

Universidad Nacional  
Facultad de la Ciencias de La Tierra y el Mar  
Escuela de Ciencias Ambientales

**Manejo de la densidad en *Guadua angustifolia* Kunth en las Plantaciones del  
Proyecto Hidroeléctrico Arenal, Costa Rica**

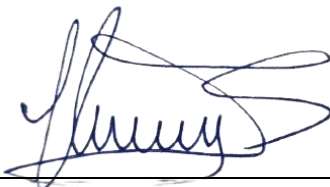
Trabajo final de graduación modalidad artículo científico presentada para optar al grado de  
Licenciatura en Manejo Forestal

Raquel Abigail Cañas Landaverde

Enero, 2023

Trabajo de graduación aprobado por el Tribunal Examinador de la Escuela de Ciencias Ambientales de la Universidad Nacional de Costa Rica, para optar al grado de Licenciatura en Ingeniería en Ciencias Forestales con énfasis en Manejo Forestal.

**Miembros del Tribunal Examinador**



---

MSc. Henry Mauricio Sánchez Toruño  
Facultad de la Ciencias de la Tierra y El mar  
Representante

---

MGCI. Nancy Zamora Cervantes  
Escuela de Ciencias Ambientales  
Representante

---

Marilyn Rojas Vargas  
MSc. Manejo de Plantaciones  
Universidad Nacional de Costa Rica  
Tutora



---

Eugenia González Castrillón  
PhD. Gestión Ambiental  
Universidad Nacional de Colombia  
Lectora



---

Andrés Arguedas Chaverri  
Lic. Ingeniería Forestal  
Lector

---

Raquel Abigail Cañas Landaverde  
Postulante

# Manejo de la densidad en *Guadua angustifolia* Kunth en las plantaciones del proyecto hidroeléctrico Arenal, Costa Rica

## Density management of *Guadua angustifolia* Kunth in the plantations of the Arenal hydroelectric project Costa Rica

Raquel Abigail Cañas Landaverde

### Resumen

**[Introducción]:** Actualmente en la literatura existe poca información concluyente sobre el manejo de la densidad de plantaciones adultas de bambú y, más aún, sin manejo silvicultural. En el presente estudio se realizó un ensayo en las plantaciones de *Guadua angustifolia* ubicadas en la zona de amortiguamiento de la Represa Hidroeléctrica Arenal, propiedad del Instituto Costarricense de Electricidad (ICE), establecidas en 1989. **[Objetivo]:** Con el objetivo de generar lineamientos para el manejo de la densidad en plantaciones de *Guadua angustifolia*, a partir de la aplicación de tres intensidades de raleo 30%, 40% y 50% en cañas en estado de desarrollos maduras. **[Metodología]:** El ensayo consistió en la instalación de cinco bloques completos al azar cada uno contenía parcelas de 64 m<sup>2</sup>, en estos se realizaron limpieza de saneamiento para posteriormente aplicar la intensidad de raleo (30%, 40 %, 50 % o 0 %) asignada según el área basal, se recolectaron datos de estado de desarrollo, DAP y cantidad de brotes. **[Resultados]:** se obtuvo que los porcentajes 30 % y 0 % obtuvieron mayor cantidad de rebrotes; en los tratamientos de 30% y 50% se aumentó el nivel de productividad en el área basal para los individuos de interés comercial, además se identificaron patógenos que afectan la calidad de las cañas. **[Conclusiones]:** la alta densidad (mayor a 30 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup>) promueve la propagación y afectación de diversos patógenos, además implica problemas en calidad de las cañas, disminución de rebrotes establecidos comprometiendo las futuras cosechas, aunque todas las intensidades de raleo presentaron mejoras en relación con su condición inicial, la intensidad de 40% fue el que presentó mejores resultados para el estudio de caso.

**Palabras claves:** manejo de densidad, *Guadua angustifolia*, aprovechamiento, productividad, porcentaje de raleos.

### Abstract

**[Introduction]:** Currently in literature there is little conclusive information about the management of the density of adult bamboo plantations and, even more, without silvicultural management. In this investigation, an essay was carried out in the *Guadua angustifolia* plantations located in the damping area of the Arenal Hydroelectric Dam, owned by the Costa Rican Electricity Institute (ICE), established in 1989. **[Objective]:** With the objective it is to generate guidelines for Density management in *Guadua angustifolia* plantations, based on the application of three pruning intensities 30%, 40% and 50%. **[Methodology]:** The test consisted of the installation of five randomly complete blocks contained 64 m<sup>2</sup> plots, in these sanitation cleaning and subsequently applying the intensity of pruning (30 %, 40 %, 50 % or

0 % ) assigned according to the basal area, data of maturity, DAP and number of outbreaks were collected. **[Results]:** It was obtained that the percentages 30 % and 0 % obtained a greater amount of regrowth's; In two of the treatments, the level of productivity was increased in the basal area for individuals of commercial interest, pathogens were identified that affect the quality of the reeds. **[Conclusions]:** High density (greater than 30 m<sup>2</sup>/ha-1) promotes the propagation and affectation of various pathogens, also implies problems in the quality of the reeds, decrease in stretches established by compromising future crops, although all the intensities of pruning they presented improvements in relation to their initial condition, the intensity of 40% was the one that presented the best results for the case study.

**Keywords:** density management, *Guadua angustifolia*, use, productivity, pruning percentage.

## 1. Introducción

Las plantaciones de bambúes brindan materia prima forestal no maderable (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 1993) con estos se elaboran distintos productos innovadores, por ejemplo, las cañas se utilizan como sustitutos de plástico, concreto y comprimidos por sus características físico-mecánicas; los rebrotes de algunas especies se consumen como un súper alimento; también los extractos de las hojas o brotes se emplean como fármacos y bebidas por su alto contenido de nutrientes y propiedades medicinales. A nivel mundial, los principales productos de exportación son la mueblería, los contrachapados, las esterillas, los pisos y el bambú en cañas (Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica [PROCOMER], 2019). Por su parte, las nuevas tendencias como la bioconstrucción necesitan de un constante abastecimiento de cañas y subproductos de bambú, siendo la especie *G. angustifolia* de gran demanda al ser la ideal para este fin,

En el mundo los actores más destacados en la comercialización del bambú son los Estados Unidos, países de la Unión Europea (Países Bajos, Francia, Alemania, Reino Unido y España), además de países asiáticos como Japón, Vietnam y Corea del Sur. En la actualidad, los productos manufacturados de bambú procedentes de Centroamérica tienen libre acceso al mercado europeo en el marco del comercio internacional (Ministerio de Comercio Exterior [COMEX], 2012). Específicamente, en lo que respecta a *G. angustifolia*, para el 2018 la lista de países importadores estaba encabezada por Vietnam, Estados Unidos y los Países Bajos.

La especie *Guadua angustifolia* es originaria de Sudamérica, en específico de Colombia, Venezuela y Ecuador, adicional se introdujo en México, Costa Rica y otros países (Botero, 2002). Esta especie se encuentra inmersa en la economía de los productores como un importante medio para la generación de ingresos mediante la materia prima, con fines tales como tutores en los cultivos agrícolas, artesanías, construcción y mueblería. Por consiguiente, la comercialización de esta especie representa una oportunidad de exportación y flujo comercial para la región.

En este contexto, la investigación contribuye al conocimiento de la silvicultura de las plantaciones *G. angustifolia*, en cuanto a su recuperación, con el propósito de obtener una producción de cañas constante y de calidad, asegurando su permanencia durante el tiempo.

