

MODELO DE PRODUCTIVIDAD PARA LOS GUADUALES DE LA HACIENDA YARIMA
EN DIFERENTES ESCENARIOS BIOFISICOS, EVALUANDO LA CALIDAD DEL SITIO DE
LOS RODALES

Trabajo de Grado

Presentado como requisito parcial de los requerimientos necesarios para obtener el título de
Magister en Ecotecnología de la Facultad de Ciencias Ambientales de la Universidad Tecnológica
de Pereira

Por

Juan David Suarez Franco

Programa de Maestría en Ecotecnología

Facultad de Ciencias Ambientales

Universidad Tecnológica de Pereira

2020

Director

PhD. Juan Carlos Camargo García

Jurado:

PhD. Santiago Bustamante Sanint

Msc. Jorge Hugo García Sierra

Derechos Reservados

Juan David Suarez Franco

2020

NOTA DE ACEPTACIÓN

JURADO

JURADO

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN DEL TRABAJO DE GRADO.....	6
1. INTRODUCCIÓN	7
2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	8
3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	9
4. MARCO TEÓRICO.....	9
5. MATERIALES Y MÉTODOS	10
5.1. Ubicación sitio de estudio.....	10
5.2. Información colectada en cada parcela.....	11
5.3. Caracterización de productos	13
5.4. Espacialización de características y productos de la finca.....	13
5.5. Análisis multivariado	13
5.6. Modelos de productividad	14
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	15
6.1. Condiciones de sitio y características de productividad y calidad de los bosques de guadua	15
6.2. Características de los culmos de guadua en la finca Yarima	15
6.3. Caracterización de los productos.....	20
6.4. Análisis de componentes principales para la definición de grupos homogéneos de calidad y productividad de guadua	21
6.5. Modelos de productividad	25
6.6. Espacialización de características de calidad y productividad de los rodales de la finca	28
7. CONCLUSIONES	31
AGRADECIMIENTOS	32
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	32

Listado de Tablas

TABLA 1. VARIABLES MEDIDAS EN LAS PARCELAS DE MUESTREO	12
TABLA 2. PRODUCTOS COMERCIALIZADOS EN LA FINCA YARIMA Y SUS DIMENSIONES.....	20
TABLA 3. PROPIEDADES DE LAS PIEZAS DE CULMOS COMERCIALIZADAS POR LA FINCA YARIMA	20
TABLA 4. VALORES DE RESISTENCIA AL CORTE Y A LA COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA, REGISTRADOS EN ESTUDIO PREVIOS	21
TABLA 5. CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES ORIGINALES DE LAS VARIABLES Y LOS TRES PRIMEROS COMPONENTES PRINCIPALES (PC1, PC2 Y PC3).....	22
TABLA 6. CORRELACIÓN ENTRE LOS VALORES ORIGINALES DE LAS VARIABLES Y LOS DOS COMPONENTES PRINCIPALES (PC1 Y PC2), CUANDO SE USA COMO VARIABLE CLASIFICATORIA LOS RODALES.....	24
TABLA 7. RESUMEN DE ESCENARIOS DE SIMULACIÓN, DONDE SE PRESENTA EL MEJOR RÉGIMEN DE COSECHA PARA CADA RODAL (EQUILIBRIO).....	26

Listado de Figuras

FIGURA 1. LOCALIZACIÓN Y USO DEL SUELO FINCA YARIMA	11
FIGURA 2. FERTILIDAD DEL SUELO EN LOS RODALES DE GUADUA. FINCA YARIMA. LÍNEAS VERTICALES SOBRE LAS BARRAS SON DESVIACIÓN ESTÁNDAR. LETRAS DIFERENTES ENTRE MEDIAS SON DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ($P<0.05$)	15
FIGURA 3. NÚMERO DE CULMOS TOTALES POR HA EN RODALES DE LOS GUADUALES DE YARIMA. LÍNEAS VERTICALES SOBRE LAS BARRAS SON DESVIACIÓN ESTÁNDAR. LETRAS DIFERENTES ENTRE MEDIAS, SON DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS ($P<0.05$).....	16
FIGURA 4. NÚMERO DE CULMOS VIVOS POR HA EN RODALES DE LOS GUADUALES DE YARIMA. LÍNEAS VERTICALES SOBRE LAS BARRAS SON DESVIACIÓN ESTÁNDAR. LETRAS DIFERENTES ENTRE MEDIAS, SON DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS ($P<0.05$).....	16
FIGURA 5. ESTRUCTURA DE LOS RODALES ACUERDO CON EL ESTADO DE MADUREZ DE LOS CULMOS PARA TODA LA FINCA Y POR RODALES EN LA FINCA YARIMA.....	17
FIGURA 6. DIMENSIONES DE LOS CULMOS COSECHADOS EN YARIMA. LÍNEAS VERTICALES SOBRE LAS BARRAS SON DESVIACIÓN ESTÁNDAR. LETRAS DIFERENTES ENTRE MEDIAS, SON DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS ($P<0.05$). IAP= INTERNUDO A LA ALTURA DEL PECHO.....	18
FIGURA 7. CARACTERÍSTICAS ASOCIADAS A LA CALIDAD. LÍNEAS VERTICALES SOBRE LAS BARRAS SON DESVIACIÓN ESTÁNDAR. LETRAS DIFERENTES ENTRE MEDIAS, SON DIFERENCIAS ESTADÍSTICAMENTE SIGNIFICATIVAS ($P<0.05$).....	19
FIGURA 8. CONTRIBUCIÓN DE LAS VARIABLES A LA DEFINICIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES Y DEFINICIÓN DE LA VARIABILIDAD DE LOS DATOS ASOCIACIÓN DE LAS MISMAS CON LAS PARCELAS (CÍRCULOS AZULES NUMERADOS DE 1 A 7 RODAL 1, DE 7 A 14 RODAL 2 Y DE 14 A 21 RODAL 3).....	23
FIGURA 9. CONTRIBUCIÓN DE LAS VARIABLES A LA DEFINICIÓN DE LOS COMPONENTES PRINCIPALES Y ASOCIACIÓN DE LAS MISMAS CON LOS TRES RODALES (CÍRCULOS AZULES).	25
FIGURA 10. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DE TRES REGÍMENES DE COSECHA, CON UNA FRECUENCIA DE 18 MESES Y UNA INTENSIDAD DE A) 18 % B) 25% Y C) 35%. PARA EL RODAL 1. FINCA YARIMA GUADUA.EU. PEREIRA. LÍNEA PUNTEADA HORIZONTAL ES LA REFERENCIA DE PUNTO DE EQUILIBRIO	26

FIGURA 11. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DE TRES REGÍMENES DE COSECHA, CON UNA FRECUENCIA DE 18 MESES Y UNA INTENSIDAD DE A) 15 % B) 25% Y C) 35%. PARA EL RODAL2 FINCA YARIMA GUADUA.EU. PEREIRA. LÍNEA PUNTEADA HORIZONTAL ES LA REFERENCIA DE PUNTO DE EQUILIBRIO	27
FIGURA 12. ESCENARIOS DE SIMULACIÓN DE TRES REGÍMENES DE COSECHA, CON UNA FRECUENCIA DE 18 MESES Y UNA INTENSIDAD DE A) 21 % B) 25% Y C) 12%. PARA EL RODAL 3. FINCA YARIMA GUADUA.EU. PEREIRA. LÍNEA PUNTEADA HORIZONTAL ES LA REFERENCIA DE PUNTO DE EQUILIBRIO	27
FIGURA 13 PRODUCTIVIDAD ESPACIALIZADA EN RODALES HACIENDA YARIMA.....	28
FIGURA 14. DIMENSIONES DE CULMOS ESPACIALIZADA EN RODALES HACIENDA YARIMA.	29
FIGURA 15. CALIDAD DE CULMOS ASOCIADA A RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN.....	29
FIGURA 16. CALIDAD DE CULMOS ASOCIADA CON LA RESISTENCIA AL CORTE.	30
FIGURA 17. CALIDAD DE SITIO ASOCIADA A LA FERTILIDAD DEL SUELO.....	30

RESUMEN DEL TRABAJO DE GRADO

Los bosques de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), representan los ecosistemas boscosos naturales más abundantes en la región del eje cafetero de Colombia entre los 900 y los 2000 m.s.n.m. Estos cumplen con funciones importantes como la provisión de servicios ecosistémicos y son complemento de actividades agrícolas o pecuarias, que pueden generar ingresos adicionales a los productores; en este contexto, se hace importante contar con herramientas que permitan una adecuada planificación de este recurso. El objetivo principal de esta investigación fue generar una herramienta para la toma de decisiones en el manejo y aprovechamiento de los bosques de guadua a nivel de finca, con base en información de calidad de sitio, la productividad de culmos y la calidad de estos. El trabajo se realizó en 28 ha de bosques naturales de guadua distribuidos en tres rodales, pertenecientes a la finca Yarima, en Pereira, Colombia, los cuales han sido manejados a través del tiempo para la extracción de culmos. Información de variables de sitio y de los bosques de guadua fue correlacionada para buscar asociaciones entre las mismas, posteriormente a través de análisis de componentes principales fue posible encontrar grupos de variables que representan productividad y calidad a asociadas a condiciones de sitio. La información fue espacializada mediante técnicas de geoestadística y posteriormente, usando modelos de simulación soportados en cadenas de Markov, se definieron escenarios de productividad. Los resultados permitieron identificar condiciones de sitio ligeramente diferentes entre rodales, que inciden variables como la fertilidad del suelo, afectan la productividad y calidad de la materia prima. Los análisis multivariados permitieron evidenciar estas asociaciones, donde tres componentes principales explicaron el 55% de la variabilidad total y mostraron patrones de diferentes condiciones para los rodales analizados con condiciones más favorables para algunos. Los escenarios simulados, mostraron también mejores posibilidades para los mismos rodales en términos de productividad a través del tiempo y generan información que orienta las posibles limitaciones que se podrían encontrar y se definió un rango de posibilidades cuyo valor óptimo en condiciones de equilibrio es de 581 culmos /ha cada 18 meses en el rodal de mejores condiciones. Estos resultados proporcionan información relevante para los productores para soportar la toma de decisiones de manejo, evidenciando ventajas y desventajas entre y dentro de los rodales y por lo tanto permite hacer mejores procesos de planificación. Así mismo, los diferentes niveles de análisis, desde la estadística descriptiva hasta la simulación de escenarios, se convierten en herramientas que pueden ser usados por los productores de acuerdo con el tipo de información disponible.

PALABRAS CLAVE:

Bambú, culmos, *Guadua angustifolia*, análisis multivariado, rodales.

ABSTRACT

Bamboo forests (*Guadua angustifolia* Kunth), represents the most important of forest ecosystems in Colombian Coffee region (among 900 and 2000 masl). These forests provide ecosystems services and gives extra gains to producers; in this way is necessary give tools for an adequate management of this resource. The principal aim for this study was to develop a tool to support and to ease the management and decision making for the owners. Factors associated with site quality, culms productivity and quality are considered. This study was carried out in 28 hectares of natural bamboo forest located in Yarima farm, Pereira, Colombia. The first set of analyses was focused to find relationship between variables that represented site conditions and stand productivity. Then, to find patterns and to reduce data dimensionality, a principal component analysis (PCA) was performed. In addition, productivity by each stand was modelled and feasible scenarios of harvesting were elucidated. Finally, conditions of stands associated with productivity and quality were spatialized. After PCA about 55% of total variability was explained by two

components, which also showed groups of variables related and associated to different plots along the stands. After the assessment of harvesting scenario modelled, an optimal value of 581 culms / ha every 18 months was defined. Besides, zones within stands with different conditions of productivity and quality were also defined. The different approaches used to find relationship between site conditions, productivity and quality of culms represent together a tool that contribute to the farmers with proper information for making decisions.

