diâmetro do toco, diâmetro basal de rebrota, técnica de intervenção e condições do local para obter uma maior quantidade de informações. Ainda é prematuro descartar a espécie *Calycophyllum spruceanum* para produção como talhadia devido à sua baixa capacidade e fraco desenvolvimento de rebrota; outras variáveis como o diâmetro do toco precisam ser incluídas, o que pode variar os resultados obtidos.

Palabras claves: Recrescimento, Influência, Variáveis.

## INTRODUCCIÓN

La llanura inundable de la Amazonía Peruana alcanza aproximadamente 13 millones de hectáreas y es un área dominada por un ciclo de inundación anual durante el cual los niveles del río suben y bajan un promedio de 12 metros. <sup>(1)</sup> Comprende más del 12% de la selva baja de la Amazonía Peruana y es económicamente importante para la agricultura, pesca, caza, actividades forestales y aprovechamiento de otros productos del bosque. <sup>(1)</sup>

Las principales especies de madera comercial que se extraen actualmente de la llanura aluvial, son las siguientes: *Calycophyllum spruceanum*, *Calophyllum brasiliense*, *Cedrela odorata* L., *Ceiba pentandra*, *Hura crepitans*, *Maquira coriácea* (Karsten) C.C. Berg, *Swietenia macrophylla* King, *Virola spp.* y diversas especies de Lauraceae y Leguminosae. <sup>(2)</sup>

La madera de *Calycophyllum spruceanum* es muy valiosa y se puede utilizar para pisos, parquet, molduras, tarugos, construcción naval, estructuras pesadas vigas, carrocerías, tornería, artículos deportivos raquetas de tenis y ping pong, mangos de herramientas. <sup>(3)</sup>

En forma natural la semilla de *Calycophyllum spruceanum* se dispersa profusamente en los suelos inundables y crece en comunidades denominados “capironales” que existen en regulares cantidades en la Amazonía Peruana. <sup>(3)</sup> Son muy resistentes a la inundación de los ríos, quebradas y cochas, pudiendo permanecer cubiertos totalmente por más de tres meses. <sup>(4)</sup>

La especie *Calycophyllum spruceanum* (capirona), presenta en la llanura aluvial de la Amazonía Peruana una alta regeneración vegetativa a través del rebrote de los tocones después de la corta, permitiendo establecer un nuevo bosque originado de estos rebrotes (monte bajo), situación que unida

a su rápido crecimiento, genera una alternativa para la producción de leña, postes, madera y otros productos en una corta rotación, siendo una opción técnica y económicamente atractiva para los propietarios de estas formaciones.<sup>(5)</sup>

El manejo de las especies forestales que rebrotan como *Calycophyllum spruceanum* (capirona), está relacionado con el adecuado tratamiento a los tocones y rebrotes para la obtención de las siguientes cosechas,<sup>(6)(7)</sup> por lo que en el presente estudio se analiza la influencia de la altura del tocón en la capacidad y longitud del rebrote de *Calycophyllum spruceanum*, variables principales en la propagación vegetativa de esta especie. La investigación determinará en forma aproximada la altura óptima de corta que favorece la capacidad y longitud del rebrote de *Calycophyllum spruceanum* y propicia la propagación vegetativa de la especie.

## CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

### 1.1. Antecedentes

#### Rebrote de algunas especies forestales

El proceso de regeneración es fundamental para la mantención y el crecimiento de las poblaciones vegetales en el tiempo. Existen dos vías de las plantas para regenerar: (1) la reproducción sexual, mediante la producción, dispersión y germinación de semillas, seguidas del establecimiento de la plántula y (2) la reproducción asexual o vegetativa. <sup>(5)</sup>

La reproducción vegetativa es un mecanismo que permite la mantención de las poblaciones vegetales en el tiempo. Sin embargo, no todas las plantas tienen la misma capacidad de propagarse vegetativamente, las angiospermas por lo general son capaces de rebrotar una vez que se han establecido, en cambio, las gimnospermas se encuentran menos adaptadas para utilizar este medio, y son pocas las especies con la capacidad de rebrotar por sí mismas. <sup>(5)</sup>

La reproducción vegetativa es frecuente en especies vegetales que presentan baja producción de semillas, debido a la edad del árbol, o bien, en el caso de que exista bajo porcentaje de viabilidad de semillas. Por ejemplo, gran parte de los bosques de *Nothofagus antártica* (G. Forst.) Oerst. (ñirre) se mantienen y regeneran por el mecanismo vegetativo, puesto que presentan bajo porcentaje de regeneración natural por semillas. Para *N. antártica* el principal mecanismo de regeneración es por rebrote de tocón y en menor medida, por rebrotes de raíz y de arraigamiento de acodos.

Después de ocurrido un disturbio en un ecosistema, muchas plantas tienen la capacidad de responder a determinados daños produciendo nuevas ramas (rebrotos) a lo largo del tallo o de la raíz remanente. <sup>(6)</sup>

La capacidad de rebrote ha permitido mantener la estructura florística de las comunidades vegetales convirtiéndose en una estrategia vital para la persistencia de las especies porque representa una vía dominante en la regeneración de muchas comunidades de plantas. <sup>(6)</sup>

Varios autores señalan que entre los mecanismos de regeneración de los bosques tropicales el rebrote de árboles es característico de las especies leñosas. Esto posibilita el reinicio del bosque a partir del crecimiento desde raíces establecidas, lo que permite restituir rápidamente la composición original del dosel forestal. El proceso de sucesión depende de la disponibilidad de tocones, propágulos, el tipo de vegetación, regímenes de disturbio e intensidad del uso del suelo por intervención humana. <sup>(7)</sup>

En paisaje fragmentado o sujeto a perturbaciones periódicas, el rebrote, como atributo de resiliencia, posibilita la regeneración forestal como una posible respuesta adaptativa que facilita la recuperación del bosque. Este fenómeno ha sido relativamente poco estudiado en los bosques y en la sucesión forestal, con algunos esfuerzos investigativos de la sucesión post-agrícola. <sup>(7)</sup>

La selección de las especies adecuadas para un sitio en particular dependerá de varios factores, entre los que se destacan los aspectos climáticos y el objetivo de la plantación. Cuando el objetivo es la producción de madera para pulpa en rotaciones cortas, uno de los factores más importantes a considerar es la capacidad de retoñación de la especie. Una especie que rebrote vigorosamente tiene claras ventajas sobre aquellas que no tienen esta capacidad, ya que permite eliminar los costos de reforestación, y un crecimiento acelerado por varias rotaciones. <sup>(8)</sup>

Las especies del género *Eucalyptus* de más interés para la forestación en Chile son *E. globulus ssp. Globulus*; *E. nitens*; *E. delegatensis*; *E. viminalis* y *E. regnans*. De acuerdo a los antecedentes disponibles, *E. globulus ssp. globulus* y *E. viminalis* presentan una gran capacidad de retoñación, que puede dar origen a sucesivas rotaciones de monte bajo. Las otras especies, en cambio, de acuerdo a lo que indica la literatura especializada, presentarían ciertos problemas para su regeneración desde el tocón. <sup>(8)</sup>

La experiencia en Chile indica que en determinados casos las especies *E. delegatensis* y *E. regnans* rebrotan con bastante profusión y vigor; pero en otros, la regeneración es escasa o nula. Esto indica que hay factores tales como la procedencia, la época de corta y al parecer, la altura de corte, que estarían incidiendo en la rebrotación de estas especies. <sup>(8)</sup>

Los brotes después del primer año de la corta crecen con gran vigor inicial debido a que están aprovechando las substancias de reserva acumuladas en las raíces y que el árbol va a usar para rehacer lo antes posible la parte aérea perdida, producto de la masa radicular existente que permite la absorción de agua y nutrientes. <sup>(9)</sup>

Chile cuenta con 573,000 hectáreas de plantaciones de *Eucalyptus globulus*, caracterizadas por rápido crecimiento y cortas rotaciones, generando principalmente madera para celulosa. La especie presenta una alta regeneración vegetativa a través del rebrote de los tocones después de la corta, permitiendo establecer un nuevo bosque originado en estos rebrotes (monte bajo), situación que unida a su rápido crecimiento, genera una alternativa para la producción de madera para pulpa y otros productos en una corta rotación, siendo una opción técnica y económicamente atractiva para los propietarios de bosques del país. <sup>(9)</sup>

Se ha descrito que el volumen a obtener en una primera rotación en monte bajo suele ser superior al de la anterior en monte alto, donde el rendimiento de los retoños suele igualar a la primera en monte alto y en adelante es difícil que los brotes puedan superar en producción de madera a una nueva plantación. Por lo general sólo en lugares de gran calidad de sitio y una buena calidad de la plantación y mantenimiento, se podría aprovechar más de una tercera rotación. <sup>(9)</sup>

La importancia en los rebrotes es que se pueden utilizar en construcciones rústicas como madera en rollo, postes, estacas, construcciones, carpintería en general y artículos torneados. <sup>(10)</sup>

En Argentina existe una superficie con bosques cultivados cercana al millón de hectáreas, de las cuales unas 350 mil corresponden a *Eucalyptus spp.* Se destacan en cuanto a superficie implantada la Mesopotamia y la provincia de Buenos Aires. Dentro de la primera región las principales áreas con eucaliptos son el noreste de Entre Ríos y sudeste de Corrientes con más de 100,000 ha implantadas, la especie preponderante es *E. grandis*, ya que presenta el mayor crecimiento en la región. De ellas aproximadamente la mitad son rebrotes. <sup>(11)</sup>

En Perú, la bolaina blanca (*Guazuna crinita* mart.) es una especie forestal amazónica de rápido crecimiento, elevada abundancia natural (reportada en los claros del bosque), de baja tolerancia a la competencia y de alta capacidad de rebrote. <sup>(12)</sup> En otros ensayos se registraron brotes vigorosos de tamaño uniforme provenientes de tocones de *Gmelina arborea* manejados en un jardín clonal experimental. <sup>(12)</sup>

## **Manejo de rebrotes de algunas especies forestales confines energéticos**

En Chile, existe interés en el establecimiento de plantaciones de eucalipto para la producción de biomasa con fines energéticos. <sup>(13)</sup>

La producción de biomasa en dendroenergía es la manera de generar energía eléctrica a partir de material ligno celulósico pelletizado, y esto se logra mediante cultivos dendro energéticos establecidos en altas densidades, y por ende, el costo inicial es elevado. El estudio de rebrotes en este tipo de prácticas es fundamental para evitar los costos de replantación, e incrementar la producción de biomasa y aprovechar hasta por 5 turnos de corta. <sup>(13)</sup>

Las especies leñosas, cultivadas en sistemas silvícolas de monte bajo de turnos cortos, han adquirido importancia en la oferta de biomasa vegetal, la cual puede utilizarse con fines dendro energéticos. *Eucalyptus globulus*, *E. nitens*, *E. denticulata* y *Acacia dealbata* son especies con potencial dendroenergético e importancia mundial. El interés por manejar los rodales de estos árboles con métodos de monte bajo ha aumentado, pues en los primeros ocho años producen el doble del volumen que con rodal de regeneración sexual o monte alto. <sup>(14)</sup>

Después de una poda varias especies aumentan considerablemente los rebrotes en los tocones. Esto puede representar competencia entre individuos y poblaciones, y dificultades para el manejo de las plantaciones comerciales, pero aumenta la biomasa por unidad de superficie en menos tiempo. Algunas especies de sauce, álamo, acacia y eucalipto son las más adecuadas para el manejo en monte bajo, por su brotación alta con el vigor suficiente para obtener biomasa con fines dendroenergéticos. <sup>(14)</sup>

En Honduras, el 49% de los hogares utilizan intensamente biomasa (específicamente leña), para sustentar las actividades domésticas y el 21,8% de la población combina la biomasa con electricidad y gas natural para actividades. A partir del 2008 el Gobierno Hondureño ha desarrollado una estrategia hogareña de diversificación de la matriz energética, en la que se ha estimulado el desarrollo de micro redes energéticas a partir de la biomasa. <sup>(15)</sup>

En varios países de la región centro americana, los gobiernos han definido prioridades para uso y desarrollo de fuentes de biomasa estables para el mediano plazo, que permitan generar un mercado bioenergético formal, con estándares claros al momento de transformar la materia prima. El establecimiento y manejo de plantaciones dendroenergéticas se convierte en una de las opciones más factibles para el mercado bioenergético hondureño. <sup>(15)</sup>

Especies arbóreas como *Leucaena macrophylla* muestran gran potencialidad para su uso energético debido a que es una especie de rápido crecimiento, con facilidad de rebrote y con un poder calórico de 19000 kJkg<sup>-1</sup>, superior en comparación a especies como *Gmelina arborea* (16000 kJkg<sup>-1</sup>) o *Eucalyptus deglupta* (17900 kJkg<sup>-1</sup>), todas estas especies actualmente se están implementando en proyectos dendroenergéticos en América Central. <sup>(15)</sup>

El manejo de rebrotes ha venido tomando importancia en los últimos años debido al deterioro ambiental al que están siendo sometidos los bosques, en gran manera esto es un resultado directo del aumento de la población mundial; esta situación obliga a buscar alternativas que permitan producir un mayor volumen de biomasa principalmente para la cocción de los alimentos de la población. Ante esta necesidad se sabe que un rodal de rebrotación produce el doble del volumen de un rodal de regeneración sexual en los primeros 20 años. <sup>(16)</sup>

El manejo de rebrotes es una técnica para producir biomasa después del primer ciclo de corta, evitando los costos de replantación. <sup>(13)</sup> El manejo de rebrotes es un sistema rápido, simple, aplicable sin grandes dificultades, tomando en cuenta que son empleados a muchas especies que rebrotan y crean un recurso renovable donde antes no existía, obteniendo una ganancia que puede permitir un valor económico de vegetaciones consideradas sin valor. <sup>(10)</sup>

La opción de manejo en monte bajo, por su rápido crecimiento en rotación corta y su menor costo de establecimiento, dado principalmente por clareo de los múltiples retoños que brotan de la cepa original, resulta muy interesante para obtener productos de valor en un menor número de años (8 a 10 años vs. 10 a 13 años monte alto) y acceder así a diferentes escenarios económicos y de mercados. <sup>(9)</sup>

En el caso de *Eucalyptus camaldulensis* pueden obtenerse sucesivos aprovechamientos de un mismo tocón o cepa. Un adecuado tratamiento de los brotes contribuye a la obtención de las siguientes cosechas. <sup>(10)</sup> Para el manejo del monte bajo (rebrotes), se han generado recomendaciones, como dejar entre uno y tres rebrotes por tocón preferentemente de tipo proventicios. <sup>(13)</sup> En eucalipto se recomienda el aclareo a tres rebrotes por tocón después de 18 meses del corte de aprovechamiento, para obtener pulpa y leña; y para producir madera para aserrío se recomienda dejar uno a dos rebrotes por tocón. <sup>(14)</sup>

De diferentes ensayos establecidos por el Instituto Forestal (INFOR) en Chile se destaca y coinciden en que basta con dejar uno o dos retoños por tocón para obtener la máxima ocupación del sitio y un buen rendimiento volumétrico, esto fundamentalmente por obtenerse

diámetros superiores y un menor número de árboles por hectárea lo que influye a su vez en los costos y eficiencia de la cosecha final. <sup>(9)</sup> Según antecedentes del INFOR, un 67% de propietarios señalan que utilizarían el manejo del monte bajo, retoños, para el establecimiento de una nueva plantación luego de la cosecha del bosque original. <sup>(9)</sup>

### **Investigaciones sobre rebrote de algunas especies forestales**

En 1990 <sup>(8)</sup>, analizaron la capacidad de retoñación de 5 especies del género *Eucalyptus*, *E. delegatensis*, *E. globulus ssp. Globulus*, *E. nitens*, *E. regnans* y *E. viminalis*, en parcelas de introducción de especies establecidas por el INFOR, Chile. La retoñación se midió 14 meses después de la corta. Un año después de la corta sólo *E. regnans* no presentaba una retoñación suficiente como para asegurar la siguiente retoñación de monte bajo. Las otras especies retoñaron bien, incluso *E. nitens* y *E. delegatensis*, especies que tradicionalmente se han considerado con ciertas limitaciones para rebrotar después de la corta.

En el 2019 <sup>(7)</sup>, establecieron un estudio cuyo objetivo fue identificar y cuantificar las especies arbóreas con capacidad de rebrote en distintas atapas de la sucesión secundaria (barbecho) después del sistema agrícola tradicional de milpa, comparadas con las comunidades del bosque tropical predominante en la Reserva de la Biósfera de Calakmul. Se concluye que la mayoría de especies arbóreas del bosque en Calakmul, presentan la capacidad de rebrotar, lo cual tiene influencia en el rápido proceso sucesional del bosque después de la roza-tumba y quema, restituyendo la cobertura y estructura forestal, así como la composición de las especies originales.

En el 2016 <sup>(12)</sup>, están desarrollando un programa de mejoramiento genético de Bolaina blanca (*Guazuma crinita* Mart.). El objetivo de la investigación fue caracterizar la respuesta de los árboles a la aplicación de dos tratamientos de rejuvenecimiento (desbaste y descortezado), aplicados a individuos candidatos a árboles plus seleccionados en rodales (menores de 5 años de edad). El tratamiento del desbaste es de carácter destructivo y consiste en cortar los árboles, dejando un tocón a 15 cm de altura, del cual se obtendrá material vegetativo. El tratamiento del descortezado, consiste en estimular la regeneración de brotes en el árbol en pie, mediante la realización de cortes en la corteza de la base. Mediante pruebas no paramétricas se confirmó que los brotes observados en árboles desbastados, tienen una tasa de brotación de 5/1 (5 brotes/árbol tratado).

En el 2019 <sup>(13)</sup>, estudiaron la evaluación de la supervivencia y características del rebrote en tocones de cuatro especies dendroenergéticas en tres diferentes densidades poblacionales y tres sitios (Parcelas Collipulli, La Aguada y Pilpilco Abajo). Se estudió *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus denticulata*, *Eucalyptus nitens* y *Acacia dealbata* en tres densidades de plantación (5000 árboles/ha; 10000 árboles/ha y 15000 árboles/ha). La densidad de plantación afectó el diámetro y altura de los rebrotes dominantes de tipo proventicio en las cuatro especies estudiadas. La mayor tasa de supervivencia de tocones (97%), la presentó *Eucalyptus nitens* en Pilpilco Abajo, con 79% de supervivencia de rebrotes a una densidad de 5000 árboles/ha. La especie *Eucalyptus globulus* mostró altas tasa de supervivencia de tocones y rebrotes en todos los sitios evaluados, por lo que puede ser considerada como una buena opción para optimizar el sistema de monte bajo.

En el 2017<sup>(14)</sup>, investigaron la dinámica de brotación y la densidad básica en *Eucalyptus globulus* Labill, *E. denticulata* Cook & Ladiges y *Acacia dealbata* Link con tres densidades de plantación (5000, 10000 y 15000 árboles ha). El estudio se realizó en tres fechas de evaluación (10, 21 y 31 meses después del corte). A los 10 meses *A. dealbata* presentó el número mayor de rebrotes proventicios (5 a 19) en las tres densidades y luego el número disminuyó (4 a 7) a los 21 y 31 meses después del corte en 10000 y 15000 árboles ha. La densidad básica de la madera mostró valores similares a plantaciones adultas, lo que benefició la producción de biomasa para energía a partir de rebrotes como cultivos dendroenergéticos de rotación corta.

