

Revista

# FORESTAL TROPICAL

Volumen 1/2022

Evaluación del  
carbón vegetal  
(*Anadenanthera colubrina*)  
Santa Cruz, Bolivia

Crecimiento de  
*Amburana cearensis* en  
bosques Chiquitanos de  
Santa Cruz, Bolivia.

Regeneración natural  
en micrositios  
Bajo Paraguá,  
Santa Cruz, Bolivia





# REVISTA FORESTAL TROPICAL

Volumen 2, Número 1, 2022

Teléf. 591 3-3434363 - Email: rtf@uagrm.edu.bo

ISSN: 2789-0945

Santa Cruz - Bolivia

Revista de divulgación científica e innovación forestal de la Carrera de Ingeniería Forestal y el Instituto de Investigaciones Forestales de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno.

## Comité Editorial:

- |  |                 |
|--|-----------------|
| 1. Eduardo Sandoval Hurtado, PhD.      | Editor en Jefe  |
| 2. Lincoln Quevedo Hurtado, PhD.       | Editor asociado |
| 3. Bonifacio Mostacedo Calatayud, PhD. | Editor asociado |
| 4. Ing. Alejandro Araujo-Murakami      | Editor asociado |
| 5. Juan Carlos Montero Terrazas, PhD.  | Editor asociado |

## Agradecimientos:

Fotografías

Portada:

Contraportada:

Diseño editorial: Sandra E. Landívar Rodríguez & Carlos F. Copa L.

Disponible On Line:

<https://sites.google.com/uagrm.edu.bo/revista-forestal-tropical>

2022

## **EDITORIAL**

**COMITÉ EDITORIAL**

## CONTENIDO

Evaluación de la calidad del carbón vegetal de curupaú (*Anadenanthera colubrina*), a partir de leños de diámetros delgados en Santa Cruz, Bolivia  
Josué Hermosilla y Eduardo Sandoval

En este artículo, los autores hacen una evaluación de la calidad que se logra al elaborar carbón vegetal de la especie curupaú (*Anadenanthera colubrina*), a partir de leños de diámetros delgados, con la intención de encontrar bases para el establecimiento de plantaciones forestales de turno corto destinadas a dendroenergía.

3

Crecimiento de *Amburana cearensis* (fr. allem.) a.c. smith (roble) en los bosques Chiquitanos de Santa Cruz, Bolivia.

Jaquelin Mamani-López y Lidio López

Mamani y López, a través de la técnica de dendro cronología, realizan un análisis del crecimiento de roble (*Amburana cearensis*), especie de alto valor comercial que habita en los bosques seco chiquitano boliviano, para determinar el ritmo de crecimiento del diámetro y la influencia de variables climáticas como la precipitación y la temperatura en el incremento diamétrico.

19

Regeneración natural en distintos micrositios después de tres años de aprovechamiento en un bosque natural subhúmedo del Bajo Paraguá, Santa Cruz, Bolivia

Valeria Jerez Torrico y Lincoln Quevedo

Después del aprovechamiento forestal en las unidades de manejo forestal, es importante evaluar el grado de regeneración natural, sobre todo de las especies aprovechadas. Este tópico es abordado por Jerez y Quevedo en una investigación realizada en el bosque de producción del Bajo Paraguá, tres años después de haber sido aprovechada por una empresa maderera.

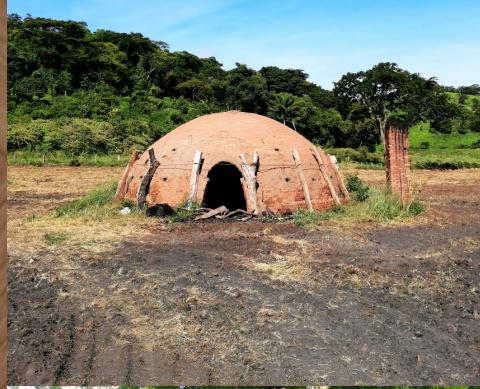
36

Guía para Autores de la Revista Forestal Tropical

65

# Evaluación de la calidad del carbón vegetal de curupaú (*Anadenanthera colubrina*), en función del diámetro del leño en Santa Cruz, Bolivia

Josué Hermosilla y Eduardo Sandoval



# Evaluación de la calidad del carbón vegetal de curupaú (*Anadenanthera colubrina*), en función del diámetro del leño en Santa Cruz, Bolivia

Josué Hermosilla<sup>1</sup> y Eduardo Sandoval<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno (UAGRM), Santa Cruz, Bolivia.

Correo: lino000jhl@gmail.com

<sup>2</sup> UAGRM, Santa Cruz, Bolivia. Correo: eduardosandoval@uagrm.edu.bo

## RESUMEN

En Bolivia, el carbón vegetal está orientado a la actividad industrial como la siderurgia y al consumo doméstico para la gastronomía. La especie preferida por el mercado para la elaboración de carbón es Curupaú (*Andeanthera colubrina*), especie de rápido crecimiento en su etapa inicial, dado su alto poder calorífico, la cual podría ser manejada en plantaciones forestales, pero no se tiene información sobre cuál sería el diámetro mínimo apto para carbón. El objetivo de este estudio, fue evaluar si es posible elaborar carbón de calidad comercial a partir de leños de diámetros delgados. Para ello se aplicó un diseño aleatorizado, con cinco tratamientos (6-8, 8-10, 10-12, 12-14 y 14-16 cm) de diámetro de los leños. El material se extrajo del municipio de Porongo y la carbonización se hizo en un horno tipo medio naranja, en el municipio de El Torno. Los análisis físico químicos se realizaron en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Forestal de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, en la ciudad de Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, bajo la Norma ASTM D 1762-84. Los resultados mostraron que las propiedades químicas del carbón tienen

diferencias estadísticamente significativas para los diferentes diámetros ensayados, y que la clase diamétrica de 14-16 cm alcanzó los mejores niveles de calidad en contenido de humedad, materia volátil, cenizas, carbono fijo y poder calorífico. Así mismo, el diámetro del leño utilizado, influyó en las propiedades químicas de manera directamente proporcional con el contenido de carbono fijo y el poder calorífico, mientras que, para el contenido de ceniza y materia volátil, el diámetro influyó inversamente proporcional. El contenido de humedad no reportó correlación alguna con el diámetro. La mejor calidad de carbón se alcanzó con la clase diamétrica "14-16 cm", ya que esta presentó un contenido de carbono fijo aceptable a diferencia de los leños de menor diámetro, que presentaron bajo contenido de carbono fijo y alto contenido de material volátil, aspecto no deseable por que genera humo y chispas en la combustión. De acuerdo a los umbrales de calidad del mercado internacional, solo el tratamiento "14 y 16 cm" alcanza los valores mínimos para la exportación.

**Palabras clave:** Diámetros menores, curupaú, horno, poder calorífico

# Evaluation of the quality of charcoal from curupáu (*Anadenanthera colubrina*), depending on the diameter of the log in Santa Cruz, Bolivia

Josué Hermosilla<sup>1</sup> y Eduardo Sandoval<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno (UAGRM), Santa Cruz, Bolivia.

Correo: lino000jhl@gmail.com

<sup>2</sup> UAGRM, Santa Cruz, Bolivia. Correo: eduardosandoval@uagrm.edu.bo

## SUMMARY

In Bolivia, charcoal is oriented to industrial activity such as the steel industry and to domestic consumption for gastronomy. Curupaú (*Anadenanthera colubrina*), a fast-growing specie in its initial stage, is preferred by consumers, given its high calorific value, and could be managed in forest plantations, but there is no information on what would be the minimum diameter suitable for charcoal processing. The objective of this study was to evaluate whether it is possible to produce commercial-grade charcoal from logs of thin diameters. For this, a randomized design was applied, with five treatments (6-8, 8-10, 10-12, 12-14 and 14-16 cm) of diameter of the logs. The woody material was extracted from the municipality of Porongo and the carbonization was done into an oven type half orange, in the municipality of El Torno. The physical-chemical analyzes were carried out into laboratories of the Forest Engineering Career at Gabriel René Moreno Autonomous University, in the city of Santa Cruz de la Sierra, Bolivia, under ASTM D 1762-84. The results showed

that the chemical properties of charcoal had statistically significant differences among the diameters tested, and that the diametric class of 14-16 cm achieved the best levels of quality in terms of moisture content, volatile matter, ash, fixed carbon and calorific value. Likewise, the diameter of the wood used influenced the chemical properties in direct proportion to the carbon content and calorific value, while, for the ash and volatile matter content, the diameter influenced inversely proportional. Humidity reported no correlation with diameter. The best quality of curupaú charcoal was achieved with the logs of the diametric class "14-16 cm", since this class has an acceptable fixed carbon content unlike the logs of smaller diameter, which presented low fixed carbon content and high content of high volatile material, an undesirable aspect because it generates smoke and sparks in the combustion. According to the quality thresholds for export, only the "14 and 16 cm" treatment reaches the minimum required values.

**Keywords:** Smaller diameters, curupau, oven, calorific value

## INTRODUCCIÓN

El consumo de carbón en Bolivia está orientado a la actividad industrial como la siderurgia y, por otro lado, para el consumo doméstico como combustible en restaurantes y hogares, sobre todo en carnes a la parrilla. El material utilizado para su elaboración proviene mayormente de desmontes en predios destinados a la agropecuaria y en menor proporción de bosques bajo manejo forestal sostenible.

El carbón es un producto sólido y a la vez frágil con un elevado contenido de carbono. El proceso de elaboración es llamado pirólisis y se realiza bajo condiciones controladas en espacios cerrados para tener una combustión parcial de la leña a temperaturas entre 400 y 700 °C. El control del aire es importante para evitar que la madera se consuma por completo y se convierta en cenizas como sucede durante el fuego normalmente (FAO 1983). El carbón conserva todas las materias combustibles capaz de volver a entrar en combustión nuevamente. La tecnología para la elaboración de carbón vegetal es muy variada, desde el horno parva, de tipo fosa, tipo colmena hasta los hornos metálicos. El tipo fosa es uno de los más anáguos, sin embargo, en la actualidad aún es utilizado (Argueta 2006). Ordaz (2003) indica que las características que definen la calidad del carbón vegetal, son los contenidos porcentuales de carbono fijo, material volátil, cenizas, contenido de humedad, rendimiento leña-carbón y poder calorífico.

En general se usan especies duras para la elaboración del carbón, pero la especie preferida es el curupaú (*Anadenanthera colubrina*), la cual también es utilizada como madera para la construcción por su alta resistencia (Bolfor et al 1998). La madera de curupaú para la elaboración del carbón proviene de desmontes para la agropecuaria y de planes de manejo forestal. El diámetro mínimo para aprovechamiento del curupaú en planes de manejo forestal es de 45 cm según la Norma Técnica RM Nº 248/98 (MDSP 1998), pero en desmonte no hay diámetro mínimo, por lo que cualquier diámetro es útil para este propósito.

Curupaú es una especie de rápido crecimiento en su etapa inicial y puede ser prometedor para el establecimiento de plantaciones forestales dendroenergéticas destinadas a la producción de leña y carbón, cuyo turno de aprovechamiento sea tan corto, que se pueda recuperar la inversión lo más antes posible. Sin embargo, no se tiene información sobre cuál sería el diámetro mínimo del tronco para que sea apto para carbón, en este sentido surge la interrogante si el grosor de los leños delgados influye en la calidad del carbón, y de esta manera determinar cuál sería el diámetro mínimo de leños de curupaú que producen carbón de aceptable calidad del carbón vegetal de curupaú (*Anadenanthera colubrina*).

## MÉTODOS

### Área de estudio

El estudio se ha desarrollado en la Provincia Andrés Ibáñez, departamento de Santa Cruz, Bolivia. El material leñoso fue extraído de la zona del Urubó, en el municipio de Porongo, mientras que la carbonización se realizó en uno de los hornos del predio El Cañadón en el municipio de El Torno. La zona tiene un clima tropical, una altitud de 398 msnm, temperatura media máxima y mínima de 34 y 14 °C respectivamente, precipitación anual de 1539 mm y una humedad relativa del 64 % (Senhami 2022). Los análisis físico químicos del carbón se realizaron en los laboratorios de la Carrera de Ingeniería Forestal, de la Universidad Autónoma Gabriel René Moreno.

### RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

Curupaú (*Anadenanthera colubrina*), es

un árbol que mide hasta 25 m de altura, con fuste recto y cilíndrico, corteza rugosa y con erupciones y agujones. Crece hasta altitudes de 1600 msnm, es una especie heliófila y en el bosque es una especie emergente (Lewis 1987). La muestra estuvo conformada por 150 leños extraídos de varios árboles de curupaú, seccionados a longitud de 20 cm, distribuidas en cinco clases diamétricas: 6-8, 8-10, 10-12, 12-14, 14-16, las cuales se constituyeron en los tratamientos (Fig. 2). Los leños se los dejó secar al aire libre, bajo sombra, por un periodo de 4 semanas. Se utilizó la norma ASTM D 1762-84 (ASTM 2001), con la cual se evaluó la calidad del carbón. Se utilizó el diseño experimental aleatorizado, donde los tratamientos fueron las clases diamétrica, con 3 repeticiones y con 15 unidades experimentales por cada tratamiento.



**Figura 2.** Árbol joven de curupaú, material extraído y leños de 6-8; 8-10; 10-12; 12-14; 14-16 cm

## Elaboración del carbón

El horno utilizado es de fabricación artesanal construido con ladrillos y barro, muy tradicional en Bolivia para la elaboración de carbón vegetal, tiene forma de media naranja. Las tensiones térmicas al calentarse y enfriarse relativamente no lo afectan, también es suficientemente robusto para aguantar las tensiones mecánicas de carga y descarga. La vida útil del horno oscila entre los 5 y 8 años. En los costados tiene respiradores para controlar la entrada de aire durante la combustión, los cuales se sellan en la fase de enfriamiento. Se posicionaron los leños al horno sobre tirantes para evitar contacto con el suelo. Las primeras probetas se apilaron en forma vertical y sobre estas se apilaron el resto en posición horizontal. La combustión duró siete días, durante cuatro días evacuó humo blanco (evaporación de agua) y al quinto día evació humo azul, indicando el comienzo de la carbonización. Al día siete el humo se puso transparente, casi como el aire caliente, de inmediato se sellaron las entradas de aire con barro, para dar inicio al purgado, luego se tapó la chimenea y se inició la etapa de enfriamiento. Para acelerar el enfriamiento, se agregó barro diluido con agua encima del horno durante 3 días, 3 veces/día (Fig. 3).

Se utilizó un diseño experimental aleatorizado, donde los tratamientos fueron las clases diamétrica, con 3 repeticiones y con 15 unidades experimentales por cada tratamiento.



**Fig. 3.** Horno tipo media naranja construido a base de ladrillo y barro.

## Toma de datos y análisis

Para la evaluación de calidad del carbón, se utilizó la Norma ASTM- D1762 – 84 (ASTM, 2001) (actualizado en 2007). Se tomó en cuenta cinco variables: humedad, material volátil, contenido de ceniza, carbono fijo y poder calorífico.

Una vez obtenido el carbón, se tomó una muestra correspondiente a cada clase diamétrica y a cada repetición, se lo molvió en un mortero y luego se cernió utilizando dos tamices N° 100 (150 micras) y N° 20 (850 micras), para evitar que con la molienda se obtengan partículas menores a 150 micras, para evitar errores, de ser arrastrado fuera del crisol.

**Contenido de humedad (Ch):** La humedad presente en el carbón vegetal

puede ser definida como el porcentaje de agua o de otros distintos líquidos que se encuentran en este (Aldana, 2002). El contenido de humedad se lo determina mediante la deshidratación de la muestra (carbón molido) a través de un cambio de la temperatura ambiente hasta 105°C. Las cápsulas se lavaron y se colocaron en el horno a 100 °C por el lapso de 1 hora para su respectivo secado y esterilizado, luego se enfriaron en la campana desecadora por 30 minutos, luego se procedió a pesar cada capsula. Posteriormente se metió en cada capsula (3 repeticiones) 5 g de cada muestra de carbón obtenida del horno, y se las secó en el horno a 105 °C (3 a 4 horas) hasta alcanzar un peso constante (Ecuación 1, Cuadro 1).

### **Contenido de materias volátiles (Mv):**

La materia volátil en el carbón vegetal comprende todos los desperdicios líquidos y alquitranados que no fueron eliminados completamente en el proceso de pirólisis (Ordaz 2003). El contenido de material volátil se mide en porcentaje. Para ello, se procedió a secar los crisoles vacíos con sus tapas, en un horno a 100 °C por 1 hora para quitarle la humedad ambiente, luego se los introdujo en la campana desecadora por el espacio de 30 minutos para que enfrién.

Posteriormente se pesó en cada crisol (3 repeticiones) 1 g de carbón molido y fueron sometidos a temperatura de 950 °C por 6 minutos. Después se retiró los crisoles y se colocaron en una campana desecadora, dejándolos enfriar por una

hora y posteriormente pesarlas de nuevo (Ecuación 2, Cuadro 1).

**Contenido de cenizas (Cc):** Las cenizas pueden ser descritas como el desperdicio inorgánico del carbón vegetal, son sustancias minerales que están presentes en la madera antes del proceso de pirólisis. Este contenido puede oscilar entre 0,5 a más del 5% el cual está presente en el carbón y depende de la especie y de la cantidad de corteza, contaminantes, tierra y arena (Pacheco 2005). Para determinar el contenido de cenizas, las muestras de carbón molido se colocaron en crisoles dentro de la mufla a 750 °C durante 6 horas, luego se los retiró y se los introdujo en la campana desecadora, dejando enfriar por una hora, hasta su incineración total, esto se comprobó observando el color blancuzco de las cenizas, luego se pesó cada crisol (Ecuación 3, Cuadro 1).

**Carbono fijo (Cf):** Se define al carbono fijo como el residuo carburante que queda luego que se liberan los materiales volátiles del carbón vegetal. Es decir que es la diferencia que hay entre 100% y la sumatoria del porcentaje de humedad, materia volátil y ceniza del carbón (Serrano 2009). De la cantidad de carbono dependerá en última instancia la calidad del carbón. Esta variable fue calculada en base a los valores de las anteriores variables (Ecuación 4, Cuadro 1).

### **Determinación del poder calorífico (Pc):**

El poder calorífico es la cantidad de calorías que se liberan por unidad de

masa de un combustible cuando este está en combustión y se expresa en Kcal/kg); este poder que contiene el carbón vegetal es usualmente equivalente al carbono fijo (Guardado et al. 2010). La determinación

del poder calorífico se realizó conociendo el porcentaje de contenido de humedad, cenizas, material volátil y carbón fijo. Para ello se adoptó la fórmula de GOUTAL (Ecuación 5).

$$(1) Ch (\%) = \frac{Ph - Ps}{Ph} 100$$

$$(2) Mv (\%) = \frac{Ps - C}{Ps} 100$$

$$(3) Cc (\%) = \frac{R}{Ps} 100$$

$$(4) Cf (\%) = 100 - (Mv + Cc + Ch)$$

$$(5) P_c (kcal/kg) \\ = 82(Cf + A(Mv))$$

Donde:

Ch= Contenido de humedad expresado en %

Ph= Peso de la muestra húmeda (g)

Ps= Peso de la muestra después de secar a 105° C (g)

C= Peso de la muestra después de secar a 950° C (g)

R= Residuos (g)

Mv= Contenido de materia volátil expresado %

Cc= Contenido de ceniza expresado en %

Pc= Poder calorífico (Kcal/kg)

Cf= Carbono fijo expresado en %

Mw= Materia volátil expresado en %

$$A = \frac{Mv}{Mv + Cf}$$

**Cuadro 1:** Formulas aplicadas para determinar el valor de las variables físico químicas

## Análisis de datos

Los datos obtenidos en laboratorio sobre las variables evaluados fueron analizados con el software estadístico InfoStat (IS/L), mediante un análisis de varianza y una comparación de medias de Tukey. También se realizó un análisis de correlación para ver la medida de asociación entre la calidad del carbón y el diámetro de los leños utilizados para la fabricación de los mismos. Finalmente, los promedios resultantes de cada clase diamétrica y de cada variable fueron contrastados con los valores estándar que aceptan comercialmente los mercados de Estados Unidos, Europa y Japón.

## RESULTADOS

### Propiedades químicas del carbón

Los resultados obtenidos para las propiedades químicas como el contenido de humedad, material volátil, contenido de ceniza, carbono fijo y poder calorífico, en general muestran que los valores son relativamente proporcionales a los diámetros de los leños usados para elaborar el carbón.

Durante el proceso de carbonización, a menor diámetro del leño la carbonización es más uniforme y la perdida de agua es más rápida obteniéndose el carbón en

un tiempo más corto a diferencia de los diámetros más grueso que contienen un contenido de humedad más elevado, lo que prolonga el tiempo de carbonización. Del mismo modo, el diámetro de los leños fue un factor importante a la hora del proceso de carbonización, se evidenció que a menor diámetro del leño es mayor la cantidad de material volátil y viceversa. El promedio de los porcentajes de ceniza, dieron a conocer que esta variable disminuye su valor a medida que aumenta el diámetro del leño, aunque en este caso el menor valor se encontró una clase diamétrica entres de la clase más gruesa "12-14 cm" con 2%. El contenido de cenizas indica la porción de madera que no pudo ser quemada después que el carbón fue totalmente incinerado, en esta lógica, el tratamiento que tenga menor cantidad de cenizas es mejor, ya que esto demuestra que la mayor parte de su masa es com-

bustible con un mayor rendimiento.

En cambio, el contenido de carbono fijo aumenta de forma directamente proporcional al diámetro del leño, es decir que a mayor diámetro es mayor el porcentaje de carbono fijo. El carbono fijo es el compuesto más importante del carbón vegetal, y los resultados muestran que a mayor diámetro es mayor la cantidad de carbono fijo y por lo tanto un carbón de buena calidad es uno que contiene una elevada cantidad de carbono fijo. Finalmente, el poder calorífico es directamente proporcional al diámetro del leño, evidenciándose que, a mayor diámetro, es mayor el poder calorífico del carbón.

En el Cuadro 2, se presentan los valores promedios obtenidos para cada tratamiento y para cada una de las variables evaluadas.

**Cuadro 2.** Valores promedios de las propiedades físico químicas del carbón en función a la clase diamétrica

Tratamientos Diámetros de los leños (cm)	Contenido de hume- dad (%)	Materia volátil (%)	Contenido de ceniza (%)	Carbono fijo (%)	Poder calo- rífico (Kcal/ kg)
6-8	4,3	65	5	25	21,36
8-10	2,9	46	3	48	39,84
10-12	4,2	37	3	56	45,76
12-14	4,7	28	2	65	53,55
14-16	4,5	16	3	76	62,7

Como resultado del análisis de varianza, se han obtenido diferencias significativas ( $P<0,05$ ) entre el carbón de las diferentes clases diamétricas (leños) para todas las propiedades físico mecánicas, lo que implica que efectivamente hay una influen-

cia del diámetro del leño sobre la calidad del carbón. En el Cuadro 3, se presenta un resumen de las cinco variables y sus estadísticos resultantes del análisis de varianza.