KEYWORDS

Bamboo, culms, *Guadua angustifolia*, multivariate analyses, bamboo stands

1. INTRODUCCIÓN

En Colombia la especie de bambú *Guadua angustifolia* Kunt (guadua) se ha utilizado tradicionalmente para diferentes aplicaciones (Correal y Arbeláez, 2010; García y Camargo, 2010; Takeuchi et al, 2009). En la medida que el material es usado con diferentes propósitos, se hace necesario conocer sus propiedades que pueden variar considerablemente (Maya et al. 2017, García y Camargo 2010), así como su productividad (Camargo et al 2007a). Por este motivo, se requiere mejorar en el conocimiento de las características de la materia prima que las empresas rurales suministran para los diferentes propósitos.

A pesar de que el uso ancestral de este material ha brindado la experiencia del buen comportamiento de este, tanto para usos domésticos como comerciales, las dinámicas de mercado asociado a la guadua no han avanzado al punto de generar una demanda constante del material y las evaluaciones financieras de algunas empresas resultan con escenarios poco deseados (pe. Muñoz, 2017). La base de la industria de la guadua es la oferta de materia prima en cantidades y calidades adecuadas. En este, es importante considerar que el principal producto del manejo y aprovechamiento de los guaduales o bosques de guadua son los culmos o secciones de estos que tienen relativamente poco valor en el mercado cuando no han sido sometidos a procesos preindustriales e industriales. Por lo tanto, la selección apropiada del material a cosechar de acuerdo con su madurez podría garantizar productos de mejor calidad (pe. Camargo y Suarez, 2014).

La estandarización o clasificación de productos de bambú (entendida como la selección de productos con dimensiones y características de calidad específicas) (Trujillo y Jangra 2016) de acuerdo con la oferta que tiene que se tiene, son puntos relevantes para estas empresas. Lo anterior podría contribuir a mejorar y hacer más eficiente esta actividad como alternativa económica.

Para el caso particular del eje cafetero colombiano, norte del Valle del Cauca, Caldas y Tolima en los cuales, de acuerdo al inventario realizado en el año 2004, el área de guadua era de 28.000 ha (Kleinn y Morales 2006), que en la actualidad puede ser menor debido a los procesos de cambio que se han venido dando (Aguirre 2017), pero que representa tal vez la región en Colombia con mayor oferta de este recurso natural. Por tal razón desde hace algún tiempo se han venido desarrollando iniciativas de investigación que han contribuido con la mejora del conocimiento de la especie (vista como recurso) y han logrado proporcionar información importante en cuanto a silvicultura, propiedades químicas, físicas y mecánicas, trabajos encaminados a la preindustrialización (preservación y secado) y en la parte de la construcción (pe. Maya et al, 2017, Suarez y Camargo 2014).

A medida que el material es usado para diferentes propósitos, hay exigencias más específicas de calidad (García, 2004, García y Camargo 2010) y un criterio importante para garantizarla es que

los culmos sean cosechados en un estado de madurez óptimo (Rodríguez y Henao, 2011). La definición de la madurez visualmente y partir de características externas de los culmos, puede ser subjetiva y se basa en características externas del mismo que dependen de la presencia de líquenes u hongos sobre su superficie (Camargo et al. 2007). Estas características pueden variar dependiendo de las características climáticas y hace factible la posibilidad de tener culmos en un rango de edad amplio clasificados en el mismo grado de madurez, situación desventajosa, considerando que la madurez es importante para la definición de la calidad de los culmos (Camargo y Suarez 2014). A lo anterior, se le suma, los cambios en productividad que están representados básicamente en la variación que se presenta en la oferta de culmos de acuerdo con los cambios en las características estructurales de los bosques de guadua (pe. García 2004, Camargo 2006, Camargo et al 2007a)

Esta investigación pretende evaluar los posibles cambios que se presentan en cuanto a calidad y productividad, en una unidad de manejo, en este caso una finca, con el propósito de contribuir a procesos de planificación y manejo del bosque que consideren la variabilidad asociada a los mismos. Para tal fin se trabajó, en los rodales de guadua de la Hacienda Yarima, zona de Cerritos, sector el Tigre en Pereira Risaralda. En este lugar se realiza manejo y aprovechamiento a tres rodales de guadua con una extensión aproximada de 28 ha, por parte de los dueños de la hacienda desde 1950 aproximadamente y de la empresa Yarima Guagua E.U. desde hace más de 10 años. Lo anteriormente planteado podría contribuir a mejorar y hacer más eficiente esta actividad que puede servir de referencia a otros productores campesinos en la región.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

En las unidades productivas y de manejo como fincas donde se encuentran los bosques de guadua, a pesar de estar en sitios con cierta homogeneidad acuerdo a las condiciones biofísicas dado el tamaño de estas, se presentan diferencias en productividad y calidad que pueden estar asociadas a los cambios de condiciones de sitio. Así mismo, existe la necesidad de optimizar los procesos de manejo y planificación de estos bosques y de aproximarse a la estandarización de productos que pueden ser demandados en el mercado.

Los planes de manejo que se realizan para estos bosques usualmente no integran la información espacial, las características dendrométricas y de masa de los rodales y esto no contribuye a tener una visión en conjunto de los diferentes factores que afectan la obtención de materia prima. Así mismo, se parte en muchas ocasiones del supuesto de que no hay cambios en el producto y en la productividad.

En este contexto se plantea la siguiente pregunta de investigación:

¿Cómo contribuir a la ordenación de los bosques de guadua a nivel de finca con base en la integración de la información espacial, del sitio (suelos, topografía) y de los rodales (productividad y calidad), para proveer bases que permitan la estandarización de productos y faciliten la toma de decisiones de manejo?

3. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

OBJETIVO GENERAL

Generar una herramienta para la toma de decisiones en el manejo y aprovechamiento de los bosques de guadua a nivel de finca, con base en información de calidad de sitio, calidad y productividad de los culmos de guadua.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar las características de calidad y productividad de los rodales de Guadua de la Hacienda Yarima, así como de las condiciones de sitio predominantes.
- Definir grupos homogéneos de calidad y productividad de Guadua con base en los factores de sitio y sus vínculos espaciales como base para la microzonificación de los bosques de guadua
- Establecer criterios para la toma de decisiones de manejo, mediante técnicas de estadística multivariada, que permitan orientar la cosecha y planificación para la extracción de material de los bosques de guadua con características determinadas

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Calidad de producto

Los culmos de guadua, se han utilizado ampliamente para aplicaciones estructurales debido a su resistencia física y mecánica, así como sus atributos dendrométricos (diámetro y longitud del culmo) que facilitan su uso. Muchas de las casas, los puentes y los tejados de las viviendas rurales elaborados en este material son reconocidos mundialmente por su resistencia; es por esto que esta especie de bambú puede utilizarse para aplicaciones estructurales (Correal y Arbeláez, 2010; Takeuchi, Lamus, Malaver, Herrera y River, 2009).

Este tipo de usos de la guadua, han determinado la importancia de este material; factores como la resistencia al corte, la compresión y la flexión que son propiedades mecánicas son las utilizadas para conocer la calidad de los productos de guadua (ISO/TR 22157-1. 2004).

Una definición corta de las características físico-mecánicas antes mencionadas establece que la resistencia a la compresión se produce en un cuerpo cuando las fuerzas se aproximan una a otras comprimiendo el elemento, de la misma manera, cuando se habla de el corte o cizallamiento este se produce cuando el cuerpo es sometido a dos fuerzas paralelas y en sentido contrario produciendo deslizamiento de las superficies una sobre la otra (Gonzáles y Díaz, 1992).

4.2.Productividad

La productividad de los bosques de guadua es expresada a través de variables dendrométricas como el diámetro o de masa como el área basal, el volumen aparente y el volumen neto, en ambos casos comercial y total y especialmente, por la densidad de culmos por ha (Camargo 2006). La comercialización de los culmos se hace a través de piezas de culmos (Muñoz 2017) y en este sentido su longitud es importante como medida de productividad. El criterio de densidad de culmos ha sido importante para definir núcleos alta, moderada y baja productividad en la región cafetera de Colombia (Camargo et al. 2007a).

En términos de equilibrio ecológico para el manejo de los guaduales, se ha establecido que mantener una densidad mínima de culmos vivos en pie que de acuerdo con Morales (2004) y

Camargo (2006), debería estar entre 2500 y 3000 culmos / ha. En este estudio se asume un nivel mínimo de 2500 culmos vivos / ha

4.3. Análisis Estadístico – Análisis de Componentes principales y Kriging

El análisis de componentes principales es un procedimiento matemático para reducir la dimensionalidad de los datos e identificar nuevas variables subyacentes, para tal fin se realiza una transformación de variables que pueden estar correlacionadas a un conjunto menor de variables llamadas componentes principales y que no están correlacionadas entre sí (Johnson 2000).

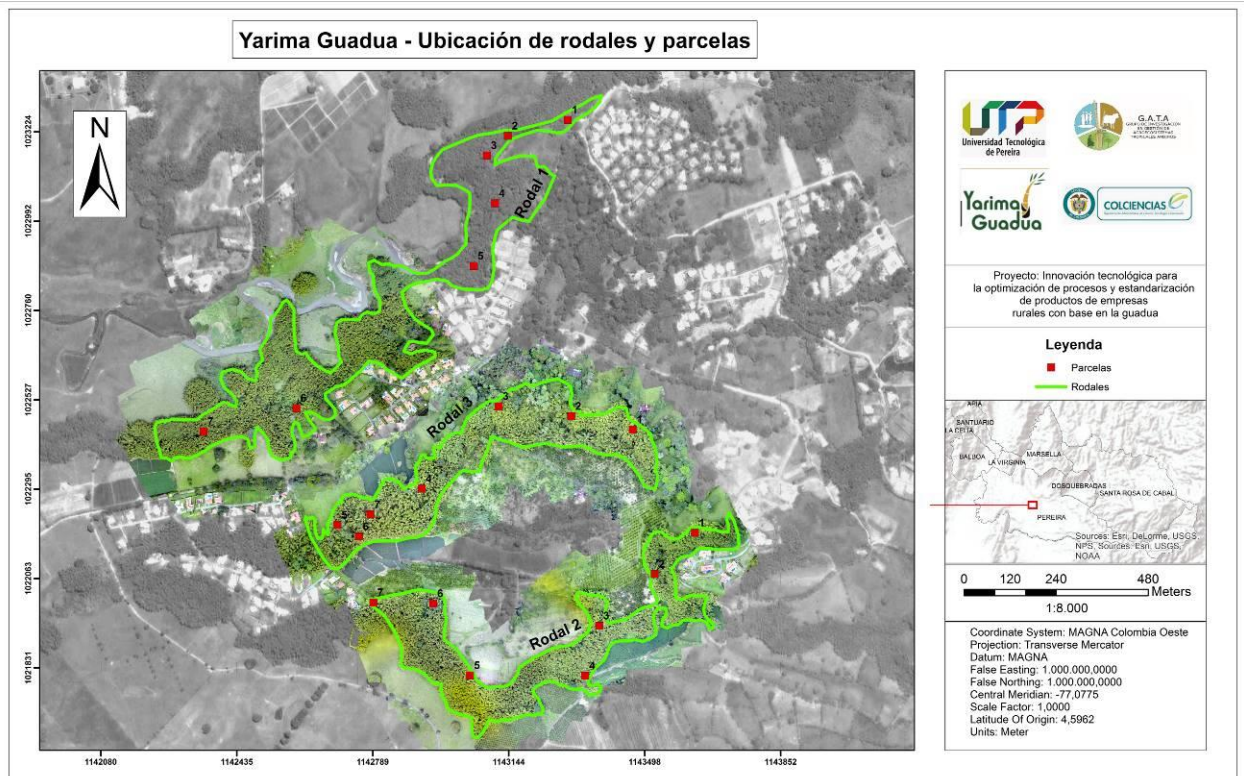
El método de kriging se deriva de la geoestadística y se utiliza para ajustar el modelo de la salida determinística como la realización aleatoria de un proceso de predicción eficiente de datos espaciales, requiere la comprensión de los principios de autocorrelación espacial y se utiliza cuando la variación de datos es tan irregular que métodos simples de interpolación pueden dar resultados poco confiables (Ryu, et al. 2002).