En 1999<sup>(17)</sup>, en su investigación tuvieron como objetivo determinar la capacidad de rebrote y la tasa de crecimiento en ejemplares talados de *Prosopis affinis* (ñandubay) y *P. nigra* (algarrobo). El análisis del crecimiento del diámetro y altura de los rebrotes indica que el ñandubay crece a una tasa del 100% mayor al algarrobo, observándose una correlación positiva y significativa entre estos parámetros. La altura media de los rebrotes a los 4 años de crecimiento fue de 1,78 m. y 2,42 m. para algarrobo y ñandubay, respectivamente.

En el 2017<sup>(9)</sup>, en la búsqueda de antecedentes, tuvieron como objetivos desarrollar paquetes tecnológicos sobre silvicultura, manejo y gestión de plantaciones de *Eucalyptus globulus* en base a la regeneración de monte bajo y diseñar e implementar una estrategia de transferencia tecnológica continua, para difundir los resultados obtenidos. De acuerdo con la información obtenida desde las distintas unidades, *E. globulus* manejados como monte bajo, presenta una alta supervivencia (85 – 90%). A los 14 meses de edad luego de la cosecha, los retoños alcanzan valores cercanos a los 7 metros de altura y diámetros por sobre los 5 cm, valores similares e incluso

superiores a los de *E. globulus* originados por semillas creciendo en las mismas condiciones.

A los 9 años presenta una asíntota en altura de 28 m, con aumentos anuales en volumen promedio de 20 m<sup>3</sup>/ha/año y valores máximos de 35 m<sup>3</sup> /ha/año. Se destaca el acelerado crecimiento inicial registrado en los rodales de monte bajo, junto con rendimientos volumétricos semejantes a los obtenidos para el monte alto de *E. globulus*. A los 12 años se observan interesantes dimensiones de los árboles, con diámetros y alturas máximas cercanas a los 30 cm y 30 metros, respectivamente.

La investigación señala que el monte bajo en Chile presenta un mayor crecimiento en comparación al monte alto hasta una edad de 8 a 10 años, luego del cual, el monte alto presentaría un mayor crecimiento. Este antecedente es importante ya que la mayor rentabilidad del monte bajo puede permitir mantener rodales hasta los 10 años, en comparación a bosques de la misma edad provenientes de semillas.

Las asíntotas de monte alto son superiores a las del monte bajo, en donde para el primer caso se han obtenido asíntotas en altura dominante cercana a los 50 metros, en tanto que el valor obtenido desde rodales de monte bajo alcanza a los 37 metros, lo cual señalaría un mayor potencial de crecimiento en altura del monte alto, al extenderse la edad de los rodales. En los primeros años el monte bajo crece más rápido, pero luego sufre una baja del crecimiento, y es superado por el monte alto. <sup>(9)</sup>

En el 2007 <sup>(16)</sup>, realizaron un estudio que tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de la sobrevivencia, conocer la capacidad de rebrotes y el incremento en diámetro y altura de las especies

*Lonchocarpus minimiflorus* y *Casearia corymbosa* después de la aplicación de tres tratamientos silviculturales: al primer grupo se les dejó un eje/árbol, al segundo grupo 2 eje/árbol y al tercer grupo 3 eje/árbol. Los resultados demuestran que la especie *Lonchocarpus minimiflorus* obtuvo el mayor porcentaje de supervivencia al final del estudio (84%), en comparación con la especie *Casearia corymbosa* (44%), así como también en la producción de rebrotes con 18.09 ejes por árbol en el primer registro y 9.90 en el segundo registro, mientras que *Casearia corymbosa* obtuvo 8.13 y 8.82 ejes respectivamente. En cuanto a las variables diámetro y altura, los mayores resultados los alcanzó la especie *Casearia corymbosa* en el primer tratamiento, mientras que *Lonchocarpus minimiflorus* alcanzó los mayores diámetros en el tratamiento 3 y las mayores alturas en el tratamiento

En el 2004 <sup>(18)</sup>, establecieron ensayos de manejo como monte bajo en una plantación mixta de *Eucalyptus globulus*, *Eucalyptus viminalis* y *Eucalyptus regnans*, de 8 ha, cosechada a los 8 años de edad y evaluada a los 4 años después de la cosecha. Las especies que demostraron posibilidad de ser manejadas como monte bajo son: *Eucalyptus globulus* y *Eucalyptus viminalis*. Entre ellas la primera muestra mayor vigorosidad, especialmente para la producción de volumen (150 m<sup>3</sup>/ha en 4 años), si el objetivo es madera para pulpa o leña, recomendándose en ese caso dejar tres brotes por tocón después de 18 meses desde la cosecha. Sin embargo, también se presenta como una posibilidad el producir madera para aserrar, en estos casos ambas especies deben ser manejadas con uno o dos brotes por tocón.

En el 2016 <sup>(19)</sup>, analizan el manejo de las plantaciones de Eucalipto dado por los productores. Entre los resultados obtenidos están que el primer aprovechamiento se da a los 3 años (alfajillas y algunas soleras), posteriormente realizan el manejo de los rebrotes y ralean cada 6 u 8 meses. Éste es selectivo (2 a 3 cortes/año) o tala rasa (4 o

6 años) y todos los años le dan mantenimiento a la propiedad (plantación). El crecimiento, altura, diámetro y área basal estuvo dentro de los rangos citados por la literatura. En base a las entrevistas aplicadas a los productores y el análisis financiero, la corta selectiva es más efectiva y rentable. El mayor volumen registrado fue la parcela número 13 con 51 m<sup>3</sup>/ha en la que se manejaban 2 rebrotes/tocón y la altura promedio de los tocones osciló entre los 5 cm y 17 cm.

### **Investigaciones sobre la altura del tocón en el rebrote de algunas especies forestales**

En el 2000 <sup>(20)</sup>, estudiaron la capacidad de retoñación de *Eucalyptus nitens* bajo dosel y a campo abierto, en rodales ubicados en distintos sectores de la VIII Región de Chile. A campo abierto, siete meses después de la cosecha total del rodal, se realizó la medición de la regeneración en los tocones remanentes. De los 1,450 tocones /ha existentes, se determinó que un 82% presentaban al menos un retoño y 42% más de tres retoños. La mayor parte de los tocones con retoños se concentraron en diámetros intermedios (16-25 cm) y alturas entre 11 y 20 cm. Bajo dosel, se midió la regeneración en parcelas permanentes de poda y raleo con dos grados de densidad residual (800 y 400 arb/ha), después de uno y dos años de realizadas las intervenciones. Se determinó que la densidad afectó significativamente el porcentaje de tocones retoñados, así como el diámetro y altura de los retoños. Los retoños más vigorosos se encontraron en parcelas con menos densidad residual. Así mismo, los tocones en forma de bisel de diámetros y alturas intermedios, presentaron mejor desarrollo de retoños.

En 1992 <sup>(21)</sup>, estudiaron el efecto de la época, altura de corte, el tipo de herramienta y las características de la cepa sobre la brotación. Luego de dos estaciones de crecimiento, determinaron que la época de corta tuvo un efecto significativo, obteniéndose mejores resultados en aquellos aplicados en otoño y primavera. La corta en invierno se

tradijo en alta mortalidad de brotes por heladas, mientras que la efectuada hacia el verano o principios de otoño no produjo brotación durante la primera estación de crecimiento. El efecto del tipo de herramienta utilizada no produjo diferencias significativas en la corta a ras del suelo. Respecto a la altura de corte, la máxima brotación se obtuvo a los 15 cm del suelo.

En 1990 <sup>(8)</sup>, estudió la capacidad de retoñación y el número y desarrollo de rebrotes, en cinco especies del género *Eucalyptus* (*Myrtaceae*) y señala que estos parámetros no mostraron correlación con las características de la cepa, en cuanto a altura y diámetro del tocón. Sin embargo, en *E. delegatensis* comprobó que existe una alta correlación entre este proceso y la altura del tocón, ya que los árboles que fueron cortados a ras del suelo no rebrotaron y los cortados a una altura normal (15 a 20 cm) rebrotaron sin problemas. Es decir, cada especie tiene su propio comportamiento de regeneración, debido a sus adaptaciones morfofisiológicas.

En el 2013 <sup>(10)</sup>, realizaron un estudio de la capacidad de rebrote de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh, que tuvo como objetivo evaluar el comportamiento de los rebrotes en plantaciones a través de la aplicación de tratamientos silviculturales de poda en áreas que han sido aprovechadas. La toma de datos en el campo se realizó evaluando las siguientes variables: altura del tocón mayor de 20 cm, altura del tocón menor de 20 cm, diámetro del tocón de 15 cm y diámetro del tocón entre 15 a 20 cm. Los tratamientos silviculturales tuvieron influencia en el incremento del crecimiento en diámetro y altura de los rebrotes, la limpieza de la maleza, eliminación de lianas y raleo de rebrotes, favoreciéndolos al no existir competencia para los rebrotes seleccionados. El tratamiento tocón menor de 20 cm de altura, es el mejor para la realización de futuro manejo de rebrotes.

En 1983<sup>(22)</sup>, analizó en *Colutea arborescens*, una leguminosa arbustiva

mediterránea, el efecto de la altura de corte a 5 cm, 15 cm y 25 cm, en dos años consecutivos. Los resultados del primer año no mostraron diferencias en los pesos de los vástagos totales obtenidos bajo las tres alturas de corte, sin embargo, en el segundo año de evaluación hubo un aumento de casi el 50%. En cambio, si existieron diferencias en el número de vástagos, siendo mayor cuando se cortó una altura de 25 cm que cuando se hizo a 5 cm. Se pudo observar, por lo tanto, que al aumentar la altura de corte aumentó el número de vástagos producidos por planta.

En 1998 <sup>(23)</sup>, realizaron un estudio en una plantación de *Acacia saligna* (Labill.) Wendl. con el propósito de determinar el efecto de cortes horizontales efectuados a tres alturas del árbol (corte a menos de 5 cm. a 50 cm y a 100 cm). El período de esta evaluación fue de una temporada. En el análisis efectuado se consideró la altura original del árbol para determinar si ésta tiene alguna influencia en el desarrollo posterior del rebrote. Además, se analizó la productividad obtenida en el rebrote para los tratamientos propuestos. Los principales resultados indicaron que los ejemplares cortados a 50 cm de altura se diferenciaron significativamente, en cuanto a vigor y crecimiento, de las otras alturas de corte realizadas.

En 1999 <sup>(24)</sup>, realizó una investigación en los manglares de las Peñitas – Salinas Grandes en el municipio de León, Nicaragua, el cual tuvo por objetivo evaluar la capacidad de rebrote de *Laguncularia racemosa*. Se utilizó un diseño con arreglo bifactorial, tres alturas de corte: h1 = 20 cm (corte bajo, que está por debajo del nivel mínimo de la marea), h2 = 35 cm (corte medio, que está a la altura media de la marea), h3 = 60 cm (corte alto, que está por encima del nivel máximo de la marea) y las dos estaciones del año. El análisis de varianza realizado a un nivel de confianza del 5% encontró diferencia significativa en la capacidad de rebrote de *Laguncularia racemosa* por efectos de las alturas de corte aplicadas y las dos estaciones del año. La mayor capacidad de rebrote lo presenta la altura de corte 3 (corte alto) con un promedio de 7

rebrotos por tocón durante período lluvioso y 2.4 rebrotos por tocón durante período seco.

En el 2018 <sup>(5)</sup>, realizó un trabajo de investigación con el objetivo de caracterizar y evaluar el rebrote de tocón de árboles de *Nothofagus antártica* en bosque de la Patagonia Chilena. El primer bosque se ubica en Valle California (Región de Los Lagos) y el segundo bosque se encuentra en Balmaceda (Región de Aysén). Los tratamientos fueron aplicados a distintas alturas de corta sobre el nivel del suelo: a 3 cm (T 3), a 30 cm (T 30) y a 100 cm (T 100). La respuesta de los rebrotos de tocón luego de dos años de la implementación de los tratamientos varía según la altura de corta, edad del árbol y sitio. En ambos sitios, la densidad y acumulación de biomasa del rebrote resultan mayores con T 100 y la mayor mortalidad ocurre con T 3. Respecto al efecto de la edad, árboles juveniles tienen mayor respuesta (diámetro basal, longitud y acumulación de biomasa). En cuanto a las dimensiones de los árboles, hay mejor respuesta (densidad, diámetro basal, longitud y acumulación de biomasa) de los rebrotos cuando el diámetro a la altura del pecho y el diámetro a la altura del tocón son mayores.

En el 2019 <sup>(15)</sup>, evaluaron el efecto de la época de corta, altura de corta y densidad de siembra en el manejo de rebrotos de árboles de *Leucaena macrophylla* Beneth, El cultivo forestal se evaluó a la edad de un año y se establecieron tres densidades de siembra (2500, 4445 y 10000 árb/ha), dentro de un diseño completamente al azar se aplicaron tres tratamientos de poda (testigo, 40 cm y 100 cm de altura del tocón), los cuales fueron aplicados en la época seca y lluviosa. Los datos revelaron que no hay diferencia en la tasa de mortalidad de rebrotos en función de la época de poda (promedio del 57,34%), además se encontró una tasa de crecimiento mayor en la época lluviosa (del 15 a 35% más que la época seca). No se encontraron diferencias entre la poda a 40 cm y 100 cm y finalmente se determinó que una densidad de 10000 árb ha incidió negativamente en el crecimiento de la plantación y generó disminuciones de crecimiento hasta del 20% con

respecto a las densidades de 4445 y 2500 árb ha, que no mostraron diferencias entre sí.

En el 2018 <sup>(6)</sup>, analizaron la capacidad de rebrote, crecimiento y supervivencia después de un evento de remoción de biomasa aérea en *Smallanthus pyramidalis* (Triana) H. Rob. En la metodología se realizaron dos tratamientos (T1 y T2) más el testigo (T3). En T1 se realizó corte del tallo a 50 cm del suelo y en T2 a 100 cm del suelo y se evaluó a lo largo de un año la longitud de rebrotes, diámetro y altura del tallo después del corte, número de hojas, área foliar, proporción de hojas depredadas y porcentaje de supervivencia, para comprobar la respuesta de estas variables frente a la remoción de biomasa aérea a diferentes alturas de corta. En los resultados se observó que al año los rebrotes alcanzaron más de 100 cm de longitud, área foliar de 350 cm<sup>2</sup> y supervivencia de individuos por tratamiento mayor al 75%. La altura de corte no está relacionada con la longitud que alcanzaron los rebrotes ni con el crecimiento en diámetro de los tallos lo que puede implicar un compromiso con el crecimiento de la planta, pero sí se relaciona con el área foliar y el número de hojas producidas.

En el 2000 <sup>(25)</sup>, evaluó el comportamiento y respuesta en la capacidad de rebrote del espino (*Acacia caven* (Mol.) Mol.) de uno y más vástagos sometidos a diferentes modalidades de corte. Para ello se seleccionaron individuos monofustales y plurifustales, los que fueron intervenidos a tres alturas: 10 cm, 30 cm y 150 cm. Además, se analizó el efecto de la corta parcial y total de los vástagos plurifustales a las diversas alturas de corte mencionadas anteriormente, Se pudo concluir, que el espino presenta una excelente capacidad de brotación una vez que es sometido a corte. A su vez, se apreció que al aumentar la altura de corte, aumentó el número de brotes generados. En relación a las intensidades de corta a la que fueron sometidos los individuos plurifustales, corta parcial y total de sus vástagos, se

apreció que la brotación fue menor en los sometidos a corta parcial que en aquellos en que la corta fue total. En cuanto al origen de los brotes generados, estos fueron en un 85% del tipo epicórmico y se concentraron en los primeros 30 cm en donde fue realizado el corte.

## 1.2 Bases teóricas

El estudio se sustenta en un grupo de varias respuestas encontradas por científicos de diferentes países relacionadas con el tema, que se podrán contrastar con los resultados del presente trabajo de investigación. Entre los más importantes resultados se encuentran en las investigaciones siguientes:

En el 2000 <sup>(20)</sup>, estudiaron la capacidad de retoñación de *Eucalyptus nitens* bajo dosel y a campo abierto. Afirman que la mayor parte de los tocones con retoños se concentraron en alturas entre 11 y 20 cm.

En 1992 <sup>(21)</sup>, estudiaron el efecto de la época, altura de corte, el tipo de herramienta y las características de la cepa sobre la brotación. Luego de dos estaciones de crecimiento, observaron que la altura de corte a los 15 cm del suelo obtuvo la máxima brotación.

En 1990 <sup>(8)</sup>, estudiaron la capacidad de retoñación y el número y desarrollo de rebrotes, en cinco especies del género *Eucalyptus*. En *E. delegatensis* comprobaron que existe una alta correlación entre este proceso y la altura del tocón, ya que los árboles que fueron cortados a ras del suelo no rebrotaron y los cortados a una altura normal (15 a 20 cm) rebrotaron sin problemas.

En el 2013 <sup>(10)</sup>, realizaron un estudio de la capacidad de rebrote de *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. La toma de datos en el campo se realizó evaluando las siguientes variables: altura del tocón mayor de

20 cm, y la altura del tocón menor de 20 cm. Según el análisis estadístico Student el tratamiento tocón menor de 20 cm de altura, es el mejor para la realización de futuro manejo de rebrotes.

En 1983 <sup>(22)</sup>, analizó en *Colutea arborescens* el efecto de la altura de corte a 5 cm, 15 cm y 25 cm, en dos años consecutivos. Existieron diferencias significativas en el número de vástagos, siendo mayor cuando se cortó a una altura de 25 cm que cuando se hizo a 5 cm. Se pudo observar, por lo tanto, que al aumentar la altura de corte aumentó el número de vástagos producidos por planta.

En 1998 <sup>(23)</sup>, determinaron el efecto de cortas horizontales efectuados a tres alturas del árbol (corte a menos de 5 cm, a 50 cm y a 100 cm) sobre la biomasa de rebrote. Los principales resultados indican que los ejemplares cortados a 50 cm de altura se diferenciaron significativamente en cuanto a vigor y crecimiento, de las otras alturas de corte realizadas.

En 1999 <sup>(24)</sup>, evaluó la capacidad de rebrote de *Laguncularia racemosa* a través de tres alturas de corte: 20 cm, 35 cm y 60 cm. El análisis de varianza realizado a un nivel de confianza del 5% encontró diferencia significativa en la capacidad de rebrote de *Laguncularia racemosa* por efectos de las alturas de corta aplicadas. La mayor capacidad de rebrote se presenta en la altura de corte 60 cm con un promedio de 7 rebrotes por tocón durante el período lluvioso y 2.4 rebrotes por tocón durante el período seco.