**Cuadro 3:** Resultados del análisis de varianza de las propiedades físico mecánicas.

Variable	SC	GL	CM	F	P valor
Contenido de humedad (%)	0,001	4	0,000	16,25	0,000
Contenido de materia volátil (%)	0,42	4	0,1	436,6	0,000
Contenido de ceniza (%)	0,001	4	0,000	6,57	0,007
Carbono fijo (%)	0,44	4	0,11	297,1	0,000
Poder calorífico (Kcal/kg)	2916,2	4	129,05	352,4	0,000

Siendo que hay diferencia significativa en todas las variables, corresponde evaluar la jerarquía de los diferentes tratamientos, para ver cuales resultan ser los de mayor valor y cuales los de menor valor. En función al análisis de la comparación de medias mediante la prueba de Tukey, se encontró que, para el caso del contenido de humedad, los dos tratamientos de diámetros mayores (12 - 14 cm y 14 - 16 cm), obtuvieron los valores más altos, mientras que el tratamiento "8 - 10 cm" tuvo el menor contenido de humedad, siendo este el mejor tratamiento. Respecto al contenido de materia volátil, se tuvo el mejor valor con el diámetro más delgado, obteniendo valores menores todos los demás diámetros, pero estadísticamente diferentes. En cambio, el contenido de cenizas, tuvo similitud entre la primera y segunda clase diamétrica con los mayores

valores, y el resto obtuvieron valores menores, pero sin ser estadísticamente diferentes. Las variables carbono fijo y poder calorífico obtuvieron los valores más altos en el tratamiento con clase diamétrica mayor (14 - 16 cm) y las restantes clases obtuvieron la jerarquía relativa a medida que baja el diámetro y siendo todas estadísticamente diferentes (Cuadro 4).

### Variación de la calidad del carbón en función del diámetro

Los resultados del análisis de regresión y correlación muestran claramente la dependencia de la calidad del carbón respecto al diámetro del leño utilizado para su fabricación.

En el caso del contenido de humedad, con excepción del tratamiento "8 - 10

**Cuadro 4.** Comparación de medias del contenido de las propiedades químicas (Tukey)

Tratamientos Diámetros de los leños (cm)	Contenido de humedad	Materia volátil	Contenido de ceniza	Carbono fijo	Poder calorífico
6-8	b	a	a	e	e
8-10	c	b	b	d	d
10-12	b	c	a b	c	c
12-14	a b	d	b	b	b
14-16	a	e	b	a	a

Las medias con una letra común no son significativamente diferentes ( $P < 0,05$ )

cm", se presentó una correlación lineal con pendiente positiva pero muy baja ( $a = 0,09$ ) y el coeficiente  $R^2$  resultó también muy bajo, influenciado por lo inesperada desviación de los datos del tratamiento "8 - 10 cm", lo que estadísticamente lleva a concluir que no hay buena correlación entre el diámetro del leño y el contenido de humedad. De todos modos, observando la gráfica se puede ver que hay una ligera tendencia de aumentar el contenido de humedad a medida que aumenta el diámetro del leño (Fig. 4).

Con relación al contenido de materiales volátiles, se encontró una buena correlación negativa ( $R^2 = 0,89$  y  $a = -5,5\%$ ) observándose que el porcentaje de materiales volátiles que se liberan en la combustión del carbón, disminuye a medida que aumenta el diámetro. Esto implica que los leños de menor diámetro tienen más cantidad de materiales volátiles, en desmedro de la calidad del carbón, a

menor cantidad de materia volátil es mejor la calidad del carbón. En cambio, en el contenido de cenizas, no se encontró correlación ( $R^2 = 0,2$ ), es decir la cantidad de ceniza del carbón, no depende del diámetro; los valores son iguales para todos los diámetros, aunque se observa una ligera tendencia a disminuir conforme crece el diámetro, pero a una tasa muy pequeña ( $a = -0,18\%$ ) (Fig. 4).

Las variables carbono fijo y poder calorífico, tienen la misma tendencia, ya que el cálculo matemático del poder calorífico depende del valor del carbono fijo. En ambos casos, se encontró alta correlación positiva ( $a = 5,62\%$  y  $4,56 \text{ kcal/kg}$  respectivamente,  $R^2 = 0,87$ ) con el diámetro del leño. Esto confirma entonces que, a mayor diámetro, mayor es el poder calorífico por la mayor cantidad de carbono retenido en el carbón vegetal, y por consiguiente mejor calidad del mismo para los usos finales de combustión (Fig. 4).

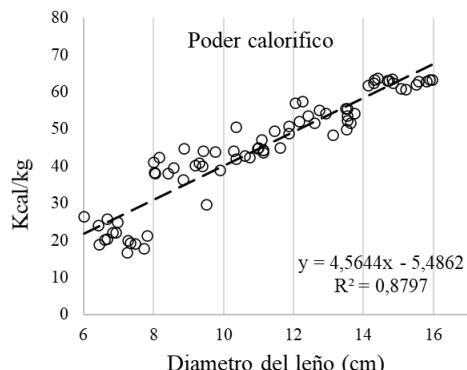
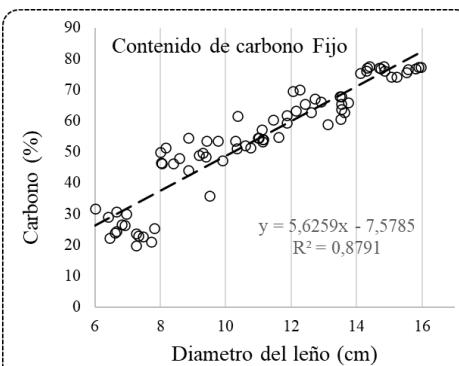
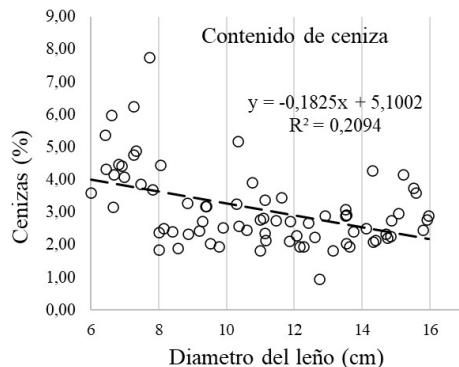
## Comparación de la calidad del carbón de curupau con los umbrales del mercado internacional

Respecto al consumo nacional, independientemente de la forma en la cual fue elaborado, los consumidores solo reparan en su calidad bajo características macroscópicas tales como: el peso del carbón, la humedad, dureza, que tenga brillo, que no despida humo, que dure suficiente tiempo y que tenga un tamaño aceptable. En cambio, en el mercado internacional, los estándares de calidad están definidos por normas nacionales y estándares internacionales.

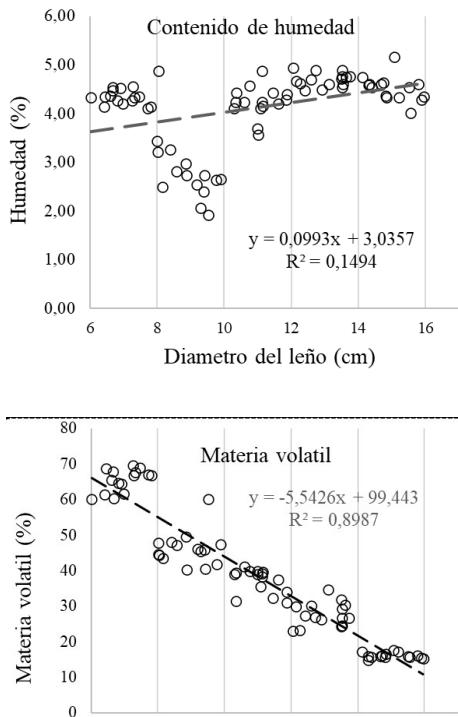
Los valores promedios de las cuatro variables físico químicas del carbón, han sido utilizados para enfrentar los umbrales mínimos y máximos exigidos en los mercados de Estados Unidos, Europa y Japón.

En el Cuadro 5, se presentan los umbrales permitidos de los parámetros de calidad en el mercado de Japón, Europa y Norte América.

Como se puede ver en el Cuadro 5, solo el carbón procedente de la clase diamétrica "14 - 16 cm" cumple con los parámetros mínimos (humedad, materia volátil y ceniza) y máximo (carbono fijo) para ser comercializado en los tres mercados internacionales. El carbón de las otras clases, cumplen solo en dos parámetros (humedad y cenizas) pero no cumplen en materia volátil y carbono fijo.



**Fig. 4:** Gráficas de correlación entre el diámetro y las variables físico químicas del carbón



**Fig. 4.** (Continuación): Gráficas de correlación entre el diámetro y las variables físico químicas del carbón

## DISCUSIÓN

Los resultados de este estudio permitirán conocer hasta qué punto es recomendable producir carbón vegetal de buena calidad utilizando leños con diámetros menores, ya que esta información, no existe.

Los hallazgos en las variables físico químicas del carbón evaluado, permiten ver que la calidad del carbón mejora proporcionalmente al diámetro del leño

que se utiliza para elaborarlo. Esta correlación positiva entre el diámetro del leño y la calidad del carbón resultante, podría deberse a que, a mayor diámetro, mayor es el área basal del duramen (madera dura) en comparación con el área basal de la albura (madera blanda).

Este estudio fortalece la tendencia al aprovechamiento integral del bosque, ya que aquellos gajos y fustes de diámetros menores que actualmente no se aprovechan, podrían ser en el futuro tomados en cuenta para elaboración de carbón, al menos en el caso de la especie de estudio (*Anadenanthera colubrina*). Pero, por otro lado, también pueden establecerse plantaciones de curupáu con turnos cortos hasta que los tallos alcancen el diámetro apto para carbón, que, según esta evaluación, sería de 14 cm para arriba.

En concordancia a lo indicado por Sánchez (1997), el carbón que no supera los umbrales de calidad para el mercado internacional, bien puede servir para abastecer el mercado nacional, el cual sería en definitiva el destino para el carbón de los diámetros menores (6 a 14 cm) a la clase diamétrica que sí conseguiría vencer los umbrales del mercado internacional, donde los parámetros de aceptación son sobre características macroscópicas tales como: el peso del mismo, que no esté húmedo, que no se resquebraje fácilmente, que tenga brillo, que no despida humo y que tenga un tamaño aceptable. Por lo tanto, para la exportación de este producto a los tres mercados continentales como

**Cuadro 5:** Umbrales de calidad exigidos en el mercado internacional para el comercio del carbón

Propiedades químicas del carbón	Clase diamétrica del leño (cm)					Japón	Europa	EEUU
	6 - 8	8 - 10	10 -12	12-14	14-16	Umbrales permitidos		
Contenido de humedad (%)	4,3	2,9	4,2	4,7	4,5	<7,5	<7-8	<8
Contenido material volátil(%)	65	46	37	28	16	<12	<10-12	<16
Contenido de cenizas (%)	5	3	3	2	3	<4	<5-6	<6
Contenido de carbón fijo (%)	25	48	56	65	76	>76	>75-82	<75

ser el asiático, europeo y norte americano, se tiene que alcanzar parámetros mínimos de calidad (Sánchez 1997). Las normas internacionales de los tres mercados continentales no establecen al poder calorífico como un parámetro de calidad, solo se basa en cuatro: humedad, material volátil, carbono fijo y ceniza (Sánchez, 1997).

En este estudio se evidenció que el tratamiento "14 - 16 cm", el cual posee el diámetro más grande del experimento, cumplió con los estándares del mercado internacional de Norte América ya que contuvo la mayor cantidad de carbono fijo y la menor concentración de material volátil a diferencia de los otros tratamientos de diámetros menores. Estos dos parámetros son indicativos de la calidad de carbón. Para Bravo (1995), los niveles bajos de contenido de material volátil en el carbón vegetal es indicador de mejor calidad. Por su parte Pérez y Compean (1989), comentan que el carbón vegetal con mucha materia volátil se enciende fácilmente, pero, al quemarse, produce mucho humo el cual es molesto y no es propio de un carbón de calidad.

A su vez García *et al.* (2019), encontraron en su investigación de caracterización energética del carbón vegetal de diez especies forestales, siguiendo la norma internacional ASTM D 1762-84, que el contenido de humedad es de 2,16 a 4,79 %, material volátil 15,07 a 37,19%, contenido de ceniza 1,49 a 6,97%, carbono fijo de 55,56 a 77,63% y un poder calorífico de 28,69 a 33,19 MJ kg-1. La especie que presentó los mejores valores energéticos fue *Brosimum alicratum*, mientras que *Esembeckya berlandieri* presentó los valores energéticos más bajos. En el presente estudio, aunque se trata de otra especie, se encontró resultados similares, ya que el contenido de humedad fue de 4,3 a 4,5 %, material volátil de 16 a 65%, contenido de cenizas de 3 a 5 %, carbono fijo de 25 a 76 % y un poder calorífico de 21,36 a 67,2 Kcal/Kg.

## CONCLUSIONES

Las propiedades químicas del carbón resultante de los leños de diámetro delgado de curupaú, presentó diferencias estadísticamente significativas para los diferentes diámetros ensayados, y al análisis de la comparación de medias, la clase diamétrica de 14-16 alcanzó los mejores niveles de calidad expresado en contenido porcentual de materia volátil, contenido de cenizas, contenido de carbón y poder calorífico frente a los umbrales de calidad exigidos para el comercio internacional

El diámetro del leño de curupaú, que se usó para la elaboración del carbón, influyó en las propiedades químicas de manera directamente proporcional con el contenido de carbón y el poder calorífico, es decir a mayor diámetro mayor contenido de estos parámetros, mientras que, para el contenido de ceniza y materia volátil, el diámetro influyó inversamente proporcional, es decir que, a mayor diámetro, menor porcentaje de cenizas y de materia volátil. La humedad no reportó correlación alguna con el diámetro.

La mejor calidad de carbón vegetal de curupaú se alcanzó con los leños de la clase diamétrica "14-16 cm", por presentar un contenido de carbono fijo aceptable a diferencia de los leños de menor diámetro, que presentaron bajo contenido de carbono fijo y alto contenido de material volátil alto, aspecto no deseable en un carbón, ya que genera humo y chispas a la hora de la combustión.

## LITERATURA CITADA

- Aldana, F. y Lauro A. 2002. Diccionario Ibalpe Enciclopédico. Ediciones Ibalpe, Mazatlán, Sinaloa, México. Pag. 1614.
- Argueta, C. 2006. Descripción y análisis de dos métodos de producción de carbón vegetal en el estado de Tamaulipas. Tesis para Ingeniero Agrónomo, Universidad Autónoma Chapingo. México
- ASTM. D. 1762-84. 2001. Standard method for chemical analysis of wood charcoal. Philadelphia, Pa. U.S.A. 2 p.
- Bolfor; Justiniano, M.J.; Fredericksen, T.S. 1998. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas – curupau *Anadenanthera colubrina* (Vell. Conc.) Benth, Mimosoideae, Santa Cruz, Bolivia.
- Bravo, L. 1995. III Seminario Nacional sobre utilización de encinos Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Autónoma de Nuevo León. Mexico.
- FAO. 1983. Métodos Simples para fabricar carbón. Estudios Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación (FAO), Montes. Italia. Pag 41-154.

- García, J.D.; Pámanes, G.A.; Wehenkel, C.A.; Escobedo, M.A. Ruiz, F. y Carillo, A. 2019. Caracterización energética del carbón vegetal de diez especies tropicales. Revista Mexicana de Agroecosistemas Vol. 6(1): 37 - 47, 2019
- Guardado, M.; Rodríguez, A. y Monge, L. 2010. Evaluación de la calidad del carbón vegetal producido en hornos de retorta y hornos metálicos portátiles en el salvador. Universidad centroamericana "José Simeón cañas". El Salvador.
- Lewis, G.P. 1987. Legumes of Bahia. Royal Botanical Garden. Kew. Pag. 119-120.
- MDSMA. 1998. Normas técnicas para la elaboración de instrumentos de manejo forestal (inventarios, planes de manejo, planes operativos, mapas) en propiedades privadas o concesiones con superficies mayores a 200 hectáreas. Ministerio de Desarrollo Sostenible y Planificación. La Paz, Bolivia.
- Ordaz, J. 2003. Análisis de la calidad del carbón vegetal de encino producido en horno tipo colmena brasileño en Huayacocotla, Veracruz. Tesis para Ingeniero Forestal Industrial, Universidad Autónoma de Chapingo. México.
- Pacheco, G. (2005). Evaluación del proceso de carbonización y calidad del carbón de acacia caven (mol.) mol. producido en hornos de barro, Tesis para Ingeniero Forestal, Universidad de Chile Facultad de Ciencias Forestales. Chile.
- Pérez, M. y Compean, G. 1989. Características físico-químicas y de producción en carbón de tres tipos de leñas de Durango. INIFAP-Durango. Memorias de la Primera Reunión Nacional Sobre Dendroenergía. División de Ciencias Forestales. Chapingo, México
- Sánchez, R. L. 1997. Métodos de producción de carbón vegetal en México. Tesis de Doctorado. Pacific Western University. Los Ángeles California, E E. UU. Pag. 115.
- Senamhi. 2022. Servicio nacional de meteorología e hidrología. La Paz Bolivia. Disponible en: <https://senamhi.gob.bo/index.php/sysparametros>, accedido el 10 de noviembre de 2022.
- Serrano, A. L. 2009. Producción de carbón vegetal mediante carboneras en zonas rurales empobrecidas. Universidad Carlos III de Madrid. Departamento de Ingeniería Térmica y de Fluidos. Madrid, España. 153 p.

**Crecimiento de  
*Amburana cearensis*  
(Fr. Allem.) A.C. Smith  
(roble) en los bosques  
Chiquitanos de Santa Cruz,  
Bolivia.**

Jaquelin Mamani-López y Lidio López



# Crecimiento de *Amburana cearensis* (Fr. Allem.) A.C. Smith (roble) en los bosques Chiquitanos de Santa Cruz, Bolivia.

Jaquelin Mamani-López y Lidio López<sup>2</sup>

1 Carrera Ingeniería Forestal, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia

2 Laboratorio de Dendrocronología e Historia Ambiental, IANIGLA/CONICET, C.C., 330-(5500) Mendoza, Argentina.

## RESUMEN

La dendrocronología es una herramienta muy útil para evaluar la variación del crecimiento de los árboles y reconstruir la historia climática de una determinada región o bioma. Mediante técnicas tradicionales ya establecidas en dendrocronología, se evaluó la variación del crecimiento de 15 árboles de *Amburana cearensis*, en el bosque seco Chiquitano (CIMAL) de Santa Cruz-Bolivia. El objetivo principal fue determinar la relación del crecimiento a las variaciones climáticas regionales. Los árboles analizados tienen anillos anuales, visibles, delimitados por parénquima marginal continuo a semicontinuo, ubicado al final de cada periodo de crecimiento. Esta especie en CIMAL tiene árboles que alcanzan una edad superior a 120 años y crecen anualmente un promedio de 0,50 cm. La autocorrelación entre árboles ( $r = 0,61$ ), la correlación media entre series ( $R\text{-bar} = 0,40$ ) y una señal poblacional media ( $\text{EPS} = 0,93$ ), indican que la cronología está compuesta por una buena replica de ejemplares en todos los segmentos. El crecimiento de los árboles de *A. cearensis* es favorecido por periodos con abundantes

precipitaciones y temperaturas relativamente inferiores a los valores medios anuales. La variación interanual del crecimiento y los registros instrumentales de temperatura ( $r = -0,34$ ) y precipitación ( $r = 0,61$ ) en ambos casos son significativos. El crecimiento está correlacionado positivamente con la precipitación de diciembre a marzo, mientras la temperatura del mismo periodo tiene una correlación inversa pero significativa. Este patrón de respuesta sugiere que el crecimiento de esta especie es muy sensible a las variaciones climáticas, principalmente a los cambios interanuales en el suministro de agua. El crecimiento radial de *A. cearensis* en los bosques secos Chiquitanos está principalmente modulado por la disponibilidad de agua, como indican las relaciones positivas con la precipitación estacional y negativa con la temperatura media anual. Esta respuesta es una prueba del potencial dendrocronológico que posee esta especie para reconstruir las variaciones de las precipitaciones del pasado en las extensas formaciones forestales tropicales del Cerrado y del Chaco en Sudamérica.

# Growth of *Amburana cearensis* (Fr. Allem.) A.C. Smith (oak) in the Chiquitano forests of Santa Cruz, Bolivia.

Jaquelin Mamani-López<sup>1</sup>, and Lidio López<sup>2</sup>

1 Carrera Ingeniería Forestal, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno, Santa Cruz, Bolivia

2 Laboratorio de Dendrocronología e Historia Ambiental, IANIGLA/CONICET, C.C., 330-(5500) Mendoza, Argentina

## ABSTRACT

Dendrochronology is a very useful tool to evaluate the variation of tree growth and to reconstruct the environmental history of a given region or biome. Using traditional techniques already established in dendrochronology, we evaluated the growth variation of 15 trees of *Amburana cearensis*, in the Chiquitano dry forest (CIMAL) of Santa Cruz-Bolivia. The main objective was to determine the relationship of growth to regional climatic variations. The analyzed trees have annual rings, visible, delimited by continuous to semi-continuous marginal parenchyma, located at the end of each growth period. This species in CIMAL has trees that reach an age of more than 120 years and grow an average of 0.50 cm annually. The autocorrelation between trees ( $r = 0.61$ ), the mean correlation between series ( $R\text{-bar} = 0.40$ ) and a mean population signal ( $\text{EPS} = 0.93$ ), indicate that the chronology is composed of a good replicate of specimens in all segments. The growth of *A. cearensis* trees is favored by periods with abundant

precipitation and temperatures relatively lower than the annual mean values. The interannual variation of growth and the instrumental records of temperature ( $r = -0.34$ ) and precipitation ( $r = 0.61$ ) in both cases are significant. Growth is positively correlated with precipitation from December to March, while temperature for the same period has an inverse but significant correlation. This response pattern suggests that the growth of this species is very sensitive to climatic variations, mainly to interannual changes in water supply. The radial growth of *A. cearensis* in Chiquitano dry forests is mainly modulated by water availability, as indicated by positive relationships with seasonal precipitation and negative relationships with mean annual temperature. This response is evidence of the dendrochronological potential of this species to reconstruct past rainfall variations in the extensive tropical forest formations of the Cerrado and Chaco in South America.

## INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente los estudios dendrocronológicos se han concentrado en latitudes medias y altas de ambos hemisferios donde la estacionalidad térmica (invierno y verano) facilita la formación de los anillos de crecimiento (Fritts 1976). Las coníferas poseen un leño comparativamente más simple que las latifoliadas, y por consiguiente anillos de crecimiento más demarcados (Farjon 2018, Schweingruber 1986). Por el contrario, los bosques tropicales están dominados por latifoliadas con estructuras leñosas más complejas, donde la visualización de los anillos de crecimiento no siempre es sencilla (Brienen et al. 2016, López and Villalba 2016, Schöngart et al. 2017). La falta de una marcada estacionalidad térmica en los trópicos reduce la posibilidad de encontrar especies con anillos anuales y bien demarcados. A su vez, la dinámica de crecimiento del bosque tropical es compleja y las interacciones competitivas entre árboles vecinos es mayor, introduciendo frecuentemente a anomalías en los ritmos de crecimiento radial (Villalba 1987). Si bien los estudios dendrocronológicos en las regiones tropicales de América del Sur se han intensificado en las últimas décadas, la respuesta del crecimiento de los árboles al clima no han sido plenamente estudiadas (Brienen et al. 2016, López et al. 2019). La mayoría de los estudios reportan las relaciones clima-crecimiento a nivel local, pero no para una especie a lo largo de su distribución natural con variaciones en las condiciones ambientales

(López et al. 2017). Las redes compuestas por numerosas cronologías aún no son comunes en las regiones tropicales como frecuentemente ocurre en los bosques templados y fríos. Las relaciones clima-crecimiento para una misma o varias especies en diferentes ambientes no han sido propiamente evaluadas (López et al. 2019).