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación sitio de estudio

El sitio de estudio correspondió a la finca Yarima, ubicada al sur occidente del municipio de Pereira en el departamento de Risaralda que tiene un área aproximada de 28 ha en bosques naturales de guadua. Está a una elevación de 1200 msnm, con una temperatura media de 22°C y una precipitación anual de 2000 mm. El área en bosques de guadua se presenta dividida en tres rodales de 10,43 ha (Rodal No 1); 6,93 ha (Rodal No 2) y 10,96 ha (Rodal No 3) (Figura 1).

Para este trabajo, la información provino de 21 parcelas permanentes de investigación, 7 dentro de cada rodal las cuales fueron establecidas en el año 2008 y han venido siendo usadas para el monitoreo de las características de estos bosques. Cada parcela tenía un área de 100 m² y se encontraban distribuidas aleatoriamente a lo largo de los rodales. En la figura 1 se presenta la ubicación espacial de los rodales y las parcelas muestreadas.



5.2. Información colectada en cada parcela

Para evaluar las características de los suelos, en cada parcela se eligieron tres puntos al azar. En cada uno de ellos se tomaron muestras de suelos entre 0-25 cm y 25 -50 cm de profundidad. Para las propiedades químicas se usaron muestras disturbadas de cada profundidad. Para las propiedades físicas se tomaron para estabilidad estructural y textura, muestras disturbadas; mientras que, para evaluar humedad, curvas de retención, porosidad, densidad y conductividad hidráulica, se usaron muestras colectadas en cilindros metálicos de 98 cm³ de volumen (Tabla 1). Posteriormente con el propósito de integrar valores de características del suelo, se calculó la fertilidad del suelo de acuerdo con Ortega (1995) y el diámetro medio ponderado de los agregados del suelo (DMP) (Jaramillo 2002)

En cada parcela fueron seleccionados tres culmos maduros al azar (mayores de 4 años), lo cuales fueron cortados y sobre los mismos se midieron variables dendrométricas, que representan sus dimensiones y se pueden asociar con su productividad (Tabla 1). También de cada uno de los culmos, fueron extraídas probetas equivalentes a una sección entre dos entrenudos de la parte baja (< 3 m de altura), media (mitad del culmo) y alta (últimos 3 m). Estas probetas, fueron usadas para evaluar propiedades físico-mecánicas, que se pueden asociar a calidad de los culmos. Adicionalmente, en este grupo de variables, de la relación entre la longitud total y la altura del culmo, se estimó la curvatura. También, a partir de residuos molidos (ripio), obtenidos al cortar las probetas para propiedades físico-mecánicas, se evaluó el contenido de lignina ácida (Tabla 1).

Tabla 1. Variables medidas en las parcelas de muestreo

Tipo de Variable	Nombre	Metodología de medición
<i>Suelos (Propiedades Químicas)</i>	Reacción del suelo (pH)	Potenciométrico, Suelo: Agua: 1:1
	Porcentaje de Nitrógeno	Semimicro Kjeldhal
	Porcentaje Materia Orgánica (MO)	Walkley-Black. Colorimetría
	Potasio (K) (meq/100g suelo)	Acetato de Amonio
	Calcio (Ca) (meq/100g suelo)	Acetato de Amonio
	Magnesio (Mg) (meq/100g suelo)	Acetato de Amonio
	Sodio (Na)	Acetato de Amonio
	Aluminio (Al) (meq/100g suelo)	KCl IM-EAA
	Capacidad de intercambio catiónico CIC (meq/100g suelo)	Acetato de Amonio 1N. pH 7,0.
	Fósforo (P) (ppm)	Bray II, Colorimetría Bray Kurtz.
	Capacidad intercambio catiónico efectiva (CICE)	(Ca + Mg + Na + K + Al)
	Bases totales (BT)	(Ca + Mg + Na + K)
	Saturación de bases (SBA)	BT / CIC*100
	Saturación de bases efectiva (SBE)	BT / CICE*100
	Saturación de Aluminio (SAL)	Al / CICE*100
Carbón orgánico (CO)	MO / 1,7	
Relación Carbono/Nitrógeno	C/N	
<i>Suelos (Propiedades Físicas)</i>	Compactación	Penetrómetro
	Porcentajes de arenas, limos y arcillas	Bouyoucos con pirofosfato de sodio
	Textura	Triangulo textural
	Densidad aparente g/cm ³	Método de cilindros
	Densidad real g/cm ³	Método de Picnómetro
	Porosidad total %	(1-Densidad aparente/densidad real) *100
	Humedad en campo %	Olla de presión
	Humedad gravimétrica	Olla de presión
	Humedad volumétrica	Olla de presión
	Macro, meso y microporos	Mesa de tensión, platos de tensión
Distribución de agregados en seco	Tamices y movimiento de Shaker	
Estabilidad de agregados	Método de Yoder	
<i>Dendrométricas</i>	Longitud total (m)	Medida en cada culmo muestreado
	Número de entrenudos	Medida en cada culmo muestreado
	Longitud entrenudo medio por sección (cm)	Medida por secciones (baja, alta media pieza en culmos

	Circunferencia entrenudo medio por sección (cm)	muestreados Medida por secciones (baja, alta media pieza en culmos muestreados
	Espesor de la pared por sección (mm)	Medida por secciones (baja, alta media pieza en culmos muestreados
	Circunferencia a la altura del pecho (CAP)	Medida en cada culmo muestreado
<i>Calidad</i>	Resistencia al Corte	ISO 22157-1 NTC 5525
	Resistencia a la Compresión	ISO 22157-1 NTC 5525
	Dureza (Shore)	Mitutoyo Hardmatic 811-331 Akashi,
	Lignina acida (%)	Norma Tappi 222 om-06 (TAPPI 2006)
	Curvatura (%)	Relación entre la longitud total y la altura

Adicionalmente, en cada parcela, se tomó información sobre el número total de culmos, los estados de madurez y a partir del número de tocones encontrados, se hizo una estimación de la intensidad de cosecha.

Las variables de suelo, así como aquellas que representan los atributos de los culmos (productividad y calidad), fueron comparadas entre rodales mediante pruebas de Kruskal Wallis. También se realizaron correlaciones entre las estas y las características de los culmos. Para estos análisis se usó el Software Infostat/ Free 2019, versión 2019d (Di Rienzo, et al. 2019)

5.3. Caracterización de productos

La caracterización de productos consistió en la determinación del tipo de producto obtenido del rodal de guadua y su posterior uso. Para ello se utilizó información recolectada para el sistema de gestión ambiental, el plan de negocios de la empresa y observaciones tomadas durante el desarrollo de este trabajo. En todos los casos, la información provino directamente de la empresa Yarima Guadua.

5.4. Espacialización de características y productos de la finca

Para la espacialización de la información, se tomaron imágenes de los rodales mediante un Drone Phantom 4 equipado con sistema de geoposicionamiento GPS y GLONASS. El modelo del sensor de captura fue un DJIFC330 CMOS de 1/2,3 pulgadas con 12 millones de píxeles efectivos y bandas espectrales de captura RGB (435,8nm - 700nm). La plataforma de captura fue vuelos del UAV se pre-definieron y ejecutaron autónomamente mediante la aplicación Pix4D Capture permitiendo obtener aerofotografías cenitales georreferenciadas con traslapes frontales del 75% y traslapes laterales del 60%. La información se procesó en el software Agisoft Photoscan Professional generando ortomosaicos geoposicionados de alta resolución espacial.

5.5. Análisis multivariado

Se realizó un análisis de componentes principales (ACP) para reducir la dimensionalidad de los datos, este análisis permite conocer cuáles de las variables evaluadas que describen características dendrométricas, calidad de los culmos y de productividad de los rodales, tenían más peso en la explicación de la variabilidad de los datos. Para este análisis de componentes se usaron 16

variables, que representaban las características de productividad de los rodales, las propiedades fisicomecánicas y las condiciones del suelo. Esta selección tuvo en cuenta evitar la inclusión de variables que tuvieran correlación. En el caso de las características de los suelos, también se consideraron variables como la fertilidad del suelo, que se calcula a partir de 8 parámetros químicos de manera conjunta y el diámetro medio ponderado de los agregados, que representa la estabilidad estructural y se obtiene de la proporción de 8 clases diamétricas de los agregados del suelo. Para este análisis las variables fueron estandarizadas sobre la matriz de correlación, de tal modo que se evite algún efecto de la magnitud de cada una en la conformación de los componentes. También se calculó la correlación cofenética, la cual calcula la correlación entre las distancias Euclidianas en un espacio reducido y la misma distancia en el espacio original, dado por el número de variables, siendo así una medida de la calidad de la reducción alcanzada (Casanoves et al. 2012).

Posteriormente, se verificó la contribución de cada factor o componente a la explicación de la variabilidad y dentro de estos, se resaltaron aquellas variables cuyos valores originales tenían mayor correlación con el factor o componente.

Luego, gráficamente (biplot) se representó la contribución de cada variable a la definición de cada componente, mostrando las observaciones y las variables en el mismo espacio. Este proceso, se realizó inicialmente con todos los casos (parcelas) y luego se incluyó como variable clasificatoria los tres rodales. De esta manera, se pudo evidenciar relaciones entre los rodales y el valor de los componentes. Así mismo, se identificaron las variables que más contribuyen a la variabilidad entre parcelas y rodales. De la misma manera, los ángulos entre los vectores que representan las variables pueden interpretarse como correlaciones entre estas. Así, ángulos de 90° implicaría ausencia de correlación, mientras que valores menores o mayores a 90° significan correlación positiva o negativa. De esta manera, un ángulo cercano a cero implica una alta y positiva correlación, mientras que un ángulo plano representaría una fuerte correlación negativa, también longitudes similares de los vectores sugiere contribuciones similares de cada variable en las representaciones realizadas (Casanoves et al. 2012). Para los análisis se usó el Software Infostat/Free 2019, versión 2019d (Di Rienzo et al., 2019)

5.6. Modelos de productividad

Teniendo en cuenta la información de inventario recolectada en las parcelas y los análisis descriptivos previos que permitieron determinar algunas condiciones de productividad y calidad de los rodales de guadua, se realizó la modelación de diferentes escenarios de productividad.

Para este proceso, se tuvo en cuenta información por cada rodal, considerando su estructura en términos de la densidad total de culmos estimada y los estados de madurez de estos. Los escenarios de simulación se definieron tomando como referencia la intensidad de cosecha inicial estimada en cada rodal. La frecuencia, se definió en 18 meses, dado que es el tiempo que de acuerdo con las condiciones de manejo tradicional que se realizan en la finca y permite hacer cosechas cada seis meses en un rodal y luego retornar al mismo a los 18 meses. Se simularon varias intensidades, hasta encontrar un escenario donde se presenta un equilibrio ecológico asociado a la intensidad de cosecha más alta. También se tuvo en cuenta el valor promedio que la finca usualmente comercializa cada año. Para las simulaciones se usó el software SilvGuadua (Morales et al .2008).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Condiciones de sitio y características de productividad y calidad de los bosques de guadua

La mayoría de las variables de sitio evaluadas no mostraron cambios significativos ($p < 0.05$) entre rodales y algunas de ellas mostraron una alta variabilidad (coeficiente de variación superior al 50%). De las variables que resultaron diferentes entre los rodales, son notables los cambios en la pendiente donde las parcelas ubicadas dentro del rodal 3 son significativamente ($p < 0.05$) más pronunciadas (21% vs 2,6 para el rodal 1 y 14,8 para el rodal 2). Mientras que, los suelos en el rodal 2, fueron ligera pero significativamente ($p < 0.05$) más fértiles que en los otros rodales (Figura 2). En el anexo 1 se presentan los resultados de análisis de las principales variables evaluadas.