En el 2018 <sup>(5)</sup>, caracterizó y evaluó el rebrote de tocón de árboles de *Nothofagus antártica* en los bosques de la Patagonia Chilena. Los tratamientos fueron aplicados a distintas alturas de corta sobre el nivel del suelo: a 3 cm, a 30 cm y a 100 cm. La respuesta de los rebrotes de tocón luego de dos años de la implementación de los tratamientos varía según la altura de corta. En ambos sitios, la densidad y acumulación de biomasa del rebrote resultan mayores con 100 cm.

En el 2019 <sup>(15)</sup>, evaluaron el efecto de la época de corta, altura de corta y densidad de siembra en el manejo de rebrotes de árboles de *Leucaena macrophylla*. El cultivo forestal se evaluó a la edad de un año y se establecieron tres tratamientos de poda: testigo, 40 cm y 100 cm de altura del tocón. No se encontraron diferencias entre la poda a 40cm y 100 cm en la capacidad de rebrote.

En el 2018 <sup>(6)</sup>, analizaron la capacidad de rebrote, crecimiento y supervivencia después de un evento de remoción aérea de *Smallantus pyramidalis*. Los tratamientos fueron: corte del tallo a 50 cm del suelo, corte del tallo a 100 cm del suelo y el testigo. La altura de corte no está relacionada con la longitud que alcanzaron los rebrotes ni con el crecimiento en diámetro de los tallos.

En el 2000 <sup>(25)</sup>, evaluó el comportamiento y respuesta en la capacidad de rebrote del espino (*Acacia caven*) sometidos a diferentes modalidades de corte: 10 cm, 30 cm y 150 cm. Se apreció que al aumentar la altura de corte, aumentó el número de brotes generados.

### **1.3. Definición de términos básicos**

**Parte del tronco de un árbol que queda en el suelo unida a la raíz como resultado del tumbado <sup>(26)</sup>**

#### **Rebrote**

Se considera como rebrote a la presencia, desde una base común, generalmente un tocón, de más de un tallo en un individuo después de tumbado o cortado. <sup>(7)</sup>

#### **Definición de monte bajo**

El término “monte bajo” se aplica a los bosques que han regenerado a partir de brotes de tocón, dejados por la cosecha de un “monte alto”. <sup>(18)</sup>

### **Regeneración natural**

Crecimiento espontáneo de plantas silvestres a partir de las semillas que disemina un árbol semillero de las cercanías, aunque a veces pueden ser transportadas a mayores distancias por aves y mamíferos. Puede ocurrir en bosque vírgenes o secundarios, e inclusive en campos de cultivo. <sup>(1)</sup>

### **Reproducción vegetativa**

La reproducción vegetativa es un mecanismo que permite la mantención de las poblaciones vegetales en el tiempo. <sup>(5)</sup>

### **Regeneración vegetativa**

La regeneración vegetativa es una estrategia de las plantas, mediante la cual se produce un nuevo ejemplar a partir de una sección del material vegetal que queda del organismo original afectado por alguna intervención externa. <sup>(5)</sup>

### **Silvicultura**

Conjunto de técnicas que permiten el mantenimiento y regeneración de la plantación forestal y el sistema agroforestal y otras asociaciones vegetales forestales, a través de intervenciones en el establecimiento, la composición, la estructura y el crecimiento de la vegetación para atender mejor los objetivos del manejo. <sup>(26)</sup>

### **Ecosistema Forestal**

Es el ecosistema de vegetación silvestre en donde predomina la vegetación arbórea. <sup>(26)</sup>

### **Sucesión**

La sucesión es un proceso de cambio en la estructura y composición de la vegetación en un determinado sitio, de manera que a lo largo del tiempo, se encuentra en dicho sitio una serie de comunidades vegetales diferentes. A menudo, cada comunidad es

de mayor estatura y biomasa, y contiene más especies que la anterior. <sup>(25)</sup>

### **Resiliencia**

Capacidad de un ecosistema de retornar a sus condiciones originales o reorganizarse luego de procesos de disturbio. <sup>(26)</sup>

### **Plantaciones forestales**

Son ecosistemas forestales constituidos a partir de la intervención humana mediante la instalación de una o más especies forestales, nativas o introducidas, con fines de producción de madera o productos forestales diferentes a la madera, de protección, de restauración ecológica, de recreación, de provisión de servicios ambientales o cualquier combinación de los anteriores. <sup>(26)</sup>

### **Sucesión secundaria**

Es el proceso de recuperación del bosque después de que se ha abierto un claro. <sup>(27)</sup>

### **Rebrote de tipo adventicio**

Son aquellos que brotan en la corona del tocón y en posición horizontal. <sup>(13)</sup>

### **Rebrote de tipo proventicio**

Son aquellos que brotan unidos al tocón y en posición vertical. <sup>(13)</sup>

### **Rodal natural**

Bosque homogéneo con predominancia de una sola especie forestal, que se forma y desarrolla en forma espontánea, generalmente en áreas de bosque primario. <sup>(1)</sup>

## **Llanura aluvial inundable**

Es un área dominada por un ciclo de inundación anual durante el cual los niveles del río suben y bajan un promedio de 12 metros. <sup>(1)</sup>

## CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS

### 2.1 Variables y definiciones operacionales

**Identificación de las variables.**

**Variable independiente (X)**

$X_1$  = Altura del tocón

**Variables dependientes (Y)**

$Y_1$  = Capacidad de rebrote  $Y_2$  = Longitud del rebrote

**Tabla de operacionalización de las variables**

Variable Independiente (X)	Definición Conceptual	Definición operacional	Indicadores	Índices	Instrumentos
* Altura del tocón	*Dimensión vertical de un cuerpo en suposición natural o normal.	*Análisis de los datos sobre la altura del tocón de la especie forestal.	*Especie de regeneración natural, de llanura aluvial inundable temporal.	*Centímetros *Altura: * 10 cm *15 cm *20 cm *25 cm *30 cm *35 cm *40 cm *50 cm	Formato de datos de campo.
Variables Dependientes (Y)	Definición Conceptual	Definición operacional	Indicadores	Índices	Instrumentos
*Capacidad del rebrote	*Reinicio del bosque a partir del crecimiento desde raíces establecidas, lo que permite restituir rápidamente la composición original del dosel forestal.	*Análisis de los datos sobre el número de rebrotes de la especie forestal.	*Especie de regeneración natural, de llanura aluvial inundable temporal.	*Enteros *Número: * 1 * 2 * 3 * 4 * 5	Formato de datos de campo.
*Longitud del rebrote	*Dimensión vertical de un cuerpo en suposición natural o normal.	*Análisis de los datos sobre la longitud del rebrote de la especie forestal.	*Especie de regeneración natural, de llanura aluvial Inundabletemporal.	*Metros *Altura (variadas)	Formato de datos de campo.

## **2.2. Formulación de la hipótesis**

### **Hipótesis general**

La altura del tocón influye en la capacidad y longitud del rebrote de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) en zona aluvial, Iquitos - 2022.

### **Hipótesis específicos**

La altura del tocón a 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 y 50 cm del suelo influye en la capacidad del rebrote de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) en zona aluvial, Iquitos - 2022.

La altura del tocón a 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40 y 50 cm del suelo influye en la longitud del rebrote de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) en zona aluvial, Iquitos - 2022.

## CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

### 3.1 Tipo y diseño de la investigación

La comparación de la respuesta en la capacidad y longitud de los rebrotes entre alturas del tocón se efectuó mediante estadísticas descriptivas e inferenciales. El procedimiento o la manera en que fueron procesados los tratamientos de las variables fue el diseño completamente randomizado.

### 3.2. Población y muestra

La población consistió en los tocones de los árboles de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) existentes en una superficie de 15 hectáreas aproximadamente. La muestra consistió en una parte representativa de la población, que en nuestro caso fue de una (01) hectárea de tocones de árboles de *Calycophyllum spruceanum* (capirona) existentes dentro de la parcela de 15 hectáreas.

#### Lugar de ejecución

La zona de estudio se localiza en la Comunidad de Moena Caño, situada en la margen izquierda del Río Amazonas, Provincia de Maynas, Distrito de Belén, Región de Loreto, ubicada a 03° 46' LS y 73° 13' LO. La zona de vida predominante es la de Bosque Húmedo Tropical. <sup>(28)</sup>

#### Suelos

Los suelos son jóvenes originados por la sedimentación del río Amazonas, pertenecientes al orden Entisol, suborden Fluvent (Soil Taxonomy). Presenta una relativa fertilidad natural con respecto a los suelos de altura o tierra firme, sin embargo, presentan limitaciones de riesgos de inundación, esta acción ocurre con la cuenca del Itaya. <sup>(29)</sup>

## **Clima**

La climatología de la zona de Iquitos es la siguiente: <sup>(30)</sup>

Temperatura promedio

(°C): 26

Temperatura máxima (°C): 30

Temperatura mínima

(°C): 22

Precipitación (m m): 3087

Vientos (m s<sup>-1</sup>): 4,4

Humedad relativa máxima

(%): 95

Humedad relativa mínima (%): 74

### **3.3 Técnicas e instrumentos**

Para recoger la información de la muestra del rodal, se diseñó como instrumento de evaluación un formato de datos de campo que se muestra en el Anexo 1, el cual contiene: número de tocón en orden correlativo, altura del tocón, número de rebrotes y longitud del rebrote.

### **3.4 Procedimiento de recolección de datos**

Para facilitar el levantamiento de la vegetación, se delimitó el área del rodal uniendo la ubicación de las plantas de los bordes, dando como resultado la forma de un polígono, la cual fue encerrada en un rectángulo en el terreno.

Para el inventario de la vegetación se utilizó el método de muestreo sistemático irrestricto mediante fajas longitudinales de 10 m. de ancho y diferente longitud, ubicadas a lo largo de uno de los lados del rectángulo. Cada tocón se inventarió individualmente en orden correlativo, observando las siguientes variables:

Altura del tocón, medida con cinta métrica desde el ras del suelo hasta el corte de tumba o apeo.

Número de rebrotes, expresada en contadas.

Longitud del rebrote, medida con cinta métrica desde la base donde sale el rebrote hasta el ápice principal. Para los análisis respectivos se midió el largo de cada rebrote, para luego obtener un largo promedio por cada tocón. <sup>(23)</sup>

### **3.5 Técnicas de procesamiento y análisis de datos.**

#### **Técnicas de procesamiento.**

La relación entre la altura del tocón y la capacidad de rebrote que se muestra en el Anexo 2, se determinó mediante un análisis de regresión <sup>(31),(32),(33)</sup>

(Anexo 3), probándose ocho modelos matemáticos <sup>(32)</sup>, calculando para cada uno de ellos las siguientes estadísticas: prueba de F, coeficiente de correlación, coeficiente de determinación y el error estándar de estimación <sup>(31), (32), (33) (34), (35)</sup>.

Los parámetros estadísticos de los modelos probados se muestran en el Anexo 4, seleccionando el mejor modelo de ajuste basándose en la significancia de la prueba de F, mayor coeficiente de correlación, mayor coeficiente de determinación y menor error estándar de estimación. <sup>(5)</sup>

La prueba paramétrica entre la altura del tocón y la capacidad de rebrote por tratamiento que se muestra en el Anexo 5, se efectuó mediante el análisis de variancia de un diseño completamente randomizado con desigual número de observaciones por tratamiento y la prueba post hoc de Tukey, al nivel de confiabilidad del 95%. <sup>(36), (37), (38) (39)</sup>.

Debido a que la capacidad de rebrote se tomó en valores discretos expresados por contadas comprendidos por valores pequeños entre 0 y 10, se hizo la transformación de los datos a la forma  $\sqrt{x+1}$  <sup>(36)</sup> que se muestra en el Anexo 6.

La transformación hace que los datos queden normalmente distribuidos (se ajustan a la curva normal), los promedios y las variancias respectivas de los tratamientos queden independientes y los efectos resulten aditivos, lo cual permite calcular una variancia común para ser usada en las pruebas de todas las comparaciones; también valida el análisis de variancia con el objeto de darle sensibilidad para detectar únicamente las “verdaderas” diferencias entre los tratamientos, para el nivel de significación en que se hace la prueba.

Con los datos transformados se efectuó la prueba de homogeneidad de variancias de Bartlett (Anexo 7), el análisis de variancia, y la prueba post hoc de Tukey <sup>(32), (36)</sup> (Anexo 8).

La relación entre la altura del tocón y la longitud del rebrote que se muestra en el Anexo 9, se evaluó siguiendo el mismo procedimiento que la relación entre la altura del tocón y la capacidad de rebrote, es decir, mediante el análisis de regresión de similares modelos matemáticos (Anexo 10), estadísticas para determinar el ajuste y selección del mejor modelo de ajuste (Anexo 11).

La prueba paramétrica entre la altura del tocón y la longitud del rebrote por tratamiento que se muestran en el Anexo 12, también siguió el mismo proceso que la relación entre la altura del tocón y la capacidad de rebrote, es decir, efectuándose la prueba de homogeneidad de variancias (Anexo 13) y el análisis de variancia y la prueba post hoc de Tukey al 95% de confianza (Anexo 14).

Debido a que la longitud del rebrote está expresada en valores

continuos, no se requirió la transformación de los datos, pues cumplen los siguientes supuestos: la variable dependiente o respuesta es continua, la variable independiente o explicativa está formada por tres o más grupos categóricos e independientes, la variable dependiente se distribuye normalmente en cada grupo, haya homogeneidad de variancias, las observaciones sean independientes y no tener valores atípicos influyentes <sup>(40), (41)</sup> .

### **Análisis de los datos**

Los datos recopilados de campo de la altura del tocón, capacidad de rebrote y longitud de rebrote del Anexo 1 fueron desglosados preliminarmente para una mejor comprensión, análisis e interpretación de los resultados en:

- a) La altura del tocón y la capacidad de rebrote (Anexo 2).
- b) Modelos matemáticos y criterios estadísticos de precisión para determinar el mejor ajuste de regresión entre la altura del tocón y la capacidad de rebrote (Anexo 3).
- c) Resultados de los parámetros estadísticos y selección del mejor ajuste de regresión entre la altura del tocón y la capacidad de rebrote (Anexo 4).
- d) La altura del tocón y la capacidad de rebrote por tratamiento (Anexo 5).
- e) La altura del tocón y la capacidad de rebrote por tratamientos transformados a la  $\sqrt{x+1}$  (Anexo 6).
- f) Prueba de homogeneidad de variancias de Bartlett de la capacidad de rebrote por tratamiento con los datos transformados (Anexo 7).
- g) Análisis de variancia de la capacidad de rebrote por tratamiento y la Prueba de Tukey para un diseño completamente azarizado con desigual número de observaciones por tratamiento (Anexo 8).

- h) La altura del tocón y la longitud del rebrote (Anexo 9).
- i) Modelos matemáticos y criterios estadísticos de precisión para determinar el mejor ajuste de regresión entre la altura del tocón y la longitud del rebrote (Anexo 10).
- j) Resultado de los parámetros estadísticos y selección del mejor ajuste de regresión entre la altura del tocón y la longitud del rebrote (Anexo 11).
- k) La altura del tocón y la longitud del rebrote por tratamiento (Anexo 12).
- l) Prueba de homogeneidad de variancias de Bartlett de la longitud del rebrote por tratamiento (Anexo 13).
- m) Análisis de variancia de la longitud del rebrote por tratamiento y la Prueba de Tukey para un diseño completamente azarizado con desigual número de observaciones por tratamiento (Anexo 14).

Algunos de los procesos desglosados mencionados se efectuaron en forma personal y minuciosa utilizando el programa Word 2016. Posteriormente los pasos (c) y (j) fueron procesados con la ayuda de programas estadísticos, los cuales fueron digitados en una hoja electrónica de Microsoft Excel 13 generándose una base de datos, los cuales fueron analizados y procesados en el IBMSPSS v.25, obteniéndose las informaciones que dieron luz a los resultados.

### **3.6.1 Aspectos éticos**

El tesista se compromete a asumir la responsabilidad por el cumplimiento establecido en los párrafos siguientes:

El tesista se compromete a observar las normas de ética y conducta moral de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana (UNAP) y normas sobre prevención y lucha contra la corrupción, dentro del cual se enmarca el presente estudio. El tesista se compromete a guardar estricta reserva y confidencialidad de la información obtenida en el presente estudio.

El tesista tiene el derecho de propiedad intelectual sobre el trabajo de sistematización materia del presente estudio. La UNAP tiene la propiedad intelectual de la información y conocimientos proporcionados para la sistematización del presente estudio. El tesista puede publicar el documento que genere el presente estudio con el consentimiento informado previo de la UNAP.

El tesista se compromete a brindar toda la información pertinente a la UNAP sobre los alcances del presente estudio, obtener los consentimientos, autorizaciones y/o permisos que se requieran y cumplir con todos los requisitos legales y de otra índole que establezca el ordenamiento legal vigente.

El tesista se compromete de manera amplia que en la ejecución del presente estudio no vulnerará ningún derecho de propiedad intelectual

de terceros, y que respecto a la información que utilice para la ejecución de la misma tiene todos los derechos necesarios, o que por su cuenta y riesgo ha obtenido por escrito todas las transferencias de derechos y demás consentimientos necesarios para realizar el estudio.

El tesista no podrá utilizar en beneficio propio o de terceros, de manera total o parcial, la información/documentación, incluidos borradores, antecedentes, proyectos de documentos o similares, a la que tenga acceso o le sea entregada por la UNAP u otros terceros, y en general información/documentación comprendida o derivada de los Planes resultado del presente estudio. Por tanto, el tesista se obliga, durante y después de la conclusión o finalización del presente estudio por cualquier causa a no usar, facilitar, permitir el acceso, reproducir, publicar, vender o disponer de los mismos por cualquier título, sea en forma onerosa o gratuita, sea en beneficio propio o de terceros, ni total o parcialmente. Ello incluye la mención o referencia a los Planes de Bionegocios, Planes de Manejo o conocimientos/información a la que tenga acceso en ejecución de este estudio en publicaciones, artículos científicos, ponencias, abstracts o similares que desea realizar el tesista.

El tesista eximirá de toda responsabilidad a la UNAP y a sus directivos, representantes, empleados y funcionarios de cualquier vulneración a los compromisos antes indicados, asumiendo responsabilidad directa por el cumplimiento de lo establecido en los presentes párrafos.

## CAPITULO IV: RESULTADOS

### 4.1 La altura del tocón y la capacidad de rebrote

#### Evaluación de la capacidad de rebrote

Es la cantidad o número de rebrotes que desarrollan los árboles, considerados por debajo del diámetro normal (1.30 metros del suelo). Para el análisis de esta variable se contabilizó el número de rebrotes por tocón y luego se promediaron los datos (tabla 1). Para conocer la capacidad de rebrote se tomó como referencia una clasificación citada por Díaz, 2005 (tabla 2) <sup>(16)</sup>. Los resultados muestran claramente un promedio de 2.39 rebrotes por tocón. La clasificación para la evaluación de la capacidad de rebrote indica que la capacidad de rebrotar de *Calycophyllum spruceanum* es catalogada como **mala**.