En los bosques tropicales del Norte de Bolivia se estudiaron los anillos de crecimiento de *Amburana cearensis*, los resultados describen como una especie que posee un crecimiento anual, puede superar los 200 años y tiene un buen potencial para el desarrollo de cronologías sensibles al clima. Se destaca que la cronología de *A. cearensis* dentro de las seis especies estudiadas fue la con mayor correlación positiva con la precipitación durante la estación lluviosa temprana de verano y la precipitación total de la temporada lluviosa (Brienen y Zuidema 2005). Un patrón similar de respuesta fue observado entre los índices de crecimiento y las precipitaciones sobre todo durante las lluvias de la estación temprana en los bosques secos tropicales de Bolivia. La correlación positiva con la precipitación de octubre y noviembre puede explicar la alta sensibilidad de la especie al cambio en la disponibilidad del agua, tan pronto comienza a llover durante la estación lluviosa la especie inicia su crecimiento (Paredes-Villanueva et al. 2015). Los anillos de crecimiento de *A. cearensis* también fueron estudiados en los bosques secos tropicales del Cerrado Brasileño, donde se

usaron datación con  $^{14}\text{C}$  en árboles que habitan diversas condiciones de sitio. Los resultados de este estudio sugieren que el crecimiento tiene una relación directa con las precipitaciones y la temperatura de primavera-verano. Entre la conclusión más importante destacan, que las condiciones más secas y cálidas afectarían al crecimiento interanual de los árboles en las regiones tropicales estacionales (Godoj-Veiga et al. 2021). Asimismo, esta especie es considerada de alto potencial dendrocronológico para realizar estudios paleo-climáticos y dendro ecológicos en regiones tropicales de América del Sur (Schöngart et al. 2017).

Con el propósito de cubrir espacialmente más sitios con cronologías de especies maderables, se evaluó la información que proveen los anillos de *Amburana cearensis* (Roble) para establecer la relación con las variaciones climáticas regionales de los bosques Chiquitanos. Previamente se describió la estructura macroscópica más relevante que caracteriza al momento de definir los anillos y la tasa anual de crecimiento diamétrico que alcanza la especie en los bosques secos de CIMAL, provincia Ángel Sandoval, Departamento de Santa Cruz Bolivia.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

El presente estudio se realizó en la Autorización Transitoria Especial (CIMAL) de la provincia Ángel Sandoval (Ex Concesión

CIMAL), este predio tiene una superficie de 303.185 hectáreas de bosque destinadas al manejo forestal. Entre las principales pautas de aprovechamiento tiene un área anual de 500 hectáreas y un ciclo de corta de 20 años. Este sitio ( $17^{\circ}42'3.87''\text{S}$ ,  $59^{\circ}24'16.57''\text{O}$ ) geográficamente está ubicado al noroeste del Departamento de Santa Cruz, provincia Ángel Sandoval (Fig. 1).

La altitud en la que se encuentran estos bosques varía entre 570-700 metros sobre el nivel del mar. En el predio CIMAL se identificaron cuatro principales tipos de estratos boscosos, un alto y denso, mediano denso, mediano disperso y sabana arbollada. Ambos estratos tienen especies características de los bosques secos tropicales como *Acosmium cardenasi*, *Anadenanthera colubrina*, *Phyllostylon rhamnoides*, *Aspidosperma* sp, *Schinopsis brasiliensis*, *Tabebuia* sp, *A. cearensis*, *Copaifera chodatiana* (Navarro 2011). Los bosques Chiquitanos comprenden extensas áreas de sabanas húmedas y bosque semideciduos situados en valles y llanuras. El bosque Chiquitano se sitúa al noroeste del Departamento de Santa Cruz, comprenden una franja climática de transición entre los biomas Amazónicos y el árido Chaqueño (Killeen et al. 1993, Navarro y Maldonado 2002).

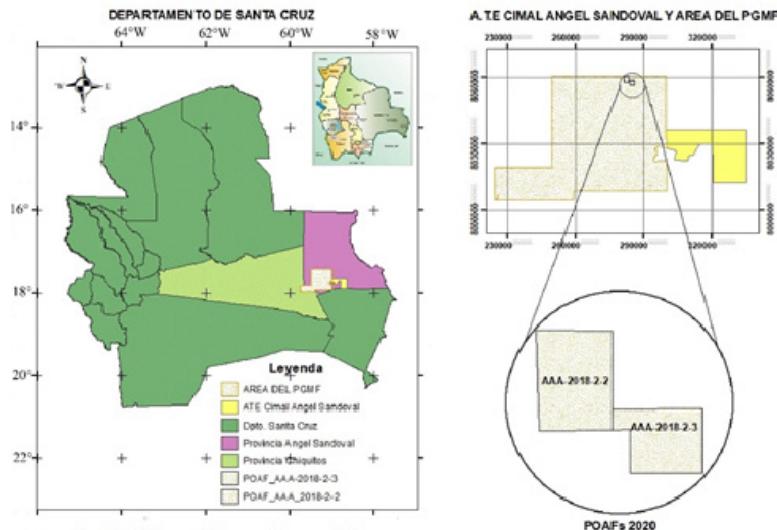
### Especie en estudio y colección de muestras

La especie en estudio localmente es conocida como Roble, Tumi, Soriocó y

yvyra-piriri-guasu, trébol (Paraguay), ishpingo, Sorioco (Perú), roble americano, roble criollo, roble del país, roble, palo trébol, trébol (Argentina) y Cerejeira, Roble Brasileño, Ishpingo (Brasil). El Nombre científico es *Amburana cearensis* (Allemao) A.C. Sm y pertenece a la familia Fabaceae (Killeen et al. 1993). Generalmente son árboles de hasta 40 m de altura y 150 cm de diámetro, fuste cilíndrico-cónico, generalmente recto, y corteza externa lisa marrón rojizo con exfoliaciones papiráceas (Jardim et al. 2003). Esta especie es característica de bosques semideciduos, bosque amazónico y zonas de transición a bosque montano húmedo y seco. Flo-

rece de marzo a mayo; los frutos maduran entre julio y septiembre (Mostacedo et al. 2003). En Bolivia se distribuye en los departamentos de Pando, Beni, La Paz y Santa Cruz, desde los 200 a los 1200 metros sobre el nivel del mar (Jardim et al. 2003). Esta especie tiene anillos de crecimiento visibles a simple vista, mejor definidos en la etapa juvenil de los árboles (Brienen y Zuidema 2005, López y Villalba 2016). A su vez, describen que las bandas anuales están delimitadas por una banda semicontinua de parénquima y una mayor proporción de tejido fibroso y paredes celulares engrosadas al final de cada período de crecimiento (Godoy-Veiga et al.

**MAPA DE UBICACION DE LA A.T.E CIMAL ANGEL SANDOVAL Y POAF-2020**



**Figura 1.** Ubicación del área de estudio en la A.T.E. CIMAL de la provincia Ángel Sandoval, Departamento de Santa Cruz, Bolivia.

2021, Paredes-Villanueva *et al.* 2015).

El material leñoso se colectó dentro del área anual de aprovechamiento donde se aprovechan numerosas especies forestales todas para maderas, entre una de ellas *Amburana cearensis*. En esta área se colectaron 15 secciones transversales de la especie en estudio, cuyos árboles oscilaban entre 40-80 cm de diámetro y todos los fustes contaban con buenas condiciones fitosanitarias (sanos). Algunas muestras previamente clasificadas su estado sanitario fueron descartadas en el terreno por la presencia de daños en la médula y otros defectos patológicos que afectaron el color y los arreglos anatómicos, propios de esta especie en esta región (Fig. 2). En todos los casos, las muestras fueron to-

madas de la primera troza (en lo posible la más cercana a la superficie del suelo). El número de árboles de *A. cearensis* fue variado de acuerdo a las formaciones topográficas dentro una superficie de 500 hectáreas. Las muestras se obtuvieron mediante el uso de motosierra en los patios de acopio de troncos. Dada la dureza que caracteriza a la mayoría de las maderas de esta región, no pueden emplear los barrenos de incremento tradicionales, los que han sido diseñados para maderas de menor densidad (López 2011). Asimismo, la mayor dificultad en la tarea de delimitar con precisión los anillos de crecimiento en estas especies obliga a trabajar con secciones transversales del fuste de los árboles, en lugar de los tradicionales tarugos de 5 mm de espesor. Contar con



**Figura 2.** Colección y selección de muestras transversales de la especie en estudio. El lado izquierdo saneado de una troza en busca de la parte más sana y derecho una rodaja infectada por hongos principalmente en la zona medular y cercano a la superficie del suelo en los bosques Chiquitanos de CIMAL.

secciones transversales o radios de árboles, permite tener una mejor visión del plan leñoso y aumenta la precisión en la determinación y medición del espesor de los anillos de crecimiento (López 2011).

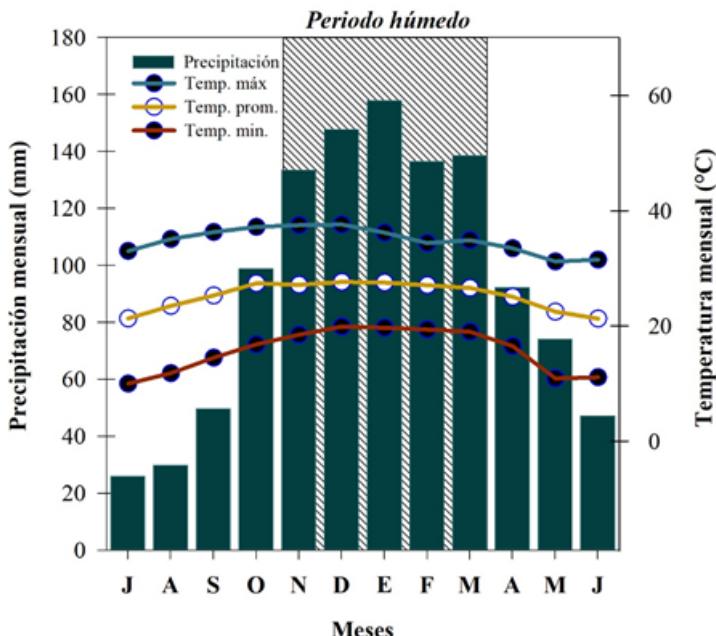
## Clima Chiquitano

En CIMAL, Ángel Sandoval específicamente, no cuenta con datos climáticos, por lo tanto, fue necesario acudir a estaciones meteorológicas cercanas, en este caso puntual se usó la de Roboré. CIMAL se encuentra aproximadamente a 120 km de la localidad Roboré, donde la temperatura media anual es de 25°C (1979-2019) y con siete meses secos estacionales que

van de abril a octubre. En tanto la precipitación media anual alcanza a 1.131mm (1.943-2.019) con un marcado periodo lluvioso distribuido durante los meses de noviembre a marzo (Fig. 3).

## Procesamiento de muestras

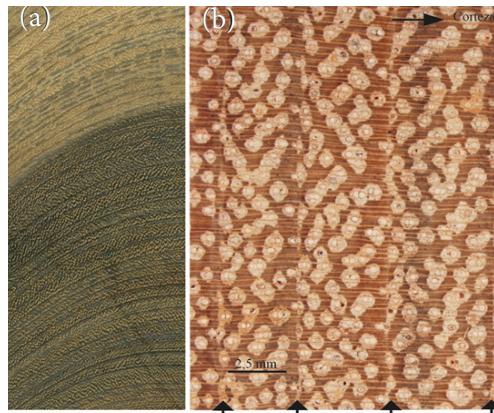
Las muestras en rodas una vez secas naturalmente fueron pulidas y fechadas visualmente con lijas de granos decreciente (80 a 1200) y siguiendo los criterios ya establecidos para dendrocronología (Stokes y Smiley 1968). Se describieron macroscópicamente las características más destacadas del leño, observables a simple vista o con ayuda de lupa, así como la



**Figura 3.** Climograma construido con datos de la estación meteorológica de Roboré (SENAHMI, Bolivia, 18° 19' 47" S, 59° 45' 58", altitud 127 msnm), las barras representan a la precipitación y las líneas a la temperatura.

distribución, forma y tipo de elemento que facilita la delimitación de los anillos de crecimiento (Fig. 4). Posteriormente, se procedió al fechado y co-fechado, la base de este proceso estuvo dada por la correcta visualización del patrón anatómico que delimita a los anillos de crecimiento. Este patrón fue visualmente comparado en dos radios de un mismo árbol y entre árboles de la misma especie. Los anillos anuales fueron asignados al año de comienzo de la formación del leño siguiendo la convención ya establecida para el hemisferio sur (Schulman 1956). En aquellos árboles que presentaron dificultades para realizar una precisa delimitación al año de formación de los anillos de crecimiento, se fecharon dos radios opuestos de la misma sección transversal. Si el número de anillos determinado en un radio no fue el mismo que en el radio opuesto, los radios fueron re-examinados hasta lograr una coincidencia en el número de anillos de una misma sección transversal. Una vez determinada la edad de los árboles para cada sitio se procedió a medir el espesor de los anillos de crecimiento mediante el LINTAB TM6 conectado a un estereomicroscopio y a una computadora.

La calidad del fechado visual previamente realizado fue controlada usando el programa COFECHA (Holmes 1983). Este programa calcula los índices de correlación entre las series individuales de anchos de anillos para identificar anillos ausentes o falsos. Posteriormente, las series de anchos de anillos correctamente fechadas fueron estandarizadas usando



**Figura 4.** Principales características macroscópicas de *Amburana cearensis*, (a) sección trasversal contrastante entre la albura y el duramen. (b) arreglo anatómico del leño indicando los anillos de crecimiento delimitados por una banda semicircular de parénquima al final de cada periodo de crecimiento visualizados por flechas en la parte inferior y la flecha superior indica la dirección hacia la corteza.

curvas negativas exponenciales o líneas rectas de tendencia con ayuda del programa ARSTAN v48c (Cook and Holmes 1999). El principal objetivo de la estandarización es maximizar el porcentaje de varianza común entre las distintas series de ancho de anillo provenientes de un mismo sitio. El ajuste de las series de anchos de anillos a curvas exponenciales o líneas rectas es para corregir las variaciones en el crecimiento de los árboles debido a la edad biológica. Los índices de crecimiento que resultan de dividir el valor observado del ancho del anillo por el estimado por las curvas de ajuste, son calculados con el propósito de otorgarle a cada se-

rie un mismo peso en el promedio final de los árboles que integran la cronología. Todas las series estandarizadas tienen un valor medio de uno y por lo tanto son comparables entre sí a pesar de provenir de árboles con distintas tasas de crecimiento. Los índices de crecimiento fueron finalmente promediados para obtener una cronología para el sitio de A.T.E. CIMAL, Ángel Sandoval.

La calidad de la cronología fue medida a través de la desviación estándar, la autocorrelación de primer orden y la sensibilidad media, siendo esta última una medida de la variabilidad interanual en las series de anchos de anillos relacionada con el grado de respuesta del árbol a las variaciones en el clima (Fritts 1976). Otros estudios estadísticos que incluyen el R-bar (Running series of average correlations) y el EPS (Expressed Population Signal). El R-bar es la media de los coeficientes de correlación que resultan de comparar todos los pares posibles de segmentos de un largo determinado entre todas las series estandarizadas que conforman la cronología (Briffa 1995). El EPS, es una medida de la proporción de la señal total existente en las series que integran la cronología desarrollada en relación a una cronología infinitamente replicada. Valores de EPS próximos o mayores a 0,85 en un punto dado de la cronología indican que el número de muestras que integra a la misma es adecuado y por lo tanto están captando un porcentaje adecuado de la señal teórica que resultaría de una replicación infinita de las muestras en la

cronología. Valores menores de 0,85 estarían indicando que la replicación en ese sector de la cronología es baja y que debería aumentarse el número de muestras para fortalecer la señal común entre los árboles (Briffa 1995).

## Relación clima-crecimiento

Para determinar las variables climáticas relacionadas con el crecimiento de *Amburana cearensis*, las variaciones interanuales, fueron comparadas con los registros instrumentales (temperatura y precipitación) de la localidad de Roboré (más cercano al sitio de muestreo), del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI-Bolivia). A partir de los registros meteorológicos anuales para ambas variables se separó en dos grupos, uno para los meses con mayor precipitación (noviembre-marzo) y otro para los considerados meses secos (abril-octubre). Posteriormente, ambos grupos fueron comparados con la cronología usando una matriz de correlación. Un método simple que consiste en una comparación entre índice de crecimiento y variaciones climáticas a través de una función de correlación (Blasing *et al.* 1984). En síntesis, este método consistió en correlacionar las variaciones interanuales en el ancho de los anillos de crecimiento con las fluctuaciones climáticas interanuales tomadas mes por mes. La relación estadística entre el ancho de anillo y la variable climática es examinada sobre el período común entre la cronología y los datos instrumentales. Como el crecimiento en un

año dado puede estar influenciando por las condiciones climáticas del año previo, el período de comparación analizado comprendió 16 meses, desde diciembre de una estación previa del crecimiento hasta marzo del año en que se formaron los anillos (Fig. 6).

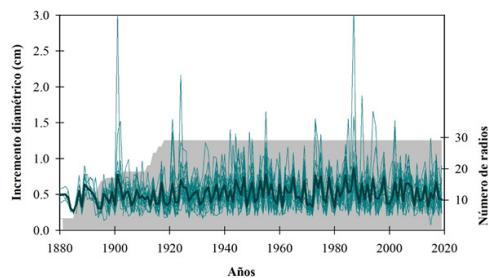
## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La especie en estudio presenta una corteza interna de color grisáceo y muy contrastante entre la médula y albura, respectivamente (Fig. 4a). Los anillos anuales están delimitados en algunos sectores por una banda semicontinua de parénquima y un mayor estrechamiento de fibras con paredes celulares más gruesas al final de cada período de crecimiento. Los vasos están rodeados por una corona de tejido parenquimático, son solitarios y en algunos casos agrupados, distribuidos uniformemente y casi siempre formando hileras tangenciales (Fig. 4b).

No se observaron falsos anillos ni lentes de crecimiento. Sin embargo, en árboles de gran diámetro ( $> 80$  cm) se observó secciones con anillos delgados o micro-anillos particularmente con mayor presencia en la albura. En estos anillos estrechos el parénquima es el tejido más abundante en la superficie del anillo y la zona fibrosa que define el límite entre los anillos contiguos está muy reducida o ausente, lo que limita el fechado correcto en estas secciones.

Los árboles de *Amburana cearensis* tie-

nen anillos de crecimiento anual y registran una buena sensibilidad a las condiciones ambientales. Esta característica hace que la especie tenga un alto potencial para realizar estudios dendro-ecológicos y dendro-climáticos en los bosques secos Chiquitanos. La cronología construida a partir del análisis de 3678 anillos correspondientes a 29 radios de 15 árboles y tiene una extensión que cubre los últimos 146 años (1.875-2.019). En este período de 146 años, los árboles analizados alcanzaron en promedio un crecimiento diamétrico anual de 0,50 cm/año (Fig. 5).



**Figura 5.** Variación del incremento diamétrico individual (líneas delgadas), el promedio (línea ancha) de *Amburana cearensis* y el en el número de radios (29 radios, correspondiente a 15 árboles) utilizados para la construcción de la cronología para el bosque de CIMAL, Ángel Sandoval.

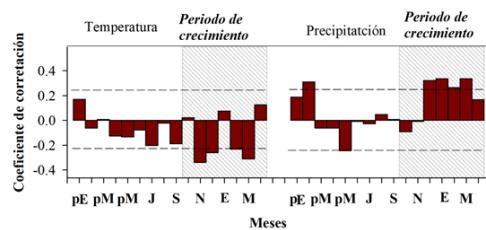
Esta longevidad promedio y las tasas de crecimiento diamétrico se encuentran dentro del rango registrado para árboles de esta especie en bosques secos estacionales de América del Sur (Brienen and Zuidema 2005, Godoy-Veiga et al. 2021, Paredes-Villanueva et al. 2015). En Bolivia se encontró árboles de *A. cearensis* con

edades que superan los 115-200 años y tasas anuales de crecimiento varían desde 1,8 cm en los bosques húmedos amazónicos de Riberalta, hasta 0,58; 0,57 y 0,31 en la Chiquitana (Paredes-Villanueva et al. 2015). Estas diferencias mínimas tanto en edad como en tasas de crecimiento claramente están marcadas por el gradiente de humedad. En sitios más húmedos la especie en estudio alcanzan tasas de crecimiento más altas que en sitios secos. Por el contrario, a pesar de la dificultad de encontrar árboles con médulas sanas, en sitios secos se registró árboles con edades más longevas que sitios húmedos (Brienen y Zuidema 2005, Paredes-Villanueva et al. 2015).

La cronología recién a partir de 1.900 tiene una réplica superior a 10 árboles, en estos 120 años (1.900-2.019), el crecimiento tiene una marcada variación con períodos que superan la media durante 1.967-72 y 2.000-03 y otros se mantienen por debajo (Fig. 5). Asimismo, en este rango de tiempo (120 años), los estadísticos que evalúan la calidad de la cronología indican que *A. cearensis* tiene una autocorrelación entre series de 0,61, sensibilidad media de 0,31 y una desviación estándar de 0,23. Por otro lado, presentan una correlación media entre series ( $R_{-bar}$ ) de 0,40 y una señal poblacional media ( $EPS$ ) de 0,93, estos estadísticos indican que la cronología está compuesta por una buena réplica de árboles en todos los segmentos. Por lo tanto, esta cronología tiene estadísticos confiables, incluso comparables con especies de regiones extra tropicales (Lara

et al. 2005, Solíz et al. 2009).