## **2. Marco teórico**

### **2.1. Bambú en Costa Rica**

En el año de 1979, el Arq. Rafael García introdujo la especie de *G. angustifolia* (González, 2017). Las primeras plantaciones se destinaron para utilizarse en construcciones en el periodo de 1983-2002, para este periodo se incrementó el área de reforestación de *G. angustifolia* para un total de 200 ha<sup>-1</sup> para 1986. Con la creciente producción fue necesario capacitar a los productores en temas de silvicultura, cosecha y transformación de este, por lo que se realizaron talleres y capacitaciones por parte del Gobierno de Taiwán (PROCOMER, 2019). En el 2017, se reportaron aproximadamente 790 ha<sup>-1</sup> en todo Costa Rica, de diferentes especies y con múltiples usos.

En relación con lo expuesto, la institucionalidad ha sido una pieza fundamental pues las organizaciones han generado las primeras experiencias en el desarrollo del bambú, como el Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), la Fundación Nacional para el Desarrollo del Bambú en Costa Rica (FUNDEBAMBU), la Universidad Nacional de Costa Rica (UNA), la Cooperativa Comercial de Productores de Palma Aceitera de la Península de Osa (OSACOP) y empresas con alta trayectoria como BAMBUTICO; organizaciones que en la actualidad promueven ampliamente el uso y comercialización del recurso (Morales, 2002). A nivel nacional, las instituciones que poseen las plantaciones de mayor extensión son el Instituto Nacional de Innovación y Transferencia de Tecnología Agropecuaria (INTA) en la Estación Experimental Los Diamantes y el ICE en la zona de amortiguamiento de la Represa Hidroeléctrica Arenal, originando la mayor proporción de oferta disponible, pero poco accesible.

Costa Rica cuenta con un alto potencial para el desarrollo de plantaciones de bambúes, al tener condiciones ambientales favorables en gran parte del territorio (Morales, 2002), por lo cual el MAG elaboró el “Manual para el manejo agronómico y usos del bambú *Guadua angustifolia* en zonas rurales de Costa Rica”, que describe diferentes aspectos como establecimientos, siembra, curado y costos, pero no se brinda información al productor sobre el manejo de densidades en la plantación. En cuanto a esto, otras organizaciones proporcionaron a productores de Osa estimaciones de la productividad e intensidades de raleos, sin embargo, no se determinó la capacidad de resiliencia de las plantaciones (Arguedas, 2015). Ahora bien, estudios actuales facilitan información dasométrica a partir de modelos que se ajustan en el cálculo del volumen comercial a las plantaciones de Costa Rica (Rojas, 2021). Por lo tanto, continúa existiendo un largo camino de faltantes de información dentro de la cadena comercial del bambú para plantaciones ya establecidas y sin manejo activo en el país.

### **2.2. Crecimiento y desarrollo de una plantación de *Guadua angustifolia***

El crecimiento de *G. angustifolia* es simpodial, es decir, en un estado inicial de desarrollo se comporta en cepas y, a medida que van creciendo, se visualizan como cañas aisladas o

separadas que siguen vinculadas por medio del rizoma. Para el correcto desarrollo de los rizomas o plántulas en una plantación comercial, es necesario verificar si el sitio cuenta con los requerimientos básicos antes del establecimiento de la misma y un adecuado distanciamiento según el objetivo de la plantación ya que a medida que esta crezca, se comporta de la siguiente forma: las plántulas darán origen entre seis a ocho cañas y estas entre doce a 18 rebrotes que se convertirán en cañas (Ríos, 2005), este proceso es continuo y exponencial, en cada una de las generaciones los tallos son de mayor tamaño en grosor y altura.

El sistema de anclaje de la *G. angustifolia* está conformado por las raíces y el rizoma. Las raíces llevan a cabo las funciones de absorción de nutrientes y minerales provenientes del suelo, mientras que el rizoma es un tallo subterráneo especializado en el almacenamiento de nutrientes (Vargas, 2017), este da origen a los rebrotes y, a su vez, a las cañas ubicadas en la parte superior. Además, las ramas y hojas son las encargadas de la realización de la fotosíntesis; por su parte, las cañas contienen los órganos necesarios para el transporte de los nutrientes a toda la planta (Ríos, 2005).

En las plantaciones de *G. angustifolia*, ocurren dos tipos de crecimiento, el primero responde a la cantidad de nuevas cañas (rebrotes) producidas por año (Rojas, 2021), lo cual está relacionado con aspectos de ocupación del sitio y competencia (edáficos y climáticos) y se pueden caracterizar con la calidad (porcentaje de curvatura, nudos atípicos, entre otros), el diámetro y la altura de las cañas. El segundo tipo de crecimiento sucede de forma individual y responde al estado de desarrollo de la caña, en donde a medida que la caña crece en edad, las fibras se lignifican (Ríos, 2005); cabe destacar que a diferencia de una plantación forestal, el diámetro de la caña no incrementa con la edad.

Algunas estimaciones del tiempo en cada uno de los estados de desarrollo de la caña son las siguientes: los rebrotes van desde los seis meses a 12 meses, el estado de desarrollo joven es equivalente desde los 12 meses a 15 meses aproximadamente, luego pasan al estado de desarrollo maduro en esta etapa permanecen entre el año y medio a dos años, es la edad óptima para la corta y su aprovechamiento en elementos estructurales como construcciones o productos de esterilla. Si la caña está aún en pie (no fueron aprovechadas) después del estado de desarrollo madura (sobremadura o muerta) ya no son deseables dentro del mercado porque las fibras no poseen la misma resistencia (Camargo et al., 2008).

### **2.3. Aprovechamiento y manejo de la densidad en plantaciones de bambú**

Aplicar raleos y controlar la densidad dentro de las plantaciones de *G. angustifolia* son actividades silviculturales indispensables, ya que en caso de no llevarse a cabo, la plantación estará sobrepoblada y, como consecuencia, se obtendrá: baja producción de cañas nuevas porque el rebrote no tendrá espacio suficiente para desarrollarse, ocasionando así que gran cantidad de estas mueran; estrés por la alta competencia de nutrientes; cañas con curvaturas pronunciadas; mayor incidencia y propagación de plagas por la alta mortalidad y cañas en estado de descomposición (Posada, 2015).

Los aprovechamientos de *G. angustifolia* para su uso en construcción, mueblería o contrachapados se deben efectuar en plantaciones maduras, por lo tanto, debe elaborarse un

inventario previo, el cual proporcione información técnica y caracterización sobre los estados de desarrollo (rebrote, joven y madura) de la plantación para su posterior intervención; esto se describe en la Norma Técnica Colombiana 5726 (ICONTEC, 2009). Relacionado a lo expuesto, la intensidad de la extracción de cañas está dada por la cantidad de cañas maduras existentes; se indica que si los rangos de las cañas están entre: 1 500 cañas/ha<sup>-1</sup> a 2 500 cañas/ha<sup>-1</sup>, la extracción será del 25 %, además se sugiere que se deben aplicar intensidades del 35 % y 40 % en plantaciones con individuos de cañas maduras entre 3 500 cañas/ha<sup>-1</sup> y 4 000 cañas/ha<sup>-1</sup> (International Bamboo and Rattan Organization [INBAR], 2005), mientras que en el caso de mayor a los 4 000 cañas/ha<sup>-1</sup>, se recomienda aprovechar un 45 % a 50 % (INBAR, 2010). En general, se aconseja mantener los porcentajes de extracción entre el 35 % como mínimo y el 45 % como máximo (Camargo et al., 2008).