**tabla 1. Número de rebrotes por tocón \***

Nº de tocón	Nº de rebrotes
1	1
2	2
3	3
4	3
5	2
.	.
.	.
Total	681
Promedio	2.39

\*En el Anexo 2 se presenta la tabla completa

**tabla 2. Categorías para conocer la capacidad de rebrote de *Calycophyllum spruceanum***

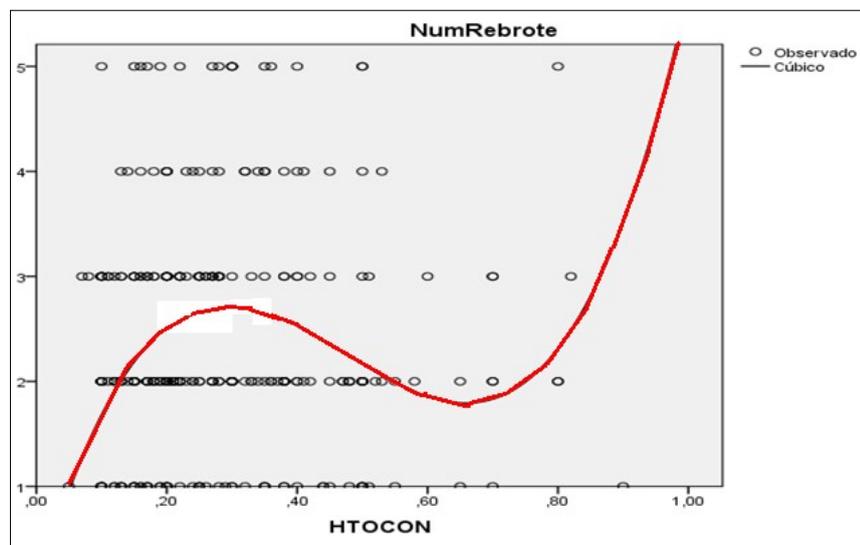
Categorías	Numero de rebrotes
Excelente	De 10 a más
Bueno	De 5 – 9.9
Aceptable	De 3 – 4.9
Malo	Menos de 2.9

### **Regresión entre la altura del tocón y la capacidad de rebrote**

En la tabla 3, se presenta el resumen de los parámetros estadísticos de los modelos probados. La prueba de F indica que la regresión no es significativa en todos los modelos estadísticos probados. La ecuación que mejor estima la relación altura del tocón y la capacidad de rebrote, es el modelo cúbico ( $Y = 1.437 + 8.788 X - 21.351 X^2 + 14.510 X^3$ ) por presentar mayor coeficiente de correlación y mayor coeficiente de determinación. El coeficiente de correlación  $r$  cercano a cero (0.133) indica que la relación cúbica es muy débil entre las dos variables. El coeficiente de determinación  $R^2$  (0.018) indica que sólo el 1.8 por ciento de la variación en la capacidad de rebrote se explica estadísticamente conociendo la altura del tocón. El error estándar de estimación (SYX) indica que la desviación estándar de la distribución de puntos respecto a la curva de regresión es 1.083, valor que significa que los datos están muy dispersos respecto a la curva de regresión y la ecuación de regresión seleccionada no proporcionará una estimación precisa de  $Y$  (capacidad de rebrote). La Figura 1 muestra la forma de la curva del modelo estadístico seleccionado, observando una dispersión entre la altura del tocón y la capacidad de rebrote.

**tabla 3. Resumen de los parámetros estadísticos de los modelos probados entre la altura del tocón y la capacidad de rebrote.**

Modelos	Parámetros		
	F SYX	r	R <sup>2</sup>
Lineal	NS	0.009	0.000080
Logarítmica	1.089		
Parabólica	NS	0.045	0.002000
<b>Cúbica</b>	1.088		
Hiperbólica	NS	0.088	0.008000
Exponencial	1.087		
Potencial	<b>NS</b>	<b>0.133</b>	<b>0.018000</b>
S – curva	1.083		
	NS	0.076	0.006000
	1.086		
	NS	0.003	0.000009
	0.473		
	NS	0.035	0.001000
	0.472		
	NS	0.072	0.005000
	0.472		



**Figura. 1. Gráfico de la forma del modelo cúbico seleccionado**

**Prueba paramétrica entre la altura del tocón y la capacidad de rebrote entre grupos de tratamiento**

En la tabla 4, se muestra el análisis de variancia entre la altura del tocón y la capacidad de rebrote entre grupos de tratamiento, observando que no existen diferencias estadísticas significativas entre las alturas del tocón y su respuesta en el rebrote al 95% de confianza. La prueba de Tukey corrobora esta afirmación, pues al realizar todas las comparaciones posibles entre los promedios de los tratamientos, no hay significación en ninguna de las comparaciones al 95% de confianza. En la Figura 2, se observa mediante un gráfico de barras mayores promedios de rebrotes por altura del tocón en los tratamientos T30 y T40 (1.90 y 1.94), pero la prueba paramétrica evidencia que ningún tratamiento se diferencia de los demás.

**tabla 4. Análisis de variancia entre la altura del tocón y la capacidad de rebrote entre grupos de tratamiento**

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio
Tratamientos	7	0.334827558	0.047832508
0.47 NS (entre grupos)			
Error (dentro de grupos)	108	10.95864399	0.101468926
Total	115	11.29347155	

F = Prueba de F al 95% de confianza  
NS = No significativo

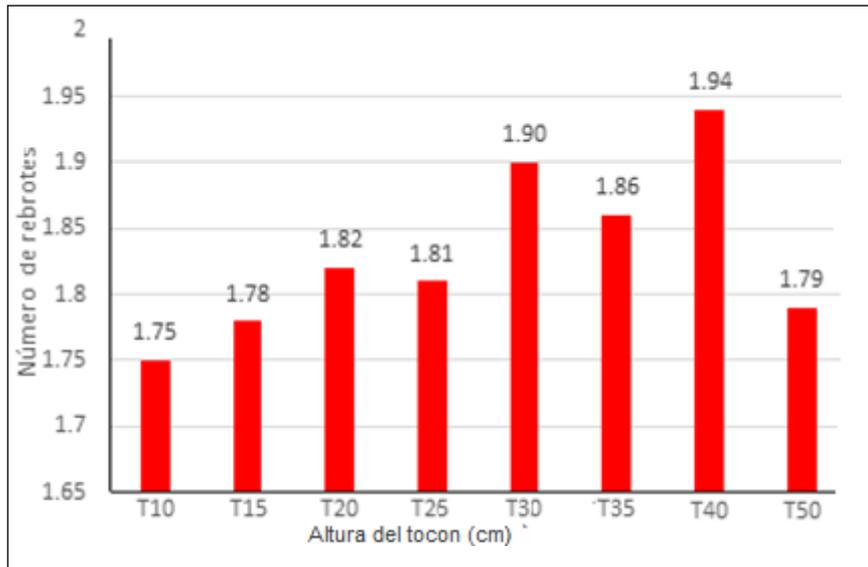
Prueba de Tukey al 95% de confianza

T10	T15	T20	T25	T30	T35	T40	T50
1.75	1.78	1.82	1.81	1.90	1.86	1.94	1.79

---

No significativo

---



**Figura 2. Gráfico de barras del número promedio de rebrotes por altura del tocón.**

**La altura del tocón y la longitud del rebrote**

**Evaluación de la longitud del rebrote**

Para el análisis de esta variable se promedió la longitud de rebrotes portocón y luego se promediaron los datos (tabla 5). Los resultados muestran claramente un promedio de 1.38 metros por tocón. A los cinco años de observación, el crecimiento longitudinal de los rebrotes de *Calycophyllum spruceanum* se considera como **mala**.

**tabla 5. Longitud promedio de rebrotes por tocón \***

Nº de tocón	Longitud del rebrote (m)
1	2.10
2	1.23
3	4.18
4	1.09
5	1.08
.	.
.	.
.	.
285	0.87
Total	394.06
Promedio	1.38

\* En el Anexo 7 se presenta la tabla completa

### **Regresión entre la altura del tocón y la longitud del rebrote**

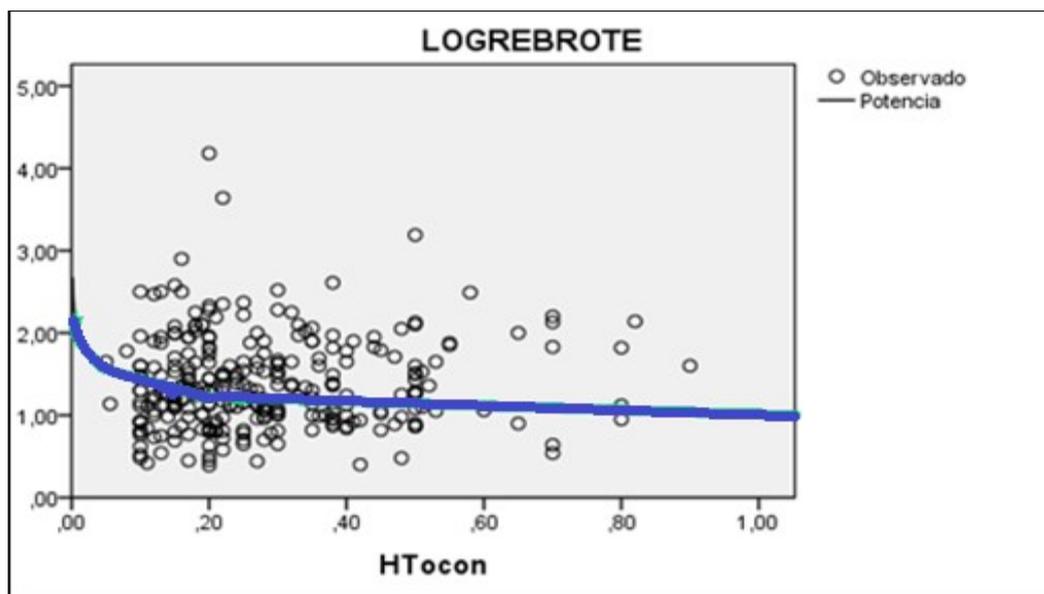
En la tabla 6, se presenta el resumen de los parámetros estadísticos de los modelos probados. La prueba de F indica que la regresión no es significativa en todos los modelos estadísticos probados. La ecuación que mejor estima la relación altura del tocón y la longitud del rebrote, es el modelo potencial ( $Y = 1.376 X^{0.054}$ ) por presentar mayor coeficiente de correlación, mayor coeficiente de determinación y menor error estándar de estimación. El coeficiente de correlación  $r$  cercano a cero (0.071) indica que la relación potencial es muy débil entre las dos variables. El coeficiente de determinación  $R^2$  (0.005) indica que sólo el

0.5 por ciento de la variación en la longitud del rebrote se explica estadísticamente conociendo la altura del tocón. El error estándar de estimación (SYX) indica que la desviación estándar de la distribución de puntos respecto a la curva de regresión es 0.410; este valor el más bajo de todos, significa que los datos no están muy

dispersos respecto de la curva de regresión y la ecuación de regresión seleccionada proporcionará una estimación precisa de Y (longitud del rebrote). La Figura 3 muestra la forma de la curva del modelo estadístico seleccionado, observando una dispersión entre la altura del tocón y la longitud del rebrote.

**tabla 6. Resumen de los parámetros estadísticos de los modelos probados entre la altura del tocón y la longitud del rebrote**

Modelos	Parámetros			
	F	r	R <sup>2</sup>	SYX
Lineal	NS	0.057	0.003	0.557
Logarítmica	NS	0.056	0.003	0.557
Parabólica	NS	0.059	0.004	0.558
Cúbica	NS	0.066	0.004	0.559
Hiperbólica	NS	0.054	0.003	0.557
Exponencial	NS	0.069	0.005	0.411
<b>Potencial</b>	<b>NS</b>	<b>0.071</b>	<b>0.005</b>	<b>0.410</b>
S – curva	NS	0.067	0.004	0.411



**Figura 3. Gráfico de la forma del modelo potencial seleccionado**

**Prueba paramétrica entre la altura del tocón y la longitud del rebrote entre grupos de tratamiento.**

En la tabla 7, se muestra el análisis de variancia entre la altura del tocón y la longitud del rebrote entre grupos de tratamiento, observando que no existen diferencias estadísticas significativas entre las alturas del tocón y su respuesta en la longitud del rebrote al 95% de confianza. La prueba de Tukey corrobora esta afirmación, pues al realizar todas las comparaciones posibles entre los promedios de los tratamientos, no hay significación en ninguna de las comparaciones al 95% de confianza. En la Figura 4, se observa mediante un gráfico de barras la longitud promedio de rebrotes por altura del tocón, notándose promedios casi uniformes en todas las alturas del tocón, evidenciando que ningún tratamiento se diferencia de los demás.

**tabla 7. Análisis de variancia entre la altura del tocón y la longitud del rebrote entre grupos de tratamiento**

Fuente de Variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio
Tratamientos	7	1.2426	0.1775
0.49 NS (entre grupos)			
Error (dentro de grupos)	108	39.22623	0.3632
Total	115	40.46883	

F = Prueba de F al  
95% de confianza NS =  
No significativo

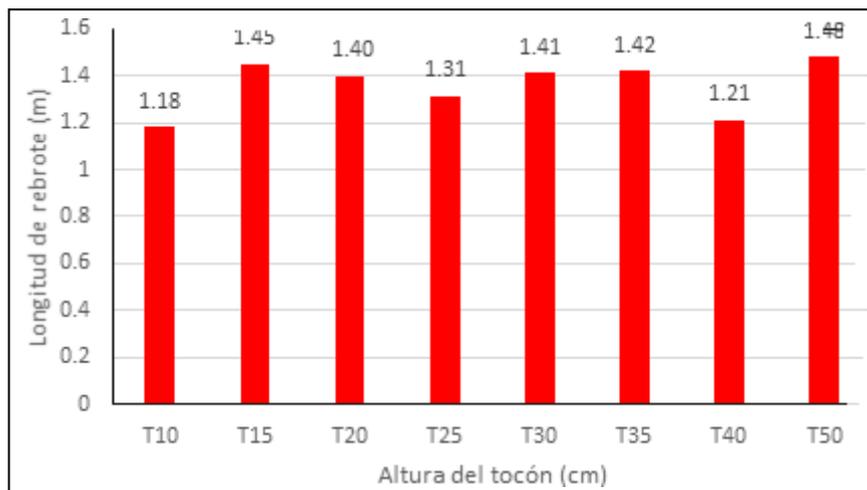
Prueba de Tukey al 95% de confianza

T10	T15	T20	T25	T30	T35	T40	T50
1.18	1.45	1.40	1.31	1.41	1.42	1.21	1.48

---

No significativo

---



**Figura 4. Gráfico de barras de la longitud promedio de rebrotes por altura del tocón**

## CAPITULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

### **De la evaluación de la capacidad de rebrote.**

El éxito del establecimiento de especies forestales bajo un sistema de monte bajo, está relacionado con la elección de especies de fácil brotación. <sup>(13)</sup> A los cinco años de evaluación, la capacidad de 2.39 rebrotes por tocón de *Calycophyllum spruceanum* es catalogada como mala o de difícil brotación, en comparación con otras investigaciones que registraron promedios de 8.13 rebrotes/tocón para la especie *Casearia corymbosa*, 18.09 rebrotes/tocón para *Lonchocarpus minimiflorus* <sup>(16)</sup>; 47.2 rebrotes/tocón, 91.6 rebrotes por/tocón y 108.3 rebrotes/tocón para *Nothofagus antártica* <sup>(5)</sup>, etc., lo cual le pone a *Calycophyllum spruceanum* en amplia desventaja como especie para ser manejada en rotaciones cortas, debiéndose descartar para la producción como monte bajo. <sup>(18)</sup>

### **De la evaluación de la longitud del rebrote.**

A los cinco años de observación, la longitud de 1.38 metros por tocón de *Calycophyllum spruceanum* es considerada como mala por su escaso desarrollo, en comparación con otros estudios como de *Eucalyptus camaldulensis* que registra a los seis meses de evaluación un valor promedio de 1.21 m de altura y a los siete meses de 2.41 m <sup>(10)</sup>; al año el cultivo forestal de *Leucaena macrophylla* registra variaciones de altura de 0.5 a 5.8 m <sup>(15)</sup> y los rebrotes de *Smallanthus pyramidalis* alcanzaron más de 100 cm de longitud <sup>(6)</sup>, por lo que se debe descartar a *Calycophyllum spruceanum* para la producción como monte bajo.

### **De la regresión altura del tocón - capacidad de rebrote y altura del tocón - longitud del rebrote.**

La regresión no es significativa en cuanto a la capacidad y longitud del rebrote debido a la dispersión entre las variables. <sup>(33)</sup> La dispersión radica en el hecho de que no hay una relación perfecta entre las dos variables en la población; existen otras variables que influyen en los valores de la variable dependiente, quizá un número sorpresivamente grande de otras variables

que no se incluyeron en el análisis de regresión. <sup>(33)</sup>

La razón por la que no se incluyeron otras variables es que la influencia de cada una es probablemente muy leve, y el costo de incluir otros factores suele tener más valor que el beneficio que se puede derivar al incluirlos <sup>(33)</sup>.

Además, generalmente se toman en cuenta una o dos variables para la mayor parte de la variación de la variable dependiente, por lo que se ganaría muy poco intentando explicar completamente <sup>(33)</sup>.

Lo que, es más, el número de variables explicativas posibles es tan grande que sin duda sería imposible – o altamente improbable – realizar una descripción perfecta. Una consecuencia de esto, es que siempre habrá cierta dispersión, lo cual significa que los valores estadísticos de la muestra tenderán a diferir de los parámetros reales de la población <sup>(33)</sup>.

#### **De las pruebas paramétricas: altura del tocón – capacidad de rebrote y altura del tocón – longitud del rebrote.**

Las pruebas paramétricas indican que no se presentaron diferencias significativas en la capacidad y longitud de rebrote de la especie *Calycophyllum spruceanum* por efectos de las diferentes alturas de corte aplicadas, es decir que ninguna de las alturas de corte observadas muestra diferencias reales en cuanto a la capacidad y longitud del rebrote, lo cual puede estar determinado por ciertos factores que estarían incidiendo en la respuesta vegetativa como <sup>(5)</sup>: la edad y diámetro de los árboles, el diámetro del tocón, la altura del tocón, técnica de intervención y las condiciones del sitio como la humedad y luminosidad, las que a continuación detallamos:

## **La edad y diámetro de los árboles en la respuesta vegetativa**

La capacidad de rebrotar de los árboles varía con la edad del árbol, respondiendo mejor durante la etapa juvenil y perdiendo esta capacidad a medida que el individuo avanza hacia el estado maduro.

En bosques de roble (*Nothofagus obliqua*) y raulí (*Nothofagus alpina*), encontraron que la respuesta frente a una altura de corte difiere entre formaciones en estado de desarrollo temprano y aquellas maduras, debido a la disposición de propágulos. Por ende, se requiere conocer la edad del árbol que dará sustento a los rebrotes de tocón, puesto que

árboles más antiguos presentan casi 100% de mortalidad luego de 1 o 2 años de la intervención.

Árboles con edad avanzada de *Quercus petraea* son incapaces de regenerar exitosamente con rebrotes vigorosos de tocón.

En la medida que *Sequoia sempervirens* envejece y crece en diámetro, disminuye la capacidad de rebrotar luego de cortar el árbol.

Árboles de *Acacia caven* con diámetros mayores de 20 cm, tienen menor respuesta en general, lo que se asocia con individuos de mayor edad.