El crecimiento de los árboles de *A. cearensis* en CIMAL, Ángel Sandoval claramente está favorecido por la ocurrencia de períodos con abundantes lluvias y temperaturas relativamente inferiores a los valores medios. El crecimiento radial está significativamente correlacionado con la precipitación durante los meses de diciembre a marzo de la estación corriente y con el mes febrero de la estación previa al crecimiento (Fig. 6). Por el contrario, las temperaturas elevadas durante el verano, específicamente los meses de noviembre-diciembre y febrero-marzo de la estación corriente al año de formación del anillo, están negativamente correla-

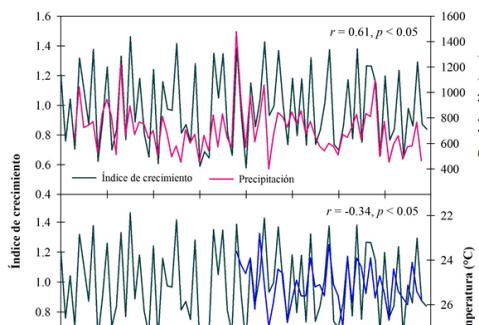


**Figura 6.** Funciones de correlación para la cronología de *Amburana cearensis* mostrando los coeficientes de correlación entre las variaciones mensuales de la temperatura y la precipitación con el índice de crecimiento en CIMAL, Ángel Sandoval. El período analizado es de 16 meses, que van desde diciembre de una estación previa de crecimiento hasta marzo del año en que se formaron los anillos. El período de formación de los anillos (período de crecimiento) se indica como referencia. Las líneas punteadas representan el nivel de significancia del 95% ( $p<0.05$ ).

cionadas con el crecimiento de *Amburana cearensis* en CIMAL, Ángel Sandoval. No se observó relaciones significativas entre el crecimiento y la temperatura durante la estación previa del crecimiento como lo reportado para otras especies en los bosques Chiquitanos. Es probable que estas diferencias se deban al contenido de humedad en el suelo y en la extensión del período seco anual contribuyan con las diferentes respuestas documentadas entre la precipitación y la temperatura. Claramente el déficit hídrico juega un rol fundamental en el crecimiento sobre todo en períodos cálidos y más secos. El período seco se extiende hasta bien entrada la estación de crecimiento recién cuando las precipitaciones mensuales inician y superan en promedio los 120 mm, la humedad del suelo es adecuada para permitir el inicio del crecimiento (Fig. 6).

En ambos casos los valores son significativos según la variación interanual del crecimiento con los registros instrumentales de temperatura (1.978-2.019), precipitación en (1.943-2.019) 41 años y 77 años, respectivamente. La comparación entre la variación interanual del crecimiento y la precipitación estuvo enfocado a la suma total desde noviembre a marzo (período húmedo), en este intervalo los anillos de crecimiento están correlacionadas positivamente con las variaciones estacionales ( $r = 0,61$ ;  $n=77$ ). Mientras para el promedio estacional de la temperatura (noviembre-marzo) se observó que las variaciones interanuales en el ancho de los anillos están correlacionadas de una

manera inversa con la temperatura ( $r = -0,34$ ,  $n = 41$ ). Este patrón de respuesta sugiere que el crecimiento es muy sensible a las variaciones climáticas regionales, sobre todo a los cambios interanuales en el suministro de agua. El crecimiento radial de *A. cearensis* está principalmente al parecer modulado por la disponibilidad de agua, como se observó en las relaciones positivas con la precipitación estacional y negativa con la temperatura media anual (Fig. 7).



**Figura 7.** Comparación entre las variaciones interanuales de la precipitación (intervalo 1.943–2.019 (superior) y la temperatura 1.978-2.019 (inferior) con el crecimiento de *Amburana cearensis* de noviembre a marzo durante la estación corriente en CIMAL, Ángel Sandoval.

Los bosques Chiquitanos más allá del impacto por el aprovechamiento forestal, están sometidos a diferentes alteraciones antrópicas e incendios forestales, lo que les ha convertido en bosques con árboles cada vez más sensibles (Clark 2007). La reacción y adaptación es diferente entre especies, y una misma especie crecen-

do en sitios distintos (Clark 2007, López et al. 2019). La directa dependencia del crecimiento a las variaciones climáticas, sugieren que el cambio climático en el futuro podría influir positivamente o negativamente en el crecimiento de los árboles. Dependiendo de los escenarios y niveles de emisión, se prevé para la región del bosque Chiquitano exista un aumento de 3-4°C en la temperatura media anual lo largo del siglo XXI (Urrutia and Vuille 2009). Por su parte, las proyecciones de los cambios de las precipitaciones son más variables en el espacio y mucho menos coherentes en el tiempo. Sin embargo, las tendencias a escala continental se proyecta mayores precipitaciones durante la estación cálida en el sur de la Amazonía (López et al. 2017).

Sin duda existen otros factores adicionales de menor impacto más allá del clima, sin embargo, es más complejo y difícil de evaluar, y no pueden dejarse de lado en las estimaciones del crecimiento futuro de los árboles de *Amburana cearensis*. Las proyecciones del clima muestran un aumento significativo en la variabilidad interanual, en combinación con los efectos potenciales del aumento del CO<sub>2</sub> y el uso más deficiente del agua aumentaría la incertidumbre en las predicciones de los cambios en el crecimiento de los árboles (Huang et al. 2007, Nepstad et al. 1994). Estudios recientes mostraron indicios que el aumento de las tasas de crecimiento puede acortar la vida de los árboles y, por tanto, los aumentos de las reservas de carbono en los bosques pueden ser tran-

sitorios (Brienen et al. 2020, Nepstad et al. 1994). Por lo consiguiente será necesario contar con un monitoreo más profundo de los cambios en el crecimiento de los árboles basados en los resultados hacer proyecciones de conservación a largo plazo y un aprovechamiento racional de los bosques Chiquitanos.

## CONCLUSIONES

Los bosques Chiquitanos más allá de proveer maderas finas a los mercados, alimentación a las comunidades locales y otros servicios ambientales, poseen especies con alto potencial dendrocronológico que brindan información de aplicación inmediata para dar respuesta a muchas interrogantes ecológicas y dendroclimáticas. Los árboles de *Amburana cearensis* tienen un leño con anillos anuales, visibles y fáciles de distinguir, están delimitados por una banda de parénquima marginal continuo a semicontinuo ubicado al final de cada periodo de crecimiento.

A través del análisis de 3.678 anillos correspondientes a 15 árboles (29 radios), con edades que superan los 120 años y donde alcanzan un crecimiento promedio anual de 0,50 cm de diámetro presentan un patrón común en el ancho de sus anillos. Se construyó una cronología para determinar la respuesta del crecimiento a las variaciones climáticas en los bosques de CIMAL, Ángel Sandoval. Esta cronología es estadísticamente confiable, con alta replica de ejemplares, indica que la variabilidad del crecimiento es sensible

a las condiciones climáticas regionales, principalmente al periodo húmedo (noviembre-marzo).

El crecimiento es favorecido por periodos con abundantes lluvias y temperaturas relativamente más bajas a los valores medios anuales. La variación interanual del crecimiento y los registros instrumentales de temperatura y precipitación de Roboré en ambos casos, son significativos. De acuerdo a la comparación entre el crecimiento de la especie en estudio y precipitación en 77 años están correlacionadas positivamente con las variaciones estacionales de noviembre a marzo. Mientras con la temperatura estacional del mismo periodo en 41 años de comparación, se observó que las variaciones interanuales del crecimiento están correlacionadas de una manera inversa pero significativa.

Este patrón de respuesta sugiere que el crecimiento de *A. cearensis* es muy sensible a las variaciones climáticas, principalmente a los cambios interanuales en la humedad del suelo. El crecimiento radial en los bosques secos Chiquitanos está principalmente modulado por la disponibilidad de agua, como indican las relaciones positivas con la precipitación estacional y negativa con la temperatura media anual. La directa dependencia del crecimiento de esta especie a las variaciones climáticas, sugieren que el cambio climático en el futuro influirá negativamente en el crecimiento de los árboles en los bosques Chiquitanos de Santa Cruz, Bolivia.

## BIBLIOGRAFÍA

- Blasing, T.J.; Solomon, A.M. and Duvick, D.N. 1984. Response functions revisited. *Tree-Ring Bulletin* 44, 1–15.
- Brienen, R.J.W.; Caldwell, L.; Duchesne, L.; Voelker, S.; Barichivich, J.; Baliva, M.; Ceccantini, G.; Di Filippo, A.; Hellama, S.; Locosselli, G.M.; Lopez, L.; Piovesan, G.; Schöngart, J.; Villalba, R. and Gloor, E. 2020. Forest carbon sink neutralized by pervasive growth-lifespan trade-offs. *Nature Communications* 11, 4241.10.1038/s41467-020-17966-z
- Brienen, R.J.W.; Schöngart, J. and Zuidema, P.A. 2016. Tree rings in the tropics: insights into the ecology and climate sensitivity of tropical trees. In: Goldstein, G., Santiago, L.S. (Eds.). *Tropical Tree Physiology*. Springer International Publishing, Cham.439–461 pp.
- Brienen, R.J.W. and Zuidema, P.A. 2005. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: a test for six species using tree ring analysis. *Oecologia* 146, 1–12.
- Briffa, K.R. 1995. Interpreting high-resolution proxy climate data: The example of dendroclimatology. In: von Storch, H., Navarra, A. (Eds.). *Analysis of climate variability, applications of statistical techniques*. Springer, Heidelberg.77–94. pp.
- Clark, D.A. 2007. Detecting tropical forests' responses to global climatic and atmospheric change: Current challenges and a way forward. Bio-

- tropica 39, 4–19.
- Cook, R.E. and Holmes, R.L. 1999. Users Manual for Program Arstan. Laboratory Of Tree-Ring Research, University Of Arizona, Tucson, Arizona, USA. 16 pp.
- Farjon, A. 2018. The Kew Review: Conifers of the World. Kew Bulletin 73, 8
- Fritts, H.C. 1976. Tree rings and climate. Academic Press, London. 567 pp.
- Godoy-Veiga, M.; Cintra, B.B.L.; Stríkis, N.M.; Cruz, F.W.; Grohmann, C.H.; Santos, M.S.; Regev, L.; Boaretto, E.; Ceccantini, G. and Locosselli, G.M. 2021. The value of climate responses of individual trees to detect areas of climate-change refugia, a tree-ring study in the Brazilian seasonally dry tropical forests. Forest Ecology and Management 488, 118971.
- Holmes, R.L. 1983. Dendrochronology Program Library (DPL). Use manual by laboratory of tree-ring research. University of Arizona, Tuczon. Arizona. 16 pp.
- Huang, J.G.; Bergeron, Y.; Denneler, B.; Berninger, F. and Tardif, J. 2007. Response of forest trees to increased atmospheric CO<sub>2</sub>. Crit. Rev. Plant Sci. 26, 265–283
- Jardim, A.; Killeen, T.J. and Fuentes, A. 2003. Guía de los Árboles y Arbustos del Bosque Seco Chiquitano Bolivia. Fundación para la conservación del Bosques Chiquitanos (FCBC), FAN, Santa Cruz de la Sierra, Bolivia. 324 pp.
- Killeen, J.T.; Garcia, E. and Berck, G.S. 1993. Guía de arboles de Bolivia. Herbario Nacional de Bolivia, Missouri Botanical Garden. Quipus S.R.L, La Paz. 958 pp.
- Lara, A.; Villalba, R.; Wolodarsky-Franke, A.; Aravena, J.C.; Luckman, B.H. and Cuq, E. 2005. Spatial and temporal variation in Nothofagus pumilio growth at tree line along its latitudinal range (35°40'–55° S) in the Chilean Andes. Journal of Biogeography 32, 879–893
- López, L., 2011. Una aproximación dendrocronológica a la ecología y el manejo de los bosques tropicales secos del Cerrado Boliviano. Doctorado en Biología. Universidad Nacional del Comahue, San Carlos de Bariloche, Rio Negro, Argentina. Page spp.
- López, L.; Rodríguez-Catón, M. and Villalba, R. 2019. Convergence in growth responses of tropical trees to climate driven by water stress. Ecography 42, 1–14.
- López, L.; Stahle, D.; Villalba, R.; Torbenson, M.; Feng, S. and Cook, E. 2017. Tree ring reconstructed rainfall over the southern Amazon Basin. Geophysical Research Letters 44, 7410–7418.
- López, L. and Villalba, R. 2016. Reliable estimates of radial growth for eight tropical species based on wood anatomical patterns. Journal of Tropical Forest Science 28(2) 139–152.
- Mostacedo, B.; Justiniano, M.J.; Toledo, M. and Fredericksen, T. 2003. Guía Dendrológica de Especies Foresta-

- les en Bolivia. El país, 2da. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible BOLFOR, Santa Cruz. 231 pp.
- Navarro, G. 2011. Clasificación de la Vegetación de Bolivia. Centro de Ecología Difusión Simón I. Patiño, Santa Cruz, Bolivia. 713 pp.
- Navarro, G. and Maldonado, M. 2002. Geografía Ecológica de Bolivia. Vegetación y Ambientes Acuáticos.
- Nepstad, D.C.; de Carvalho, C.J.R.; Davidson, E.A.; Jipp, P.; Lefebvre, P.A.; de Negreiros, G.H.; da Silva, E.D.; Stone, T.A.; Trumbore, S.E. and Viera, S. 1994. The role of deep roots in the hydrological and carbon cycles of Amazonian forests and pastures. *Nature* 372, 666-669
- Paredes-Villanueva, K.; López, L.; Brookhouse, M. and Navarro Cerillo, R.M. 2015. Rainfall and temperature variability in Bolivia derived from the tree-ring width of *Amburana cearensis* (Fr. Allem.) A.C. Smith. *Dendrochronologia* 35, 80-86
- Schöngart, J.; Bräuning, A.; Barbosa, A.C.M.C.; Lisi, C.S. and de Oliveira, J.M. 2017. Dendroecological Studies in the Neotropics: History, Status and Future Challenges. In: Amoroso, M.M., Daniels, L.D., Baker, P.J., Camarero, J.J. (Eds.). *Dendroecology: Tree-Ring Analyses Applied to Ecological Studies*. Springer International Publishing, Cham. 35-73 pp.
- Schulman, E. 1956. *Dendroclimatic Changes in Semiarid America*. University of Arizona Press, Tucson. 142 pp.
- Schweingruber, F. 1986. Abrupt Growth Changes In Conifers. *IAWA Journal* 7, 277-283
- Soliz, C.; Villalba, R.; Argollo, J.; Morales, M.S.; Christie, D.A.; Moya, J. and Pacajes, J. 2009. Spatio-temporal variations in *Polylepis tarapacana* radial growth across the Bolivian Altiplano during the 20th century. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 281, 296-308
- Stokes, M.A. and Smiley, T.L. 1968. An introduction to tree-ring dating. University of Chicago Press, Chicago. 73 pp.
- Urrutia, R. and Vuille, M. 2009. Climate change projections for the tropical Andes using a regional climate model: Temperature and precipitation simulations for the end of the 21st century. *Geophysical Research Letters* 114:D02108.
- Villalba, R. 1987. El árbol ante el clima y los años. *Series científica* 35, 44-47.

**Regeneración natural en  
distintos micrositios  
después de tres años de  
aprovechamiento  
en un bosque natural  
subhúmedo del  
Bajo Paraguá,  
Santa Cruz, Bolivia**

Valeria Jerez Torrico y Lincoln Quevedo



# Regeneración natural en distintos micrositios después de tres años de aprovechamiento en un bosque natural subhúmedo del Bajo Paraguá, Santa Cruz, Bolivia

Valeria Jerez Torrico<sup>1</sup> y Lincoln Quevedo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Carrera de Ing. Forestal, Facultad Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Santa Cruz, Bolivia

\*Autor de Correspondencia: Lincoln.quevedo@gmail.com

## RESUMEN

El presente estudio se realizó en el bosque natural subhúmedo del Bajo Paraguá en dos Áreas de Aprovechamiento Anual (AAA) aprovechadas en el año 2016, en la Concesión CINMA & SAN MARTIN LTDA., Departamento de Santa Cruz (Bolivia), con el objetivo de determinar la respuesta de la regeneración natural después de tres años de su aprovechamiento maderable. En cada AAA se identificaron los seis micrositios objeto del estudio (claros, pista de arrastre, caminos, rodeos escarificados, rodeos con plantaciones y rodeos sin ningún tratamiento), instalando luego la mayor cantidad posible de parcelas en cada micrositio. Los resultados de abundancia de la regeneración natural del conjunto de especies para los micrositios mostraron mayor cantidad de individuos en la categoría Brinzal que en las categorías Latizal y Fustal. Referente a la abundancia de cada especie, en la categoría Brinzal la especie Cuta (*Apuleia leiocarpa*) fue la que presentó mayor abundancia en todos los micrositios (79 ind/ha), seguido de las especies Cambará macho (*Qualea paraensis*) (27 ind/ha) y Cambará hembra (*Erisma uncinatum*) (12 ind/ha). En la categoría Latizal la especie que mayor abundancia presentó fue Cuta (*A. leiocarpa*) (16 ind/ha), mientras que la especie Paquiero (*Hymenaea courbaril*) se presentó so-

lamente en esta categoría (1 ind/ha). Así mismo, la especie Cedro (*Cedrela odorata*) también presentó una baja cantidad de individuos (0,3 ind/ha). Por otro lado, en la categoría Fustal, la abundancia es relativamente aún más baja, la especie Cuta (*A. leiocarpa*) fue la más abundante (3 ind/ha), seguido de la especie Tajibo (*Handroanthus sp.*), Cambará macho (*Q. paraensis*) con 1 ind/ha y Cambará hembra (*E. uncinatum*) (0,3 ind/ha). Finalmente, las especies Jichituriqui amarillo (*Aspidosperma sp.*), Mara (*Swietenia macrophylla*), Roble (*Amburana cearensis*) y Verdolago (*Terminalia amazónica*), no presentaron ningún individuo para ningún micrositio. Se recomienda aplicar tratamientos silviculturales y prácticas de manejo para asegurar el desarrollo de la regeneración natural, mejorar el enriquecimiento para los rodeos con plantaciones sobre todo para las especies ausentes, en especial de Roble (*A. cearensis*), Paquiero (*H. courbaril*), Mara (*S. macrophylla*) y Cedro (*C. odorata*), además de realizar seguimiento y limpieza, escarificar los rodeos y claros por aprovechamiento para facilitar el reclutamiento de la regeneración natural, realizar tratamientos de liberación para promover la regeneración en especial en los tamaños latizal y fustal, debido a la poca cantidad de individuos en esos tamaños.

**Palabras claves:** Regeneración natural, manejo forestal, silvicultura, micrositios, bosques tropicales

# Natural regeneration in different microsites after three years of logging in a natural subhumid forest of Bajo Paraguá, Santa Cruz, Bolivia

Valeria Jerez Torrico<sup>1</sup> and Lincoln Quevedo<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Carrera de Ing. Forestal, Facultad Ciencias Agrícolas, Universidad Autónoma Gabriel René Moreno. Santa Cruz, Bolivia

\*Autor de Correspondencia: Lincoln.quevedo@gmail.com

## ABSTRACT

This study was carried out in the sub-humid natural forest of Bajo Paraguá in two Annual Harvesting Areas (AAA) harvested in 2016, in the CINMA & SAN MARTIN LDTA Concession, Department of Santa Cruz (Bolivia), with the aim of determining the response of natural regeneration to interventions in a sub-humid natural forest of Bajo Paragua after three years of harvesting. In each AAA, the 6 microsites that were the object of the study were identified (harvesting gaps, skid trails, logging roads, scarified log landings, log landings with plantations and log landings without any treatment), then installing as many plots as possible in each microsite. The abundance results of the natural regeneration of the set of species for the microsites showed a greater number of individuals in the Brinzal category than in the Latizal and Fustal categories. Regarding the abundance of each species, in the Brinzal category, the Cuta species (*Apuleia leiocarpa*) was the one with the highest abundance in all the microsites (79 ind/ha), followed by the Cambará male (*Qualea paraensis*) species (27 ind/ha) and Cambará female (*Erisma uncinatum*) (12 ind/ha). In the Latizal category, the species with the highest abundance was Cuta (*A. leiocarpa*) (16 ind/ha), while the Paquío

species (*Hymenaea courbaril*) only occurred in this category (1 ind/ha). Likewise, the Cedro species (*Cedrela odorata*) also presented a low number of individuals (0.3 ind/ha). On the other hand, in the Fustal category, the abundance is relatively even lower, the Cuta species (*A. leiocarpa*) was the most abundant (3 ind/ha), followed by the Tajibo species (*Handroanthus* sp.), Cambará male (*Q. paraensis*) with 1 ind/ha and Cambará female (*E. uncinatum*) (0.3 ind/ha). Finally, the species Jichitiriquí amarillo (*Aspidosperma* sp.), Mara (*Swietenia macrophylla*), Roble (*Amburana cearensis*) and Verdolago (*Terminalia amazónica*), did not present any individual for any microsite. It is recommended to apply silvicultural treatments and management practices to ensure the development of natural regeneration, improve the enrichment for logging gaps with plantations, especially for absent species, especially Roble (*A. cearensis*), Paquío (*H. courbaril*), Mara (*S. macrophylla*) and Cedro (*C. odorata*), in addition to monitoring and cleaning, scarification of logging gaps to facilitate the recruitment of natural regeneration, perform liberation treatments to promote regeneration, especially in the latizal and fustal sizes, due to the low number of individuals in those sizes.

**Key words:** Natural regeneration, forest management, silviculture, microsites, tropical forests

## INTRODUCCIÓN

Bolivia cuenta con una cobertura de bosques del 48% del territorio nacional, juegan un papel importante en la ecología y economía de Bolivia, brindando grandes beneficios como la protección de cuencas hidrográficas, recreación, ingresos por el turismo y hábitat para la flora y fauna, así como ingresos económicos a través del aprovechamiento maderero y de productos forestales secundarios (Fredericksen y Mostacedo 2000b). Es un país que cuenta con un gran potencial forestal, sin embargo, en muchos casos el aprovechamiento es insostenible poniendo en riesgo la estabilidad de las especies aprovechadas y de árboles con mayor valor comercial y de mejores características genéticas (Claros y Licona 1995).

El aprovechamiento forestal puede ser un tratamiento silvicultural muy importante, y puede causar varios efectos en los bosques tanto positivos como negativos. Pueden ser graves o menores, dependiendo de la intensidad del aprovechamiento, pueden incluir cambios en las condiciones edáficas, pérdida de árboles semilleros, apertura del dosel o claros, alteraciones en la estructura y composición florística, daños a árboles remanentes, erosión de suelos, disminución de la cobertura boscosa, contaminación de ríos, disminución de la vida silvestre y alteración de hábitats (Toledo et al. 2001). Puede presentar varias consecuencias negativas para la regeneración natural, como los daños y mortalidad de los individuos, incluso

puede alterar significativamente la abundancia y modificar la distribución espacial de la regeneración natural de las especies aprovechadas y remanentes (Rivas et al. 2005).

La mayoría de las especies arbóreas comerciales de Bolivia no cuentan con una suficiente regeneración como para sustentar futuras cosechas, no se aplican tratamientos que mejoren la regeneración, por lo que es necesario aplicar tratamientos que sean en lo posible económicos, pero efectivos para garantizar la regeneración (Fredericksen et al. 2001).

Para asegurar la sostenibilidad del bosque, es necesario que los responsables puedan diagnosticar problemas en la regeneración, de modo que así se puedan realizar ajustes a los métodos de aprovechamiento o aplicarse otros tratamientos silviculturales para garantizar una regeneración adecuada, sobre todo para las especies comerciales (Fredericksen y Mostacedo 2000a).