Las plantaciones deben ser intervenidas en ciclos de corta, los cuales son regulados y planificados a lo largo del tiempo (Kleinn y Morales, 2006), para mantener la uniformidad en toda la plantación y no comprometer la producción y calidad de esta, evitando así excederse en la corta de las cañas maduras en ciertas áreas de la plantación porque se daría una disminución en la obtención de rebrotes lo que compromete las producciones futuras (INBAR, 2005) o, por el contrario, sobrepoblación en otros sitios (INBAR, 2010). En la extracción de cañas, se deben tomar en cuenta los tiempos de paso, donde las plantaciones jóvenes en edad proporcionan individuos de diámetros menores; a medida que la plantación se desarrolle, se obtendrá mayor cantidad de cañas maduras y de diámetros mayores (Cruz, 2009).

La extracción de cañas debe ir dirigida al objetivo de las plantaciones. Prácticas como extraer las cañas con mayores o menores diámetros, es decir, cañas con diámetros que no son comercialmente deseables, ayudan a la restructuración de la plantación, de esta manera se obtienen con mayores certezas los diámetros deseados comercialmente en futuras cañas, (Cruz, 2009) al finalizar la extracción de piezas comerciales de las cañas en el sitio se debe de trocear y acomodar las puntas de las cañas en los sitios destinados para este uso dentro de la plantación, con el propósito de devolver nutrientes al suelo y no obstaculizar las vías de extracción, esto también ayudara a visibilizar los nuevos rebrotes posterior a la cosecha.

#### **2.4. Experiencias en el manejo de la densidad en plantaciones de *Guadua angustifolia* en Costa Rica**

En Costa Rica el manejo de la densidad en las plantaciones comerciales de *G. angustifolia* se resume a experiencias de productores, las cuales se documentan mediante estudios de caso como BAMBUTICO, OSACOOOP R. L. y los de la Estación Experimental Los Diamantes (INTA). Al respecto, en BAMBUTICO se utilizan intensidades de corta que van desde un 35 % hasta un 40 % de cañas maduras (M. Retana, entrevista personal, 7 de marzo de 2016), se asigna calidad de sitio según su producción, además los ciclos de corta son anuales y se extraen entre 650 y 750 cañas maduras /ha<sup>-1</sup>.

Por su parte, las plantaciones comerciales en la península de Osa se establecieron entre los años 2007 y 2010; en cuanto a estas, en el estudio de caso realizado por Arguedas (2015) se les aplicó una intensidad de 40 % a las densidades entre 4 500 a 5 200 cañas/ha<sup>-1</sup> a los sitios que poseían una densidad mayor a 5200 cañas/ha<sup>-1</sup> un 50 %. Adicional, en el año 2016 se

efectuó la propuesta para el manejo de la densidad de estas plantaciones, la cual tendría una vigencia de cuatro años (periodo 2016-2019). De esta manera, se implementaban intensidades mínimas de un 25 % y máximas de un 45 % (Briceño, 2017): en los primeros dos ciclos de corta permanecerían las intensidades menores, posterior a estos ciclos se disminuiría la intensidad; no obstante, para el año 2022 no existen datos del seguimiento de las plantaciones.

Ahora bien, las plantaciones establecidas en la Estación Experimental Los Diamantes y las que forman parte del ICE situadas en la Zona de Amortiguamiento del Embalse Arenal no cuentan con un manejo de silvicultura. En relación con esto, Alegría (2013) propuso un plan de aprovechamiento comercial para 68 ha<sup>-1</sup> de las 178 ha<sup>-1</sup> en la estación Los Diamantes, en este se aplicó un 40 % de intensidad de corta en cañas maduras. Mientras que en las plantaciones propiedad del ICE se elaboró un manual donde se promovían las buenas prácticas para este cultivo, como la propagación, siembra, manejo de silvicultura y aprovechamiento de las plantaciones. En el mismo se establecían intensidades de corta de las cañas maduras desde un 33 % a un 45 % (ICE, 2010); sin embargo, no se encontraron informes sobre la continuidad de la aplicación de estas intensidades.

Los estudios de caso llevados a cabo en Costa Rica y la experiencia adquirida sobre la *G. angustifolia* y su comportamiento en estructura y composición en los distintos sitios en Costa Rica demuestran la existencia de un vacío de información porque no se da continuidad a los procesos de manejo por parte de las instituciones a las que pertenecen las plantaciones comerciales; por consiguiente, en el presente estudio se formularon lineamientos para el manejo de la densidad en plantaciones de *G. angustifolia* a partir de la aplicación de tres intensidades de raleos 30 % 40 % y 50 %, con ello se analizaron las posibles diferencias entre las intensidades de raleo en relación con la distribución diamétrica, estados de desarrollo y generación de rebrotes, desarrollando opciones de manejo de densidad de plantaciones de *G. angustifolia*.

### **3. Metodología**

#### **3.1. Sitio de estudio**

El sitio de estudio fue la zona de amortiguamiento del Embalse Arenal (figura 1), propiedad del ICE. Estas plantaciones se establecieron en 1989 para la provisión de servicios ambientales y la producción de materia prima para la construcción. Las plantaciones están conformadas por dos especies *G. angustifolia* y *G. aculata* principalmente, además el área total plantada fue de 22,73 ha<sup>-1</sup> distribuidas en diferentes sitios, cada uno de estos con distintas áreas alrededor del embalse. El ensayo se realizó en un segmento de 8 ha<sup>-1</sup>.

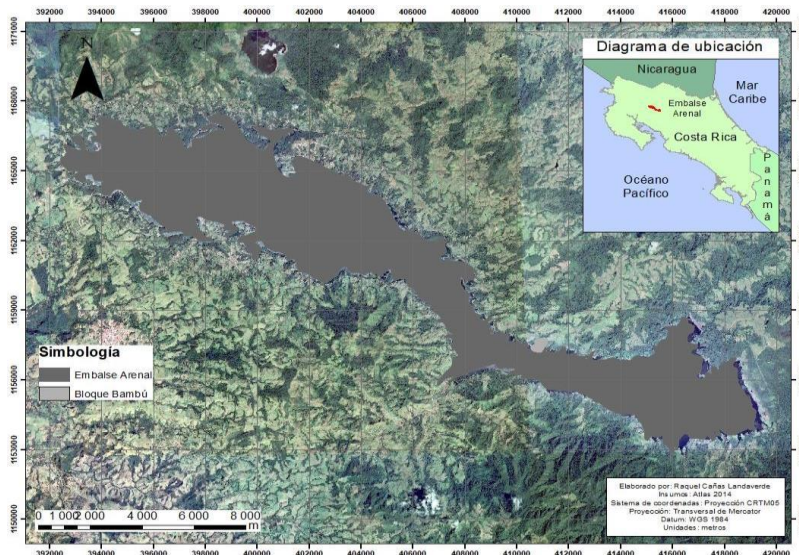
El sitio se encuentra en una altitud de 560 msnm, con precipitaciones de 2 058 mm - 3 538 mm anuales distribuidas principalmente en ocho meses, clasificándose así en bosque húmedo-tropical o medio húmedo tropical según Holdridge (1967) (como se citó en Abarca, 2018), con suelos originados por ceniza volcánica, los cuales poseen profundidades medias y textura arcillosa arenosa con un pH que va desde los 6,9 hasta los 5,8 (suelos medianamente ácidos).