Tocones de diámetros pequeños responden con rebrotes más vigorosos y mayor intensidad que aquellos tocones más adultos y de mayor tamaño, por lo que es imprescindible incluir la edad al momento de analizar crecimiento y acumulación de biomasa.

El comportamiento de los rebrotes de tocón de *Nothofagus antártica* tanto en Valle California como en Balmaceda tiene relación con la edad y el diámetro de los árboles al momento de ser intervenidos. Con respecto a la edad, árboles juveniles responden con mayor diámetro basal, longitud, biomasa total y parcial, lo que coincide con lo mencionado por los autores anteriores.

## **El diámetro del tocón en la respuesta vegetativa**

En diferentes especies del género *Eucalyptus*, principalmente *E. camaldulensis*, *E. cladocalyx*, *E. globulus*, *E. sideroxylon* se observa una alta mortalidad de retoños en diámetros extremos (pequeños y grandes), por lo que diámetros de tamaño intermedio presentan mayor retoñación y

supervivencia de los brotes.

En *Eucalyptus nitens*, la cantidad de retoños por tocón depende del diámetro de éstos; la mayor frecuencia de tocones con retoños se encontró en diámetros intermedios, entre 11-15 cm, tendiendo a disminuir fuertemente bajo y sobre estos valores.

En rebrotes de *Eucalyptus camaldulensis* el tratamiento diamétrico del tocón menores de 15 cm presentó a los siete meses un incremento promedio de altura de 2.65 metros, mayor que el tratamiento diamétrico del tocón de 15 a 20 cm con un incremento promedio de 2.23 metros. En forma similar, el tratamiento diamétrico del tocón menores de 15 cm presentó un incremento promedio del diámetro de 2.80 cm, mayor que el tratamiento diamétrico del tocón de 15 a 20 cm con un incremento promedio de 2.46 metros.

- **La altura de corte del tocón en la respuesta vegetativa**

la capacidad de rebrotar difiere con la altura de corte, esta habilidad depende estrictamente de cada especie.

En un trabajo con *Sequoia sempervirens*, se confirma que la estrategia de regeneración por rebrote y la respuesta a diferentes alturas de corte depende de la especie, así como también depende de factores fisiológicos, como: reservas en la raíz, área foliar y activación de meristemas. De este modo, la habilidad de rebrotar desde el tocón dependerá principalmente de la altura de corte, la especie y las características del árbol.

En observaciones realizadas por investigadores encontraron diferencias significativas en la capacidad de rebrote en alturas de corte mayores de 50 centímetros.

- **La técnica de intervención en la respuesta vegetativa**

La técnica de intervención abarca desde determinar la altura de corte del tocón, la inclinación de la cara superior hasta el tipo de herramienta a utilizar.

La altura de corte del tocón, influirá positiva o negativamente tanto en el vigor y crecimiento del rebrote de la especie *Acacia saligna*, como en la densidad y crecimiento de *Acacia caven*,

respectivamente.

La inclinación de la cara superior, un mal corte acarrea consigo algunos problemas como pudrición del tocón y rebrotes de baja calidad lo cual

repercute en la productividad. El corte debe realizarse lo mejor posible evitando desgarrar la corteza del tocón a fin de que este no se vea afectado por el ataque de hongos; además el corte debe de favorecer el escurrimiento del agua por el tocón, esto quiere decir que debe hacerse un corte en forma de bisel.

Las herramientas para la tala son también importantes, la sierra de cadena (motosierra) o la trozadora para dos hombres (corvina) se utilizan con éxito en muchas partes del mundo.

- **Las condiciones del sitio en la respuesta vegetativa**

El establecimiento de los rebrotes de *Nothofagus antártica* requiere de componentes abióticos fundamentales, donde la regeneración es favorecida en situaciones de mayor luminosidad y de mayor humedad, no obstante, puede verse obstaculizado por efecto de la sequía o déficit hídrico.

#### *Humedad*

Un estudio con rebrotes de tocón de *Nothofagus antártica*, señala que durante el primer año presentan variación de la respuesta vegetativa, con una densidad entre 61 y 55 rebrotes/tocón y una longitud de 10.1 cm y 4.9 cm en los sitios seco y húmedo, respectivamente.

Sitios dominados por *Nothofagus antártica* en suelos húmedos tienen árboles con menor crecimiento diamétrico que aquellos sitios en suelos subhúmedos.

En un estudio realizado con *Quercus pirenaica*, señalan que existe más biomasa aérea en un sitio con mayor precipitación.

#### *Luminosidad*

El rebrote de tocón de *Sequoia sempervirens* es mayor por causa de las reservas en el tocón, pero el crecimiento del rebrote está relacionado con el régimen de luz.

En árboles de *Acacia pennatula*, se obtiene una mayor densidad de rebrotes debido a: la mayor disponibilidad de recursos ambientales (agua, temperatura y luz) y, además, al uso más eficiente de los nutrientes del suelo.

La especie *Q. saponaria* manifiesta la tendencia a rebrotar en la medida que se ven expuestos a la luminosidad. Los tocones de angiospermas con diámetro mayor de 15 cm requieren de mayor luminosidad para rebrotar. Por lo cual, la respuesta en crecimiento y acumulación de biomasa está fuertemente condicionada por la energía que entrega la radiación solar

## **CAPITULO VI: PROPUESTA**

Corresponde a la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana, iniciar las siguientes acciones:

- Implementar una línea de investigación silvicultural iniciando estudios para describir el crecimiento del monte bajo de las especies forestales de la Amazonia Peruana.
- Realizar una búsqueda de rodales de monte bajo en la Amazonia Peruana y hacerlas suyas para las investigaciones permanentes.
- Instalar unidades experimentales de monte bajo en los rodales encontrados con el objetivo de obtener antecedentes de su crecimiento, volumen y rentabilidad.
- Desarrollar paquetes tecnológicos sobre silvicultura, manejo y gestión de plantaciones forestales en base a la regeneración de monte bajo y diseñar e implementar una estrategia de transferencia tecnológica continua, para difundir los resultados obtenidos.

## CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

La capacidad de rebrote de *Calycophyllum spruceanum* tiene un promedio de 2.39 rebrotes por tocón, catalogada como mala.

La longitud de rebrote de *Calycophyllum spruceanum* tiene un promedio de 1.38 metros por tocón, la cual puede ser catalogada como mala.

La regresión no es significativa en cuanto a la capacidad y longitud de rebrote debido a la dispersión entre las variables.

La dispersión indica que no hay una relación perfecta entre las variables estudiadas en la población, lo cual significa que los valores estadísticos de la muestra tenderán a diferir de los parámetros reales de la población.

Las pruebas paramétricas efectuadas demuestran que ninguna de las alturas de corte aplicadas muestra diferencias reales en cuanto a la capacidad y longitud de rebrote.

La generación de información sobre el rebrote de especies arbóreas permitirá mejorar la comprensión de cómo este mecanismo contribuye a la regeneración de los bosques tropicales.

## CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES

Evaluar variables como la edad y diámetro de los árboles, diámetro del tocón, diámetro basal del rebrote, técnica de intervención y condiciones del sitio para obtener una mayor cantidad de información.

Incluir en futuros estudios alturas del tocón superiores a 50 centímetros.

El corte que se aplique a los árboles debe ser en forma de bisel, con el objetivo de favorecer el escurrimiento del agua por el tocón; las herramientas que se utilicen para realizar el corte deben de estar muy bien afiladas a fin de evitar cualquier desgarre de la corteza en el tocón.

Mantener la periodicidad de mediciones a fin de establecer si los resultados obtenidos hasta ahora se mantienen o varían en el tiempo.

La información sobre la que se ha trabajado es limitada, siendo una aproximación que puede ser confirmada y/o mejorada cuando se puedan hacer ajustes con mayor cantidad de información.

Descartar a la especie *Calycophyllum spruceanum* para la producción como monte bajo por su baja capacidad y escaso desarrollo del rebrote, es todavía prematuro, faltan incluir otras variables como el diámetro del tocón, con lo cual se podría mejorar los resultados obtenidos.

## CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. CORREA, *et al.* (2019). Agroforestería Familiar Inundable y Procesos de Adaptación al Medio Ambiente en Loreto. Primera Edición. Lima. 164 pp.
2. KVIST, L. y G. NEBER. (2000). Bosques de la Llanura Aluvial del Perú: Ecosistemas, Habitantes y Uso de los Recursos. FOLIA AMAZONICA VOL. **10(1-2)**: 5-55.
3. OSHIRO, M. (2016). Ficha Estándar de Familia del Catálogo de Bienes, Servicios y Obras del MEF. Oficina General de Tecnologías de la Información del Ministerio de Economía y Finanzas- Catalogación. Ficha estándar N° 85. Familia 20720009 madera capirona. 5 p.
4. COUTORIER, G. y J. GONZALES. (1994). Insectos Plaga de la “capirona”, *Calycophyllum spruceanum* Benth (Rubiaceae), en Sistema Agroforestal. Rev. Per. Ent. **37**: 97-99.
5. PINEIDA, D. (2018). Caracterización y Evaluación del Rebrote del Tocón de *Nothofagus antártica* (G. Forst.) Oerst. en la Patagonia Chilena. Facultad de Ciencias Forestales y de la Conservación de la Naturaleza. Memoria para Optar al Título Profesional de Ingeniera Forestal. 45 p.
6. COGOLLO, A. y P. VELAZCO. (2018). Efecto de la Altura de Corte sobre la Capacidad de Rebrote, Crecimiento y Supervivencia en *Smallanthus pyramidalis* (Triana) H. Rob. Rev. Biodivers. Neotrop. **8(2)**: 76-83.
7. HAAS, M. *et al.* (2019). Rebrote Arbóreo en la Regeneración del Bosque Tropical de Calakmul, Campeche, México. Rev. Biol. Trop. **67(1)**: 164-181.
8. PRADO J., J. BAÑADOS y A. BELLO. (1990). Antecedentes Sobre la Capacidad de Retoñación de Algunas Especies del Género *Eucalyptus* en Chile. Ciencia e Investigación Forestal. **4(2)**: 183-190.
9. PINILLA J., K. LUENGO y M. NAVARRETE. (2017). Antecedentes para la Utilización del Monte Bajo de *Eucalyptus globulus* en Chile. Séptimo Congreso Forestal Español. Junio 2017. España.
10. REYES, F., J. MEMBREÑO y Y. CHÁVEZ. (2013). Evaluación de Variables Dasométricas de Rebrotos en *Eucalyptus camaldulensis* DEHNH. en la Finca El Plantel, Nindiri, Masaya. Revista Científica La Calera. **13(20)**: 39-45.

11. LAROCCA, F. y F. SCHULZ. (2009). Manejo Intensivo de Rebrotos de *Eucalyptus grandis* en el Noreste de Entre Ríos. XIII World Forestry Congress. Octubre, 2009. Buenos Aires. Argentina.
12. RAMOS, A. y G. DOMÍNGUEZ. (2016). Selección de Árboles de Bolaina Blanca (*Guazuma crinita* Mart.) como Candidatos a árboles "Plus" para Ensayos de Rejuvenecimiento y Brotación. *Ecología Aplicada*. **15(2)**: 115-123.
13. RÍOS, J. et al. (2019). Supervivencia y Características de Rebrotos en Tocones de Dos Años de Cultivos Dendroenergéticos. *Ciencia UAT*. **14(1)**: 145-154.
14. RÍOS, J. et al. (2017). Dinámica de Brotación y Densidad Básica de la Madera en Rebrotos de Tres Especies Dendroenergéticas. *Agrociencia*. **51(2)**: 215-227.
15. FLORES, D. et al. (2019). Capacidad de Rebrote de *Leucaena macrophylla* Benth con Fines Dendroenergéticos en Cortes, Honduras. *Revista Forestal Mesoamericana Kurú*. **16(38)**: 47-54.
16. SILVA C., O. SALGADO y B. GONZALES. (2007). Evaluación de la Capacidad de Rebrotos de Dos Especies Arbóreas en el Bosque Tropical Seco en Nandarola, Pacífico Sur. La Calera. *Ciencias Forestales*. 57-61 p.
17. LALLANA, M. et al. (1999). Capacidad de Rebrote y Tasa de Crecimiento en Individuos de *Prosopis spp* en un Monte Nativo del Departamento La Paz, Entre Ríos. En: Actas IV Jornadas Técnicas Forestales del Parque Chaqueño y II Jornadas de la Asociación Argentina de *Prosopis*. 56-64 p.
18. GELDRES, E., J. SCHLATTER y A. MARCOLETA. (2004). Monte Bajo, Opción para Tres Especies de *Eucalyptus* en Segunda Rotación, un Caso en la Provincia de Osorno, Décima Región, Chile. *Bosque*. **25(3)**: 57-62.
19. NIETO, M. (2016). Influencia del Manejo Silvicultural en la Producción de Madera Rolliza y Leña de *Eucalyptus camaldulensis*: Estudios de Casos de 17 Plantaciones Bajo Sistema de Manejo de Rebrotos en la Comunidad Cristo Rey, Quezalguaque, Nicaragua. *Revista Científica de la UNAN – León*. **7(1)**: 34-51.
20. MUÑOZ, F. et al. (2000). Capacidad de Retoñación de *Eucalyptus nitens* a Campo Abierto y Bajo Dosel. Chile. 9 p.
21. DUCREY, M. y TURREL, M. (1992). Influence of cutting methods and dates on stump sprouting in Holm oak (*Quercus ilex* L.) coppice. *Ann. Sci. For.* **49(5)**: 449-464.

22. DE ZULUETA, J. (1983). Efectos del recepe (corta) a tres alturas diferentes en plantas de *Colutea arborescens* L. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Anales INIA. Serie Forestal N° 7. 99-109 p.
23. BRATTI, M., A. VITA y J. WRANN. (1998). Efecto de la Altura de Corte en el Rebrote de *Acacia saligna* (Labill.) Wendl. Ciencia e Investigación Forestal – Instituto Forestal/Chile. **12(1)**: 39-50.
24. CHÁVEZ, R. (1999). Evaluación de la Capacidad de Rebrote de *Laguncularia racemosa* en los Manglares de las Peñitas-Salinas Grandes. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente. Trabajo de Diploma. 46 p.
25. GONZALES, M. (2000). Evaluación de la Capacidad de Rebrote de *Acacia caven* (Mol.) Mol. Frente a Diferentes Opciones de Corte en la IV Región de Chile. Facultad de Ciencias Forestales. Memoria para Optar al Título Profesional de Ingeniero Forestal. 72 p.
26. LEY FORESTAL Y DE FAUNA SILVESTRE N° 29763 Y SUS REGLAMENTOS. (2015). Servicio Nacional Forestal y de Fauna Silvestre. Lima. 342 pp.
27. LOUMAN, B., D. QUIRÓS y M. NILSSON. (2001). Silvicultura de Bosques Latifoliados Húmedos con Énfasis en América Central. Costa Rica. 265 p.
28. ORÉ, I. y D. LLAPAPASCA. (1996). Huertas Domésticas como Sistema Tradicional de Cultivo en Moena Caño, Río Amazonas, Iquitos – Perú. FOLIA AMAZÓNICA. VOL. **8(1)**: 91-110.
29. OROCHE, D. (2018). Biofertilizantes y su Influencia Sobre las Características Agronómicas y el Rendimiento de *Myrciaria dubia* H.B.K. Mc Vaugh “camu camu” en la Comunidad de Moena Caño, Belén. Facultad de Agronomía. Tesis para Optar el Título de Agrónomo. 74 p.
30. MARENGO, J. (1998). Climatología de la Zona de Iquitos, Perú.  
12p.<http://www.iiap.org.pe/upload/publicación/CDinvestigación/unap/unap7/u..>
31. LIND, D., W. MARCHAL y S. WATHEN. (2008). Estadística Aplicada a los Negocios y la Economía. Decimotercera Edición. Mc Graw-Hill/Interamericana Editores, S.A. de C.V. México. 859 pp.
32. FREESE, F. (1978). Métodos Estadísticos Elementales Para Técnicos Forestales. Estados Unidos. 102 pp.

33. STEVENSON, N. 1981. Estadística para Administración y Economía. Harper & Row, Publishers, Inc. S.A. de C.V. México. 55 pp.
34. OTÁROLA, E. y P. MARTÍNEZ. (2007). Análisis de Rentabilidad Económica y Desarrollo de Ecuaciones Alométricas de los Bosques Aluviales de *Calycophyllum spruceanum* (BENTHAM) HOOKER F. EX SCHUMANN “Capirona” para Determinación del Valor Maderable y del Carbono Almacenado para Servicios de Redd. Folia Amazónica. **16(1-2)**: 121-135.
35. OSTLE, B. (1979). Estadística Aplicada. Primera Edición. Editorial Limusa, S.A. Arcos de Belén 75, México 1, D.F. 609 p.
36. CALZADA, J. (1970). Métodos Estadísticos para la Investigación. Editorial Jurídica. Lima. 643 pp.
37. KAZMIER, L. (1979). Estadística Aplicada a la Administración y la Economía. Primera Edición. 374 pp.
38. SPIEGEL, M. 2001. Estadística. Tercera Edición. 556 pp.
39. MORAL, I. s/f. Comparación de Medias. 165–183 p.
40. JUÁREZ, C. (2015). Análisis de Varianza de Tipo I: Anova I. Primera Edición. México. 55 pp.
41. MERAYO, P. (2022). Cursos Máxima Formación Granada. s.p.