En ese sentido, en el presente trabajo de investigación se busca estudiar los efectos del aprovechamiento forestal en la regeneración natural de especies arbóreas en distintos micrositios después de tres años de aprovechamiento forestal realizado por la empresa CINMA & SAN MARTIN LTDA, en su concesión forestal (Autorización Transitoria Especial) en la región del Bajo Paraguá, Bolivia, y generar recomendaciones para su manejo sostenible. Específicamente, se busca comparar la

respuesta en abundancia de la regeneración natural en distintos micrositios de aprovechamiento (claros, caminos, pistas de arrastre, rodeos escarificados, rodeos con plantaciones y rodeos sin ningún tratamiento) y determinar la eficacia de los distintos tratamientos o micrositios en facilitar el reclutamiento.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Ubicación

El área de estudio se encuentra ubicada en la Concesión CINMA & SAN MARTIN LTDA., ubicada en las provincias Velasco y Núñez de Chávez del departamento de Santa Cruz (Bolivia), perteneciente a los municipios San Ignacio y Concepción (Figura 1). La concesión cuenta con una

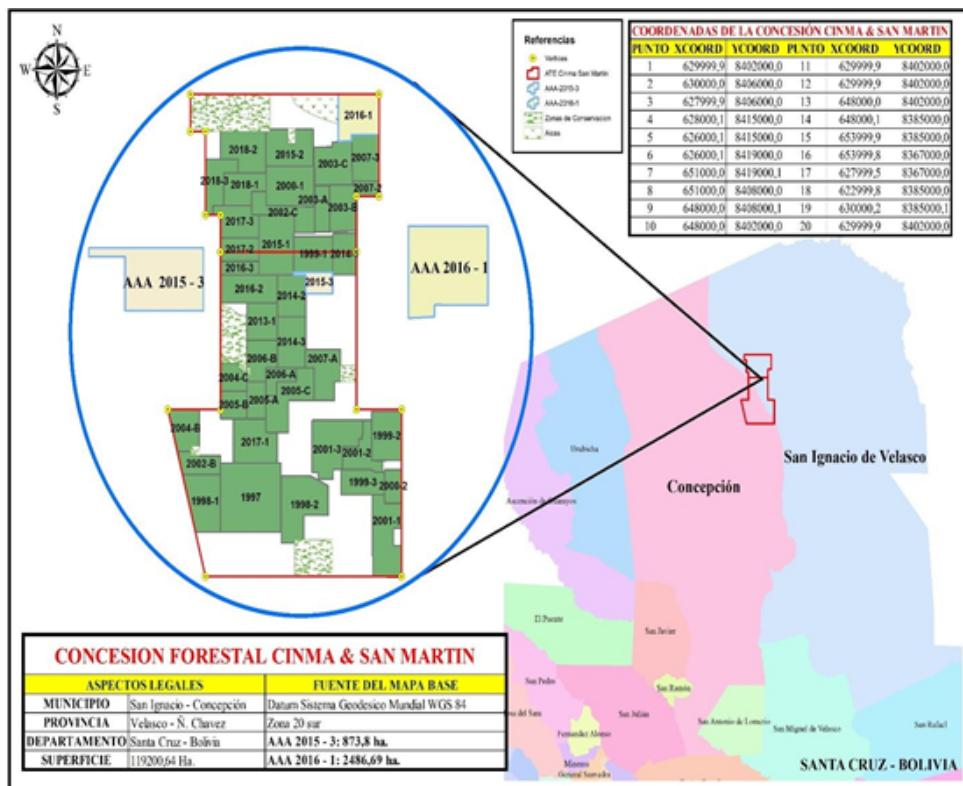


Figura 1. Ubicación del área y la Autorización Transitoria Especial (ATE) CINMA & SAN MARTIN LTDA

superficie de 119.200 ha. Para llegar a la concesión desde la ciudad de Santa Cruz se debe llegar primero hasta Santa Rosa de la Roca, pasando Concepción, desde el lugar se toma el camino vecinal de tierra que ingresa hacia la TCO del Bajo Paraguá, a 186 km sobre esta vía se encuentra el Aserradero Cerro Pelao y la Concesión Forestal CINMA & SAN MARTIN.

En la concesión no existen estaciones meteorológicas, se toman los datos que pertenecen a las estaciones más cercanas a la zona (Concepción, Magdalena y San Ignacio). El bosque está clasificado como subhúmedo-húmedo mega termal, hace calor todos los meses, tanto en la estación seca como en la húmeda. La precipitación anual oscila entre 1400 a 1500 mm, aunque las variaciones entre años son algunas veces más grandes. Los meses más húmedos son enero y febrero. El mes más seco es Julio. Las temperaturas medias mensuales son mayores a 30°C y las mínimas medias llegan a 18°C, sin embargo, los frentes fríos en el invierno provocan fuertes descensos de temperatura, registrándose temperaturas inferiores a 13°C en junio y julio y temperaturas máximas de hasta 38°C en octubre y noviembre (Moreno 2014).

Según la clasificación del Plan de Usos del Suelo (PLUS) para el departamento de Santa Cruz, la concesión se encuentra en la categoría de uso B1 (Tierras de Uso Forestal). Los suelos son poco profundos, pobres en nutrientes, normalmente bien drenados. El suelo en la zona boscosa

son algo más livianos, muchas veces son franco - arenosos o arcillosos, son profundos normalmente bien drenados.

El área se encuentra dentro de la Cuenca del Río Itenez, que es un río con aguas de coloración negra debido a su acidez y alta concentración de taninos y pocos sedimentos. Dentro de la cuenca grande existen tres sub cuencas al interior de la UMF, la cuenca del río Guarayos que se encuentra en la parte sur de la concesión, la cuenca del río esperanza que atraviesa diagonalmente la concesión y la cuenca del río Paragua que se encuentra en la zona Nor – Este de la concesión.

Se seleccionaron 10 especies para el estudio, que son parte de la canasta de especies comerciales que maneja la empresa, además de dos especies valiosas que no son aprovechadas (Cuadro 1).

## Diseño del muestreo

El establecimiento de parcelas se realizó en dos áreas similares de aprovechamiento de la concesión CINMA & SAN MARTIN LTD, ambas aprovechadas en el año 2016, aprovechadas hace tres años de la realización del estudio, la distancia promedio que hay entre una AAA a otra es de 18 km.

- Área de aprovechamiento anual (AAA 2015 – 3)
- Área de aprovechamiento anual (AAA 2016 – 1)

Para efectos de procesamiento de datos,

**Cuadro 1.** Lista de especies para el muestreo

Especies	Nombre Científico	Gremio Ecológico
Cambará	( <i>Erisma uncinatum</i> )	Esciofita Parcial
Cambará Macho	( <i>Qualea paraensis</i> )	Heliofita Durable
Cedro	( <i>Cedrela odorata</i> )	Heliofita Durable
Cuta	( <i>Apuleia leiocarpa</i> )	Heliofita Durable
Jichitiriquí Amarillo	( <i>Aspidosperma sp.</i> )	Esciofita Parcial
Mara	( <i>Swietenia macrophylla</i> )	Heliofita Durable
Paquió	( <i>Hymenaea courbaril</i> )	Esciofita Parcial
Roble	( <i>Amburana cearensis</i> )	Heliofita Durable
Tajibo	( <i>Handroanthus sp.</i> )	Heliofita Durable
Verdolago	( <i>Terminalia amazónica</i> )	Heliofita Durable

y debido a la reducida cantidad de datos de regeneración, se procedió a unir las dos áreas como una sola, considerando además que ambos sitios son similares ecológicamente y en cuanto a disturbios.

Para el levantamiento de datos se utilizó el mapa operativo de las dos AAA aprovechadas en el año 2016, en donde se identificaron los seis micrositios (claros, pista de arrastre, caminos, rodeos escarificados, rodeos con plantaciones y rodeos sin ningún tratamiento), luego se instalaron parcelas dentro de cada micrositio en las dos áreas, obteniendo un total de 148 parcelas en ambas AAA, 45 para la AAA 2015 – 3 y 103 para la AAA 2016 -1.

Se registraron las parcelas tomando en cuenta el lugar en el que se encuentran los micrositios de acuerdo al mapa operativo de la AAA, para los caminos se levantaron datos a una distancia promedio de

250 m de una parcela sobre otra parcela, para los claros se levantó datos a una distancia entre 50 y 150 m una sobre otra y para las pistas de arrastre se tomó una distancia de 100 a 150 m.

## **Micrositios del aprovechamiento**

Se muestreó en todos los disturbios causados por el aprovechamiento forestal, llamados en este estudio como "tratamientos":

- Caminos: Son vías que permiten el acceso al área por donde transitan los camiones para la extracción de madera.
- Pistas de arrastre: Son brechas por donde el skidder arrastra las troncas hacia los rodeos.
- Claros por aprovechamiento: Son producidos por el derribo de los árboles después de la tala de los árboles aprovechados.

- Rodeos: Son espacios acondicionados para almacenar temporalmente las trozas para su carga y transporte.

El muestreo de regeneración natural en rodeos se lo realizó en tres tipos de rodeos diferentes: rodeos escarificados, rodeo con plantaciones y rodeos sin ningún tratamiento. Por lo tanto, se evaluó en las tres categorías de rodeos (Cuadro 2).

## Tamaño y diseño de las parcelas

Para la definición del tamaño de las categorías de vegetación se usó el recomendado por Sáenz y Finegan (2000) y la Superintendencia Forestal (2006). Para el diseño de las parcelas, se usaron transectos, según la recomendación de Fredericksen y Mostacedo (2000a) (Cuadro 3, Figura 2).

**Cuadro 2.** Categorías de rodeos

Tipo de rodeos	Identificación
Rodeos escarificados	Son aquellos rodeos en donde se remueve los suelos con la ayuda de maquinarias después del aprovechamiento, para evitar la compactación.
Rodeos con plantaciones	Son aquellos rodeos en donde se enriquecen los suelos plantando plantines.
Rodeos sin tratamiento	Son aquellos rodeos que quedan sin ningún tratamiento de escarificación después del aprovechamiento.

**Cuadro 3.** Tamaño de la regeneración y de las parcelas

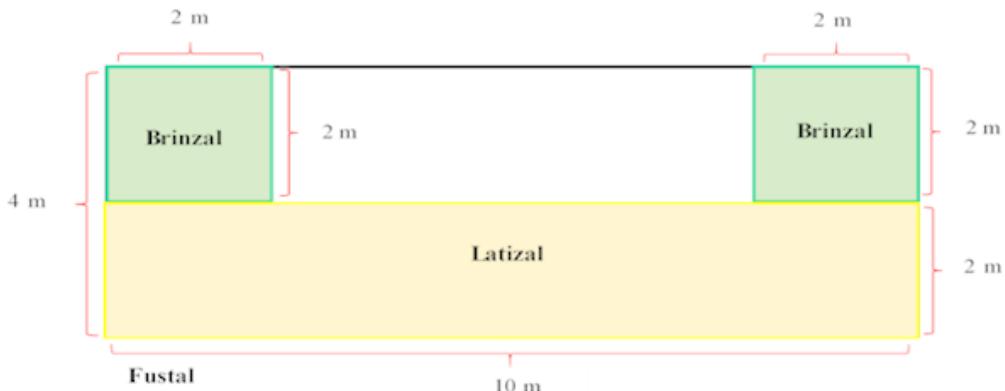
Regeneración	Tamaño	Parcela	Superficie (m <sup>2</sup> ) /Parcela
Brinzal	0,30-1,49 m de altura	2 x 2 m (2 rep)	8 m <sup>2</sup>
Latizal	1,5 m alt. - 4,9 cm DAP	2 x 10 m	20 m <sup>2</sup>
Fustal	5-9,9 cm DAP	4 x 10 m	40 m <sup>2</sup>

En la AAA 2015-3 se registraron 45 parcelas, mientras que en la AAA 2016-1 se registraron 103 parcelas. Previamente al trabajo de campo se definieron seis micrositios para el estudio, luego en el campo se buscaron dichos micrositios en cuyo interior se instalaron las parcelas, detallándose en el Cuadro 4 la cantidad de parcelas que se registraron y las respectivas variables.

Durante la fase de gabinete se procedió a unir las dos áreas como una sola, debido al poco registro de regeneración natural considerando además que ambos sitios son similares ecológicamente.

## Análisis de datos

La información recopilada del presente estudio fue registrada en una base de



**Figura 2.** Diseño de las parcelas rectangulares de la regeneración natural

datos utilizando una hoja de registro del programa Microsoft Excel, para luego ser utilizada en el programa estadístico INFOSTAT, en donde se realizó un análisis de varianza (ANOVA), seguido de un análisis estadístico de comparación de medias de LSD Fisher, para determinar si existen diferencias significativas a un nivel de 5% de error.

## RESULTADOS

Abundancia general de la regeneración natural para todos los micrositios

En la categoría Brinzales, se observó que existe mayor cantidad de individuos respecto a Latizales y Fustales. El micrositio Caminos presentó mayor abundancia (33

**Cuadro 4.** Número de micrositios y de parcelas registradas en cada AAA

AAA 2015-3			AAA 2016-1		
Nº	Micrositios	Nº de Micrositios	Nº de parcelas totales	Nº de micrositios	Nº de parcelas totales
1	Pistas de arrastre	9	9	21	21
2	Claros de aprovechamiento	14	14	26	26
3	Caminos	2	8	5	20
4	Rodeo sin tratamiento	4	8	6	12
5	Rodeo escarificado	3	6	5	10
6	Rodeo con plantaciones	0	0	7	14
	Totales		45		103

ind/ha), seguido de Rodeo Escarificado con 28 ind/ha. Sin embargo, se denota que para los Claros por aprovechamiento existe muy poca abundancia (6 ind/ha), (Figura 3a).

Se utilizó la prueba estadística LSD Fisher para comparar las diferencias significativas entre tratamientos, la misma que confirma que existe diferencias significativas ( $P < 0,0001$ ). Los tratamientos Caminos, Rodeos escarificados y con plantaciones tienen la mayor abundancia, además que, para los Rodeos con plantaciones, sin tratamiento y las pistas de arrastre son estadísticamente similares, aunque para los Claros por aprovechamiento se denota que es diferente a los otros tratamientos.

Para la categoría Latizales, se evidenció que existe mayor cantidad de individuos en los Rodeos con plantaciones (9 ind/ha), Rodeos escarificados (6 ind/ha) y Caminos (6 ind/ha), también se puede notar que en los Claros por aprovechamiento (1 ind/ha) existe una baja cantidad de abundancia (Figura 3b). La prueba estadística de LSD Fisher determinó que existe diferencias significativas entre los micrositios ( $P < 0,0001$ ), los Rodeos con plantaciones presentan mayor abundancia, mientras que para los Rodeos escarificados y Caminos estadísticamente son similares, aunque Rodeos sin tratamiento, Pistas de arrastre y Claros por aprovechamiento son similares, son los que menor abundancia presentan.

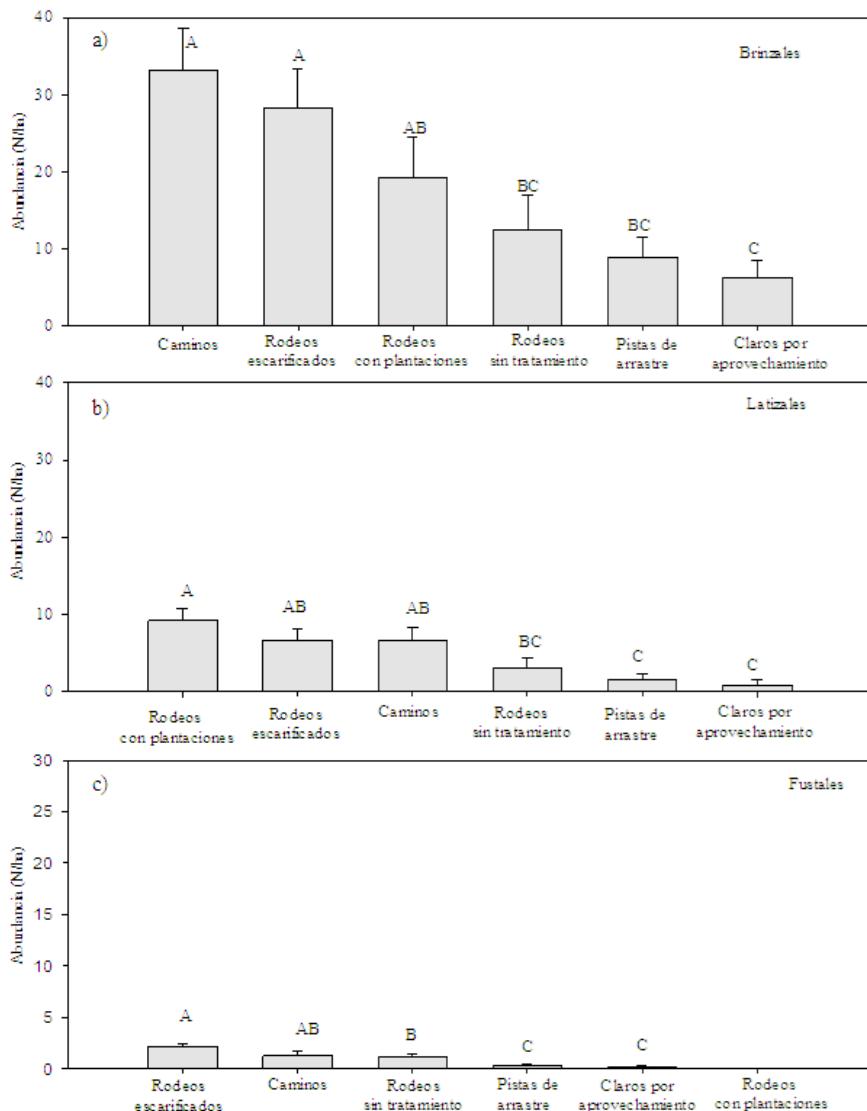
En la categoría Fustales, se observó que la

abundancia es muy baja, los micrositios que presentaron mayor abundancia para esta categoría son los Rodeos escarificados (2 ind/ha) y Caminos (1 ind/ha), tomando en cuenta que para las pistas de arrastre y los Claros por aprovechamiento la abundancia es casi inexistente, además para los Rodeos con plantaciones no se registró ningún individuo (Figura 3c). La prueba estadística de LSD Fisher, confirmó que existen diferencias significativas entre micrositios ( $P < 0,0001$ ), los Rodeos escarificados y los Rodeos sin tratamiento son los que presentan mayor diferencia.

### **Abundancia general de la regeneración natural para las especies**

En la categoría Brinzales se observó que la especie Cuta es la que mayor abundancia, presentó (79 ind/ha), seguido de las especies Cambará macho (27 ind/ha) y Cambará hembra (12 ind/ha). Sin embargo, se observa que para las especies Tajibo y Cedro (2 ind/ha) existe muy poca cantidad de individuos (Figura 4a). La prueba estadística LSD Fisher confirmó que existe diferencias significativas ( $P < 0,0001$ ). La especie Cuta y Cambará macho son las que mayor abundancia presentan, son los que tienen mayores diferencias significativas, de igual forma Cambará hembra muestra diferencia significativa, aunque estadísticamente similares a Tajibo y Cedro.

En la categoría Latizales la especie que mayor abundancia presentó fue Cuta (16



**Figura 3.** Comparación de medias ( $\pm$ error estándar) de abundancia general de la regeneración natural para todos los sitios en las categorías a) Brinzal, b) Latizal y c) Fustal. Letras diferentes significan diferencias estadísticas distintas a un nivel de 5% de error. Comparación de medias realizada por el método LSD Fisher.

ind/ha), seguido de las especies Cambará macho (4 ind/ha) y Cambará hembra (3 ind/ha), se denota que la especie Paquío se registró solamente en esta categoría (1 ind/ha), para la especie Cedro la cantidad de individuos registrada es baja (0,3 ind/ha) (Figura 4b). La prueba estadística de LSD Fisher determinó que existe diferencias significativas entre especies ( $P < 0,0001$ ), la especie Cuta al ser la más abundante es la que mayor diferencia significativa presenta, seguido de la especie Cambará macho, mientras que Cambará hembra, Paquió y Tajibo son estadísticamente similares.

En la categoría Fustales se observa una baja cantidad de individuos, la especie Cuta fue la más abundante (3 ind/ha), seguido de la especie Tajibo (1 ind/ha), Cambará macho (1 ind/ha) y Cambará hembra (0,3 ind/ha) (Figura 4c). La prueba estadística de LSD Fisher ( $P < 0,0001$ ), determinó que existe diferencia significativa entre las especies, Cuta es la que mayor diferencia significativa presenta, para las demás especies no existe diferencias significativas, por lo que son similares estadísticamente.