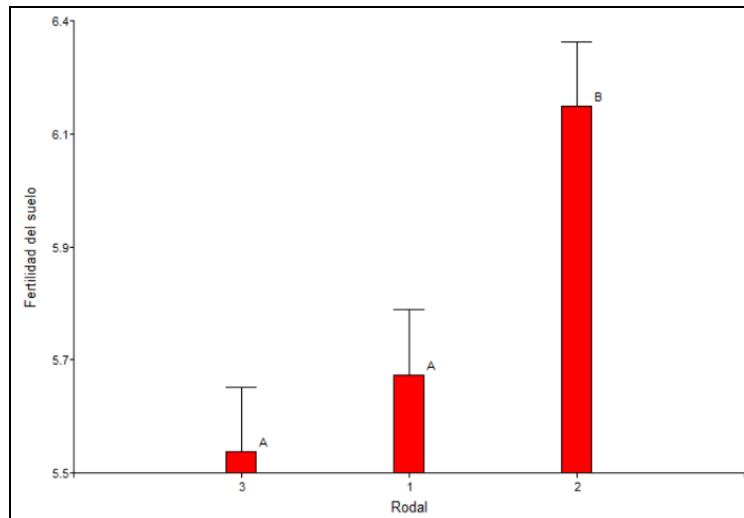


Figura 2. Fertilidad del suelo en los rodales de guadua. Finca Yarima. Líneas verticales sobre las barras son desviación estándar. Letras diferentes entre medias son diferencias significativas ($p < 0.05$)

La pendiente, la fertilidad del suelo y el DMP de los agregados del suelo fueron las variables del sitio correlacionadas significativamente (considerando solo $p < 0,05$; $R > 0,5$ o $R < -0,5$) con aquellas características que describen la productividad de los rodales, las dimensiones y la calidad a través de las características dendrométricas y la resistencia físico-mecánica de los culmos, respectivamente.

Menores valores para las variables que se asocian con dimensiones de los culmos, corresponden a sitios más empinados. Mientras que una mayor fertilidad del suelo se relacionó con mayor número de culmos y mayor resistencia a la compresión. Además, los mesoporos del suelo también mostraron una influencia positiva en la resistencia a la compresión ($p < 0.05$).

6.2. Características de los culmos de guadua en la finca Yarima

Los valores de productividad expresada por el promedio de culmos totales, fue significativamente ($p < 0.05$) mayor en el rodal 2 (Figura 3). De la misma manera, el número total de culmos vivos mostró la misma tendencia, aunque no fue significativamente distinto respecto los rodales 1 y 3. con un promedio de 5329 culmos/ha en comparación con los rodales 1 y 3 los cuales reportan en promedio 4500 y 3471 culmos/ha respectivamente (Figura 4).

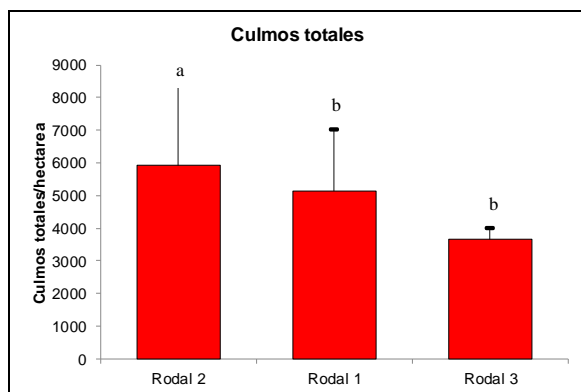


Figura 3 Número de culmos totales por ha en rodales de los guaduales de Yarima. Líneas verticales sobre las barras son desviación estándar. Letras diferentes entre medias, son diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

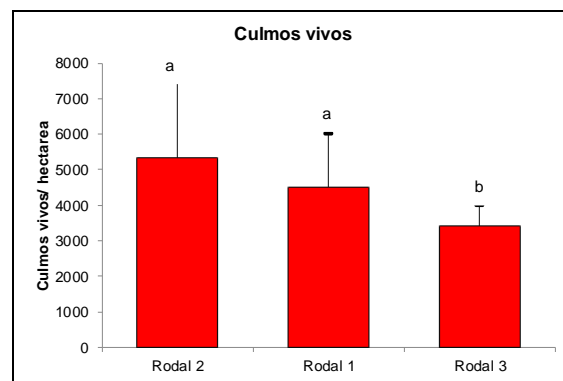


Figura 4 Número de culmos vivos por ha en rodales de los guaduales de Yarima. Líneas verticales sobre las barras son desviación estándar. Letras diferentes entre medias, son diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

En la figura 5 se presenta la estructura de acuerdo con el estado de madurez de los culmos en los rodales. Lo anterior es utilizado como base para la planificación de la cosecha (Camargo et al, 2007). En todos los casos la oferta de culmos comerciales (maduros y sobremaduros) está por encima del 50% y considerando el mayor valor que se presenta de culmos vivos, para el rodal 2, esto implica mayor oferta y por lo tanto mayor productividad. De otro lado, la proporción de culmos jóvenes y renuevos en todos los casos por encima del 20%, muestra la capacidad de renovación que tienen los rodales. En este sentido, la estimación de la intensidad de cosecha realizada en el inventario evidenció valores diferentes para los rodales siendo mayor en el rodal 3 (21%), que considerando el menor número de culmos vivos, llama la atención porque podría en algún momento estar cercano al punto de equilibrio establecido (Morales 2004, Camargo 2006) de 2500 culmos vivos / ha y por lo tanto es importante tener en cuenta que el número de culmos renuevos y culmos jóvenes dentro de un rodal aportan información valiosa en cuanto al comportamiento del rodal para su manejo.

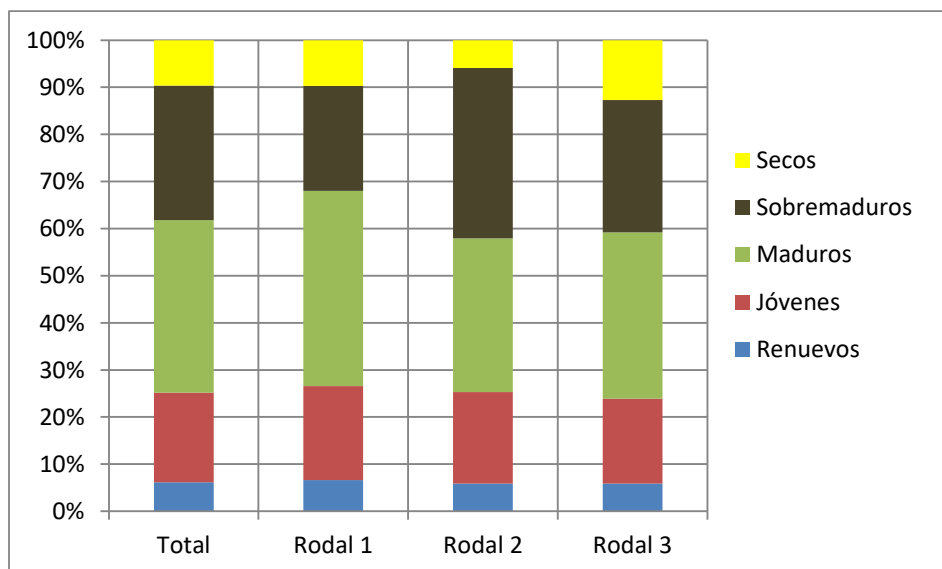
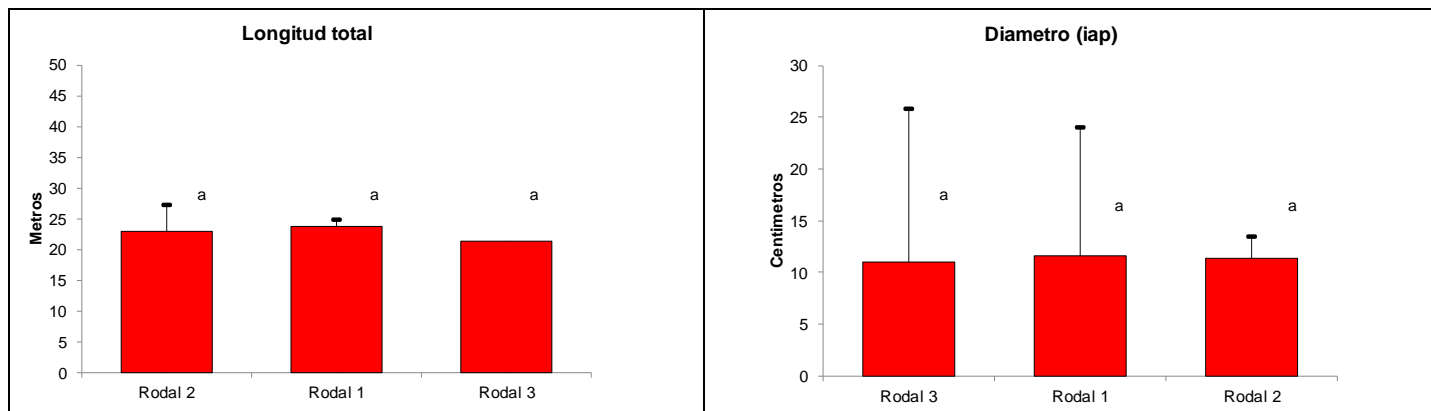


Figura 5. Estructura de los rodales acuerdo con el estado de madurez de los culmos para toda la finca y por rodales en la finca Yarima.