# **ANEXOS**

**1. Datos de Campo de la altura del tocón, capacidad de rebrote y longitud del rebrote**

N° de tocón	Altura del tocón (m)	N° de rebrotes	Longitud del rebrote (m)
1	0.19	1	2.1
2	0.33	1	1.61
		2	0.85
3	0.20	1	5.74
		2	5.79
		3	1.00
4	0.15	1	1.50
		2	0.83
		3	0.94
5	0.30	1	1.30
		2	0.85
6	0.15	1	2.00
7	0.65	1	2.18
		2	1.82
8	0.15	1	1.10
9	0.19	1	2.10

10	0.33	1	2.30
		2	2.10
		3	1.90
11	0.20	1	1.70
		2	1.56
		3	1.62
		4	0.90
12	0.15	1	2.58
13	0.16	1	2.50
14	0.36	1	2.15
		2	1.85
		3	1.62
		4	1.20
		5	1.17
15	0.13	1	2.50
16	0.27	1	1.50
		2	0.42
17	0.44	1	1.95
18	0.50	1	2.47
		2	2.32
		3	1.44
		4	0.65
		5	0.60
19	0.22	1	4.95
		2	2.32

20	0.10	1	1.60
21	0.20	1	1.50
		2	0.65
		3	1.21
22	0.45	1	1.70
		2	1.10
		3	0.25
23	0.21	1	1.44
		2	1.17
24	0.30	1	1.90
		2	1.36
25	0.25	1	1.40
		2	1.22
		3	0.86
26	0.20	1	2.10
		2	1.20
		3	0.54
27	0.12	1	1.23
28	0.45	1	1.22
		2	0.88

29	0.38	1	1.93
		2	2.01
30	0.17	1	0.82
		2	0.33
		3	0.20
31	0.16	1	1.02
		2	0.90
		3	0.78
		4	0.76
32	0.12	1	1.30
		2	1.07
33	0.10	1	0.72
		2	0.32
34	0.15	1	1.41
		2	0.88
35	0.19	1	1.07
		2	0.92
36	0.28	1	1.23
		2	1.20
		3	0.81
		4	0.73
37	0.32	1	2.19
		2	2.24
		3	0.67
		4	1.49

38	0.27	1	0.75
		2	0.70
		3	0.22
		4	0.36
		5	0.19
39	0.35	1	2.38
		2	2.30
		3	2.30
		4	1.24
40	0.27	1	2.00
		2	1.11
		3	0.52
41	0.38	1	1.13
		2	0.92
		3	0.90
		4	0.85
42	0.82	1	2.82
		2	2.74
		3	0.86
43	0.28	1	2.00
		2	1.88
		3	0.72
44	0.50	1	1.52
		2	1.60
		3	1.42
45	0.20	1	2.28
46	0.38	1	1.38

47	0.50	1	1.27
48	0.35	1	1.68
		2	1.53
		3	1.02
		4	0.90
		5	0.93
49	0.30	1	1.68
		2	1.62
		3	1.53
		4	1.56
		5	0.47
50	0.48	1	1.70
		2	0.80
51	0.40	1	1.45
		2	0.83
		3	0.24
52	0.22	1	0.82
		2	0.80
53	0.30	1	2.54
		2	2.50
54	0.14	1	1.30
		2	1.21
		3	0.56
		4	0.86
55	0.18	1	2.42
		2	2.35
		3	1.54
		4	1.77

56	0.16	1	1.70
		2	1.73
		3	1.43
		4	1.31
		5	0.48
57	0.25	1	0.92
		2	0.81
		3	0.37
58	0.41	1	2.35
		2	1.44
59	0.28	1	1.40
		2	0.88
		3	0.94
60	0.23	1	2.20
		2	1.11
		3	0.86
		4	0.36
61	0.70	1	2.44
		2	1.82
62	0.22	1	1.95
		2	1.77
		3	0.66
63	0.50	1	1.60
		2	1.44
		3	1.57
		4	0.53
64	0.20	1	0.63
		2	0.49
		3	0.22

65	0.30	1	1.62
		2	1.44
66	0.10	1	1.15
		2	1.17
67	0.10	1	1.25
		2	0.68
		3	0.51
68	0.38	1	1.26
		2	1.03
69	0.34	1	1.80
		2	1.52
		3	1.28
		4	0.77
70	0.38	1	1.10
		2	0.63
71	0.22	1	1.88
		2	1.36
		3	1.28
72	0.10	1	1.65
		2	1.54
		3	1.20
		4	1.05
		5	1.07
73	0.16	1	1.63
		2	1.41
		3	1.04

74	0.08	1	2.20
		2	1.78
		3	1.37
75	0.13	1	1.60
		2	0.65
		3	0.56
		4	0.19
76	0.17	1	1.05
		2	0.92
		3	0.92
		4	0.67
		5	0.31
77	0.28	1	1.35
		2	1.17
		3	0.64
78	0.10	1	1.30
79	0.21	1	1.11
		2	0.75
80	0.20	1	1.17
		2	0.51
81	0.10	1	1.00
		2	0.85
82	0.35	1	1.50
		2	1.10

83	0.30	1	2.40
		2	2.35
		3	1.23
		4	1.65
		5	0.70
84	0.28	1	1.46
		2	1.37
		3	1.02
		4	1.17
		5	0.55
85	0.21	1	1.50
		2	0.27
86	0.19	1	1.60
		2	1.52
		3	1.40
		4	1.10
		5	1.10
87	0.13	1	1.55
		2	1.50
		3	1.00
88	0.10	1	1.35
		2	0.86
		3	0.53
89	0.12	1	1.20
		2	0.90
90	0.27	1	1.50
		2	1.33
		3	0.54
91	0.53	1	1.26
		2	1.10
		3	1.16
		4	0.67

92	0.70	1	1.03
		2	0.69
		3	0.19
93	0.12	1	1.20
		2	0.81
		3	0.19
94	0.80	1	1.30
		2	1.22
		3	1.27
		4	0.60
		5	0.37
95	0.24	1	2.22
		2	1.92
		3	0.46
		4	1.21
96	0.15	1	1.20
		2	0.39
97	0.05	1	1.65
98	0.20	1	2.00
		2	1.92
99	0.23	1	1.32
		2	0.90
100	0.10	1	1.70
		2	1.25

101	0.07	1	1.60
		2	1.30
		3	0.64
102	0.17	1	1.35
		2	1.30
103	0.12	1	1.40
		2	0.60
104	0.13	1	1.38
		2	1.15
		3	0.84
105	0.27	1	1.50
		2	1.42
		3	1.10
		4	1.16
106	0.60	1	1.10
		2	1.08
		3	1.00
107	0.20	1	1.10
		2	1.20
		3	0.44
		4	0.56
108	0.28	1	1.25
		2	0.65
		3	0.20
109	0.30	1	1.42
		2	1.40
		3	1.19
		4	0.77
		5	0.31

110	0.55	1	2.10
		2	1.65
111	0.10	1	2.50
112	0.22	1	0.85
		2	0.80
		3	0.80
		4	0.64
		5	0.52
113	0.18	1	1.55
		2	1.37
		3	0.90
114	0.33	1	2.65
		2	1.28
115	0.30	1	2.45
		2	2.10
116	0.14	1	1.30
		2	1.22
117	0.38	1	1.36
118	0.22	1	2.35

119	0.10	1	1.05
		2	0.18
120	0.18	1	1.50
		2	1.25
		3	1.20
121	0.22	1	1.50
		2	1.55
		3	0.80
122	0.40	1	2.90
		2	1.25
		3	1.10
		4	1.35
123	0.15	1	2.70
		2	1.95
		3	1.80
		4	0.68
		5	0.85
124	0.13	1	1.85
		2	1.10
125	0.18	1	2.28
		2	1.90
126	0.15	1	1.40
		2	1.25
		3	0.70
127	0.20	1	1.90
		2	1.37

128	0.25	1	2.70
		2	2.55
		3	1.40
129	0.20	1	2.70
		2	1.95
130	0.45	1	2.28
		2	2.00
		3	2.00
		4	0.86
131	0.10	1	1.20
		2	0.75
		3	0.45
132	0.10	1	1.00
		2	0.90
		3	0.85
133	0.17	1	1.90
		2	1.95
		3	0.86
134	0.50	1	1.60
135	0.55	1	1.85
136	0.25	1	0.90
		2	0.88
		3	0.57

137	0.20	1	1.90
		2	1.70
138	0.20	1	1.85
		2	1.80
139	0.15	1	1.70
140	0.25	1	0.65
141	0.18	1	2.50
		2	1.65
142	0.30	1	1.30
		2	0.80
		3	0.90
143	0.25	1	1.80
		2	1.77
		3	1.22
		4	0.68
144	0.10	1	2.22
		2	1.69
145	0.70	1	2.20
		2	1.72
		3	1.58

146	0.20	1	2.38
		2	2.30
		3	1.37
		4	1.70
147	0.35	1	1.50
		2	1.39
		3	1.23
		4	0.44
148	0.15	1	1.90
		2	1.33
		3	0.65
149	0.35	1	1.90
150	0.27	1	1.82
		2	1.79
		3	1.10
151	0.22	1	1.68
		2	0.87
		3	0.36
152	0.20	1	2.15
		2	1.77
		3	1.29
153	0.25	1	1.86
		2	1.80
		3	1.28
154	0.50	1	2.10
		2	1.46
		3	1.65
		4	0.70
		5	0.38

155	0.17	1	2.30
		2	0.65
		3	1.58
156	0.28	1	1.53
		2	0.65
		3	1.38
157	0.32	1	1.30
		2	1.38
		3	1.36
		4	1.47
158	0.20	1	2.19
		2	1.44
		3	0.68
159	0.34	1	2.18
		2	1.85
160	0.47	1	1.00
		2	0.78
161	0.41	1	1.50
		2	0.80
		3	0.82
		4	0.56
162	0.50	1	3.60
		2	2.78
163	0.53	1	2.20
		2	1.10

164	0.80	1	2.22
		2	1.41
165	0.20	1	1.31
		2	0.87
		3	0.31
166	0.26	1	1.82
		2	1.72
		3	0.43
167	0.50	1	2.05
		2	0.81
168	0.16	1	1.52
		2	1.33
		3	0.70
169	0.40	1	1.30
		2	1.11
		3	0.55
170	0.30	1	1.19
		2	0.43
171	0.35	1	1.10
		2	1.12
		3	0.24
172	0.40	1	1.30
		2	0.95

173	0.52	1	1.60
		2	1.12
174	0.12	1	2.50
		2	2.43
175	0.23	1	1.83
		2	1.67
		3	1.30
176	0.16	1	2.90
177	0.70	1	2.20
178	0.10	1	1.46
		2	1.27
		3	0.60
179	0.17	1	1.58
		2	1.31
180	0.12	1	1.98
		2	1.17
181	0.47	1	1.80
		2	1.61

182	0.27	1	1.29
		2	1.38
		3	0.79
183	0.36	1	1.44
		2	0.53
184	0.17	1	1.42
185	0.20	1	0.80
186	0.50	1	2.10
187	0.10	1	1.45
188	0.11	1	1.30
		2	0.91
189	0.25	1	2.37
190	0.28	1	1.18
		2	0.73

191	0.17	1	2.00
		2	1.87
192	0.30	1	1.05
193	0.58	1	2.84
		2	2.13
194	0.51	1	1.10
195	0.38	1	3.67
		2	2.87
		3	1.30
196	0.48	1	2.05
197	0.20	1	0.50
198	0.90	1	1.60
199	0.45	1	0.82

200	0.35	1	1.00
201	0.20	1	0.60
		2	0.17
202	0.30	1	1.21
		2	1.10
		3	0.60
		4	0.24
		5	0.10
203	0.10	1	0.73
		2	0.24
		3	0.47
204	0.21	1	0.95
		2	0.65
205	0.24	1	1.10
206	0.15	1	2.07
		2	1.90
207	0.17	1	1.95
208	0.21	1	1.58
		2	2.80

209	0.26	1	1.88
210	0.29	1	0.78
211	0.70	1	0.60
		2	0.48
212	0.12	1	1.90
213	0.22	1	0.37
		2	0.20
		3	1.18
214	0.24	1	2.00
		2	0.78
215	0.20	1	1.30
		2	1.30
216	0.38	1	1.60
		2	1.37
217	0.18	1	2.40
		2	2.10

218	0.15	1	1.76
		2	1.30
219	0.20	1	1.15
220	0.26	1	1.90
		2	0.90
		3	0.85
221	0.30	1	1.70
		2	1.54
222	0.40	1	1.78
223	0.38	1	1.21
		2	0.89
224	0.27	1	1.70
		2	1.60
225	0.28	1	2.18
		2	1.62
226	0.22	1	1.85
		2	0.49

227	0.38	1	1.50
		2	1.27
228	0.13	1	1.36
		2	1.17
229	0.17	1	1.20
		2	0.97
230	0.25	1	1.15
231	0.20	1	0.95
		2	0.65
232	0.25	1	0.82
		2	0.82
233	0.36	1	2.10
		2	1.27
234	0.50	1	1.30
		2	0.85
235	0.22	1	1.00
		2	1.67

236	0.30	1	1.52
237	0.19	1	1.20
		2	0.83
238	0.44	1	1.83
239	0.27	1	1.29
		2	0.95
240	0.18	1	1.90
		2	1.38
241	0.42	1	0.92
		2	0.96
242	0.32	1	2.25
243	0.40	1	1.35
		2	1.13
244	0.32	1	1.48
		2	1.22

245	0.22	1	1.60
		2	1.38
246	0.38	1	1.29
		2	1.17
		3	0.23
247	0.21	1	0.90
		2	0.69
248	0.48	1	1.10
		2	0.58
249	0.80	1	1.33
		2	0.90
250	0.20	1	0.88
		2	0.37
251	0.50	1	0.90
252	0.51	1	2.10
		2	1.79
		3	0.71
253	0.50	1	1.07
		2	0.65

254	0.38	1	1.00
		2	0.91
255	0.25	1	1.60
		2	1.47
256	0.50	1	0.98
		2	0.76
257	0.18	1	1.69
		2	0.78
258	0.48	1	1.25
		2	0.71
259	0.50	1	2.43
		2	1.83
260	0.15	1	2.50
		2	1.66
261	0.17	1	1.47
		2	0.49
262	0.19	1	1.10
		2	0.56

263	0.50	1	1.70
		2	0.81
264	0.38	1	2.00
		2	1.64
265	0.65	1	0.90
266	0.37	1	1.10
		2	0.90
267	0.11	1	1.11
		2	0.88
		3	0.54
268	0.13	1	1.88
269	0.10	1	0.90
		2	0.62
270	0.30	1	1.69
		2	1.22
271	0.42	1	0.65
		2	0.30
		3	0.25

272	0.27	1	2.20
		2	1.80
273	0.13	1	1.95
274	0.15	1	1.65
		2	1.24
		3	0.77
275	0.24	1	1.55
		2	1.44
276	0.28	1	1.75
277	0.10	1	1.60
278	0.35	1	1.90
279	0.11	1	0.90
		2	0.25
		3	0.10
280	0.15	1	0.80
		2	0.57

281	0.15	1	1.65
		2	0.79

282	0.13	1	0.72
		2	0.36
283	0.17	1	1.75
284	0.10	1	1.48
285	0.40	1	1.44
		2	1.28
		3	0.90
		4	0.30
		5	0.44

## 2. La altura del tocón y la capacidad de rebrote

Nº de tocón	Altura del tocón (m)	Nº de rebrotes
1	0.19	1
2	0.33	2
3	0.20	3
4	0.15	3
5	0.30	2
6	0.15	1
7	0.65	2
8	0.15	1
9	0.19	1
10	0.33	3
11	0.20	4
12	0.15	1
13	0.16	1
14	0.36	5
15	0.13	1
16	0.27	2
17	0.44	1
18	0.50	5
19	0.22	2
20	0.10	1
21	0.20	3
22	0.45	3
23	0.21	2
24	0.30	2
25	0.25	3
26	0.20	3
27	0.12	1
28	0.45	2
29	0.38	2
30	0.17	3
31	0.16	4
32	0.12	2
33	0.10	2
34	0.15	2
35	0.19	2
36	0.28	4
37	0.32	4
38	0.27	5
39	0.35	4
40	0.27	3
41	0.38	4
42	0.82	3
43	0.28	3
44	0.50	3
45	0.20	1
46	0.38	1
47	0.50	1

Nº de tocón	Altura del tocón (m)	Nº de rebrotes
48	0.35	5
49	0.30	5
50	0.48	2
51	0.40	3
52	0.22	2
53	0.30	2
54	0.14	4
55	0.18	4
56	0.16	5
57	0.25	3
58	0.41	2
59	0.28	3
60	0.23	4
61	0.70	2
62	0.22	3
63	0.50	4
64	0.20	3
65	0.30	2
66	0.10	2
67	0.10	3
68	0.38	2
69	0.34	4
70	0.38	2
71	0.22	3
72	0.10	5
73	0.16	3
74	0.08	3
75	0.13	4
76	0.17	5
77	0.28	3
78	0.10	1
79	0.21	2
80	0.20	2
81	0.10	2
82	0.35	2
83	0.30	5
84	0.28	5
85	0.21	2
86	0.19	5
87	0.13	3
88	0.10	3
89	0.12	2
90	0.27	3
91	0.53	4
92	0.70	3
93	0.12	3
94	0.80	5
95	0.24	4
96	0.15	2

Nº de tocón	Altura del tocón (m)	Nº de rebrotes
97	0.05	1
98	0.20	2
99	0.23	2
100	0.10	2
101	0.07	3
102	0.17	2
103	0.12	2
104	0.13	3
105	0.27	4
106	0.60	3
107	0.20	4
108	0.28	3
109	0.30	5
110	0.55	2
111	0.10	1
112	0.22	5
113	0.18	3
114	0.33	2
115	0.30	2
116	0.14	2
117	0.38	1
118	0.22	1
119	0.10	2
120	0.18	3
121	0.22	3
122	0.40	4
123	0.15	5
124	0.13	2
125	0.18	2
126	0.15	3
127	0.20	2
128	0.25	3
129	0.20	2
130	0.45	4
131	0.10	3
132	0.10	3
133	0.17	3
134	0.50	1
135	0.55	1
136	0.25	3
137	0.20	2
138	0.20	2
139	0.15	1
140	0.25	1
141	0.18	2
142	0.30	3
143	0.25	4
144	0.10	2

Nº de tocón	Altura del tocón (m)	Nº de rebrotes
145	0.70	3
146	0.20	4
147	0.35	4
148	0.15	3
149	0.35	1
150	0.27	3
151	0.22	3
152	0.20	3
153	0.25	3
154	0.50	5
155	0.17	3
156	0.28	3
157	0.32	4
158	0.20	3
159	0.34	2
160	0.47	2
161	0.41	4
162	0.50	2
163	0.53	2
164	0.80	2
165	0.20	3
166	0.26	3
167	0.50	2
168	0.16	3
169	0.40	3
170	0.30	2
171	0.35	3
172	0.40	2
173	0.52	2
174	0.12	2
175	0.23	3
176	0.16	1
177	0.70	1
178	0.10	3
179	0.17	2
180	0.12	2
181	0.47	2
182	0.27	3
183	0.36	2
184	0.17	1
185	0.20	1
186	0.50	1
187	0.10	1
188	0.11	2
189	0.25	1
190	0.28	2

Nº de tocón	Altura del tocón (m)	Nº de rebrotes
191	0.17	2
192	0.30	1
193	0.58	2
194	0.51	1
195	0.38	3
196	0.48	1
197	0.20	1
198	0.90	1
199	0.45	1
200	0.35	1
201	0.20	2
202	0.30	5
203	0.10	3
204	0.21	2
205	0.24	1
206	0.15	2
207	0.17	1
208	0.21	2
209	0.26	1
210	0.29	1
211	0.70	2
212	0.12	1
213	0.22	3
214	0.24	2
215	0.20	2
216	0.38	2
217	0.18	2
218	0.15	2
219	0.20	1
220	0.26	3
221	0.30	2
222	0.40	1
223	0.38	2
224	0.27	2
225	0.28	2
226	0.22	2
227	0.38	2
228	0.13	2
229	0.17	2
230	0.25	1
231	0.20	2
232	0.25	2
233	0.36	2
234	0.50	2
235	0.22	2
236	0.30	1
237	0.19	2
238	0.44	1

Nº de tocón	Altura del tocón (m)	Nº de rebrotes
239	0.27	2
240	0.18	2
241	0.42	2
242	0.32	1
243	0.40	2
244	0.32	2
245	0.22	2
246	0.38	3
247	0.21	2
248	0.48	2
249	0.80	2
250	0.20	2
251	0.50	1
252	0.51	3
253	0.50	2
254	0.38	2
255	0.25	2
256	0.50	2
257	0.18	2
258	0.48	2
259	0.50	2
260	0.15	2
261	0.17	2
262	0.19	2
263	0.50	2
264	0.38	2
265	0.65	1
266	0.37	2
267	0.11	3
268	0.13	1
269	0.10	2
270	0.30	2
271	0.42	3
272	0.27	2
273	0.13	1
274	0.15	3
275	0.24	2
276	0.28	1
277	0.10	1
278	0.35	1
279	0.11	3
280	0.15	2
281	0.15	2
282	0.13	2
283	0.17	1
284	0.10	1
285	0.40	5

### 3. Análisis de regresión entre la altura del tocón y la capacidad de rebrote

Modelos matemáticos ajustados:

Modelo 1:  $Y = b_0 + b_1 X$  (modelo de tendencia lineal)

Modelo 2:  $Y = b_0 + b_1 \ln X$  (modelo de tendencia logarítmica)

Modelo 3:  $Y = b_0 + b_1 / X$  (modelo de tendencia hiperbólica)

Modelo 4:  $Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2$  (modelo de tendencia parabólica)

Modelo 5:  $Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 + b_3 X^3$  (modelo de tendencia cúbica)

Modelo 6:  $Y = b_0 b_1^X$  (modelo de tendencia exponencial)

Modelo 7:  $Y = b_0 X b_1$  (modelo de tendencia potencial)

Modelo 8:  $y = e^{b_0(b_1/X)}$  (modelo de tendencia S – curva)

Determinación del mejor ajuste mediante:

- Prueba de significación o prueba de F
- Coeficiente de correlación

$$R = \text{SC Reducción} / \text{SC Total}$$

- Coeficiente de determinación

$$R^2 = r^2$$

- Error estándar de estimación

$$S_{yx} = \frac{\sum Y^2 - b_0 \sum Y - b_1 \sum XY}{n - 2}$$

En estas estadísticas:

X = Altura del tocón (Variable independiente)

Y = Capacidad de rebrote (Variable dependiente)

n = número de muestras (285).