### **Abundancia de la regeneración natural en Rodeos**

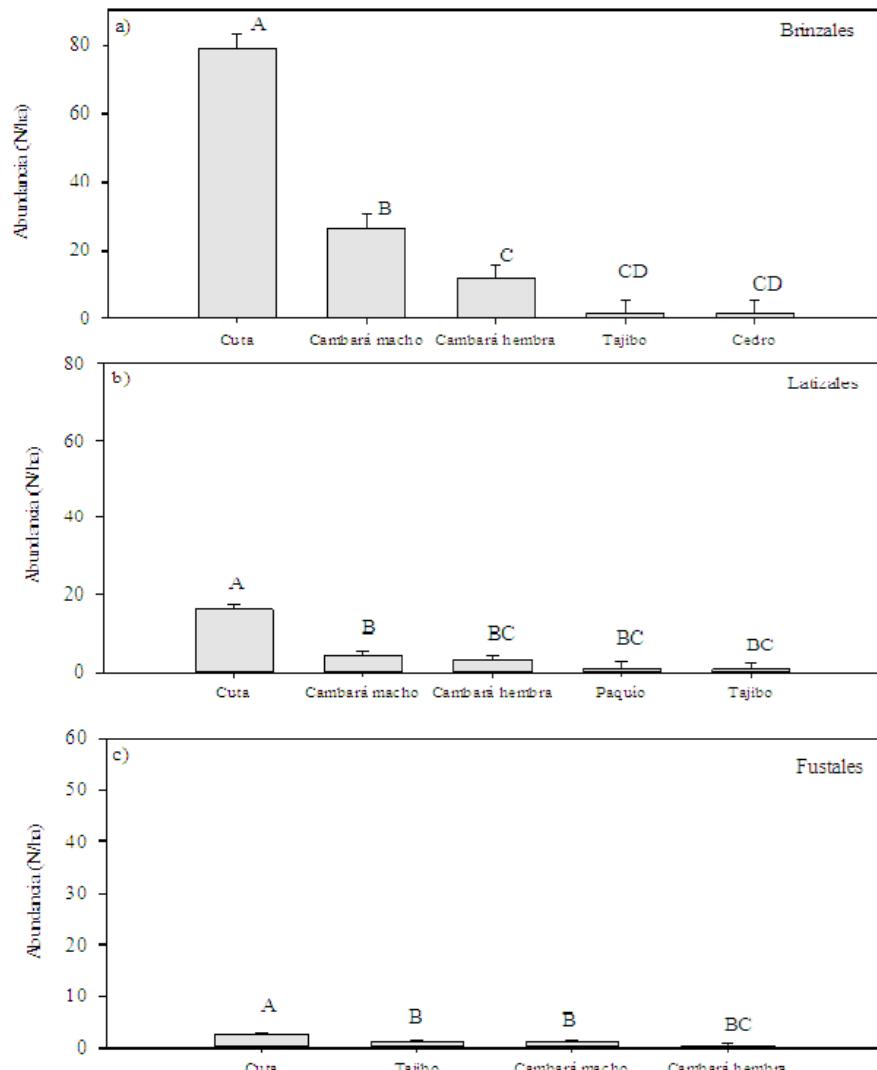
Abundancia por especie de la regeneración natural en Rodeos sin tratamiento

En la categoría Brinzales, la Cuta fue la que mayor abundancia registró (100 ind/ha), seguido de la especie Cambará

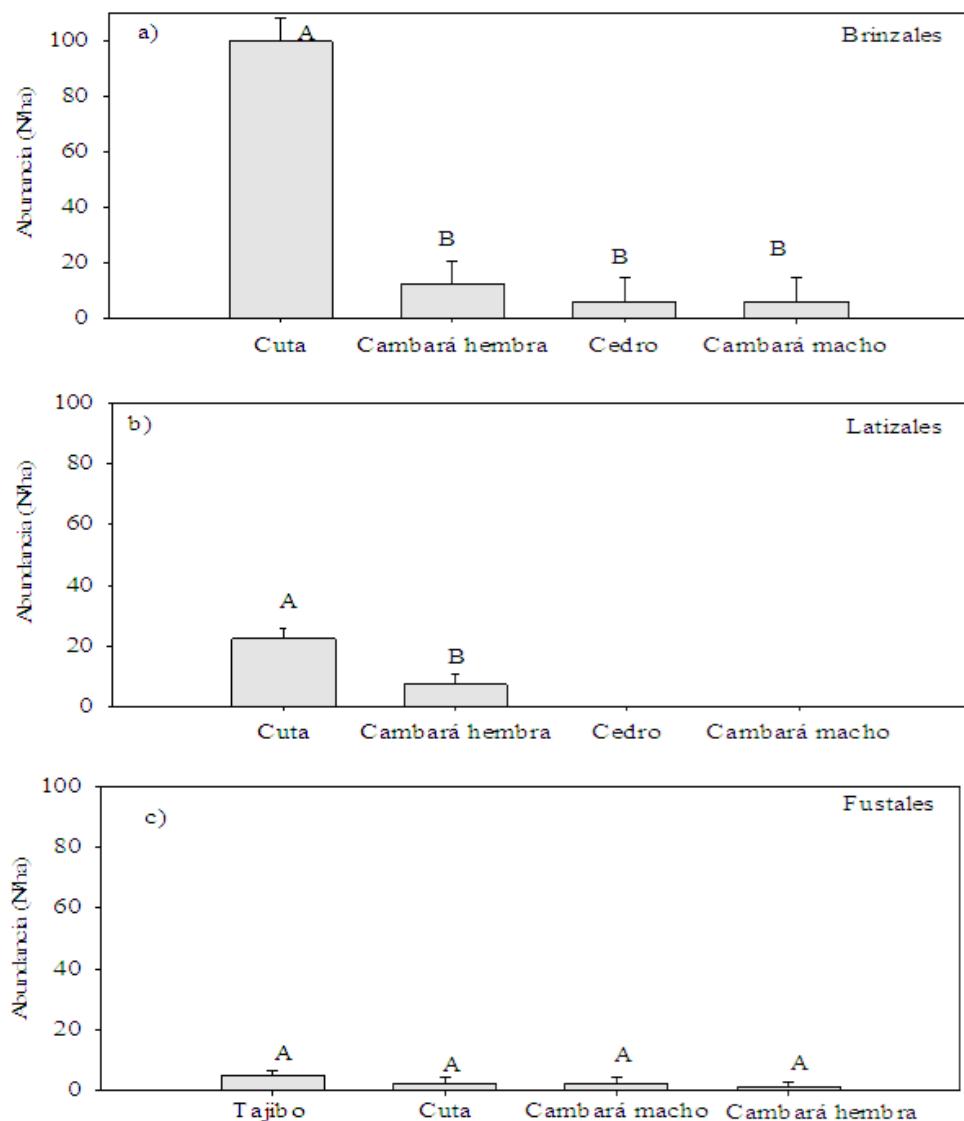
hembra con 13 ind/ha, teniendo una baja abundancia las especies Cedro y Cambará Macho con 6 ind/ha. Las especies Jichituriqui amarillo, Mara, Paquío, Roble, Tajibo y Verdolago no presentaron ningún individuo (Figura 5a). La prueba estadística de LSD Fisher confirmó que sí existe diferencia significativa entre especies ( $P < 0,0001$ ). La especie Cuta es la que mayor diferencia presenta, en comparación con las especies Cambará hembra, Cambará macho y Cedro que son similares estadísticamente (Figura 5b).

Para la categoría Latizales solo se registraron dos especies, Cuta (20 ind/ha) y Cambará hembra (8 ind/ha). Las especies Cedro, Cambará macho, Jichituriqui amarillo, Mara, Paquío, Roble, Tajibo y Verdolago no presentaron ningún individuo. La prueba estadística de LSD Fisher, confirmó que existe una diferencia significativa entre las especies ( $P < 0,0001$ ).

En la categoría Fustales el registro de individuos es mínimo, la especie que presentó mayor abundancia fue Tajibo con 5 ind/ha, seguido de las especies Cuta y Cambará macho con 3 ind/ha y Cambará hembra (1 ind/ha). La prueba estadística de LSD Fisher ( $P < 0,0001$ ), determinó que no existe diferencia significativa entre las especies, por lo tanto, son similares (Figura 5c).



**Figura 4.** Comparación de medias ( $\pm$  error estándar) de abundancia general de la regeneración natural para las especies en las categorías a) Brinzal, b) Latizal y c) Fustal. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas a un nivel de error de 5%. Comparación de medias realizada por el método LSD Fisher.



**Figura 5.** Promedio ( $\pm$  error estándar) de individuos de regeneración natural en Rodeos sin tratamiento por especie para las categorías a) Brinal, b) Latizal y c) Fustal. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas a un nivel de error de 5%. Comparación de medias realizada por el método LSD Fisher.

## Abundancia por especie de la Regeneración natural en Rodeos escarificados

En la categoría Brinzales la especie Cuta presentó mayor abundancia (146 ind/ha), seguido de la especie Cambará macho (88 ind/ha) y Cambará hembra (49 ind/ha). Para las especies Cedro, Jichituriqui amarillo, Mara, Paquío, Roble, Tajibo y Verdolago no se registró ningún individuo. La prueba estadística de LSD Fisher confirmó que existe diferencia significativa entre las especies ( $P < 0,0001$ ), la especie Cuta es la más abundante por lo que se diferencia de las demás que son similares estadísticamente (Figura 6a).

En la categoría Latizales, la especie Cuta es la que mayor abundancia presentó (39 ind/ha), seguido de las especies Paquío (12 ind/ha), Cambará hembra y Cambará macho (8 ind/ha). Las especies Cedro, Jichituriqui amarillo, Mara, Roble, Tajibo y Verdolago no registraron ningún individuo. La prueba estadística de LSD Fisher, determinó que existen diferencias significativas entre especies ( $P < 0,0001$ ), la especie Cuta es diferente significativamente a las otras especies Paquío, Cambará hembra y Cambará macho, siendo estas últimas estadísticamente similares (Figura 6b).

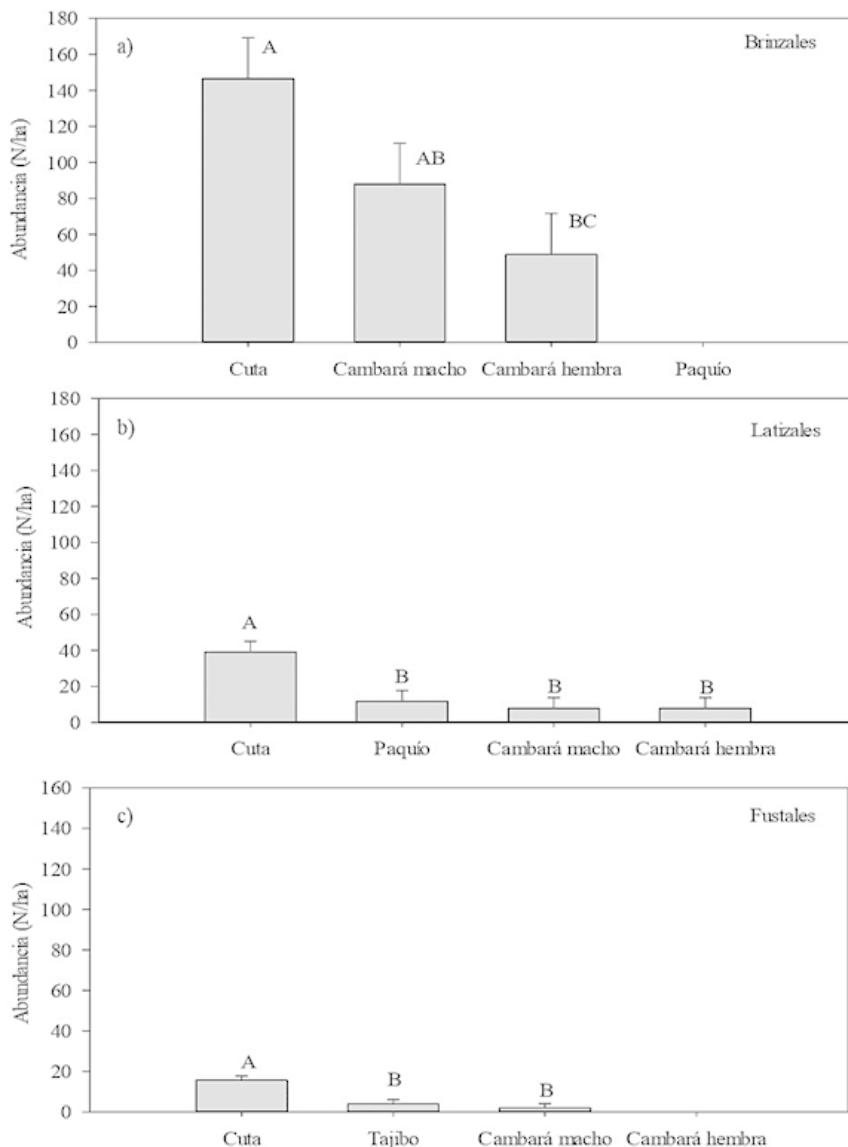
En la categoría Fustales la abundancia es mínima, la especie Cuta es la que mayor registro de individuos presentó (16 ind/ha), seguido de Tajibo (4 ind/ha) y Cambará macho (2 ind/ha). Las espe-

cies Cambará hembra, Cedro, Jichituriqui amarillo, Mara, Paquío, Roble y Verdolago no registraron ningún individuo. La prueba estadística de LSD Fisher, confirmó que existen diferencias significativas entre especies ( $P < 0,0001$ ), la especie Cuta es estadísticamente diferente a las otras especies Tajibo y Cambará macho que son similares (Figura 6c).

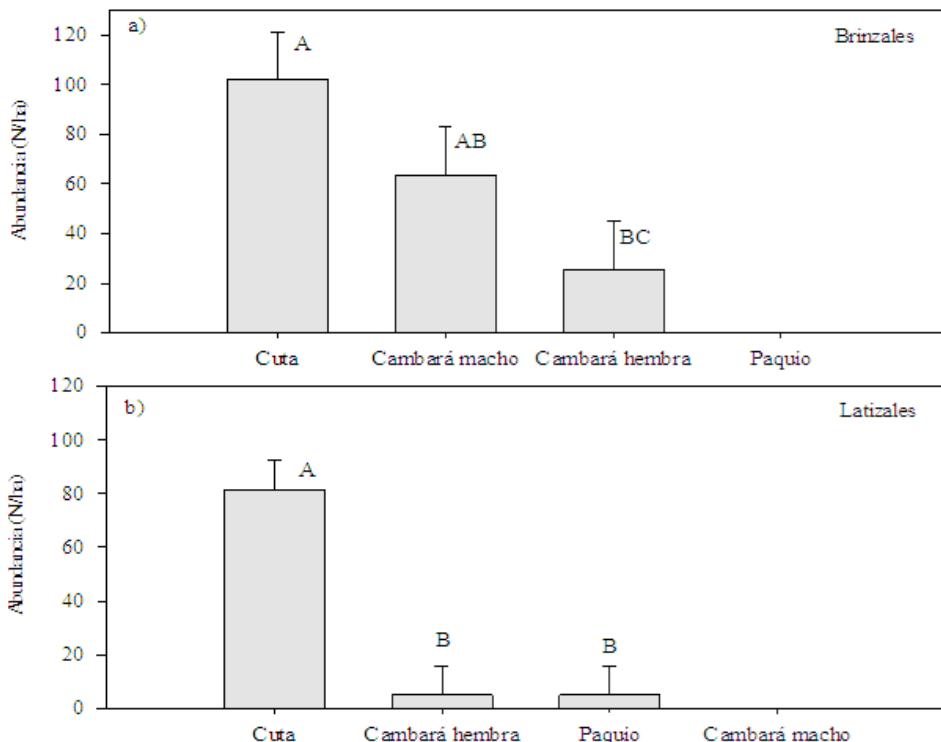
## Abundancia por especie de la regeneración natural en Rodeos con plantaciones

En la categoría Brinzales la especie Cuta es la que mayor abundancia presentó (102 ind/ha), seguido de las especies Cambará macho (64 ind/ha) y Cambará hembra (26 ind/ha), siendo ésta la que menor cantidad de individuos registró. Las especies Cedro, Jichituriqui amarillo, Mara, Paquío, Roble, Tajibo y Verdolago no registraron ningún individuo. La prueba estadística de LSD Fisher confirmó que existen diferencias entre especies ( $P < 0,0001$ ). La especie Cuta presentó la mayor abundancia, aunque es estadísticamente similar a Cambará macho pero superior a Cambará hembra (Figura 7a).

En la categoría Latizales, la especie Cuta fue la más abundante (82 ind/ha), seguido de Cambará hembra (5 ind/ha) y Paquío (5 ind/ha). Las especies Cambará macho, Cedro, Jichituriqui amarillo, Mara, Roble, Tajibo y Verdolago no registraron ningún individuo. La prueba estadística de LSD Fisher, se determinó que existen diferencias significativas entre especies



**Figura 6.** Promedio ( $\pm$  error estándar) de individuos de regeneración natural en Rodeos escarificados por especie para las categorías a) Brinal, b) Latizal y c) Fustal. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas a un nivel de error de 5%. Comparación de medias realizada por el método LSD Fisher.



**Figura 7.** Promedio ( $\pm$  error estándar) de individuos de regeneración natural en Rodeos con plantaciones por especie para las categorías a) Brinzal, b) Latizal. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas a un nivel de error de 5%. Comparación de medias realizada por el método LSD Fisher.

( $P < 0,0001$ ). La especie Cuta es diferente estadísticamente a las especies Paquí y Cambará hembra, siendo que estas dos últimas no presentan diferencias significativas (Figura 7b).

**Para la categoría Fustales** no se registró ningún individuo para las especies en este micrositio.

### Abundancia por especie de la regeneración natural en Caminos

Para la categoría de Brinzales se encontró que la mayor cantidad de individuos, la especie que presentó mayor abundancia fue Cuta (230 ind/ha), seguido de la especie Cambará macho (45 ind/ha), Cambará hembra (32 ind/ha). Las especies con

menor cantidad de individuos registrados fue Tajibo (19 ind/ha) y Cedro (6 ind/ha). Nótese que las especies Jichituriqui Amarillo, Mara, Paquío, Roble y Verdolago no registraron ningún individuo (Figura 8a). La prueba estadística de LSD Fisher confirmó que existe diferencia significativa entre especies ( $P < 0,0001$ ). La especie Cuta tiene la mayor abundancia, por lo que es diferente significativamente a las demás especies que son estadísticamente similares.

En la categoría Latizales se observó que la especie Cuta fue la que presentó mayor abundancia (46 ind/ha), seguido de la especie Tajibo (10 ind/ha) y Cambará macho (5 ind/ha), sin embargo, para las especies Cambará hembra y Cedro se evidenció una baja cantidad de individuos (3 ind/ha). Las especies Jichituriqui Amarillo, Mara, Paquío, Roble y Verdolago no registraron ningún individuo (Figura 8b). La prueba estadística de LSD Fisher confirmó que existe diferencia significativa entre especies ( $P < 0,0001$ ), la especie Cuta es la que mayor diferencia significativa presenta sobre las demás especies que son similares estadísticamente.

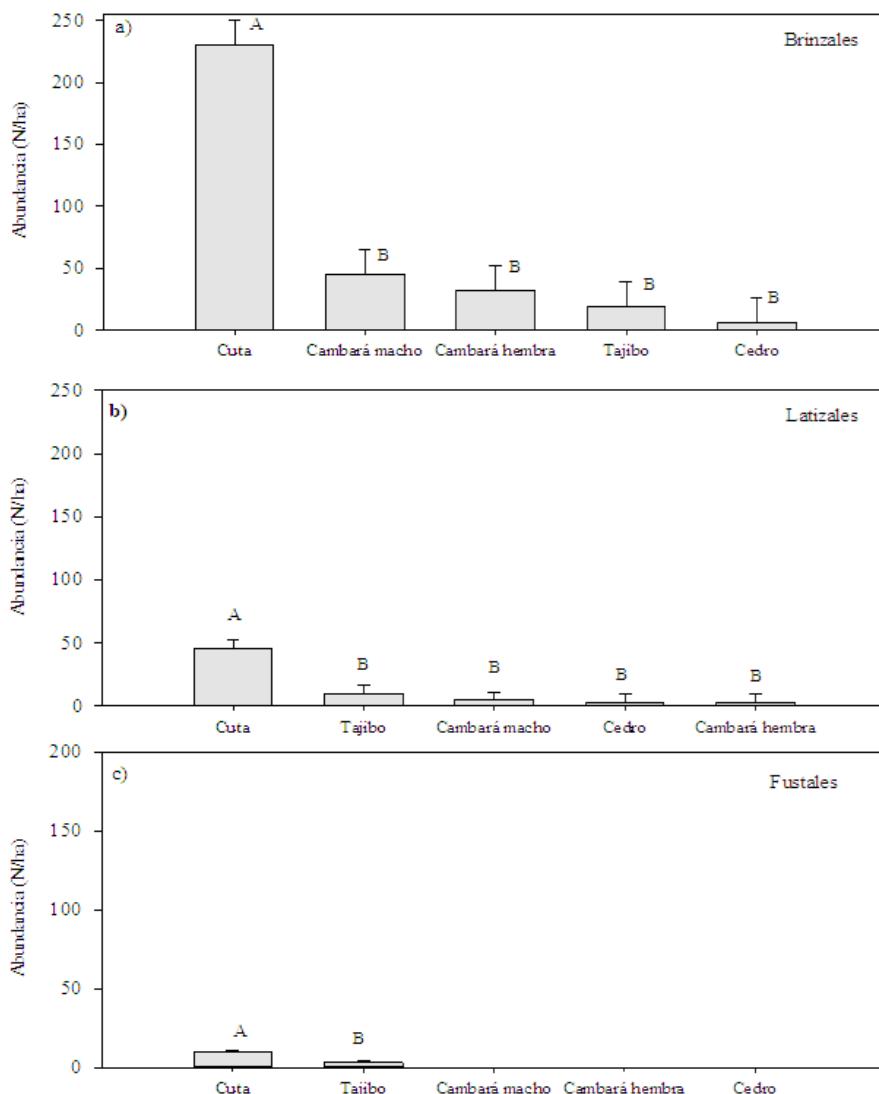
En la categoría Fustales se evidenció que existe muy poca cantidad de individuos, solamente se obtuvieron datos de dos especies Cuta (10 ind/ha) y Tajibo (3 ind/ha), para las especies Cambará hembra, Cambará macho, Cedro, Jichituriqui Amarillo, Mara, Paquío, Roble y Verdolago no se registró ningún individuo (Figura 8c). La prueba estadística de LSD Fisher de-

mostró que existe diferencia significativa entre las especies ( $P < 0,0001$ ), las especies Cuta y Tajibo son diferentes estadísticamente.

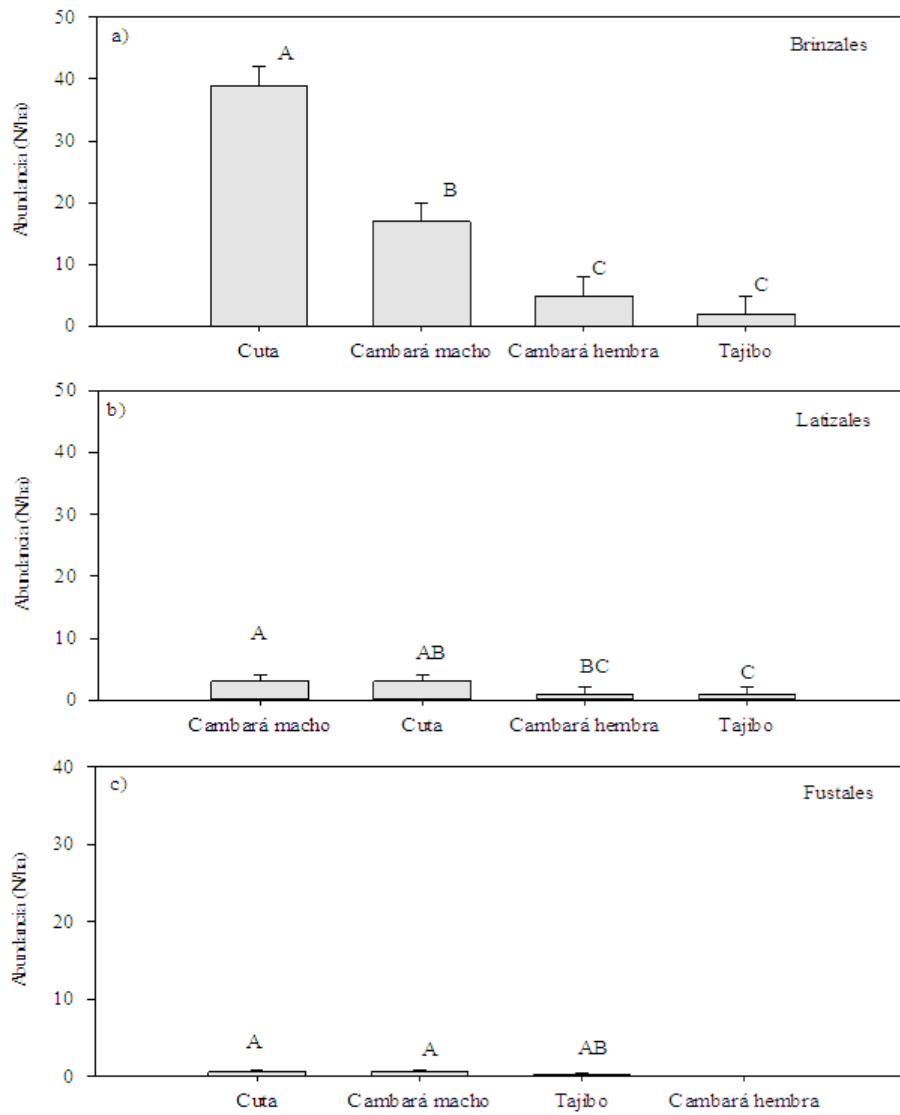
### **Abundancia por especie de la regeneración natural en Claros por aprovechamiento**

En la categoría brinzales se registró que la especie Cuta la más abundante (39 ind/ha), seguido de la especie Cambará macho (17 ind/ha), Cambará hembra (5 ind/ha), siendo la especie Tajibo la menos abundante para esta categoría (2 ind/ha). No se ha registrado ningún individuo para las especies Cedro, Jichituriqui Amarillo, Mara, Paquío, Roble, Tajibo y Verdolago (Figura 9a). La prueba estadística de LSD Fisher confirma que existe diferencias significativas entre especies ( $P < 0,0001$ ). La especie Cuta es la más abundante, siendo superior a Cambará macho que presentan diferencias significativas, en comparación con las especies Cambará hembra y Tajibo que son estadísticamente similares.