### 3.2. Establecimiento del ensayo

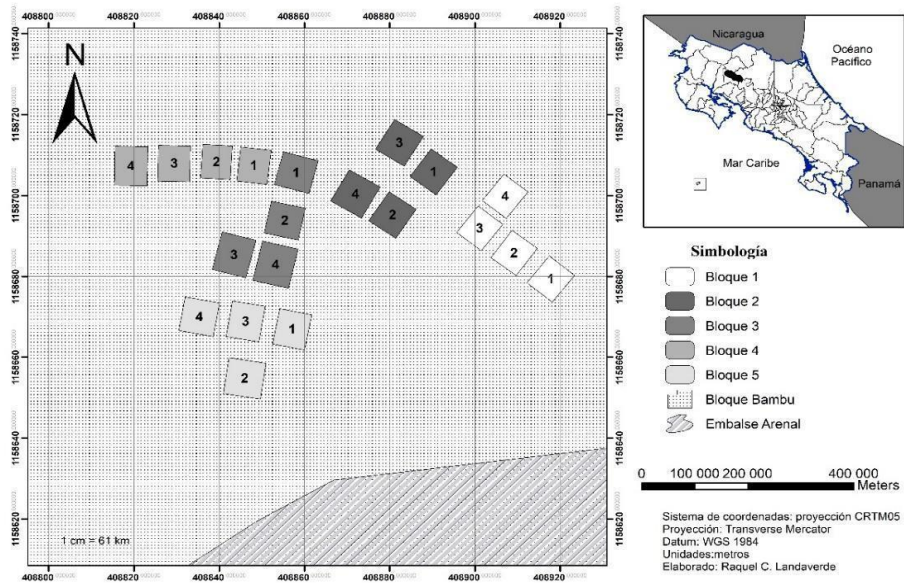
En primera instancia se ejecutaron en el área total del ensayo labores de corta y apilado de las cañas muertas en el año 2019, además de eliminar espinas, no se realizaron ninguna otra intervención por 4 meses esto para la recuperación del sitio intervenido. Posteriormente, se efectuó un ensayo de bloques completos al azar, donde se establecieron cinco bloques o repeticiones, compuestos por cuatro parcelas cuadradas de 64 m<sup>2</sup>. Entre cada parcela se dejó un distanciamiento de dos metros para evitar influencias entre los tratamientos, el vértice de cada una de las parcelas se marcó en campo con tubos de PVC y se tomó un punto, utilizando el sistema de posicionamiento global (GPS) (figura 2).

Cuatro meses después de haber llevado a cabo la limpieza, se realizó el primer inventario entre enero y febrero de 2020 se tomó las variables a cada una de las cañas dentro de las parcelas y se les asignó un número además y una cinta de color según el estado de desarrollo (ver figura 4). Posterior a esto, se efectuaron los distintos tratamientos en cada una de las parcelas, los cuales consistieron en un raleo o corta a las cañas en estado de desarrollo maduro según la intensidad asignada.

Las intensidades de corta fueron asignadas a las parcelas considerando el área basal. Las parcelas con área basal mayor se les asignaba mayor intensidad de corta siendo el valor más alto asignado a al tratamiento de 50 % y así sucesivamente hasta que los que los menores valores de área basal se asignaron al testigo manera: 0 % testigo. Posterior a la aplicación del raleo según las intensidades no se intervino hasta en febrero 2021 para la realización del segundo inventario, en él se reclasificaron los individuos de acuerdo con las variables establecidas.

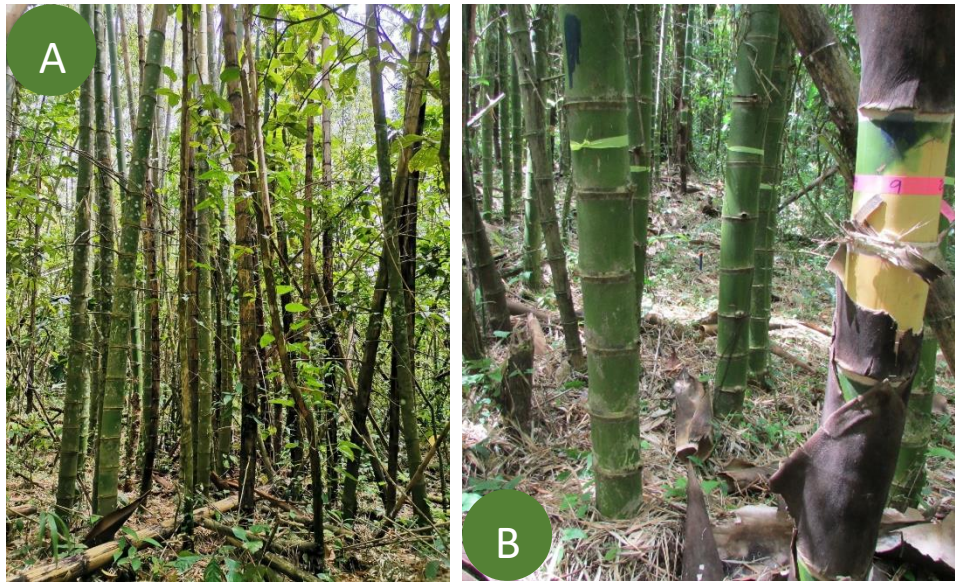


**Figura 1.** Mapa de ubicación del Embalse Arenal, bloque de bambú  
**Figure 1.** Embalse Arenal Ubication's Map, Bamboo plantation.



**Figura 2.** Croquis del ensayo, distribución dentro de la plantación.

**Figure 2.** Drawing of the essay area site, distribution within the plantation



**Figura 3.** A) Plantación de *G. angustifolia* previo a la limpieza del sitio. B) Plantación de *G. angustifolia* después de la limpieza e inventario

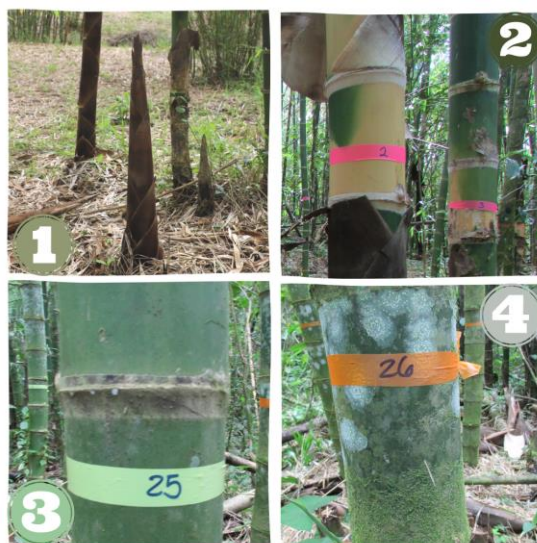
**Figure 3.** A) Plantation *G. angustifolia*'s before clean B) Plantation *G. angustifolia*'s after clea.

### 3.3. Variables de medición y clasificación

**Diámetro a la altura del pecho (DAP):** Diámetro a 1,30 m del suelo. Se establecieron clases diamétricas comerciales (diámetros entre 7,5 cm–14,9 cm) y no comerciales (cualquiera que esté en el rango de comercial) para facilitar el análisis de la productividad de la plantación.

**Estados de desarrollo:** Se tomaron los estados de desarrollo de cada una de las cañas. Al respecto, se consideraron como referencias las siguientes características para cada estado de desarrollo:

- **Rebrote no establecido:** Se refiere a los rebrotes que todavía no llegan a 1,30 m de altura, por lo tanto, no se les tomó el DAP, pues se localizan en la base de una caña madura. En cuanto a estos, solo se realizó el conteo.
- **Rebrote establecido:** Altura superior a 1,30 m y presenta hojas caulinares (puede poseer alturas superiores a los 20 metros). La principal característica es que aún posee hojas caulinares en un 70 % de la totalidad de la caña, nudos de color blanco y generalmente no ha desarrollado hojas en su copa.
- **Joven:** Cañas con pocas hojas caulinares en la base, sus nudos son de un color más oscuro y ya poseen su copa desarrollada. Su color suele ser verde claro y no tienen manchas blancas.
- **Madura:** Esta es la caña que muestra manchas blancas de forma circular, además de la presencia de musgo en los entrenudos. El color es de un verde opaco oscuro.