4. **Parámetros estadísticos de los modelos probados entre la altura del tocón y la capacidad de rebrote**

**Lineal**

**Resumen del modelo**

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,009	,00008	-,003	1,089

La variable independiente es HTOCON.

**Anova**

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	,026	1	,026	,022	,883
Residuo	335,743	283	1,186		
Total	335,768	284			

La variable independiente es HTOCON.

**Coefficientes**

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
HTOCON	,061	,412	,009	,148	,883
(Constante)	2,372	,133		17,825	,000

**Logarítmica**

**Resumen del modelo**

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,045	,002	-,002	1,088

La variable independiente es HTOCON.

**Anova**

	Suma de cuadrados	Gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	1,931	1	1,931	1,637	,202
Residuo	333,837	283	1,180		
Total	335,768	284			

La variable independiente es HTOCON.

### Coefficientes

	Coefficients no estandarizados		Coefficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	HTOCON	-,032	,025		
(Constante)	2,538	,133		19,127	,000

### Hiperbólica

#### Resumen del modelo

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,076	,006	,002	1,086

La variable independiente es HTOCON.

### Anova

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	1,931	1	1,931	1,637	,202
Residuo	333,837	283	1,180		
Total	335,768	284			

La variable independiente es HTOCON.

### Coefficientes

	Coefficients no estandarizados		Coefficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	1 / HTOCON	-,032	,025		
(Constante)	2,538	,133		19,127	,000

### Parabólica o cuadrático

#### Resumen del modelo

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,088	,008	,001	1,087

La variable independiente es HTOCON.

**Anova**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	2,576	2	1,288	1,090	,338
Residuo	333,192	282	1,182		
Total	335,768	284			

La variable independiente es HTOCON.

**Coefficientes**

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
HTOCON	2,123	1,463	,306	1,452	,148
HTOCON ** 2	-2,716	1,849	-,310	-1,469	,143
(Constante)	2,073	,243		8,526	,000

**Cúbica****Resumen del modelo**

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,133	,018	,007	1,083

La variable independiente es HTOCON.

**Anova**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	5,924	3	1,975	1,682	,171
Residuo	329,844	281	1,174		
Total	335,768	284			

La variable independiente es HTOCON.

**Coefficientes**

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
HTOCON	8,788	4,207	1,268	2,089	,038
HTOCON ** 2	-21,351	11,186	-2,438	-1,909	,057
HTOCON ** 3	14,510	8,243	1,238	1,689	,092

## Exponencial

### Resumen del modelo

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,003	,000	-,004	,473

La variable independiente es HTOCON.

### Anova

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	,000	1	,000	,002	,964
Residuo	63,253	283	,224		
Total	63,254	284			

La variable independiente es HTOCON.

### Coefficientes

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
HTOCON	-,008	,179	-,003	-,046	,964
(Constante)	2,154	,124		17,312	,000

La variable independiente es HTOCON.

## Potencial

### Resumen del modelo

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,035	,001	-,002	,472

La variable independiente es HTOCON.

### Anova

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	,078	1	,078	,348	,556
Residuo	63,176	283	,223		
Total	63,254	284			

La variable independiente es HTOCON.

### Coeficientes

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
HTOCON	,031	,052	,035	,590	,556
(Constante)	2,244	,176		12,741	,000

La variable independiente es HTOCON.

### S-Curva

#### Resumen del modelo

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,072	,005	,002	,472

La variable independiente es HTOCON.

### Anova

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	,326	1	,326	1,466	,227
Residuo	62,928	283	,222		
Total	63,254	284			

La variable independiente es HTOCON.

### Coeficientes

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
HTOCON	-,013	,011	-,072	-1,211	,227
(Constante)	,826	,058		14,340	,000

La variable independiente es HTOCON.

5. La altura del tocón y la capacidad de rebrote por tratamiento

	Altura del tocón							
	T10	T15	T20	T25	T30	T35	T40	T50
Capacidad de rebrote	1	4	3	3	2	4	3	5
	2	1	4	3	2	5	4	3
	2	1	3	3	5	2	3	1
	3	1	3	3	2	4	2	4
	5	2	1	1	2	1	1	1
	1	2	3	4	5	3	2	5
	2	5	2	3	5	1	5	2
	3	3	2	1	2	1	--	2
	2	1	4	1	3	--	--	1
	1	3	2	2	2	--	--	2
	2	2	2	2	1	--	--	1
	3	2	2	--	5	--	--	2
	3	2	2	--	2	--	--	2
	2	3	4	--	1	--	--	2
	3	2	3	--	2	--	--	2
	1	2	3	--	--	--	--	--
	3	--	3					
	2	--	1					
	1	--	1					
	1	--	2					
	--	--	2					
	--	--	1					
	--	--	2					
--	--	2						

6. La altura del tocón y la capacidad de rebrote por tratamiento transformados a la  $\sqrt{X+1}$

	Altura del tocón							
	T10	T15	T20	T25	T30	T35	T40	T50
Capacidad de Rebrote	1.41	2.24	2.00	2.00	1.73	2.24	2.00	2.45
	1.73	1.41	2.24	2.00	1.73	2.45	2.24	2.00
	1.73	1.41	2.00	2.00	2.45	1.73	2.00	1.41
	2.00	1.41	2.00	2.00	1.73	2.24	1.73	2.24
	2.45	1.73	1.41	1.41	1.73	1.41	1.41	1.41
	1.41	1.73	2.00	2.24	2.45	2.00	1.73	2.45
	1.73	2.45	1.73	2.00	2.45	1.41	2.45	1.73
	2.00	2.00	1.73	1.41	1.73	1.41	-----	1.73
	1.73	1.41	2.24	1.41	2.00	-----	-----	1.41
	1.41	2.00	1.73	1.73	1.73	-----	-----	1.73
	1.73	1.73	1.73	1.73	1.41	-----	-----	1.41
	2.00	1.73	1.73	-----	2.45	-----	-----	1.73
	2.00	1.73	1.73	-----	1.73	-----	-----	1.73
	1.73	2.00	2.24	-----	1.41	-----	-----	1.73
	2.00	1.73	2.00	----	1.73	-----	-----	1.73
	1.41	1.73	2.00	-----	-----	-----	-----	-----
	2.00	-----	2.00	-----	-----	-----	-----	-----
	1.73	-----	1.41	-----	-----	-----	-----	-----
	1.41	-----	1.41	-----	-----	-----	-----	-----
	1.41	-----	1.73	-----	-----	-----	-----	-----
	-----	-----	1.73	-----	-----	-----	-----	-----
	-----	-----	1.41	-----	-----	-----	-----	-----
	-----	-----	1.73	-----	-----	-----	-----	-----
	-----	-----	1.73	-----	-----	-----	-----	-----

7. Prueba de homogeneidad de variancias de Bartlett de la capacidad de rebrote por tratamiento con los datos transformados

Tratam.	(S <sup>2</sup> )	(n-1)	SC	1/n-1	log S <sup>2</sup>	(n-1)(log S <sup>2</sup> )
T 10	0.0822	19	1.5618	0.0526	- 1.08513	- 20.61747
T 15	0.0914	15	1.3710	0.0667	- 1.03905	-15.58575
T 20	0.0656	23	1.5088	0.0435	- 1.18310	- 27.21130
T 25	0.0858	10	0.8580	0.1000	- 1.06651	- 10.66510
T 30	0.1379	14	1.9306	0.0714	- 0.86044	- 12.04616
T 35	0.1830	7	1.2810	0.1429	- 0.73755	- 5.16285
T 40	0.1211	6	0.7266	0.1667	- 0.91686	- 5.50116
T 50	0.1229	14	1.7206	0.0714	- 0.91045	- 12.74630
Sumas	-----	108	10.9584	0.7152	-----	- 109.53609

Donde: Número de tratamientos: k = 8

SC = Suma corregida de cuadrados =  $(\sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n}) = (n - 1) S^2$

La variancia global dentro de tratamientos es:

$$\bar{S}^2 = \frac{\sum SS_i}{\sum (n_i - 1)} = \frac{10.9584}{108} = 0.10147$$

$$\log \bar{S}^2 = - 0.99366$$

La prueba de homogeneidad es:

$$X^2_{(k-1)gl} = (2.3026) [ (\log \bar{S}^2) (\sum (n_i - 1)) - \sum (n_i - 1) (\log S^2_i) ]$$

$$X^2_{7gl} = (2.3026) [ (- 0.99366) (108) - (- 109.53609) ]$$

$$X^2_{7gl} = 5.11$$

Este valor de  $X^2$  se compara con el valor de  $X^2$  de la tabla al nivel de significación de 0.05.

Un valor mayor que el de la tabla nos conduciría a rechazar la suposición de homogeneidad de variancias.

Como  $X^2_{7gl} = 5.11 < 14.07$ , se acepta la suposición de homogeneidad de variancias.

**8. Análisis de variancia de la capacidad de rebrote por tratamiento y la Prueba de Tukey para un diseño completamente azarizado con desigual número de observaciones por tratamiento**

**Análisis de Variancia**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Tratamientos (Entre grupos)	t - 1	$\sum T_i^2 / n_i - C$	SC Tr/GL Tr	CM Tr/CM E
Error (Dentro de grupos)	$\sum (n_i - 1)$	SC T - SC Tr	SC E/GL E	
Total	$\sum n_i - 1$	$\sum \sum Y_{ij}^2 - C$		

**Prueba de Tukey**

La prueba de Tukey se utilizó para comparar todo y cualquier contraste entre dos medias de tratamiento. Las etapas de la prueba de Tukey se dieron de la siguiente manera. <sup>(34)</sup>

- Se determinó el error estándar de la diferencia de dos medias de tratamiento

$$S_d = \sqrt{S^2 / n_1 + S^2 / n_2}$$

$S^2$  es el cuadrado medio del error experimental

- Con los grados de libertad del error se fue a la tabla de Tukey, en donde se buscó la Amplitud Estudiantizada Significativa de Tukey o AES (T) que correspondió a los grados de libertad del error, de p (número de tratamientos) y del nivel de significación de 0.05. Este valor se multiplicó por  $S_d$  de la etapa anterior con lo que se obtuvo la ALS (T); esto es:  
ALS (T) = AES (T)  $S_d$
- Se ordenaron las medias en forma progresiva.
- Se hicieron todas las comparaciones posibles entre los promedios de los tratamientos.

Las diferencias se compararon con la ALS (T), y aquellas que son superiores fueron significativas.

### 9. La altura del tocón y la longitud del rebrote

Nº de tocón	Altura del tocón (m)	Longitud del rebrote (m)
1	0.19	2.10
2	0.33	1.23
3	0.20	4.18
4	0.15	1.09
5	0.30	1.08
6	0.15	2.00
7	0.65	2.00
8	0.15	1.10
9	0.19	2.10
10	0.33	2.10
11	0.20	1.45
12	0.15	2.58
13	0.16	2.50
14	0.36	1.60
15	0.13	2.50
16	0.27	0.96
17	0.44	1.95
18	0.50	1.50
19	0.22	3.64
20	0.10	1.60
21	0.20	1.12
22	0.45	1.02
23	0.21	1.31
24	0.30	1.63
25	0.25	1.16
26	0.20	1.28
27	0.12	1.23
28	0.45	1.05
29	0.38	1.97
30	0.17	0.45
31	0.16	0.87
32	0.12	1.19
33	0.10	0.52
34	0.15	1.15
35	0.19	1.00
36	0.28	0.99
37	0.32	1.65
38	0.27	0.44
39	0.35	2.06
40	0.27	1.21
41	0.38	0.95
42	0.82	2.14
43	0.28	1.53
44	0.50	1.51
45	0.20	2.28
46	0.38	1.38
47	0.50	1.27

Nº de tocón	Altura del tocón (m)	Longitud del rebrote (m)
48	0.35	1.21
49	0.30	1.37
50	0.48	1.25
51	0.40	0.84
52	0.22	0.81
53	0.30	2.52
54	0.14	0.98
55	0.18	2.02
56	0.16	1.33
57	0.25	0.70
58	0.41	1.90
59	0.28	1.07
60	0.23	1.13
61	0.70	2.13
62	0.22	1.46
63	0.50	1.29
64	0.20	0.45
65	0.30	1.53
66	0.10	1.16
67	0.10	0.81
68	0.38	1.15
69	0.34	1.34
70	0.38	0.87
71	0.22	1.51
72	0.10	1.30
73	0.16	1.36
74	0.08	1.78
75	0.13	0.75
76	0.17	0.77
77	0.28	1.05
78	0.10	1.30
79	0.21	0.93
80	0.20	0.84
81	0.10	0.93
82	0.35	1.30
83	0.30	1.67
84	0.28	1.11
85	0.21	0.89
86	0.19	1.34
87	0.13	1.35
88	0.10	0.91
89	0.12	1.05
90	0.27	1.12
91	0.53	1.05
92	0.70	0.64
93	0.12	0.73
94	0.80	0.95
95	0.24	1.45
96	0.15	0.80

Nº de tocón	Altura del tocón (m)	Longitud del rebrote (m)
97	0.05	1.65
98	0.20	1.96
99	0.23	1.11
100	0.10	1.48
101	0.07	1.18
102	0.17	1.33
103	0.12	1.00
104	0.13	1.12
105	0.27	1.30
106	0.60	1.06
107	0.20	0.83
108	0.28	0.70
109	0.30	1.02
110	0.55	1.88
111	0.10	2.50
112	0.22	0.72
113	0.18	1.27
114	0.33	1.97
115	0.30	2.28
116	0.14	1.26
117	0.38	1.36
118	0.22	2.35
119	0.10	0.62
120	0.18	1.32
121	0.22	1.28
122	0.40	1.65
123	0.15	1.60
124	0.13	1.48
125	0.18	2.09
126	0.15	1.12
127	0.20	1.64
128	0.25	2.22
129	0.20	2.33
130	0.45	1.79
131	0.10	0.80
132	0.10	0.92
133	0.17	1.57
134	0.50	1.60
135	0.55	1.85
136	0.25	0.78
137	0.20	1.80
138	0.20	1.83
139	0.15	1.70
140	0.25	0.65
141	0.18	2.08
142	0.30	1.00
143	0.25	1.37
144	0.10	1.96

Nº de tocón	Altura del tocón (m)	Longitud del rebrote (m)
145	0.70	1.83
146	0.20	1.94
147	0.35	1.14
148	0.15	1.29
149	0.35	1.90
150	0.27	1.57
151	0.22	0.97
152	0.20	1.74
153	0.25	1.65
154	0.50	1.26
155	0.17	1.51
156	0.28	1.19
157	0.32	1.38
158	0.20	1.44
159	0.34	2.02
160	0.47	0.89
161	0.41	0.92
162	0.50	3.19
163	0.53	1.65
164	0.80	1.82
165	0.20	0.83
166	0.26	1.32
167	0.50	1.43
168	0.16	1.18
169	0.40	0.99
170	0.30	0.81
171	0.35	0.82
172	0.40	1.13
173	0.52	1.36
174	0.12	2.47
175	0.23	1.60
176	0.16	2.90
177	0.70	2.20
178	0.10	1.11
179	0.17	1.45
180	0.12	1.58
181	0.47	1.71
182	0.27	1.15
183	0.36	0.99
184	0.17	1.42
185	0.20	0.80
186	0.50	2.10
187	0.10	1.45
188	0.11	1.11
189	0.25	2.37
190	0.28	0.96

Nº de tocón	Altura del tocón (m)	Longitud del rebrote (m)
191	0.17	1.94
192	0.30	1.05
193	0.58	2.49
194	0.51	1.10
195	0.38	2.61
196	0.48	2.05
197	0.20	0.50
198	0.90	1.60
199	0.45	0.82
200	0.35	1.00
201	0.20	0.39
202	0.30	0.65
203	0.10	0.48
204	0.21	0.80
205	0.24	1.10
206	0.15	1.99
207	0.17	1.95
208	0.21	2.19
209	0.26	1.88
210	0.29	0.78
211	0.70	0.54
212	0.12	1.90
213	0.22	0.58
214	0.24	1.39
215	0.20	1.30
216	0.38	1.49
217	0.18	2.25
218	0.15	1.53
219	0.20	1.15
220	0.26	1.22
221	0.30	1.62
222	0.40	1.78
223	0.38	1.05
224	0.27	1.65
225	0.28	1.90
226	0.22	1.17
227	0.38	1.39
228	0.13	1.27
229	0.17	1.09
230	0.25	1.15
231	0.20	0.80
232	0.25	0.82
233	0.36	1.69
234	0.50	1.08
235	0.22	1.34
236	0.30	1.52
237	0.19	1.02
238	0.44	1.83

Nº de tocón	Altura del tocón (m)	Longitud del rebrote (m)
239	0.27	1.12
240	0.18	1.64
241	0.42	0.94
242	0.32	2.25
243	0.40	1.24
244	0.32	1.35
245	0.22	1.49
246	0.38	0.90
247	0.21	0.80
248	0.48	0.84
249	0.80	1.12
250	0.20	0.63
251	0.50	0.90
252	0.51	1.53
253	0.50	0.86
254	0.38	0.96
255	0.25	1.54
256	0.50	0.87
257	0.18	1.24
258	0.48	0.98
259	0.50	2.13
260	0.15	2.08
261	0.17	0.98
262	0.19	0.83
263	0.50	1.26
264	0.38	1.82
265	0.65	0.90
266	0.37	1.00
267	0.11	0.84
268	0.13	1.88
269	0.10	0.76
270	0.30	1.46
271	0.42	0.40
272	0.27	2.00
273	0.13	1.95
274	0.15	1.22
275	0.24	1.50
276	0.28	1.75
277	0.10	1.60
278	0.35	1.90
279	0.11	0.42
280	0.15	0.69
281	0.15	1.22
282	0.13	0.54
283	0.17	1.75
284	0.10	1.48
285	0.40	0.87

## 10. Análisis de regresión entre la altura del tocón y la longitud del rebrote

Modelos matemáticos ajustados:

Modelo 1:  $Y = b_0 + b_1 X$  (modelo de tendencia lineal)

Modelo 2:  $Y = b_0 + b_1 \ln X$  (modelo de tendencia logarítmica)

Modelo 3:  $Y = b_0 + b_1 / X$  (modelo de tendencia hiperbólica)

Modelo 4:  $Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2$  (modelo de tendencia parabólica)

Modelo 5:  $Y = b_0 + b_1 X + b_2 X^2 + b_3 X^3$  (modelo de tendencia cúbica)

Modelo 6:  $Y = b_0 b_1^X$  (modelo de tendencia exponencial)

Modelo 7:  $Y = b_0 X^{b_1}$  (modelo de tendencia potencial)

Modelo 8:  $y = e^{b_0(b_1/X)}$  (modelo de tendencia S – curva)

Determinación del mejor ajuste mediante:

- Prueba de significación o prueba de F
- Coeficiente de correlación

$$R = \text{SC Reducción} / \text{SC Total}$$

- Coeficiente de determinación

$$R^2 = r^2$$

- Error estándar de estimación

$$S_{yx} = \frac{\sum Y^2 - b_0 \sum Y - b_1 \sum XY}{n - 2}$$

En estas estadísticas:

X = Altura del tocón (Variable independiente)

Y = Capacidad de rebrote (Variable dependiente)

n = número de muestras (285).