En la categoría Latizales, se evidenció una baja cantidad de individuos, siendo las especies Cuta y Cambará macho (3 ind/ha) las más abundantes, mientras que las especies Cambará hembra y Tajibo presentaron una abundancia mínima (1 ind/ha). Las especies Cedro, Jichituriqui Amarillo, Mara, Paquío, Roble y Verdolago no registraron ningún individuo (Figura 9b). La prueba estadística de LSD Fisher comprobó que existe diferencia significativa



**Figura 8.** Promedio ( $\pm$  error estándar) de individuos de regeneración natural en Caminos por especie para las categorías a) Brizal, b) Latizal c) Fustal. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas a un nivel de error de 5%. Comparación de medias realizada por el método LSD Fisher.



**Figura 9.** Promedio ( $\pm$  error estándar) de individuos de regeneración natural en Claros por apro-  
vechamiento por especie para las categorías a) Brinzal, b) Latizal c) Fustal. Letras diferentes  
indican diferencias estadísticamente significativas a un nivel de error de 5%. Comparación de  
medias realizada por el método LSD Fisher.

entre las especies, donde Cambará macho y Tajibo son las que mayor diferencia significativa presentan.

En la categoría Fustales la abundancia es casi inexistente, solo se registraron tres especies, Cuta (1 ind/ha), Cambará macho (1 ind/ha) y Tajibo (0,33 ind/ha). Las especies Cambará hembra, Cedro, Jichituriqui Amarillo, Mara, Paquío, Roble y Verdolago no registraron ningún individuo (Figura 9c). La prueba estadística de LSD Fisher, determinó que no existe diferencia significativa especies.

### **Abundancia por especie de la regeneración natural en Pistas de arrastre**

En la categoría Brinzales se observó que la especie Cuta es la más abundante (67 ind/ha), seguido de la especie Cambará macho (17 ind/ha), siendo las especies Cambará hembra y Cedro (3 ind/ha) las que menor abundancia registraron, nótese que para las especies Cedro, Paquío, Jichituriqui amarillo, Mara, Roble, Tajibo y Verdolago no se registró ningún individuo (Figura 10a). La prueba estadística de LSD Fisher, confirma que existe una diferencia significativa entre especies ( $P < 0,0001$ ). La especie Cuta es la más abundante, siendo la que mayor diferencia presentó, en comparación con las especies Cambará macho, Cedro y Cambará hembra que son estadísticamente similares.

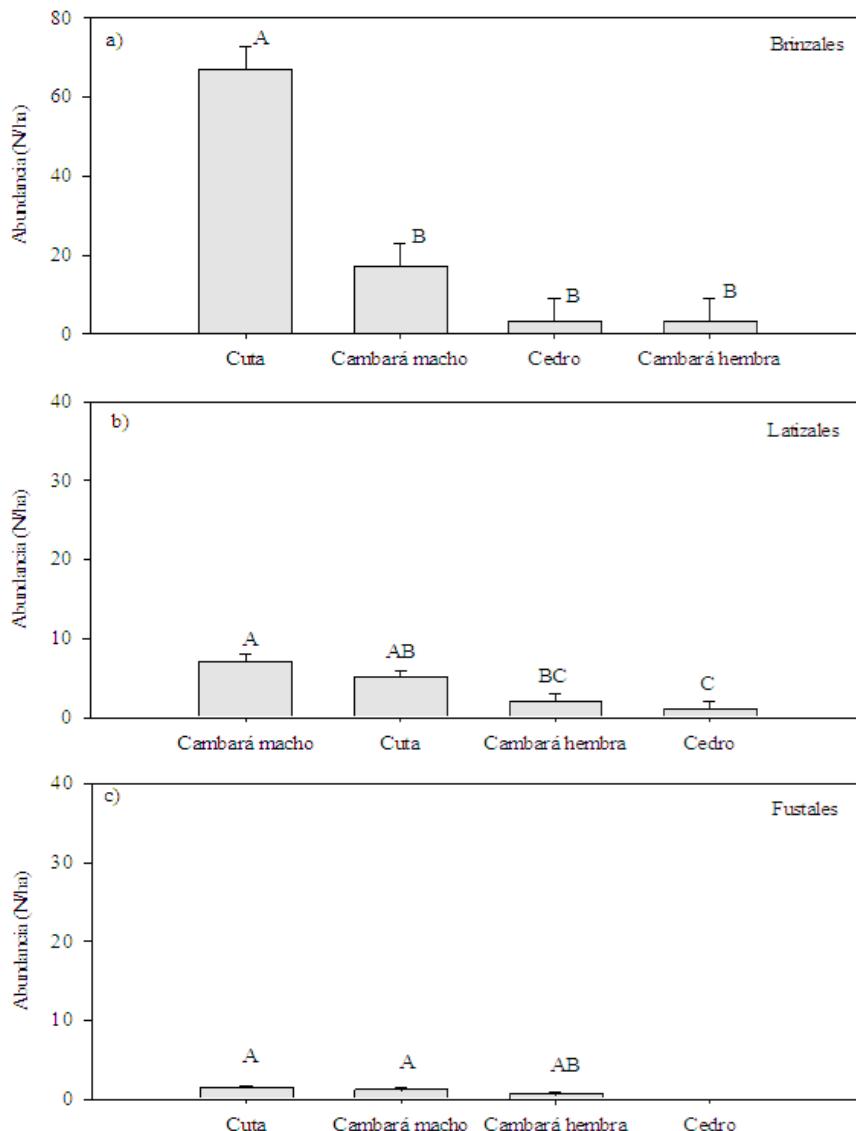
En la categoría Latizales la especie que mayor abundancia registró fue Cambará macho (7 ind/ha), seguido de la especie

Cuta (5 ind/ha) y Cambará hembra (2 ind/ha). La especie menos abundante fue Cedro (1 ind/ha), las demás especies Paquío, Jichituriqui amarillo, Mara, Roble, Tajibo y Verdolago no se registraron ningún individuo (Figura 10b). La prueba estadística de LSD Fisher, demuestra que existe diferencia significativa entre las especies ( $P < 0,0001$ ). Para la especie Cedro la abundancia es mínima por lo que estadísticamente es diferente a las demás especies que son similares.

En la categoría Fustales se evidenció la poca existencia de individuos, donde solo se registró abundancia de las especies Cuta (1 ind/ha), Cambará hembra (1 ind/ha) y Cambará macho (0,6 ind/ha), para las especies Cedro, Paquío, Jichituriqui Amarillo, Mara, Roble, Tajibo y Verdolago no se registró ningún individuo (Figura 10c). La prueba estadística de LSD Fisher confirma que existe diferencia significativa entre una especie ( $p < 0,0001$ ), Cambará hembra es la menos abundante para esta categoría, siendo que para las demás especies no existe diferencia significativa.

## **DISCUSIÓN**

En general, la regeneración natural de las especies valiosas en los bosques del país es baja (Pariona y Fredericksen 2000), aspecto coincidente con los hallazgos de esta investigación. Fredericksen y Mostacedo (2000b) encontraron que en los bosques tropicales de Bolivia la regeneración es deficiente para un 60% de las especies estudiadas, con problemas graves de re-



**Figura 10.** Promedio ( $\pm$  error estándar) de individuos de regeneración natural en Pistas de arrastre por especie para las categorías a) Brinzal, b) Latizal c) Fustal. Letras diferentes indican diferencias estadísticamente significativas a un nivel de error de 5%. Comparación de medias realizada por el método LSD Fisher.

generación de las especies de importancia económica. Las especies arbóreas comerciales de Bolivia no cuentan con una suficiente regeneración como para sustentar futuras cosechas. Existe renuencia para aplicar tratamientos que mejoren la regeneración debido a las utilidades de inversión en los ciclos de corta. No obstante, la regeneración debe asumirse como un costo de las operaciones forestales, si se desea que el manejo forestal sea verdaderamente sostenible (Fredericksen et al. 2001).

En el presente estudio se comprueba que existen dificultades de las especies en mantener su población en los tamaños más grandes (Latizales y Fustales), es decir pasar de sus tamaños pequeños de brinzales a fustales, donde la mayor parte de la luz de los brinzales más frecuente es lateral, lo que justifica tratamientos de liberación para el ingreso de luz vertical (Quevedo 2006). En general, los disturbios parecen favorecer el establecimiento y la supervivencia de los plantines (Boesen y Schitox 2013), de hecho, desde la perspectiva silvícola el aprovechamiento es el mayor tratamiento silvicultural (Manzanoero y Pinelo 2004).

En este estudio, el micrositio caminos en la categoría Brinzal es el que presenta mayor abundancia seguido de los Rodeos escarificados y con plantaciones, y menos en los rodeos sin ningún tratamiento probablemente debido a la compactación (Louman 2006, Louman et al. 2001). Por su parte, Severiche (2002) en su estudio de

evaluación de regeneración natural en caminos después de uno, dos y cuatro años, encontró que los caminos representan claros apropiados para el establecimiento de la regeneración natural, además que a más años después del aprovechamiento mayor es el reclutamiento para las categorías brinzales y latizales. Por su parte, Pinto et al. (2011) en su estudio de comparación de las áreas afectadas por el aprovechamiento en zonas intervenidas y en zonas no intervenidas, encontró que los disturbios ocasionados por el aprovechamiento intensifican la regeneración natural, encontrando que la mayor abundancia de individuos de especies valiosas para las categorías briznal y latizal se dio en las áreas provocadas por el aprovechamiento, especialmente en los rodeos debido a que son claros más grandes. De acuerdo con Hutchinson (1993), la apertura de dosel o formación de Claros son los tratamientos más importantes en la silvicultura ya que permite el ingreso de luz para los árboles jóvenes.

En este estudio, la especie Cuta es la que mayor cantidad de individuos presentó para todos los micrositios, obteniendo una respuesta positiva en regeneración natural. Villegas et al. (2008) mencionan que Cuta es una de las pocas especies que presenta buena regeneración natural en la zona después de dos años de aprovechamiento, sobre todo en las categorías brinzales y latizales, pero con escasa regeneración en la categoría fustales, muy similar a los resultados de este estudio. Moreno (2014), en el Plan General de

Manejo Forestal de la concesión CINMA & SAN MARTIN, considera que esta especie tiene regeneración natural regular, sobre todo en la categoría brinzal.

Para la especie Cambará macho la abundancia es más reducida para la categoría brinzales y latizales siendo que para la categoría fustales la regeneración natural es muy escasa, se encuentra preferentemente en los Rodeos escarificados y Caminos en la categoría brinzal, sin embargo, para las otras categorías latizal y fustal se registró muy pocos individuos, estando preferente en los claros por aprovechamiento y pistas de arrastre. En el Plan General de Manejo Forestal de la concesión CINMA & SAN MARTIN elaborado por Moreno (2014), se indica que esta especie presenta buena abundancia de regeneración natural sobre todo en la categoría Brinzal. Sin embargo, Villegas et al. (2008) menciona que la regeneración natural es baja, que es una especie con mayor frecuencia en claros y a orillas del camino, con alguna similitud con los resultados de este estudio, pero es una especie que crece más en zonas sin disturbios que en zonas aprovechadas (Toledo et al. 2007).

Cambará Hembra tiene una regeneración natural baja, siendo más abundante en la categoría Brinzal, sin embargo, en el Plan General de Manejo Forestal de la concesión CINMA & SAN MARTIN elaborado por Moreno (2014) determina que la regeneración natural de esta especie es buena, sobre todo en la categoría brinzal. De igual manera, Villegas et al. (2008) en-

contró que la regeneración natural de esta especie es media, fundamentalmente en áreas que han tenido pequeñas perturbaciones, donde los disturbios ocasionados por el aprovechamiento forestal intensivo reducen considerablemente la regeneración natural del cambará. Sin embargo, en claros y en su etapa inicial prefiere áreas poco perturbadas donde la luz no es directa y se desarrolla bajo la sombra de los árboles adultos.

Las especies Tajibo, Paquió y Cedro tuvieron una abundancia muy escasa, lo que es coincidente con los resultados del plan general de manejo forestal de la empresa elaborado por Moreno (2014), que presentan una regeneración natural también escasa, y que por su vez coincide con los hallazgos de Villegas et al. (2008) quienes encontraron que estas especies tienen una muy baja regeneración natural, por lo que deben ser monitoreadas, sobre todo Tajibo y Paquió que son consideradas comerciales.

Finalmente, las especies Mara, Jichitiríqui y Verdolago y Roble no registraron ningún individuo de regeneración natural, estuvieron totalmente ausentes, coincidente con los hallazgos del Plan General de Manejo Forestal, que considera a estas especies escasa.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones:

#### Respuesta a los Rodeos

Los micrositios Rodeos escarificados y con plantaciones presentan mayor abundancia que los rodeos sin ningún tratamiento, sobre todo para la categoría Brinzales, que son los que muestran mayor respuesta positiva para la regeneración natural. Sin embargo, la regeneración natural es mucho más reducida para los tres tipos de Rodeos para la categoría de tamaño Fustales, donde la abundancia es mínima, siendo que en los Rodeos con plantaciones no se registró ningún individuo.

#### Caminos

El micrositio Camino para la categoría Brinzales es el que más regeneración natural presentó de todos los micrositios evaluados, seguido de la categoría Latizales donde se observó que presenta una abundancia reducida. En la categoría Fustales la regeneración natural es escasa, evidenciando poco registro de individuos.

#### Pistas de arrastre

En las pistas de arrastre se observa una baja considerable de abundancia en las tres categorías, donde los Brinzales tuvie-

ron la mayor regeneración natural de los tres tamaños, seguido de las categorías Latizales y Fustales, por lo que este micrositio tiene problemas para la inducción de regeneración natural.

#### Claros por aprovechamiento

Este micrositio es el que menor regeneración natural registró para las tres categorías, teniendo más abundancia al igual que los otros micrositios en la categoría Brinzales. Para las otras categorías, Latizales y Fustales, se evidenció que la abundancia es mínima. Este micrositio al ser el más bajo en el registro de individuos, presenta grandes problemas de regeneración.

#### Abundancia de las especies

##### Especie que presenta abundancia

###### Cuta (*Apuleia leiocarpa*)

La especie Cuta muestra una respuesta positiva para todos los micrositios en la categoría brinal, en comparación con las otras especies, estando mayormente presente en los Caminos y Rodeos escarificados, siendo que para la categoría Latizal la abundancia para esta especie disminuye considerablemente para todos los micrositios, encontrándose preferentemente en los Rodeos con plantaciones. Sin embargo, para la categoría Fustal se observa poca existencia de individuos en todos los micrositios.

## **Especies con poca abundancia: Cambará macho (*Qualea paraensis*)**

La especie Cambará macho es menos abundante que la especie Cuta, estando mayormente presente en Rodeos escarificados y Caminos para la categoría Brinzal. Sin embargo, para las otras categorías Latizal y Fustal se evidenció una disminución de abundancia en todos los micrositios, sin registrar datos en los Rodeos sin tratamiento y plantaciones para la categoría Latizal.

## **Cambará hembra (*Erisma uncinatum*)**

Cambará hembra tiene presencia de regeneración natural baja después de la especie Cambará macho, siendo más abundante en la categoría brinzal, sobre todo en los Rodeos escarificados y Caminos. Para la categoría Latizal y Fustal se ha registrado muy poca cantidad de individuos.

## **Tajibo (*Handroanthus* sp.)**

Tajibo tiene una regeneración limitada, con menor abundancia en relación con las demás especies. Para los rodeos solo registró abundancia en los Rodeos escarificados y sin tratamiento en la categoría Fustal. Para los Caminos y Clarovs por aprovechamiento se evidenció en las tres categorías, con una cantidad aún más reducida de individuos y en Fustales casi inexistente.

## **Especies raras:**

### **Cedro (*Cedrela odorata*)**

La regeneración natural de Cedro es relativamente más escasa en comparación con las demás, su abundancia es mínima, estando presente solo en Rodeos sin tratamiento, Caminos y Pistas de arrastre. Para la categoría Brinzales ha tenido una abundancia baja, para los Latizales ha sido casi nula y en los Fustales no se registró ningún individuo.

### **Paquió (*Hymenaea courbaril*)**

Para esta especie la regeneración natural es casi inexistente, solamente se registró regeneración natural en los Rodeos escarificados y con plantaciones en la categoría Latizal, teniendo una abundancia mínima.

## **Especies con regeneración natural ausente:**

Las especies Jichituriqui amarillo, Mara, Roble y Verdolago, no presentaron ningún individuo. Evidentemente, al no existir regeneración natural, se pone en riesgo el aprovechamiento de las especies para el próximo turno de cosecha, por lo que se hace imprescindible prestar especial atención a estas especies.

## Recomendaciones:

Debido a la poca respuesta de la regeneración natural al aprovechamiento, es recomendable realizar tratamientos silviculturales, que aseguren el crecimiento de la regeneración natural, por lo que se recomienda lo siguiente:

- Prestar especial atención y aplicar prácticas de manejo y tratamientos silviculturales para las especies que tienen poca regeneración natural y que no responden a los actuales micrositios. Estas especies son: Roble, Paquió, Mara, Cedro, Jichituriqui y Verdolago.
- Mejorar el enriquecimiento en los Rodeos con plantaciones y hacer el respectivo mantenimiento de los plantines, sobre todo con aquellas especies ausentes de baja regeneración y de alto interés económico, especialmente de Roble, Paquió, Mara, Cedro, además de realizar un seguimiento y limpieza para evitar que la vegetación competitiva elimine a las plántulas.
- Escarificar los claros por aprovechamiento, pistas de arrastre y caminos para mejorar las condiciones del suelo e inducir al establecimiento de la regeneración natural (micrositios con menos abundancia), en concordancia con lo recomendado por Quevedo y Sabogal (2021), Mostacedo et al. (2009) y Fredericksen y Pariona (2001).
- Incrementar el número de árboles semi-

lleros para las especies con escasa o ausente regeneración natural para promover una mayor regeneración. En caso de que los árboles cosechables sean muy escasos, es recomendable no aprovechar la especie para que todos los árboles adultos sirvan como semilleros.

- Realizar tratamientos de liberación para favorecer a las especies para que promover su regeneración, especialmente para ayudarles en los tamaños de Latizal y Fustal, ya que se observa muy poca cantidad de individuos en estos tamaños.
- Ubicar en lo posible los rodeos cerca de árboles de especies valiosas en edad de producción de semillas, a efectos de crear condiciones para facilitar su colonización por esas especies con dificultad de regeneración, tales como Roble, Paquió, Cedro, Mara, Jichituriqui y Verdolago.
- Realizar un monitoreo continuo de la respuesta de las especies a los tratamientos silviculturales aplicados para conocer la respuesta de la regeneración natural y así ajustar los tratamientos en el tiempo.

## BIBLIOGRAFÍA

- Boesen, M., Schitoz, M. 2013. Regeneración de *Terminalia oblonga* (Ruiz & Pavón) Steudel: Especie maderable común del bosque húmedo tropical en la Chonta, Bolivia. Documento técnico 127. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Claros, A., Licona, J. 1995. Proyecto de Manejo Forestal Sostenible. Boletín BOLFOR 4: 11 – 12, Santa Cruz, Bolivia.
- Fredericksen, T., Mostacedo, B. 2000a. Diagnósticos Rápidos de la Regeneración Forestal. BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Fredericksen, T., Mostacedo, B. 2000b. Estado de regeneración de especies forestales importantes en Bolivia: Evaluación y recomendaciones, Documento Técnico 88. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Fredericksen, T., Pariona, W. 2001. Efectos de las Alteraciones causadas por "Skidders" en la Regeneración de Arboles Comerciales en Claros de Aprovechamiento en un Bosque Tropical de Bolivia, Documento Técnico 104. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Fredericksen, T., Contreras, F., Pariona, W. 2001. Guía de Silvicultura para Bosques Tropicales de Bolivia. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Hutchinson, I. 1993. Puntos de partida y muestreo diagnóstico para la silvicultura de bosques naturales del trópico húmedo. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Louman, B., Quirós, D., Nilsson, M. 2001. Silvicultura de bosques Latifoliados Húmedos con Énfasis en América Central. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Louman, B. 2006. Impacto ambiental del aprovechamiento. En: Orozco, L., Brumér, C., Quirós, D. Aprovechamiento de impacto reducido en bosques latifoliados húmedos tropicales. Serie técnica. Manual técnico 63. CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Manzanero M., Pinelo G. 2004. Plan Silvicultural en unidades de Manejo Forestal. WWF Proarc, Guatemala, Guatemala.
- Moreno, M. 2014. Plan general de manejo forestal reformulado, autorización transitoria especial (ex concesión) CINMA & SAN MARTIN" empresa CINMA LTDA. CINMA, Santa Cruz, Bolivia.
- Mostacedo, B., Villegas, Z., Licona, J., Alarcón, A., Villarroel, D., Peña-Claros, M., Fredericksen, T. 2009. Ecología y Silvicultura de los Principales Bosques Tropicales de Bolivia. Instituto Boliviano de Investigación Forestal, Santa Cruz, Bolivia.
- Pariona, W., Fredericksen, T. 2000. Regeneración natural y liberación de especies comerciales establecidas en claros de corta en dos tipos de bosques bolivianos. Documento técnico 97, Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Pinto, L., Quevedo, L., Arce, A. 2011. Efectos del aprovechamiento forestal

- sobre la regeneración natural en un bosque seco Chiquitano, Santa Cruz, Bolivia. CIMAR, Santa Cruz, Bolivia.
- Quevedo, L. 2006. Ecology and silviculture of long-lived pioneer timber species in a Bolivian tropical forest. PhD. Dissertation, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza -CATIE, Turrialba, Costa Rica.
- Quevedo, L. y Sabogal, C. 2021. Tratamientos silviculturales y prácticas de manejo forestal en la Amazonía boliviana. Carrera de Ing. Forestal (UAGRM), Santa Cruz, Bolivia.
- Rivas, C., Aguirre, C., Jiménez, P., Corral, R. 2005. Un análisis del efecto del aprovechamiento forestal sobre la diversidad estructural en el bosque mesófilo de montaña «El Cielo», Tamaulipas, México. Sistemas y Recursos Forestales, 14(2): 217 – 228.
- Severiche, W. 2002. Evaluación de la regeneración natural en caminos de extracción de la concesión forestal La Chonta, Guarayos. Tesis De Grado. Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno - UAGRM, Santa Cruz, Bolivia.
- Toledo, M., Fredericksen, T., Licona, J. Mostacedo, B. 2001. Impactos del aprovechamiento forestal en la flora de un bosque semideciduo pluvies-tacional de Bolivia. Documento Técnico 106. Proyecto BOLFOR, Santa Cruz, Bolivia.
- Toledo, M., Villegas, Z., Justiniano, J. 2007. Ecología y silvicultura de especies menos conocidas Cambará macho, Qualea paraensis Ducke, Vochyceacea. Proyecto BOLFOR. Instituto Boliviano de Investigación Forestal, Santa Cruz, Bolivia.
- Villegas, Z., Mostacedo, B., Toledo, M., Leaño, C., Licona, J., Alarcón, A., Vroomans, V., Peña-Claros, M. 2008. Ecología y manejo de los bosques de producción forestal del Bajo Paraguá, Bolivia. Instituto Boliviano de Investigación Forestal, Santa Cruz, Bolivia.