**Figura 4.** Estados de desarrollo de las cañas de bambú. 1. Rebrote no establecido. 2. Rebrote establecido. 3. Caña joven. 4. Caña madura.

**Figure 4.** Development State, 1. Baby Shoots 2. Grow shoots, 3. bamboo young, 4. bamboo ripe

### 2.3. Área basal

Para conocer el área basal de cada caña, se utilizó la siguiente fórmula:

$$Gm^2 = (DAP)^2 * \frac{\pi}{4}$$

## Ecu.1

Donde:  $Gm^2$ : área basal de la caña en  $m^2$ , DAP: diámetro a la altura del pecho (m).

## 2.4. Análisis de datos

En cuanto al análisis estadístico, se empleó el *software* InfoStat que ayudó al análisis de varianza (ANOVA) respecto al área basal y el número de cañas en los diferentes estados de desarrollo en cada uno de los tratamientos, a saber, 30 %, 40 %, 50 % y testigo, y según las distintas clases diamétricas establecidas; además, se determinaron los cambios o deltas que sucedieron después de la aplicación de los tratamientos para los estados de desarrollo, cantidad de cañas por hectárea y área basal por hectárea.

## 4. Resultados

Al aplicar el análisis de normalidad de varianzas (ANOVA) en los cambios ocurridos durante el periodo 2020-2021 en los tratamientos para las clases diamétricas comerciales, se encontró que en los indicadores de área basal y cañas por hectárea hubo diferencias ( $p < 0,05$ ) en el total para el tratamiento de 50 %; sin embargo, el análisis no permitió identificar en qué estado de desarrollo se generaron principalmente, pues al analizarlo para cada uno de los estados de desarrollo, no se hallaron dichas diferencias (cuadro 1).

**Cuadro 1.** Prueba de medias (Tuckey al 95 %) para delta en área basal y cantidad de cañas para los estados de desarrollo de clases diamétricas comerciales y del total en área basal y cantidad de cañas.

**Table 1.** Media test (95 %tuckey) for Delta in basal Área and quantity of reeds for the development states of commercial diametric classes and the total of basal Área and quantity of reeds

DELTA Tratamiento	Área basal			Número de cañas			TOTAL	
	Rebrote $\bar{X}$	Joven $\bar{X}$	Maduro $\bar{X}$	Rebrote $\bar{X}$	Joven $\bar{X}$	Maduro $\bar{X}$	AG $\bar{X}$	N $\bar{X}$
50 %	-2,16	A 4,04	A 8,53	A -156	A 344	A 531	A 20,81	B -3229
40 %	3,29	A 2,79	A 11,83	A 31	A 375	A 719	A -6,36	A -2821
30 %	0,00	A 2,37	A 11,85	A -94	A 281	A 438	A -7,96	A -2475
0 %	-6,41	A 8,64	A 18,11	A -281	A 63	A 906	A -9,08	A -2156
<b>Promedio</b>	<b>-1,32</b>	<b>4,46</b>	<b>12,58</b>	<b>-125</b>	<b>266</b>	<b>648</b>	<b>-0,65</b>	<b>-2670</b>

La estructura de la plantación estuvo dada por los estados de desarrollo y la relación existente entre la cantidad de cañas y el área basal. Las plantaciones presentaron gran cantidad de cañas maduras y muertas, condición esperada para un sitio sin manejo silvicultural. Adicional, en la condición inicial la cantidad de cañas fue de aproximadamente 3 600 N/ha<sup>-1</sup> y un área basal de 48,01 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup>.

En términos de diferencias, en todos los tratamientos la cantidad de los rebrotes no establecidos aumentó. En el tratamiento de 50 % disminuyeron todas las cañas de la clase 7,5-9,9 y, por ende, su área basal; también presentó mayor número de cañas muertas. Este tratamiento experimentó el mayor número de rebrotes en las clases de 10-12,4 y 12,5-14,9. Por su parte, en el tratamiento de 40 %, los rebrotes de la clase 12,5-14,9 fueron los únicos

que no tuvieron disminución ni aumento, pero sí un mayor número de área basal con 11,4 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup> y de cañas comerciales totales; en la segunda medición, aunque no presentó cambios en el estado de desarrollo muertas para la clase 12,5-14,9, sí aumento el área basal (cuadro 2).

**Cuadro 2.** Deltas de cañas y área basal comercial en el periodo 2020-2021

**Table 2.** Deltas de Caña and Basal Commercial Area in the 2020-2021 period

T	Clases comerciales	Cañas N/ha				Área basal m <sup>2</sup> /ha			
		Rebrote	Joven	Madura	Muerta	Rebrote	Joven	Madura	Muerta
50 %	7,5-9,9	0	-156	-91	-52	0,58	-1,19	-0,58	-0,18
	10-12,4	78	156	169		0,74	1,61	1,69	
	12,5-14,9	63	117	125	469	0,60	1,91	2,24	6,13
	NO-ESTABLE	156							
40 %	7,5-9,9	156	156	52	156	1,12	0,69	0,11	1,05
	10-12,4	13	156	78	-156	0,43	1,65	0,84	-1,31
	12,5-14,9	0	73	227	0	0,07	1,34	5,20	0,60
	NO-ESTABLE	280							
30 %	7,5-9,9	156		78		1,12		0,52	
	10-12,4	0	156	117		0,13	2,13	2,12	
	12,5-14,9	-156	-52	117		-3,21	-0,85	1,83	
	NO-ESTABLE	260							
0 %	7,5-9,9	0	0	0	-78	-0,32	0,16	0,00	-0,28
	10-12,4	104	52	188	78	0,94	0,91	1,60	0,86
	12,5-14,9	-521	547	500	52	-8,13	7,62	7,22	2,97
	NO-ESTABLE	313							