**11. Parámetros estadísticos de los modelos probados entre la altura del tocón y la longitud del rebrote**

**Lineal**

**Resumen del modelo**

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,057	,003	,000	,557

La variable independiente es HTOCON.

**Anova**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	,289	1	,289	,930	,336
Residuo	87,828	283	,310		
Total	88,117	284			

La variable independiente es HTOCON.

**Coefficientes**

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
HTOCON	,203	,211	,057	,965	,336
(Constante)	1,324	,068		19,452	,000

**Logaritmica**

**Resumen del modelo**

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,056	,003	,000	,557

La variable independiente es HTOCON.

**Anova**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	,277	1	,277	,893	,345
Residuo	87,840	283	,310		
Total	88,117	284			

La variable independiente es HTOCON.

#### Coefficientes

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	HTOCON	,058	,061		
(Constante)	1,463	,093		15,810	,000

#### Hiperbólica

##### Resumen del modelo

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,054	,003	-,001	,557

La variable independiente es HTOCON.

#### Anova

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	,259	1	,259	,833	,362
Residuo	87,858	283	,310		
Total	88,117	284			

La variable independiente es HTOCON.

#### Coefficientes

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
	1 / HTOCON	-,012	,013		
(Constante)	1,436	,068		21,093	,000

#### Parabólica

##### Resumen del modelo

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,059	,004	-,004	,558

La variable independiente es HTOCON.

**Anova**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	,309	2	,155	,497	,609
Residuo	87,808	282	,311		
Total	88,117	284			

La variable independiente es HTOCON.

**Coefficientes**

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
HTOCON	,018	,751	,005	,024	,981
HTOCON ** 2	,244	,949	,054	,257	,797
(Constante)	1,351	,125		10,823	,000

**Cúbica****Resumen del modelo**

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,066	,004	-,006	,559

La variable independiente es HTOCON.

**Anova**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	,384	3	,128	,410	,746
Residuo	87,733	281	,312		
Total	88,117	284			

La variable independiente es HTOCON.

**Coefficientes**

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
HTOCON	1,012	2,170	,285	,467	,641
HTOCON ** 2	-2,536	5,769	-,565	-,440	,661
HTOCON ** 3	2,164	4,431	,361	,488	,626

## Exponencial

### Resumen del modelo

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,069	,005	,001	,411

La variable independiente es HTOCON.

### Anova

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	,229	1	,229	1,361	,244
Residuo	47,696	283	,169		
Total	47,925	284			

La variable independiente es HTOCON.

### Coefficientes

	Coeficientes no estandarizados		Coeficientes estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
HTOCON	,181	,155	,069	1,166	,244
(Constante)	1,211	,061		19,936	,000

La variable dependiente es ln (LONGREBROTE).

## Potencial

### Resumen del modelo

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,071	,005	,002	,410

La variable independiente es HTOCON.

### Anova

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	,242	1	,242	1,438	,231
Residuo	47,683	283	,168		
Total	47,925	284			

La variable independiente es HTOCON.

**Coefficientes**

	Coefficients no estandarizados		Coefficients estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
ln(HTOCON)	,054	,045	,071	1,199	,231
(Constante)	1,376	,094		14,665	,000

La variable dependiente es ln(LONGREBROTE).

**S-Curva****Resumen del modelo**

R	R cuadrado	R cuadrado ajustado	Error estándar de la estimación
,067	,004	,001	,411

La variable independiente es HTOCON.

**Anova**

	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Regresión	,213	1	,213	1,264	,262
Residuo	47,712	283	,169		
Total	47,925	284			

La variable independiente es HTOCON.

**Coefficientes**

	Coefficients no estandarizados		Coefficients estandarizados	t	Sig.
	B	Error estándar	Beta		
1 / HTOCON	-,010	,009	-,067	-1,124	,262
(Constante)	,292	,050		5,818	,000

La variable dependiente es ln(LONGREBROTE).

## 12. La altura del tocón y la longitud del rebrote por tratamiento

	Altura del tocón							
	T10	T15	T20	T25	T30	T35	T40	T50
Longitud de rebrote	1.60	1.09	4.18	1.16	1.08	2.06	0.84	1.50
	0.52	2.00	1.45	0.70	1.63	1.21	1.65	1.51
	1.16	1.10	1.12	2.22	1.37	1.30	0.99	1.27
	0.81	2.58	1.28	0.78	2.52	1.14	1.13	1.29
	1.30	1.15	2.28	0.65	1.53	1.90	1.78	1.60
	1.30	0.80	0.45	1.37	1.67	0.82	1.24	1.26
	0.93	1.60	0.84	1.65	1.02	1.00	0.87	3.19
	0.91	1.12	1.96	2.37	2.28	1.90	-----	1.43
	1.48	1.70	0.83	1.15	1.00	-----	-----	2.10
	2.50	1.29	1.64	0.82	0.81	-----	-----	1.08
	0.62	1.99	2.33	1.54	1.05	-----	-----	0.90
	0.80	1.53	1.80	-----	0.65	-----	-----	0.86
	0.92	2.08	1.83	-----	1.62	-----	-----	0.87
	1.96	1.22	1.94	-----	1.52	-----	-----	2.13
	1.11	0.69	1.74	-----	1.46	-----	-----	1.26
	1.45	1.22	1.44	-----	-----	-----	-----	-----
	0.48	-----	0.83	-----	-----	-----	-----	-----
	0.76	-----	0.80	-----	-----	-----	-----	-----
	1.60	-----	0.50	-----	-----	-----	-----	-----
	1.48	-----	0.39	-----	-----	-----	-----	-----
-----	-----	1.30	-----	-----	-----	-----	-----	
-----	-----	1.15	-----	-----	-----	-----	-----	
-----	-----	0.80	-----	-----	-----	-----	-----	
-----	-----	0.63	-----	-----	-----	-----	-----	

**13. Prueba de homogeneidad de variancias de Bartlett de la longitud del rebrote por tratamiento**

Tratam.	(S <sup>2</sup> )	(n-1)	SC	1/n-1	log S <sup>2</sup>	(n-1)(log S <sup>2</sup> )
T 10	0.2574	19	4.8906	0.0526	- 0.58939	- 11.19841
T 15	0.2628	15	3.9420	0.0667	- 0.58037	- 8.70555
T 20	0.6813	23	15.6699	0.0435	- 0.16666	- 3.83318
T 25	0.3501	10	3.5010	0.1000	- 0.45581	- 4.55810
T 30	0.2626	14	3.6764	0.0714	- 0.58071	- 8.12994
T 35	0.2205	7	1.5435	0.1429	- 0.65659	- 4.59613
T 40	0.1378	6	0.8268	0.1667	- 0.86075	- 5.16450
T 50	0.3699	14	5.1786	0.0714	- 0.43192	- 6.04688
Sumas	-----	108	39.2288	0.7152	-----	- 52.23269

Donde: Número de tratamientos: k = 8

$$SC = \text{Suma corregida de cuadrados} = \left( \sum X^2 - \frac{(\sum X)^2}{n} \right) = (n-1) S^2$$

La variancia global dentro de tratamientos es:

$$\bar{S}^2 = \frac{\sum SS_i}{\sum (n_i - 1)} = \frac{39.2288}{108} = 0.3632296$$

$$\log \bar{S}^2 = - 0.439818767$$

La prueba de homogeneidad es:

$$X^2_{(k-1)gl} = (2.3026) [ (\log \bar{S}^2) (\sum (n_i - 1)) - \sum (n_i - 1) (\log S^2_i) ]$$

$$X^2_{7gl} = (2.3026) [ (- 0.439818767) (108) - (- 52.23269) ]$$

$$X^2_{7gl} = 10.90$$

Este valor de X<sup>2</sup> se compara con el valor de X<sup>2</sup> de la tabla al nivel de significación de 0.05.

Un valor mayor que el de la tabla nos conduciría a rechazar la suposición de homogeneidad de variancias.

Como X<sup>2</sup><sub>7gl</sub> = 10.90 < 14.07, se acepta la suposición de homogeneidad de variancias.

**14. Análisis de variancia de la longitud del rebrote por tratamiento y la Prueba De Tukey para un diseño completamente azarizado con desigual número de Observaciones por tratamiento**

**Análisis de Variancia**

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Cuadrado medio	F
Tratamientos (Entre grupos)	t – 1	$\sum T_i^2 / n_i - C$	SC Tr/GL Tr	CM Tr/CM E
Error (Dentro de grupos)	$\sum (n_i - 1)$	SC T – SC Tr	SC E/GL E	
Total	$\sum n_i - 1$	$\sum \sum Y_{ij}^2 - C$		

**Prueba de Tukey**

La prueba de Tukey se utilizó para comparar todo y cualquier contraste entre dos medias de tratamiento. Las etapas de la prueba de Tukey se dieron de la siguiente manera. <sup>(34)</sup>

- Se determinó el error estándar de la diferencia de dos medias de tratamiento

$$S_d = \sqrt{S^2 / n_1 + S^2 / n_2}$$

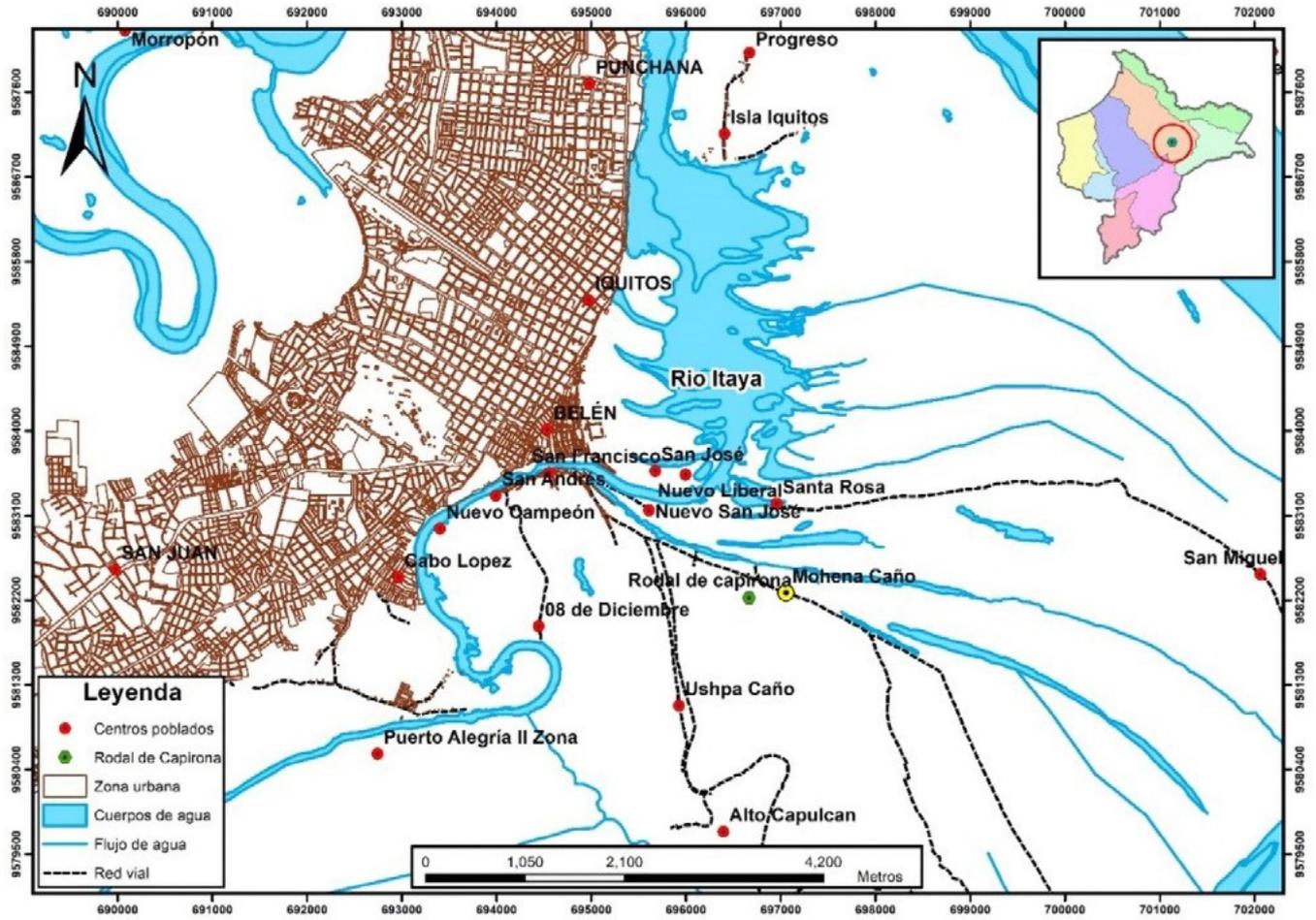
$S^2$  es el cuadrado medio del error experimental

- Con los grados de libertad del error se fue a la tabla de Tukey, en donde se buscó la Amplitud Estudiantizada Significativa de Tukey o AES (T) que correspondió a los grados de libertad del error, de p (número de tratamientos) y del nivel de significación de 0.05. Este valor se multiplicó por  $S_d$  de la etapa anterior con lo que se obtuvo la ALS (T); esto es:

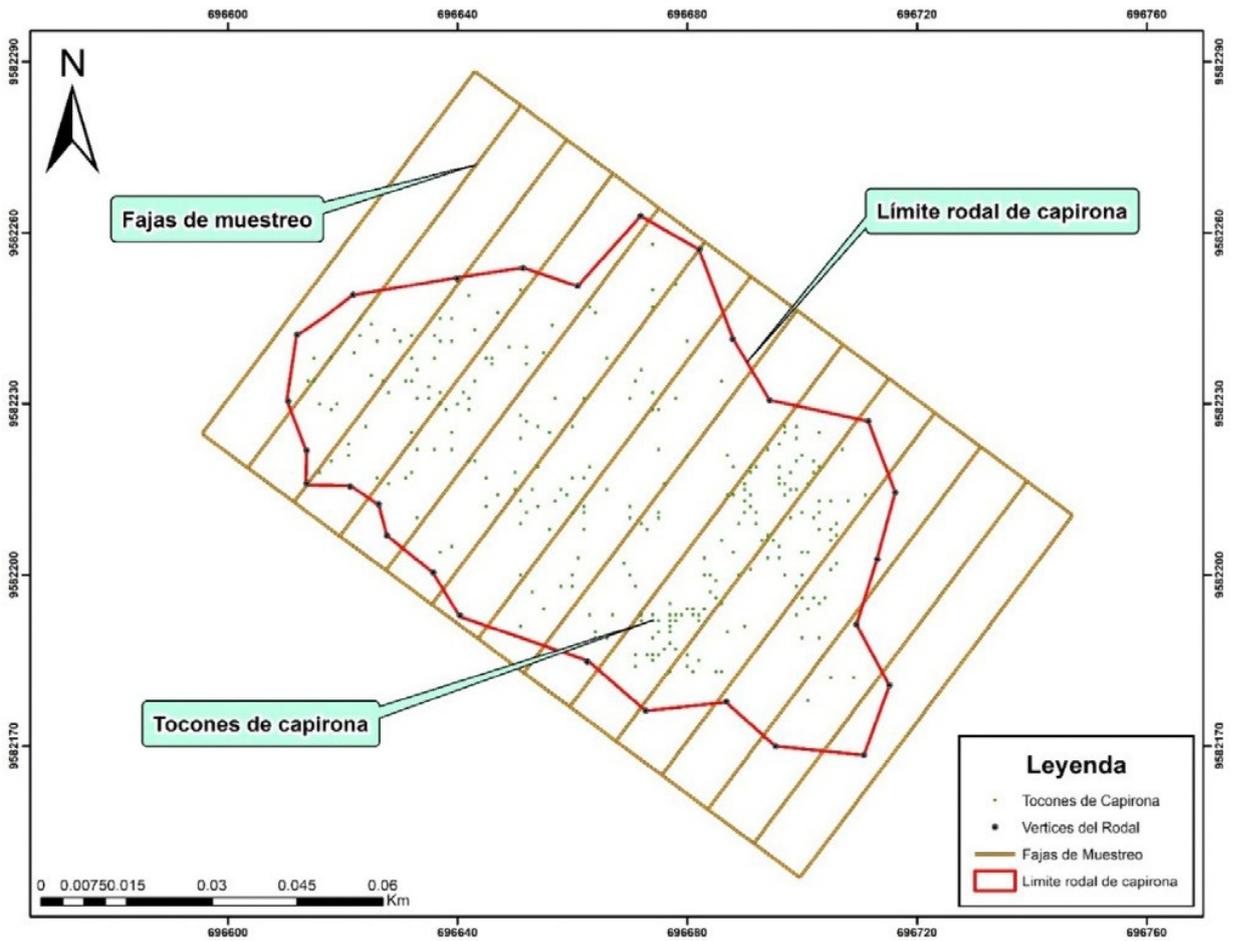
$$ALS (T) = AES (T) S_d$$

- Se ordenaron las medias en forma progresiva.
- Se hicieron todas las comparaciones posibles entre los promedios de los tratamientos. Las diferencias se compararon con la ALS (T), y aquellas que son superiores fueron significativas.

# Ubicación de la parcela de muestreo



# Diseño de la parcela de muestreo



Corte del tocón en forma de bisel



Rebrotes del tocón