Es importante resaltar la importancia de la definición de la madurez de los culmos, ya que la base de la industria es la materia prima en cantidades y calidades adecuadas, de esta manera es importante que el producto principal de los bosques de guadua (la guadua rolliza) sea manejada, seleccionada y aprovechada en su estado óptimo de madurez (Camargo y Arango, 2012, Camargo y Suarez, 2014)

Los resultados de la evaluación de las características físicas y dimensiones de los culmos, mostraron que en el rodal 1 se presentan los culmos con mayor longitud entrenudos, espesor medio de pared y volumen neto; por su parte, en el rodal 2 se encuentran los culmos con mayor longitud total y en el rodal 3, los culmos de menor diámetro; los valores de las variables espesor medio de pared y volumen neto, presentaron diferencias significativas ($p < 0.05$) entre rodales. En la figura 6 se muestran las dimensiones de los culmos cosechados en los bosques de la Finca Yarima



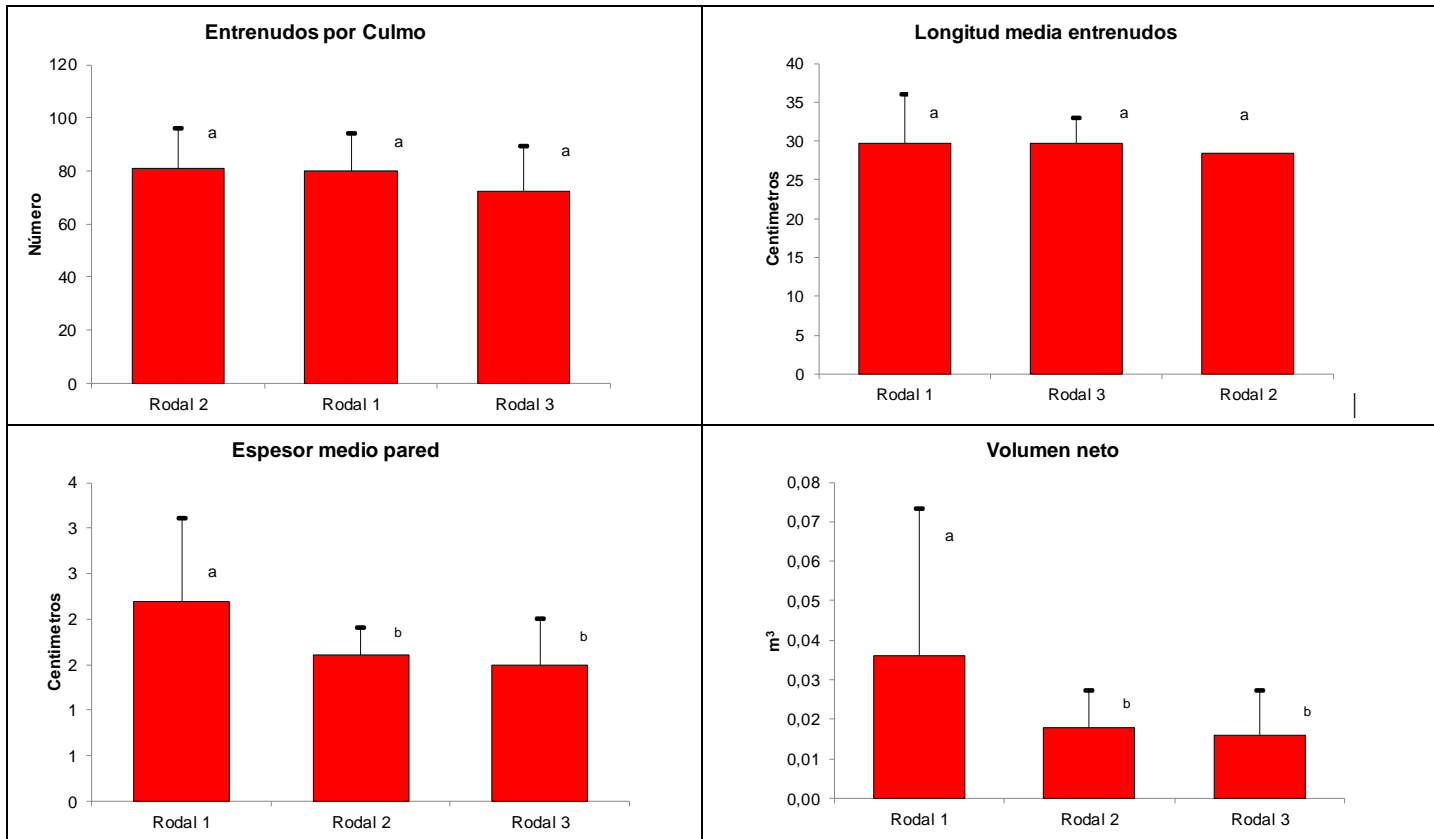


Figura 6. Dimensiones de los culmos Cosechados en Yarima. Líneas verticales sobre las barras son desviación estándar. Letras diferentes entre medias, son diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$). iap= Internudo a la altura del pecho

Según Castaño y Moreno (2004) la calidad de la guadua se puede asociar con sus propiedades dendrométricas (longitud, altura, diámetro) y características superficiales (cantidad y distribución de los nodos, presencia de hongos y líquenes). Las propiedades mecánicas de las diversas especies de bambú varían según la especie, la edad, la sección (altura) del culmo y las características del sitio (Camargo et al, 2007b). Estudios más recientes muestran que las características mecánicas como la resistencia al corte y a la compresión y la dureza, cambian de acuerdo con la sección del culmo (alta, media y baja), mostrando que por ejemplo la sección baja del culmo (basa) es la que presenta las mejores características físico-mecánicas (Henao y Quintero, 2012). De la misma manera, la resistencia a la compresión y al corte, cuyos valores son importantes para aplicaciones estructurales, varían de acuerdo con la madurez de los culmos (Henao y Quintero, 2012; Camargo y Suárez 2014).

En la figura 7, se presentan los valores de las propiedades físico-mecánicas y químicas evaluadas. Para las físico-mecánicas no se presentan diferencias estadísticamente significativas ($p > 0.05$), el contenido de lignina ácida fue ligera, pero significativamente ($p < 0.05$) mayor. Estos resultados son consistentes con valores reportados por Castrillón y Malaver; (2004) para resistencia al corte y compresión, Mosquera, Cortes y Niño, (2010); Camargo et al, 2011), para lignina y Camargo (2006) para curvatura.

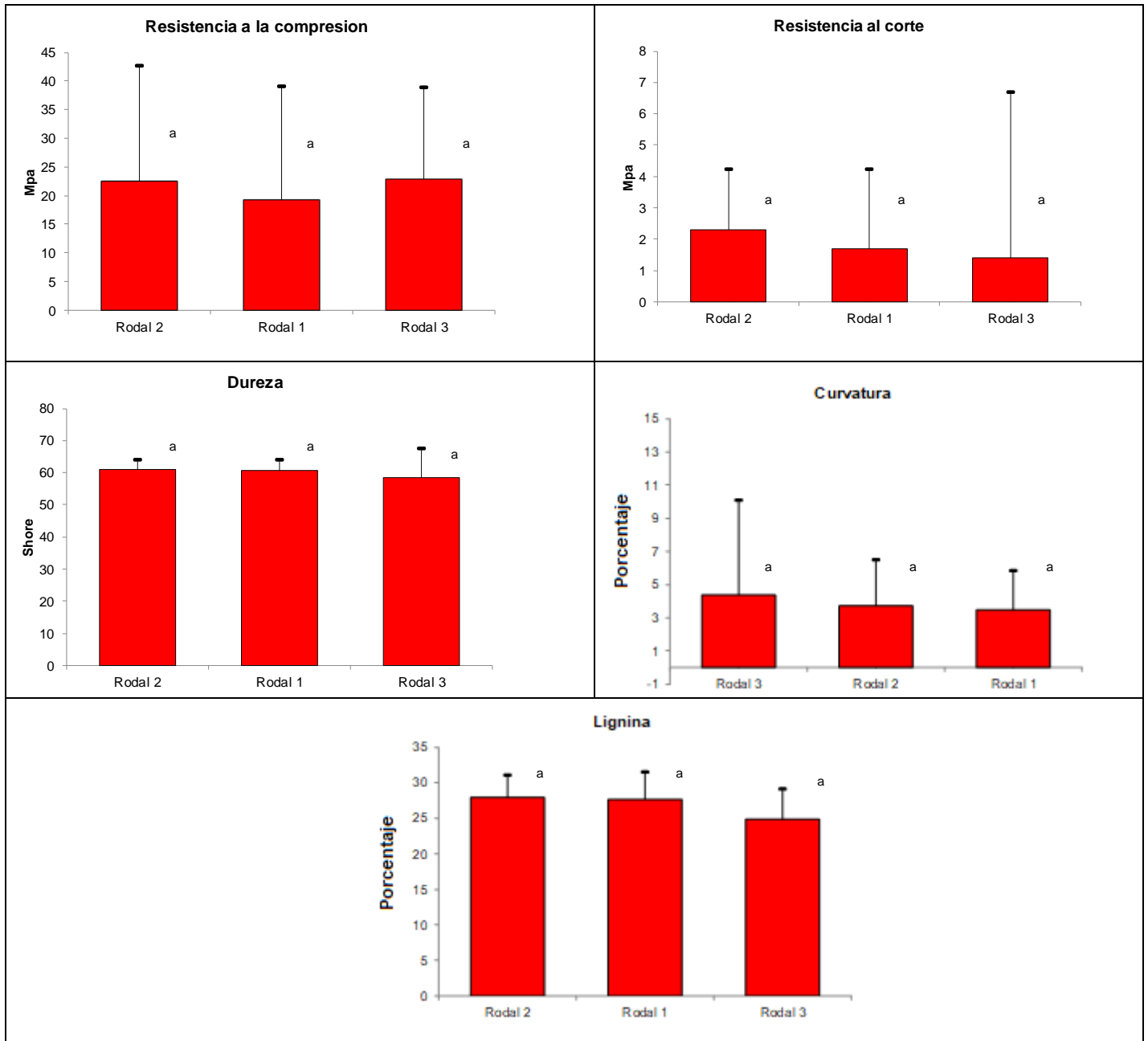


Figura 7. Características Asociadas a la Calidad. Líneas verticales sobre las barras son desviación estándar. Letras diferentes entre medias, son diferencias estadísticamente significativas ($p < 0.05$).

Con los análisis descriptivos y no paramétricos de varianza, se pudo observar que los rodales presentan diferencias en términos de productividad, dimensiones, aunque no para todas las variables que representan calidad. Se vislumbra también, una posible relación entre condiciones más restringidas en el rodal 3, con limitaciones por pendiente y fertilidad, asociados a culmos con valores menos atractivos que en los otros rodales. Esto implica por lo tanto condiciones de manejo diferentes.

6.3. Caracterización de los productos

En Yarima, el aprovechamiento comercial de la guadua se realiza a partir de cada culmo, del cual se extraen 3 piezas que corresponden a la basa (de 3 a 11 m), sobrebasa (de 11 a 15 m) y el varillón (de 15 a 18 m), este aprovechamiento puede realizarse para comercializar la guadua entera (rolliza) o en esterilla (Muñoz, 2017).

Los productos que se comercializan en la finca Yarima dependen de las necesidades de los clientes, así como puede observarse de acuerdo con información recuperada de la página web de Yarima Guadua EU y del Plan de Negocios de la Empresa (Tabla 2.). Así mismo, en la Tabla 3, se presentan valores de propiedades físico-mecánicas para las piezas (basa y sobrebasa) que más se comercializan.

Tabla 2. Productos comercializados en la Finca Yarima y sus dimensiones.

#	Código	Producto	Diámetro (cm)	Diámetro Pulgadas (“)
1	C1	Guadua Macana – Cepa	<7.5	<3’’
2	C2	Guadua Macana – Cepa	7.5 a 10	3’’ a 4’’
3	C3	Guadua Macana – Cepa	10 a 13	4’’ a 5’’
4	C4	Guadua Macana – Cepa	13 a 15	5’’ a 6’’
5	SB1	Guadua Macana – Sobrebasa	<7.5	<3’’
6	SB2	Guadua Macana – Sobrebasa	7.5 a 10	3’’ a 4’’
7	SB3	Guadua Macana - Sobrebasa	10 a 13	4’’ a 5’’
8	SB4	Guadua Macana - Sobrebasa	13 a 15	5’’ a 6’’
9	V	Guadua Macana – Varillón	2 a 7	1’’ a 3’’

Tabla 3. Propiedades de las piezas de culmos comercializadas por la finca Yarima

Propiedad	Basa			Sobrebasa		
	Media	Mínimo	Máximo	Media	Mínimo	Máximo
Resistencia a la compresión (MPa)	30.7	18.1	47.5	29.4	19.6	39.6
Resistencia al corte (MPa)	3.4	1.8	7.8	2.5	0.9	5.5
Dureza (Shore)	59.9	37.0	70.0	62.0	47.0	80.0

En Colombia diversos estudios han permitido un acercamiento a los valores que deberían tener las maderas de buena calidad para fines estructurales (MAVDT 2010) que es el principal uso que se le da a las piezas de culmos que se extraen de las secciones evaluadas.

Los valores encontrados en este estudio son consistentes con los que han sido reportados por diversos autores (Tabla 4) lo que permite tener un acercamiento a la calidad del material producido en los rodales de Yarima.