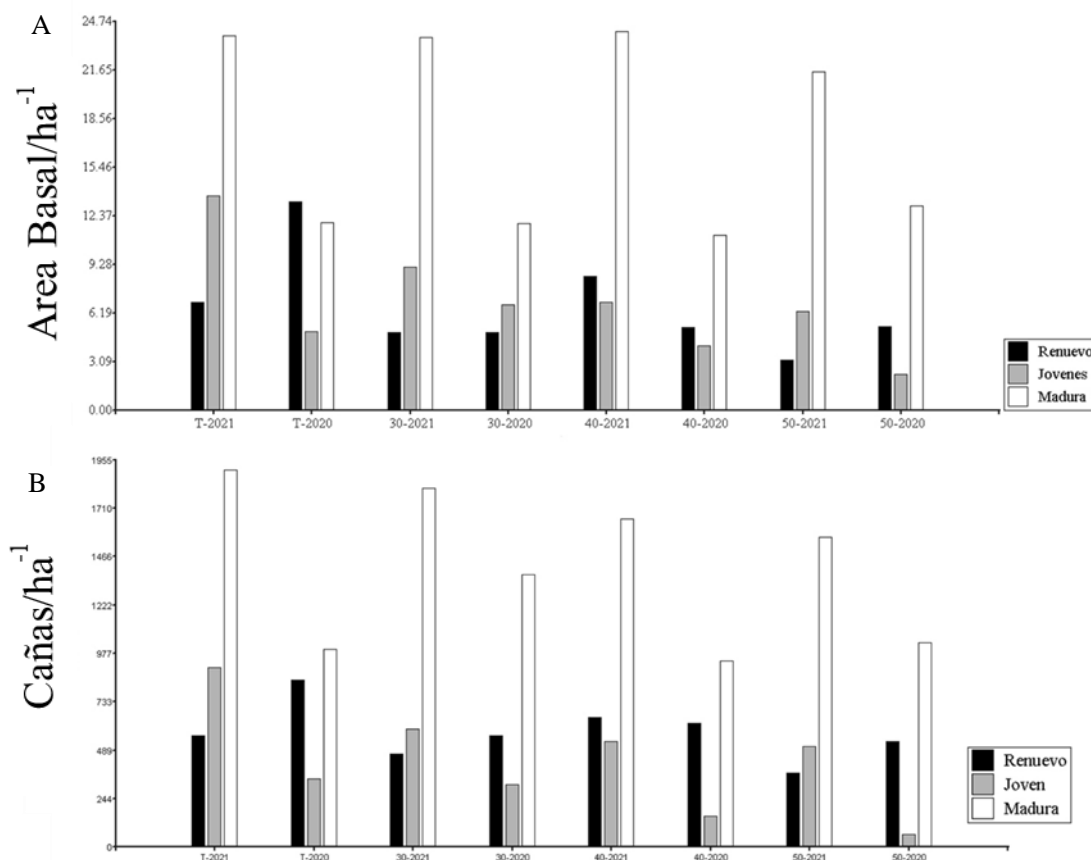
En el tratamiento de 30 % no se encontraron cañas en estado de desarrollo muertas, se obtuvo una disminución de cañas de rebrotes establecidos y jóvenes, así como en el área basal para los mismos estados de desarrollo en la clase de 12,5-14,9; es el tratamiento que menor incremento logró en el área basal. Ahora bien, el testigo no obtuvo cambios en las clases de 7,5-9,9 en los estados de desarrollo de rebrote, joven y madura para la cantidad de cañas, pero sí una disminución en cañas muertas; a su vez, logró el mayor número de rebrotes no establecidos, sin embargo un delta negativo para la cantidad de cañas y área basal en los rebrotes establecidos.

La figura 4 muestra los principales estados de desarrollo (rebrotos, jóvenes y maduras), la cantidad de cañas y el área basal totales para cada tratamiento; al respecto, se consideraron todas las clases diamétricas comerciales y no comerciales. Los tratamientos de testigo, 30 % y 50 % disminuyeron la cantidad de cañas de rebrotes establecidos; mientras el tratamiento de 40 % aumentó la cantidad de estos. Asimismo, los tratamientos que disminuyeron en área basal de los rebrotes establecidos fueron el tratamiento testigo (t o 0%) que pasó de 13,29 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup> a 6,88 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup> en 2021, y el de 50 % que pasó en el 2020 de 6,29 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup> a 3,18 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup> en el 2021.

En el estado de desarrollo joven, todos los tratamientos obtuvieron un aumento en el número de cañas y en área basal. Además, en el número de cañas el tratamiento con mayor aumento fue el de 40 % con 1 875 cañas/ha<sup>-1</sup> y el de menor aumento fue el testigo con 312 cañas/ha<sup>-1</sup> dentro del periodo de estudio. Con relación al área basal, el testigo obtuvo un aumento de 8,63 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup>, seguido por el tratamiento de 50 % con un 4,03 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup>, en el testigo se

centralizó en clases de mayores a 15 cm de DAP, mientras que para el tratamiento de 50 % se centralizó en las clases de 12,5-14,9.

El tratamiento con mayor incremento de cañas maduras fue el testigo seguido por los tratamientos de 40 %, 50 % y 30 %. En el área basal el incremento más importante se dio en la clase diamétrica 12,5-14,9 en los tratamientos testigo y 40 %; por su parte, en el tratamiento de 30 % se encontraron dos clases diamétricas dominantes, a saber, las clases mayores a 15 cm de DAP y las de 12,5-14,9; mientras que en el tratamiento de 50 %, la clase de mayor dominancia fue la correspondiente a las cañas mayores de 15 cm.



**Figura 5.** A) Área basal por hectárea relacionada a los estados de desarrollo para cada uno de los tratamientos. B) Cañas por hectárea para los estados de desarrollo según el tratamiento.

**Figure 5.** A) Basal area per hectare related to the states of development for each of the treatments. B) Cañas per hectare for development states according to treatment

En el cuadro 3 se aprecia la comparación de los cuatro tratamientos con relación a diferentes características asociadas por autores como indicadores funcionales de competencia y ampliamente utilizados para caracterizar las plantaciones y su vinculación con el aprovechamiento; por consiguiente, solo se tomaron en cuenta las cañas comerciales.

**Cuadro 3.** Cantidad de brotes establecidos y no establecidos, cañas muertas, cañas deseables, y la relación porcentual entre estados de desarrollo para todos los tratamientos establecidos

**Table 3.** Amount of established and not established outbreaks, dead rods, desirable reeds, and the percentage relationship between maturity states for all established treatments

Tratamiento	Brotes no establecidos	✓	Brotes establecidos	✓	Muertas 2021	x	Cañas deseables	✓	Relación porcentual (%)			
									Rebrote	Joven	Madura	Muertas
50 %	156	✓	375	✓	625	x	1076	✓	28	18	44	11
40 %	208	✓	300	✓	469	x	1307	✓	25	20	44	10
30 %	260	✓	135	✓	0	✓	1289	✓	17	20	53	10
Testigo	313	✓	-65	x	833	x	1703	✓	16	22	32	30

## 5. Discusión

### 5.1. Estructura y composición

La cantidad de cañas por hectárea en el sitio evaluado es similar a la de los sitios descritos por Camargo et al. (2008) como de baja productividad en el eje cafetero en Colombia, los cuales en promedio poseen 3 036 cañas/ha<sup>-1</sup>. Según los autores, lo anterior está muy correlacionado a la alta presencia de árboles y, por ende, a la dinámica de sucesiones en estos sitios; punto que se reafirmó en el sitio de estudio.

La plantación de bambú se comporta como una masa disetánea en la cual se encuentran cañas en diferentes estados de desarrollo (distintas edades) y diámetros, además de diversas especies arbóreas en el sitio; por tanto, puede compararse con plantaciones forestales y con bosques naturales (INBAR, 2005). En Costa Rica se estima que bosques secundarios de alrededor de 25 años en la zona norte pueden llegar a producir un área basal de 21 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup> a 35 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup> (Vilches et al., 2008); en relación con plantaciones forestales *G. arbórea*, a los 14 años se estima que pueden obtener 24 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup> para un índice de sitio 21 (Rojas et al., 2004). Adicional, en el caso de *Tectona grandis* es común que la plantación alcance entre 20 a 25 m<sup>2</sup>/ha como máximo.

En rodales de *G. angustifolia* en el eje cafetero, se clasifican los bosques naturales o guaduales según su productividad mediante el indicador de área basal en: baja productividad con 83 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup>, media productividad 51 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup> y alta productividad 30,6 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup>. Los tratamientos desarrollados, 50 % y 30 %, de acuerdo con los estándares antes mencionados, aumentaron su productividad de media a alta 60 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup> a 41 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup> y de 55 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup> a 49 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup> respectivamente, debido a la selección de cañas, podas de árboles y limpieza del sitio (Gadow y Hui, 2003); por consiguiente, para guadua la densidad óptima se estimó en 30,6 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup> (Camargo et al., 2008).