# Revista Forestal Tropical

## GUÍA PARA AUTORES

Los interesados en enviar trabajos para publicar en la Revista Forestal Tropical, deben tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- a) **Artículos científicos:** incluye aquellos manuscritos resultantes de investigaciones originales.
- b) **Ensayos o revisiones:** considera manuscritos que se dedican al examen y reflexión técnico-científico de carácter crítico sobre temas relacionados con los contenidos temáticos que pretende difundir y promover basado en bibliografía.
- c) **Notas técnicas:** incluye manuscritos cortos que reporten innovaciones, análisis coyunturales o investigaciones originales o novedades que no deberían incluirse en formato de artículo.
- d) **Documentos Técnicos:** Son manuscritos resultado de estudios técnicos específicos de investigación, reflexión o la búsqueda de evidencias de un fenómeno relacionado al sector forestal y que su análisis e interpretación resulte en elementos importantes para contribuir a la reactivación del sector forestal.

### Conflictos de interés

La Revista Forestal Tropical recomienda a los autores prevenir cualquier conflicto de interés y comunicar al Editor en Jefe sobre la ausencia o presencia de conflicto de interés, por ejemplo entre autores y cualquier entidad pública o privada, que pudiera derivarse en algún potencial conflicto de intereses. En caso de existir conflicto de interés, la revista recomienda abstenerse o no realizar el envío de su manuscrito. No obstante, la revista aplica mecanismos internos de resguardo y cautela para evitar conflictos de interés que afecten a la objetividad en todo el proceso editorial y que involucren al Comité Editorial y a los revisores anónimos invitados en el proceso de revisión o arbitraje.

### Formato general

#### Texto

El manuscrito completo debe ser escrito en letra tamaño 12 y utilizando estilo Times New Román, hoja tamaño carta (21 x 28 cm), interlineado 1,5, y todo el texto debe estar justificado (alineado) a la izquierda.

El manuscrito debe ser referido en función al Sistema Internacional de Unidades (SI), tanto en las unidades base, derivadas y suplementarias. Es decir, para la indicación de medidas o distancias se debe utilizar el sistema métrico: milímetros (mm, 0,001 m), centímetros (cm, 0,01 m), metros (m), kilómetros (1000 m). Las unidades de masa deben redactarse en el sistema internacional: miligramos (mg, 0,001 o  $10^{-3}$ ), gramos (g), kilogramos (kg, 1000 g), megagramos o toneladas (Mg,  $10^6$ ), gigagramos (Gg,  $10^9$ ), teragramos (Tg,  $10^{12}$ ), pentagramos (Pg,  $10^{15}$ ), exagramos (Eg,  $10^{18}$ ), zettagramos (Zg,  $10^{21}$ ), yottagramos (Yg,  $10^{24}$ ). No obstante, puede considerarse como válido, el uso de la caja y/o barrica en el caso de castaña, siempre y cuando esté acompañado con un anexo de equivalencia en el sistema internacional.

Para las unidades de volumen se debe utilizar el sistema internacional. No obstante, para fines prácticos y de utilidad nacional, se puede considerar el uso del pie tabular (pt). Asimismo, debe estar acompañado con un anexo de equivalencia en el sistema internacional.

Para escribir los valores numéricos, se deben utilizar los números arábigos. Los valores o número con decimales deben ser separados por coma (ej. 25,6), no utilice puntos para separar enteros de decimales. Los valores numéricos que solo contienen parte decimal deben escribirse con un cero, que es indicativo de que

no tienen parte entera; a continuación se escribe la coma (marcador decimal) y enseguida la parte decimal. No debe suprimirse el cero y no debe indicarse la parte decimal colocando solamente la coma a la izquierda del valor numérico.

Para facilitar la lectura de los valores numéricos, se recomienda escribirlos separados en grupos de tres cifras contados a partir de la coma decimal hacia la izquierda y derecha, separados mediante un espacio en blanco. Este puede omitirse si la parte entera o decimal del valor numérico no tiene más de cuatro cifras o cuando se expresan años como parte de una fecha o no. Cuando se escriban valores numéricos en columnas, la coma decimal debe estar alineada en una sola columna. Asimismo, cuando se escriben valores numéricos en serie, estos deben separarse entre sí con punto y coma, seguido de un espacio.

El valor numérico siempre precede a la unidad de medida (m,  $m^2$ ,  $m^3$ ; g, kg, Mg) y está separado de ella por un espacio, a excepción de los grados, minutos y segundos de los ángulos planos, en que no se deja espacio. El sistema de coordenadas debe ser el sistema geográfico (Ej:  $62^{\circ}25'16''S$ ,  $15^{\circ}03'18''O$ ). No obstante, en algunos casos por su aplicabilidad se acepta el sistema transverso de mercator (UTM). Designe el tiempo de reloj en el sistema 24 horas y escríbalo como 06:30 Hrs. o 20:00 Hrs. En el caso de listados de especies, todos los nombres

científicos deberán ser resaltados (italíca o negrilla) siempre y escritos con sus respectivos autores, por lo menos la primera vez que se escriba en el texto, y se deberá citar el sistema de clasificación taxonómica utilizado (ej. APG III).

## Cuadros y Figuras

Las leyendas de cuadros y figuras deben escribirse al final del manuscrito, en una página separada indicando como título: Lista de Figuras, y Lista de Cuadros. Cada cuadro y figura deberá ser numerada en números arábigos. No se debe utilizar abreviaciones para citar las figuras y cuadros en el texto. Los archivos de ilustraciones, gráficos, mapas y fotografías deben ser enviados en formato JPG, PNG o TIFF con una resolución superior a 300 dpi, cada uno con su nombre correspondiente (Ej. Figura 1). En el caso de cuadros, estos deberán ser enviados en formato Excel. Se entiende por Figuras a cualquier representación gráfica: figuras con síntesis de resultados, fotos, mapas, dibujos, esquemas, etc.

## Idioma

La revista acepta trabajos redactados en español, inglés y portugués. Manuscritos en inglés deberán incluir resúmenes en español. Manuscritos en español o portugués deberán incluir resumen en inglés.

A continuación indicamos el contenido

para los principales tipos de trabajos que la revista acepta para su publicación:

## 1. ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

Los manuscritos para artículos científicos, no deben exceder las 30 páginas incluyendo cuadros y figuras y deben contener las siguientes partes:

### Título

Deberá ser conciso y suficientemente descriptivo del trabajo desarrollado. Es decir, específico, ni corto ni largo, evitando palabras superfluas "Estudios sobre", "Investigaciones sobre", "Observaciones acerca de". Debe presentarse en forma de etiqueta, no como una oración gramatical. Además, se recomienda evitar las abreviaturas, las fórmulas químicas y los nombres patentados. El título debe estar en español y en inglés. Manuscritos en portugués, deberán incluir el título también en español e inglés.

### Autor(es) e institución(es)

A continuación del título se escribirá el nombre del/los autores, haciendo uso de superíndices numéricos para los datos respectivos. Posteriormente, se deberá colocar la dirección institucional de cada uno del/los autores. Así también, se debe hacer referencia al correo electrónico del autor de correspondencia, si el autor de correspondencia no es el primero de la

lista, denote a este precediendo su nombre con un asterisco.

Alejandro Araujo-Murakami<sup>1</sup>

Alejandro Araujo-Murakami<sup>1</sup> y Eduardo Sandoval<sup>2</sup>

Alejandro Araujo-Murakami<sup>1</sup>, Eduardo Sandoval<sup>2</sup> y Edgar Ponce<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Museo de Historia Natural Noel Kempff Mercado, Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno, Av. Irala 565, Casilla 2489, Santa Cruz, Bolivia, Email: araujomurakami@yahoo.com

<sup>2</sup>Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Carrera de Ingeniería Forestal, Universidad Autónoma Gabriel Rene Moreno, Campus Universitario El Vallecito, Av. C. Redentor Km 8, Santa Cruz, Bolivia.

## Resumen/Abstract

Todos los manuscritos deben tener un resumen/abstract de no más de 350 palabras (español – inglés; portugués – español). Debe redactarse en pretérito y funcionar de manera autónoma. No debe tener puntos aparte. Asimismo, no debe contener citas ni referencias bibliográficas. Además, no debe incluirse información o conclusión que no está en el artículo. De manera resumida se debe escribir la introducción, los objetivos, métodos, resultados y conclusiones principales del estudio y su incidencia o contribución hacia algún tema o asunto más general.

## Palabras Clave/Key Words

Esta sección debe tener no más de 5 palabras clave, y deberán ser escritos en español e inglés. Las palabras utilizadas deberán ser diferentes a las utilizadas en el título del trabajo y deberán ser ordenadas alfabéticamente. Las palabras claves van en orden de importancia de lo más específico hacia lo más general.

## Introducción

El objetivo de esta sección es motivar al lector para que lea todo el trabajo. Por lo tanto, la introducción debe responder a la pregunta del porqué se ha realizado el trabajo? Describir el interés que el artículo tiene en el contexto científico del momento, los trabajos previos que se han hecho sobre el tema y qué aspectos son controversiales. Debe demostrar claramente el vacío que estará llenando con el manuscrito. La introducción generalmente debe terminar con la presentación de la pregunta de investigación, la hipótesis y/o los objetivos. Es decir, en esta sección debe incluir los antecedentes y la importancia del tema central del estudio; la problemática, los objetivos, las preguntas y/o las hipótesis de la investigación. En cualquier caso, se recomienda que la introducción sea breve, concisa y escrita en presente en lo que respecta al problema planteado, y antepresente indicativo para los hechos repetidos o proseguidos desde el pasado al presente; de preferencia No debe tener más de 600 palabras.

## Métodos

La metodología debe ser reproducible, de ahí la importancia de la claridad con que se exponga. Si el método es conocido sólo mencione y refiera (cita bibliográfica). Si es nuevo o si es un método conocido que ha modificado, explique detalladamente. Esta sección debe ser escrita en pretérito o pasado, e incluir como partes principales: El área de estudio, diseño de estudio, toma de datos y análisis de datos.

- El área de estudio se debe indicar explícitamente y/o describir el lugar del estudio. Si amerita, se debe incluir los siguientes: La ubicación geográfica y la altitud de los sitios de estudio, si es oportuno se debe incluir un mapa de ubicación. También, se debe caracterizar el sitio, comunidad, especie, población y/u objeto de estudio, según corresponda.
- En el diseño de estudio, se debe explicar el diseño de muestreo utilizado, el tipo de muestra, los factores tomados en cuenta y sus réplicas, de tal manera que muestre su representatividad.
- En la toma de datos, se debe explicar las variables, tomadas en cuenta en el estudio; también, es importante detallar las técnicas, las unidades, los aparatos y la tecnología utilizada.
- En análisis de datos, se debe explicar los tipos de análisis realizados, sean estos descriptivos, de inferencia o de relación. Las formulas deben ser colocadas o referidas en esta sección. En caso de haberse usado software no convencio-

nales, estos deben ser mencionados.

## Resultados

En esta sección se debe reportar los hallazgos y/o nuevos conocimientos, en concreto los resultados, de forma directa y concisa. Se recomienda evitar la verborrea y no describir los métodos de nuevo, ni trate de justificar y discutir nada. Aunque esta sección es la más importante, generalmente es la más corta. Generalmente, los resultados se describen o redactan en tiempo pasado o pretérito.

En los resultados generalmente se incluyen las tablas y figuras que, por sí solas, deben poder expresar claramente los resultados del estudio. Todas las tablas, figuras y anexos se deben citar en el texto del artículo, comentando los datos más relevantes, de manera que sea posible comprender lo más importante de los resultados, sin que sea imprescindible consultarlos y evitando la redundancia.

## Discusión

En esta sección es donde se debe demostrar el sentido de los datos o resultados encontrados. Ya sea contrastando, comparando o relacionándolo con la teoría, datos e información conocida y exponiendo las consecuencias teóricas de su trabajo; y/o exponiendo las posibles aplicaciones prácticas de su trabajo. Escribir la discusión en tiempo presente (estos datos indican que....), porque los hallazgos del trabajo se consideran ya

evidencia científica. Cuando sea necesario redacte en antepresente indicativo.

Se recomienda no repetir la presentación de resultados en forma general. Sacar a la luz y comentar claramente, en lugar de ocultarlos, los resultados anómalos, dándoles una explicación lo más coherente posible o simplemente diciendo que esto es lo que se ha encontrado, aunque por el momento no se vea explicación.

En esta sección se debe hacer una interpretación de los resultados. También se puede hacer una comparación de los resultados encontrados con resultados encontrados por otros autores, o analizando las causas probables de porqué su resultado fue de esa manera. La discusión también puede ser comparando resultados encontrados en el mismo estudio. También, se puede discutir o identificar errores o aciertos metodológicos.

## Conclusiones

La conclusión debe estar en directa relación con algo que se admitió, propuso o evidenció anteriormente en la introducción y el desarrollo del texto. Así, en la conclusión se reitera la idea que se abordó en el trabajo; se da respuesta a las preguntas iniciales o se llega al cumplimiento de los objetivos presentados a la luz de lo elaborado en el desarrollo del tema. De preferencia, esta sección debe

ser corta y concisa. Se debe dar énfasis a la interpretación de sus resultados y la importancia y alcances de su investigación. Se concluye brevemente las implicaciones de resultados claves hacia grandes paradigmas forestales y/o también a temas actuales globales como por ejemplo cambio climático, economía forestal etc.

## Agradecimientos

Los agradecimientos deben ser breves. Estos pueden ser para agradecer a los financiadores, a revisores del manuscrito previo a la presentación a la revista, o a los responsables de los sitios de estudio. Es importante también colocar en agradecimientos el apoyo de algún colega experto externo quien apoyó por ejemplo en la identificación de especies o análisis estadístico.

## Literatura Citada

La literatura citada debe escribir según el protocolo establecido en esta guía, la cual se encuentra en la parte inferior de este documento.

## 2. NOTAS TÉCNICAS

Las notas técnicas o comunicaciones cortas no incluyen resúmenes, tampoco siguen la estructura formal de un artículo científico. El tamaño no debe exceder de 2.000 palabras (fuera de figuras y cuadros), de lo contrario se requerirá que el

trabajo sea estructurado como artículo científico. Su organización debe estar compuesta por:

- Título,
- Autor(es) y dirección(es),
- Palabras clave,
- Cuerpo de la nota o comunicación,
- Conclusiones,
- Agradecimientos.
- Literatura Citada.

Ejemplos para este tipo de trabajos pueden ser preceptos silviculturales, preceptos legales, descripciones de especies económicamente importantes, reporte de la presencia de especies invasoras, descripciones tecnológicas, reportes de usos maderables y no maderables, reportes tecnológicos novedosos, reportes biogeográficos novedosos, revisiones nomenclaturales en el uso literal de nombres científicos, etc. El trabajo no debe exceder a las 2.000 palabras, de lo contrario se requerirá que el trabajo sea estructurado como artículo científico.

### **3. ENSAYOS O REVISIONES**

Los ensayos son estudios basados en la bibliografía sobre un tema en particular. El tamaño no debe exceder las 5.000 palabras. La estructura debe ser como sigue:

- Título
- Resumen
- Palabras clave
- Introducción (tal como se especifi-

ca para los artículos científicos, que debe incluir objetivos del ensayo o revisión)

- Cuerpo del ensayo o revisión.- En esta sección se debe colocar todo el análisis de la bibliografía, el cual puede de estar dividido con subtítulos, dependiendo de la amplitud del análisis
- Conclusiones
- Literatura Citada

### **4. DOCUMENTOS TÉCNICOS**

Los Documentos Técnicos son trabajos que contienen información extensa sobre temas relevantes al sector forestal-ambiental, ya sea en lo académico, institucional, político, social o productivo. Se dará particular prioridad a aquellos manuscritos técnicos que proporcionen información y datos relevantes a las discusiones actuales para reactivar el sector forestal en Bolivia. Aquí pueden ser publicados trabajos procedentes de proyectos, consultorías, organizaciones públicas, u otras, que deseen publicar dicha información con la autoría institucional según corresponda. Los trabajos no deben exceder las 100 páginas, incluyendo figuras y cuadros. Su organización debe estar compuesta por:

- Título,
- Autor(es) y dirección(es),
- Afiliaciones, nombre de institución ejecutora, nombre de financiadores
- Palabras clave,
- Resumen Ejecutivo (1-3 páginas)
- Un recuadro de máximo 300 palabras

- interpretando las implicaciones de los resultados que contribuyan a la reactivación del sector forestal
- Cuerpo del documento estructurado según criterio del autor o autores
  - Agradecimientos
  - Literatura citada

Los Documentos Técnicos serán publicados como otra serie de la revista, conteniendo exclusivamente este tipo de documentos.

## 5. CITAS BIBLIOGRÁFICAS

Para las citas en el texto, al final de una oración se debe escribir el nombre del autor y luego el año (Flores 2001). Para citas del Autor dentro de la oración, el año debe estar entre paréntesis: Flores (2001) indica que. Para trabajos de dos autores, ambos deben ser incluidos: (Flores y Díaz 2001). Para trabajos de más de dos autores escriba el primer autor seguido de *et al.* (Flores *et al.*, 2001) o Flores *et al.* (2001), según corresponda. Cuando deban citarse numerosos autores al final de un párrafo ordene las citas en orden cronológico de la siguiente manera: (Archer 1976, Reig *et al.* 1987, Springer *et al.* 1994, Kirsch *et al.* 1995, Patton *et al.* 1996, Jansa y Voss 2000).

Si las citas son parte de la oración, entonces debería ser así: Archer (1976), Reig *et al.* (1987), Springer *et al.* (1994), Kirsch *et al.* (1995), Patton *et al.* (1996) y

Jansa y Voss (2000), indican que ...

## 6. LITERATURA CITADA

En la sección de literatura citada se debe escribir las referencias tomando en cuenta los tipos de documentos:

### Artículo científico

Autor (es). Año. Título del artículo. Nombre de la revista científica Volumen (número): intervalo de páginas.

Araujo-Murakami, A. 2019. Barbascos y curare en Bolivia. *Kempffiana* 15: 3-13.

Araujo-Murakami, A.; Villarroel, D.; Pardo, G.; Vos, V.A.; Parada, G.A.; Arroyo, L. y Killeen, T.J. 2015. Diversidad arbórea de los bosques de tierra firme de la Amazonía boliviana. *Kempffiana* 11(1): 1-28

### Artículo científico con DOI (Digital Object Identifier)

Autor (es). Año. Título del artículo. Nombre de la revista científica. Volumen. DOI.

Soriano, M.; Mohren, F.; Ascarrunz, N.; Dressler, W. and Peña-Claros, M. 2017. Socio-ecological costs of Amazon nut and timber production at community household forests in the Bolivian Amazon. *PLoS ONE* 12, e0170594. doi:10.1371/journal.pone.0170594

journal.pone.0170594.

### **Libro**

Autor(es). Año. Título del libro. Nº de edición (en caso que sea más de la segunda edición). Editorial. Ciudad, País. Número total de páginas.

Araujo-Murakami, A. 2012. Manual de campo para inventarios florísticos y colectas botánicas de plantas vasculares. Editorial Académica Española. Saarbrücken, Alemania, 68 pp.

Hanley, N.; Shogren, J.F. y White, B. 1997. Environmental economics in theory and practice. Oxford University Press. New York. USA. 464 pp.

### **Libro editado**

Editor (es). Año. Título del libro editado. Editorial. Ciudad, País. Número total de páginas.

Moraes, R. M.; Øllgaard, B; Kvist L. P.; Borchsenius, F. y Balslev, H. (Eds.). 2006. Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, Plural Editores, La Paz, Bolivia. 557 pp.

Sano, S. M.; Almeida, S. P. y Ribeiro, J.F. (Eds). 2008. Cerrado: Ecología e Flora. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, Brasil. 1279 pp.

### **Capítulo en libro editado**

Autor(es) del capítulo. Año. Título del capítulo. Intervalo de páginas. En: Editor(es). Título del libro editado. Editorial. Ciudad, País.

Araujo-Murakami, A. y Zenteno, F. S. 2006. Bosques de los Andes orientales de Bolivia y sus especies útiles. P. 188-204. En: Moraes, R.M., Øllgaard, B.; Kvist, L.P.; Borchsenius, F. y Balslev, H. (Eds.). Botánica Económica de los Andes Centrales. Universidad Mayor de San Andrés, Plural Editores, La Paz, Bolivia.

Ribeiro, J. F y Walter, B. M. T. 2008. As principais fitofisionomias do bio-ama Cerrado. Pp. 150-211. En: Sano, S.M.; Almeida, S.P. y Ribeiro, J.F. (Eds). Cerrado: Ecología e Flora. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, DF, Brasil.

### **Tesis**

Autor. Año. Título de la tesis. Tipo de tesis. Universidad. Ciudad, País. Número total de páginas.

Bsilia, DF., Brasil. 100 pp.

### **Documento técnico**

Autor(es). Año. Título del informe técnico. Número de documento técnico. Ciudad, País. Número total de páginas.

Balcázar, J. y Montero, J.C. 2002. Estructura y composición florística de los bosques en el sector de Pando-Informe II. Documento técnico Nro. 108/2002. BOLFOR, Santa Cruz. 42 pp.

### **Libro o documento técnico Online**

Autor(es). Año. Título del libro. Editorial. Ciudad, País. Número total de páginas. Recuperado de: <http://.....>

Jack, D. 1999. La certificación y el manejo forestal sostenible en Bolivia. Documento Técnico 79/1999. USAID/Bolivia. Santa Cruz, Bolivia, 44pp. Recuperado de [http://www.columbia.edu/~dj2183/bolivia\\_espanol.pdf](http://www.columbia.edu/~dj2183/bolivia_espanol.pdf). Accedido el 9/05/2019.

### **Comunicaciones personales**

En caso de comunicaciones personales, debe escribirse entre paréntesis (Comunicación personal)<sup>1</sup> y al pie de página debe indicarse el nombre completo y cargo del informante.

### **Otras publicaciones**

Para otro tipo de publicaciones que no se describen en estas instrucciones, deben ser escritos según lo establecido en las normas APA última edición.

## **ENVÍO DE MANUSCRITOS**

Los manuscritos, solamente en versión electrónica, deben ser enviados al Editor en Jefe, al siguiente correo electrónico: rtf@uagrm.edu.bo. El Editor en Jefe acusará recibo inmediatamente recibido el archivo y en un plazo de siete días, comunicará oficialmente si el documento califica o no para revisión y posterior publicación en la Revista. Los trabajos que no sigan estrictamente las instrucciones para autores serán rechazados en la primera fase por el Editor en Jefe, antes de iniciar el proceso de revisión.