Tabla 4. Valores de resistencia al corte y a la compresión paralela a la fibra, registrados en estudio previos

Propiedad	Especie de Bambú	Valor	Referencia
Resistencia al corte (Mpa)	<i>Guadua angustifolia</i>	3.08 (±0.67)	Camargo y Suárez, (2014)
	<i>Gigantochloa ortechinii</i>	4.52	Mohmod <i>et al.</i> (1990)
	<i>Bambusa vulgaris</i>	4.53	Mohmod <i>et al.</i> (1990)
	<i>Bambusa blumeana</i>	4.81	Mohmod <i>et al.</i> (1990)
	<i>Guadua angustifolia</i>	7.53	Camargo (2006)
	<i>Guadua angustifolia</i>	4.7-5.1	Takeuchi (2005)
	<i>Guadua angustifolia</i>	7.3	Correal y Arbelaez (2010)
	<i>Guadua angustifolia</i>	41.6 (±9.9)	Camargo y Suarez, 2014
	<i>Guadua angustifolia</i>	30.1	Gonzalez <i>et al.</i> (2008)
	Resistencia a la compresión (Mpa)	<i>Guadua angustifolia</i>	30.0
<i>Bambusa blumeana</i>		27.08	Mohmod <i>et al.</i> (1990)
<i>Bambusa vulgaris</i>		28.17	Mohmod <i>et al.</i> (1990)
<i>Gigantochloa scortechinii</i> 2		28.79	Mohmod <i>et al.</i> (1990)
<i>Guadua angustifolia</i>		30.7	Camargo (2006)
<i>Guadua angustifolia</i>		35.2	Correal y Arbelaez (2010)
<i>Phyllostachys pubescens</i>		86.5	Li (2004)

Fuente: Camargo y Suarez, 2014.

6.4. Análisis de componentes principales para la definición de grupos homogéneos de calidad y productividad de guadua

Del análisis de componentes principales se pudo observar, que tres de ellos explican el 55 % del valor de la variabilidad de los datos. La correlación cofenética de 0.8, muestra que hay una buena representación de la variabilidad de los datos en este análisis. El primer componente, que representa el 23 % de la variabilidad total, representa valores bajos de propiedades fisicomecánicas (Resistencia al corte y a la compresión), asociados a suelos más duros (densidad aparente alta, porosidad total baja) y también de menor fertilidad. El componente 2, expresa el

17% de la variabilidad y tiene mayor influencia del contenido de lignina, la fertilidad del suelo, en áreas donde la cantidad de culmos por ha es mayor, pero donde se tienen valores bajos de intensidad de cosecha. El componente 3, que explicó el 15% de la variabilidad tuvo mayor influencia de variables que representan mayores dimensiones en los culmos como su longitud, pero no se observó una relación fuerte con variables de sitio. En la tabla 5, se pueden observar las correlaciones entre los componentes y los valores originales de las variables

Tabla 5. Correlación entre los valores originales de las variables y los tres primeros componentes principales (PC1, PC2 y PC3)

Variables	PC1	PC2	PC3
Culmos/ha	-0.18	0.6	0.46
Intensidad de Cosecha (IC) (%)	0.37	-0.58	-0.04
Longitud del Culmo (m)	-0.37	0.24	0.75
Diametro (cm)	-0.29	0.09	0.45
Longitud Entrenudos (cm)	0.3	-0.14	0.76
Volumen neto (m3)	-0.42	-0.53	0.42
Resistencia a la Compresión (Mpa)	-0.74	0.21	-0.38
Resistencia al corte (Mpa)	-0.47	-0.06	-0.03
Dureza (Shore)	0.49	0.34	0.11
Curvatura (%)	-0.05	0.02	-0.51
Lignina (%)	0.3	0.76	-0.26
Densidad Aparente (g/cm3)	0.74	-0.12	-0.1
Porosidad Total (PT) (%)	-0.73	0.12	0.09
DMP 0-5 cm	0.52	0.43	0.12
DMP 5-15 cm	0.62	0.44	0.24
Fertilidad	-0.49	0.69	-0.19

Luego la representación gráfica del análisis, realizada entre el Componente 1 y 2, que incluyen variables de la productividad y calidad de la guadua, pero adicionalmente de sitio permite evidenciar las relaciones descritas de la tabla 5. También, con la longitud de los vectores se observa aquellas variables que más contribuyen a la explicación de la variabilidad (Figura 8).

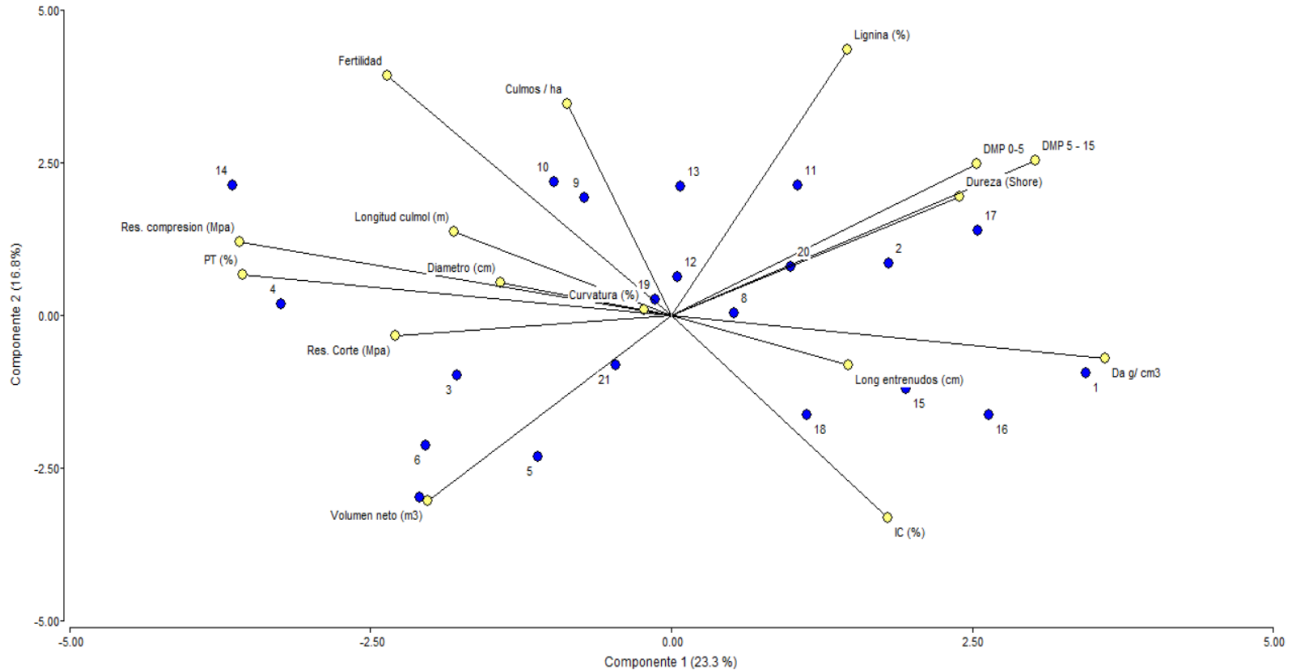


Figura 8. Contribución de las variables a la definición de los componentes principales y definición de la variabilidad de los datos asociación de las mismas con las parcelas (círculos azules numerados de 1 a 7 rodal 1, de 7 a 14 rodal 2 y de 14 a 21 rodal 3).

Las parcelas, de donde se toman los valores de las variables son puestos en la misma dimensión, de tal forma que se puede ver tendencias sobre ciertos valores de variables y también de los componentes. Aunque, las parcelas se muestran por su ubicación en la figura, en su mayoría asociada a los rodales a los que pertenecen, su separación y en algunos casos ubicación en extremos diferentes, muestra cierta variabilidad dentro de los rodales.

Cuando se incluyó como variable clasificatoria los rodales (1, 2 y 3), dos componentes explicaron el 100% de la variabilidad de los datos utilizados (correlación cofenética de 1). Esto demuestra una reducción muy alta de la dimensionalidad y que toda la variabilidad se agrupa fácilmente en los dos componentes cuando se incluyen los rodales en el espacio de análisis.

El componente 1, que explicó el 52% de la variabilidad total, tuvo mayor correlación e influencia de variables que representan la productividad (densidad de culmos por ha), dimensiones más grandes (longitud y diámetro) y buenas propiedades mecánicas (resistencia a la compresión), en suelos no tan fértiles, pero livianos y porosos. El componente 2, que explicó el 48% de la variabilidad, tuvo mayor influencia de variables asociadas a la calidad físico-química (dureza, lignina), con culmos más cortos, de menor volumen y en suelos de mayor fertilidad (Tabla 6).

Tabla 6. Correlación entre los valores originales de las variables y los dos componentes principales (PC1 y PC2), cuando se usa como variable clasificatoria los rodales

Variables	CP 1	CP 2
Culmos/ha	0.91	0.41
Intensidad de Cosecha (IC) (%)	-0.83	-0.55
Longitud del Culmo (m)	0.97	-0.22
Diametro (cm)	0.94	-0.34
Longitud Entrenudos (cm)	-0.5	-0.87
Volumen neto (m3)	0.64	-0.77
Resistencia a la Compresión (Mpa)	0.81	0.59
Resistencia al corte (Mpa)	0.59	-0.8
Dureza (Shore)	-0.5	0.86
Curvatura (%)	-0.97	0.24
Lignina (%)	-0.5	0.87
Densidad Aparente (g/cm3)	-0.74	-0.68
Porosidad Total (PT) (%)	0.71	0.71
DMP 0-5 cm	-0.68	0.73
DMP 5-15 cm	-0.13	0.99
Fertilidad	0.63	0.78

Posteriormente, la contribución de cada variable en la definición de los componentes fue representada de manera gráfica (Figura 9), confirmando las relaciones descritas de la tabla 6. En este caso, al incluir los rodales en la figura, se puede observar las características predominantes de estos respecto a los componentes principales y las variables que más los representan. Dada la longitud de los vectores, se podría inferir que las variables contribuyen en proporciones similares a explicación de la variabilidad, pero por su posición en el espacio presentan correlaciones positivas entre algunas de ellas y negativas cuando la posición es contraria.

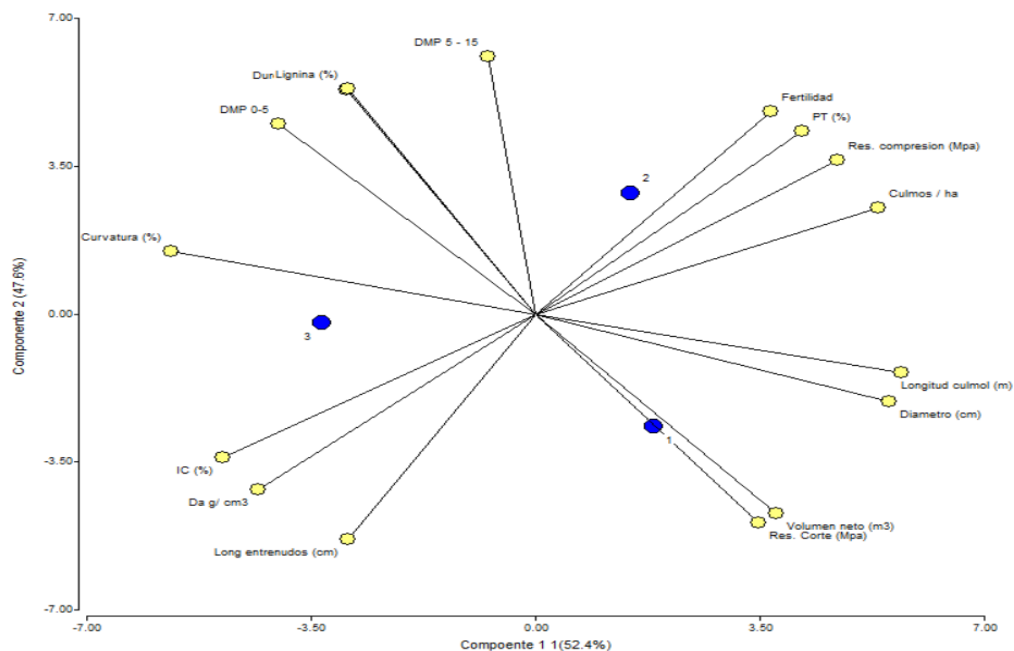


Figura 9. Contribución de las variables a la definición de los componentes principales y asociación de las mismas con los tres rodales (Círculos azules).