La relación porcentual de los estados de desarrollo es un indicador del comportamiento, salud y capacidad de resiliencia de una plantación; de esta variable depende la permeancia y los rendimientos productivos de la plantación, por lo cual es necesario el manejo adecuado de la densidad. En torno a lo expuesto, los porcentajes ideales en los distintos estados de desarrollo

para bosques naturales en Colombia son: rebrotes 10 %, juveniles 50 %, maduras 30 % y sin cañas muertas (Camargo et al., 2008). Por otro lado, Cruz (2009) reporta para bosques naturales de guadua manejados porcentajes de rebrotes 8,5 %, jóvenes 50,9 %, maduras 29,3 % y sobremaduras o con deterioros fisiológicos 11,3 %.

En el sitio evaluado, el porcentaje de rebrotes establecidos (cuadro 3) fue mayor que el porcentaje de cañas jóvenes, lo cual podría deberse a la cantidad de cañas maduras del año 2020, ya que estas generaron los rebrotes en 2021. Las cañas jóvenes obtuvieron un porcentaje por debajo de lo reportado por los autores, debido a la cantidad de rebrotes que murieron, no se establecieron ni se desarrollaron; lo mismo podría ser a razón de la alta densidad que conlleva a una alta competencia por espacio y nutrientes, la cual fue intervenida con la aplicación de los tratamientos en el 2019. En el tratamiento del 40 %, se logró una mejor relación porcentual al tomar en cuenta estas referencias mencionadas.

## **5.2. Distribución diamétrica**

En las plantaciones de *G. angustifolia*, los diámetros varían, pero a medida que pasa el tiempo desaparecen cañas de diámetros menores (clase de 3-9,5) y se originan cañas con diámetros que tienden a ser más homogéneos. Estos diámetros poseen mayor valor comercial y son los más vendidos en el mercado, especialmente para el sector de la construcción (clases de 10-14,5) (Ríos, 2005).

Según los resultados obtenidos, los tratamientos de menor porcentaje, 0 % y 30 %, presentaron rebrotes establecidos de clases diamétricas menores en mayor cantidad; el de 40 % fue más equilibrado, es decir, posee cantidades de cañas repartidas más equitativamente en todas las clases y no han desaparecido diámetros menores; asimismo el 50 % tiene cañas mayores de 10 cm de DAP en su mayoría, por lo tanto, solo este último tratamiento cumplió con una condición óptima.

## **5.3. Manejo de la densidad de la plantación**

Los diámetros con mayor demanda dentro del mercado de la *G. angustifolia* están orientados al uso en construcción y mueblería y una pequeña parte para uso agropecuario estos diámetros van desde los 7 cm hasta un aproximado de 15 cm (Ríos, 2005). Las prácticas silviculturales de la plantación deben orientarse al fomento de cañas con diámetros comerciales (cuadro 2). En Colombia se identificaron tallos comerciales a partir de los 10 cm de diámetro (Cruz, 2009), mientras que en Costa Rica los diámetros más utilizados para el sector de la construcción son de los 9 cm hasta los 12 cm. Al respecto, los principales productos en los que se emplean son: caña rolliza, esterilla, reglas de bambú y productos de embalaje (M. Retana, entrevista personal, 7 de marzo de 2016). Basándose en lo anterior, en y en la realidad de las plantaciones de mayor edad en Costa Rica y el resultado aquí analizado, se sugiere lo siguiente para obtener determinados diámetros:

1. Realizar limpieza de cañas muertas, corta de espinas trocear y recolectar esto en un sector de la plantación destinada para este fin lo cual nos evitar futuros inconvenientes al momento de llevar a cabo el raleo de cañas maduras. Con esta práctica se da la apertura del dosel lo que conlleva a que se favorezca al establecimiento de rebrotes

con mejores características de calidad, posterior a la limpieza 3 a 4 meses se debe realizar un inventario para monitorear la capacidad de resiliencia que la plantación posee esto a través del monitoreo y del conteo de rebrotes establecidos y no establecidos.

2. para favorecer los diámetros delgados (menores a 9 cm de DAP): Se deben aprovechar hasta un 30 % del área basal de cañas en estado de desarrollo maduras en cada cosecha, estimulando así el surgimiento de brotes con estos diámetros ya que el tamaño de los mismos, como se expuso, está ampliamente influenciado por la densidad del sitio; con este porcentaje se logra que la dinámica de la competencia y su incidencia resulte en estos diámetros.
3. Diámetros gruesos (mayores a 10 cm): Los aprovechamientos de 40 % y 50 % del área basal reducen mucho más los niveles de densidad y, por tanto, la competencia, dejando una mayor disponibilidad de recursos (espacio en tierra, espacio en dosel, nutrientes, disponibilidad hídrica, luz, entre otros); de este modo, en dichas condiciones la dinámica resulta (para plantaciones de más de siete años de establecidas) en el surgimiento de rebrotes de clases diamétricas mayores en rangos de 10-12,4 y 12,5-14,9.

Se debe considerar que en las intensidades de 0 % al 30 % fue mayor el número de rebrotes estos no siempre se establecieron ya que se encontraron individuos en estado de descomposición, esto como resultado de la competencia; favoreciendo la propagación producida por el hongo *Colletotrichum gloesporioides*, el mismo aparece cuando hay plantas con niveles de estrés alto y falta de nutrición, condiciones generadas con frecuencia por la alta competencia. Es por esto que se debe monitorear con frecuencia la plantación con ayuda de las parcelas permanentes colocadas en los sitios. Así se observará la aparición de organismos y quedará en evidencia el nivel de estrés de las cañas.

La correcta realización de cosechas en porcentajes óptimos, es decir, que conlleven a una estabilización de la densidad y la competencia, influye positivamente no solo en aspectos biométricos, además en la incidencia de patógenos. Esto se comprobó en los sitios de mayor densidad de las plantaciones evaluadas, al encontrar la presencia de *C. gloesporioides*, la bacteria *Pectobacterium carotoborum* y el hongo *Fusarium sp.* (Rodríguez, 2021). Su influencia hace que los individuos experimenten síntomas como clorosis y muerte de cañas; estos agentes son oportunistas y no especializados, su infección oportunista se da principalmente por daños mecánicos originados por condiciones de alta competencia.

## 6. Conclusiones

1. Existe una estrecha correlación entre el manejo de la densidad (entendiéndose esta como indicador de competencia y dinámica) con respecto a la cantidad y calidad de las cañas por producir, así como sus características y condiciones biométricas (diámetro y estado de desarrollo principalmente). Una muy alta densidad (mayor a 30 m<sup>2</sup>/ha<sup>-1</sup>) implica, con base en el estudio, problemas de calidad por factores como

incidencia de patógenos, y disminución de la cantidad de rebrotes establecidos, o sea, un menor crecimiento, lo que compromete la producción futura y, por ende, la sostenibilidad de la plantación.

2. La elección del porcentaje de aprovechamiento de cañas maduras o intensidad de corta en una plantación es el principal aspecto del manejo de la densidad y este determina en gran medida la producción actual y futura, así como el producto o sector comercial al que se dirige. Por su parte, el porcentaje de aprovechamiento depende de la capacidad productiva del sitio, por cuanto cada sitio requiere su propia evaluación; en cuanto a esto, se pueden valorar los criterios aquí sugeridos.
3. La capacidad productiva, en términos de área basal como indicador de ocupación del sitio y la cantidad de cañas en sus distintos estados de desarrollo, se logró aumentar y mejorar (calidad) en todos los casos donde se aplicaron raleos con una intensidad entre el 30 % al 50 %. Además, las plantaciones respondieron positivamente, en otras palabras, se recuperaron del disturbio, desde el punto de vista de los indicadores anteriores, lo cual refleja la capacidad de resiliencia ante disturbios de las magnitudes aquí recomendadas, y se renovó la población. Dichas diferencias son determinantes en el manejo de las plantaciones y la productividad, estas repercuten directamente en la rentabilidad y la calidad general de la plantación.
4. En el estudio el tratamiento del raleo de 40% fue el que obtuvo mejores respuestas para la variabilidad de diámetros, incremento de individuos comerciales, menos individuos muertos y la mejor relación porcentual entre los estados de desarrollo.

## **6. Recomendaciones**

1. Ejecutar de manera inicial, prioritaria y de carácter urgente las labores de limpieza de las plantaciones del embalse, ya que de esto dependen las condiciones fitosanitarias y la dinámica básica de la plantación; es decir, de este aspecto puede depender la permanencia del recurso a lo largo del tiempo.
2. Continuar con el monitoreo de las plantaciones basándose en los indicadores aquí utilizados, porque las plantaciones evaluadas requieren que se les dé continuidad a los procesos silviculturales, de modo que el manejo de la densidad sea una constante en las plantaciones evaluadas de forma periódica (anual), para lograr la estabilización de la competencia y, por consiguiente, aumentar la productividad y sostenibilidad de estas.
3. A nivel global, el objetivo del presente estudio corresponde a la recuperación de la productividad de plantaciones de bambú a las que no les han realizado podas, pero siempre se debe tomar en cuenta caracterizar toda plantación por intervenir para efectuar un manejo, asimismo el propósito de la producción, ya sea construcción, mueblería o madera contrachapada, con el fin de establecer los diámetros de mayor demanda comercial y, así, orientar los aprovechamientos de estos.

## 7. Referencias

- Alegría, A. (2013). *Manejo sostenible del recurso Guadua angustifolia en Costa Rica y su potencial para la mitigación del cambio climático. Estudio de caso: Plantación de Guadua angustifolia variedad atlántica en la Estación Experimental Los Diamantes, Guápiles*. (Tesis de Maestría). Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Abarca, S. (2018). Cambio climático: variación agroecológica de Turrialba. *Alcances Tecnológicos*, 6(1), 97-106. <https://doi.org/10.35486/at.v6i1.69>
- Arguedas, A. (2015). *Guadua angustifolia Kunth: opción de diversificación productiva para productores en la Península de Osa, Costa Rica*. (Tesis para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Forestal). Instituto Tecnológico de Costa Rica. [https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3938/diversificacion\\_productiva\\_peninsula\\_osa.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/3938/diversificacion_productiva_peninsula_osa.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Botero, F. (2002). *Propagation of Guadua angustifolia using the chusquines method*. INBAR. [https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/FICHES\\_ARBRES/bambou/Propagation-of-Guadua-Angustifolia-using-the-Chusquines-method.pdf](https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/FICHES_ARBRES/bambou/Propagation-of-Guadua-Angustifolia-using-the-Chusquines-method.pdf)
- Briceño, E. (coord.). (2017). *Desarrollo de un modelo de producción de bambú guadua mediante la aplicación de técnicas silviculturales óptimas para la cuantificación del crecimiento y la capacidad de almacenamiento de carbono en plantaciones (Guadua angustifolia) en la Zona Sur de Costa Rica*. (Informe técnico). Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Camargo, J., Sierra, J. y Morales, T. (2008). *Bases para la planificación y manejo silvicultural de bosques de Guadua. Una aplicación a nivel de finca en la zona cafetera de Colombia*. POSTERGRAPH.
- Cruz, H. (2009). *Bambú Guadua angustifolia, bosques naturales en Colombia, plantaciones comerciales en México*. COLMIX.
- González, A. (2017). El desarrollo del bambú en Costa Rica. *AMBIENTICO*, (262), 4-9.
- ICONTEC. (2009). *NTC 5726:2009 Inventario de rodales de Guadua angustifolia Kunth para aprovechamientos con fines comerciales*. <https://tienda.icontec.org/gp-inventario-de-rodales-de-guadua-angustifolia-kunth-para-aprovechamientos-con-fines-comerciales-ntc5726-2009.html>
- Instituto Costarricense de Electricidad (ICE). (2010). *Bambú guadua, protección de suelos y otros usos*. GEDI.
- International Bamboo and Rattan Organization (INBAR). (2005). *Manejo de Guadales Naturales (Guía Técnica)*. Mina.
- International Bamboo and Rattan Organization (INBAR). (2010). *Carpeta técnica para la producción y manejo de la guadua, en Plan de Corte*. EDF.
- Kleinn, C. y Morales, D. (2006). An inventory of Guadua (*Guadua angustifolia*) bamboo in the Coffee Region of Colombia. *European Journal of Forest Research*, 4(125), 361-368.
- Ministerio de Comercio Exterior (COMEX). (2012). *Acuerdo de Asociación entre Centroamérica y la Unión Europea. Documento explicativo (C8375a2)*. Autor.
- Morales, D. (2002). *Análisis de la población y productores de bambú en Costa Rica*. CATIE.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1993). *Estudio FAO Montes 7: Actividades forestales en el desarrollo de comunidades locales*. <https://www.fao.org/3/T0692S/t0692s00.htm#Contents>

- Posada, R. (2015). *Desarrollo de métodos alternativos de valoración de la calidad de la preservación, empleando sales de bórax en la Guadua angustifolia Kunth*. (Trabajo para optar por el título de Magister en Ecotecnología). Universidad Tecnológica de Pereira Colombia. [repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/5cd72840-9bc7-4cc2-99db-15c5f92d3653/content](https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/5cd72840-9bc7-4cc2-99db-15c5f92d3653/content)
- Promotora de Comercio Exterior de Costa Rica (PROCOMER). (2019). *Estudio de mercado bambú y rambután*. Autor.
- Rodríguez, R. (2021). *Informe Técnico de Análisis de Laboratorio de Fitopatología*. Autor.
- Rojas, M. (2021). *Modelo de desarrollo y calidad de plantaciones para Guadua angustifolia y de Dendrocalamus asper en la región Brunca de Costa Rica*. (Trabajo para optar por el grado de Magíster en Ciencias Forestales con el grado Académico de Maestría). Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- Rojas, F, Arias, D, Moya, R, Meza, A, Murillo, O y Arguedas, M. (2004). *Manual para Productores de Melina Gmelina arborea en Costa Rica*. <http://www.fonafifo.go.cr/media/1334/manual-para-productores-de-melina.pdf>
- Rojas, M., Fallas, L. y Padilla, C. (6-8 de noviembre de 2018). Simposio Internacional del Bambú en Costa Rica. Heredia.
- Vargas, G. (2017). *Propuesta diseño curricular técnico en silvicultura y aprovechamiento de la “Guadua angustifolia Kunth”*. (Trabajo de grado para optar por la Especialización en Gestión Ambiental Local). Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/dd6e0100-8e60-486e-85d6-906033ecac85/content>
- Vilches, B., Chazdon, R. y Milla, V. (2008). Dinámica de cuatro bosques secundarios de la región Huetar Norte, Costa Rica: su valor para la conservación uso comercial. *Revista Recursos Naturales y Ambiente*, (55), 118-128. [https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6047/Dinamica de la regeneracion\\_pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.catie.ac.cr/bitstream/handle/11554/6047/Dinamica_de_la_regeneracion_pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y)