De acuerdo con lo anterior, los rodales 1 y 2, tendrían características que representan el componente 1, con mayores dimensiones de los culmos, mayor productividad y buenas propiedades mecánicas. Adicionalmente, el rodal 2, tendría también buenas propiedades físicas y culmos más rectos. El rodal 3, tendría mejores propiedades a condiciones físicoquímicas, pero menor productividad y culmos más pequeños.

Los análisis multivariados, permiten dilucidar relaciones entre variables de los bosques de guadua, las condiciones de sitio y su variabilidad entre rodales. Esta condición representa posibilidades de encontrar diferentes escenarios de productividad y, por lo tanto, permitirían a los propietarios orientar el manejo de los bosques de acuerdo con las condiciones que tienen sus bosques y la variabilidad entre ellos. A nivel regional, previamente García (2004) y Camargo (2006), encontraron relaciones de variables de sitio con características de calidad y crecimiento de culmos de guadua. Así mismo, García (2004), mostró como ciertas características son preferidas por sectores industriales para el uso del material. De esta manera, la finca Yarima a partir de la información generada en este estudio tiene bases que contribuirían a clasificar sus productos a partir del origen (sitio) que estos tienen.

6.5. Modelos de productividad

Teniendo en cuenta la intensidad de cosecha estimada en cada rodal (12 %, 15%, 21%) respectivamente para los rodales 1,2 3, se realizaron simulaciones tomando como punto de equilibrio una densidad de 2500 culmos / ha (Morales 2004, Camargo 2006), a partir del cual el rodal, puede presentar riesgo de degradarse y por lo tanto la cosecha no cumpliría con criterios de sostenibilidad. Todas las simulaciones se realizaron para un periodo de 17 años. El límite superior de la intensidad es equivalente al máximo permitido por la autoridad ambiental en el país (35%).

En la tabla 7, se presenta un resumen de las simulaciones, con el escenario inicial (intensidad de cosecha estimada en el inventario) y dos regímenes más. El escenario seleccionado para cada

rodal es aquel que durante el periodo simulado y el régimen de cosecha se mantiene en equilibrio de acuerdo con el umbral establecido de 2500 culmos vivos / ha. Este comportamiento puede ser observado en las Figuras 10 a 12, a través del tiempo para los escenarios de productividad propuestos

Tabla 7. Resumen de escenarios de simulación, donde se presenta el mejor régimen de cosecha para cada rodal (equilibrio)

Rodal	Escenario	Frecuencia (meses)	Intensidad (%)	Promedio de culmos cosechados /ha cada 18 meses	Decisión
1	1	18	18	381	Sub explotación
	2	18	25	493	Equilibrio
	3	18	35	623	Sobre explotación
2	1	18	15	387	Sub explotación
	2	18	25	581	Equilibrio
	3	18	35	733	Sobre explotación
3	1	18	21	265	Sobre explotación
	2	18	25	303	Sobre explotación
	3	18	12	177	Equilibrio

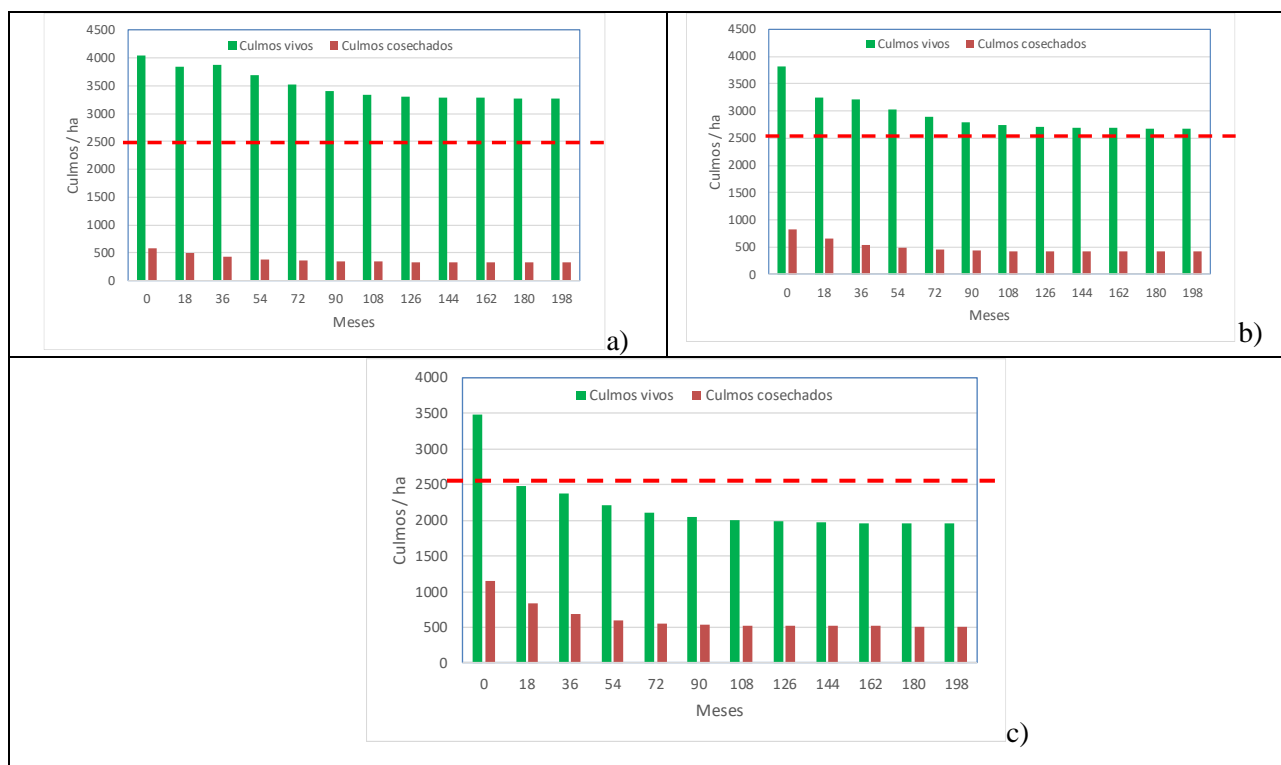


Figura 10. Escenarios de simulación de tres regímenes de cosecha, con una frecuencia de 18 meses y una intensidad de a) 18 % b) 25% y c) 35%. Para el rodal 1. Finca Yarima Guadua.EU. Pereira. Línea punteada horizontal es la referencia de punto de equilibrio

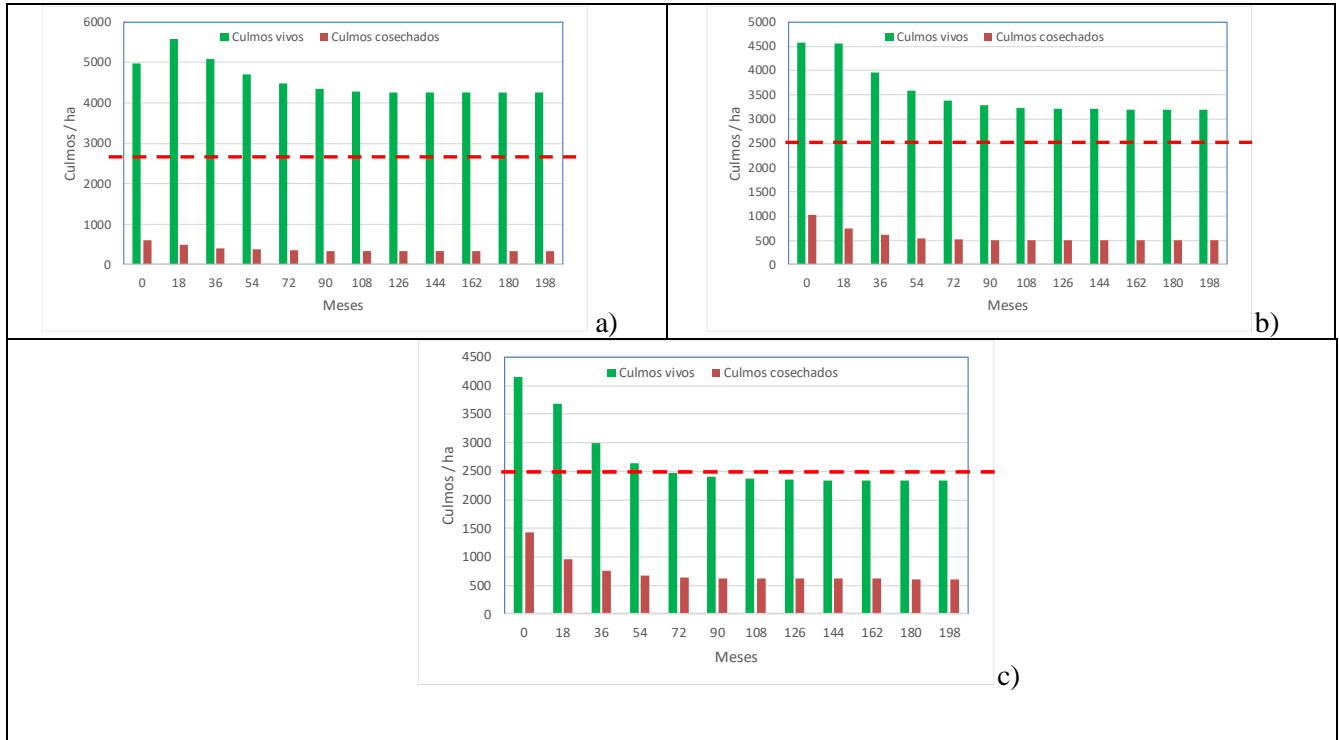


Figura 11. Escenarios de simulación de tres regímenes de cosecha, con una frecuencia de 18 meses y una intensidad de a) 15 % b) 25% y c) 35%. Para el rodal2 Finca Yarima Guadua.EU. Pereira. Línea punteada horizontal es la referencia de punto de equilibrio

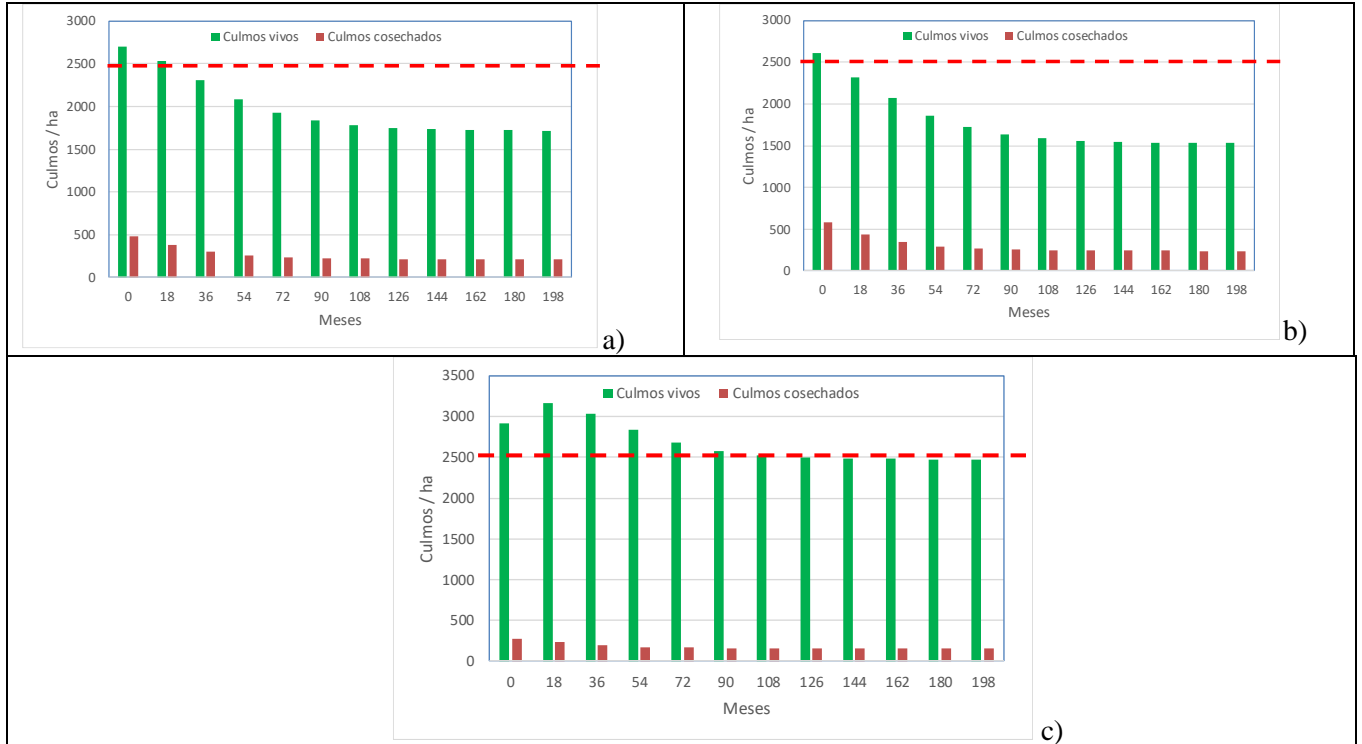


Figura 12. Escenarios de simulación de tres regímenes de cosecha, con una frecuencia de 18 meses y una intensidad de a) 21 % b) 25% y c) 12%. Para el rodal 3. Finca Yarima Guadua.EU. Pereira. Línea punteada horizontal es la referencia de punto de equilibrio

Estos resultados permiten establecer que en el rodal 2, el mejor escenario se da en la intensidad de 25%; mientras que, en el rodal 3 dadas las condiciones iniciales el mejor escenario resulta en una intensidad baja (12%), pero que podría garantizar el equilibrio de este rodal. No obstante, hay que tener en cuenta que, dadas sus características, donde sus productos no tienen los mismos atributos que los otros rodales, podría facilitar el hecho de tener una intensidad menor. Incluso podría ser que esta condición de la intensidad de cosecha esté relacionada con los atributos de los culmos.

Los modelos de productividad muestran diferencias entre los rodales bajo el enfoque de las posibilidades de manejo y los niveles de cosecha adecuados para mantener la población en equilibrio. No obstante, estos valores son una aproximación a la descripción del comportamiento de los rodales, que sirve de referencia para la toma de decisiones. Obviamente, dependiendo los niveles de demanda del recurso, la cosecha podría o no ser realizada en los niveles evaluados.

6.6. Especialización de características de calidad y productividad de los rodales de la finca

Los resultados del proceso de espacialización de la productividad (culmos por hectárea), evidencian una mayor productividad en el rodal 2 con respecto a los resultados presentados en los rodales 1 y 3. En la figura 13 se puede apreciar en forma espacial, la productividad asociada a cada rodal.

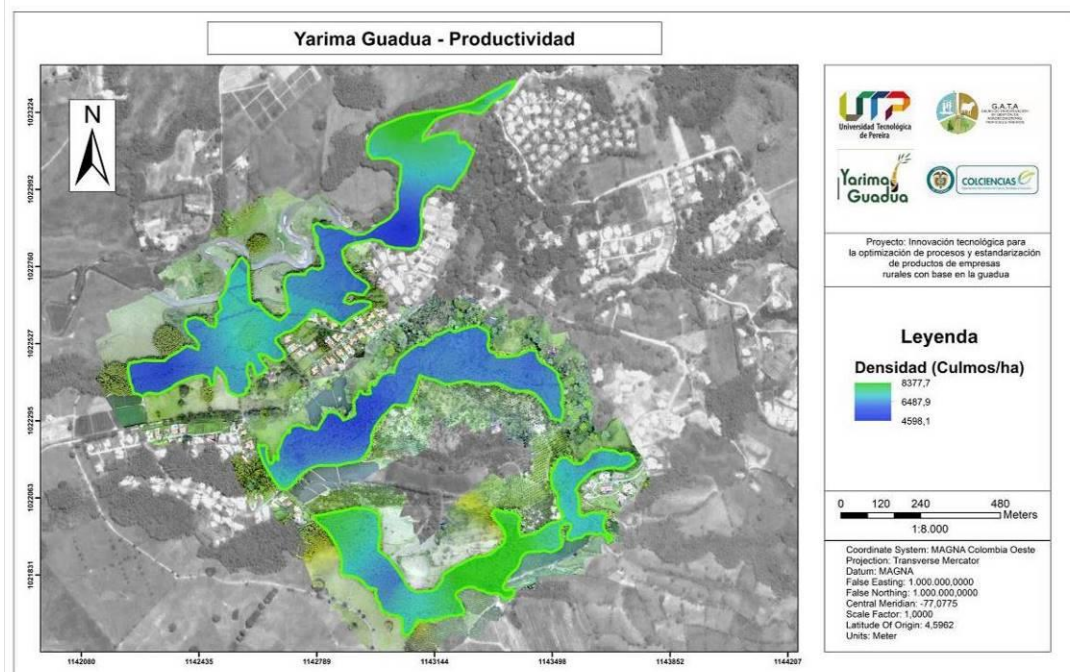


Figura 13 Productividad espacializada en rodales Hacienda Yarima.

La figura 14, permite apreciar mejores resultados referentes a dimensiones de los culmos en los rodales 1 y 2.

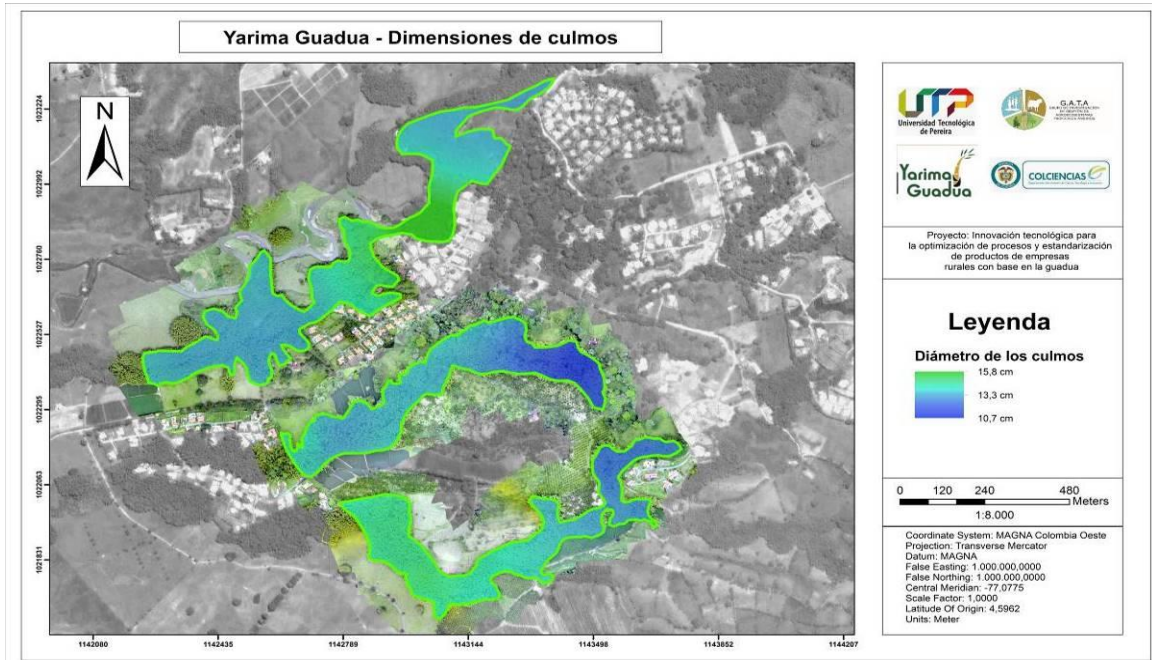


Figura 14. Dimensiones de culmos especializada en rodales Hacienda Yarima.

De igual manera la tendencia observada en el proceso de espacialización con relación a las variables que representan la calidad mediante propiedades físico-mecánicas (resistencia a la compresión) muestra un patrón más favorable un mejor resultado en los rodales 1 y 2 de la finca Yarima (Figura 15).

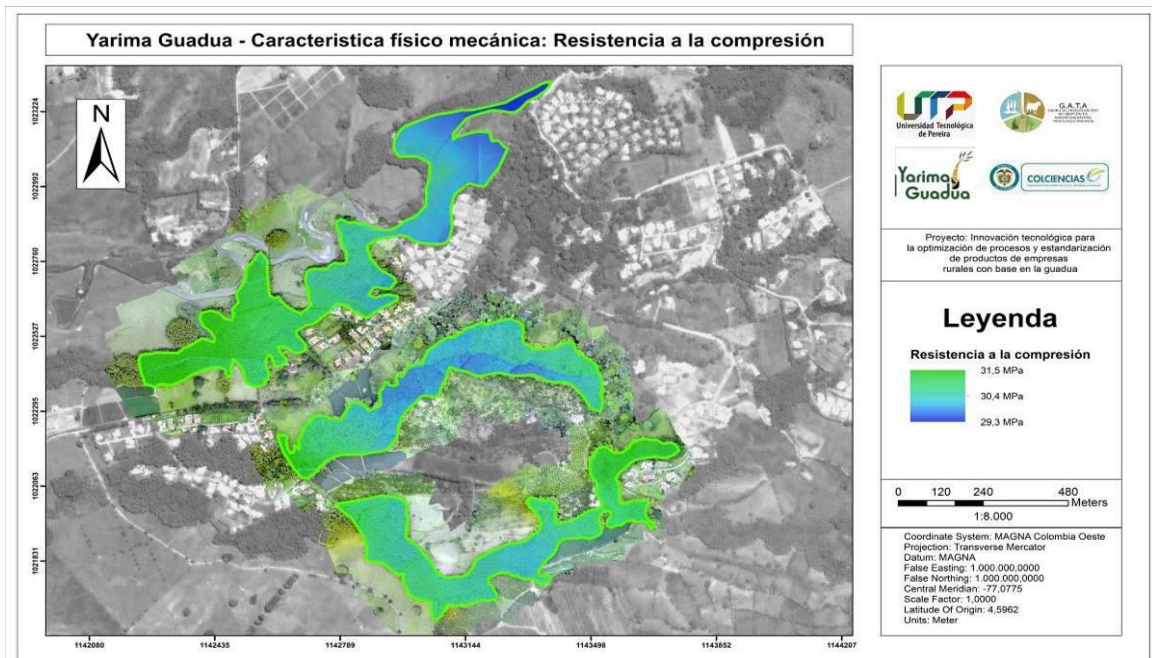


Figura 15. Calidad de culmos asociada a Resistencia a la compresión.

Por su parte y en relación con la variable de característica de calidad de las propiedades físico-mecánicas (resistencia al corte), los mejores resultados se presentan en el rodal 1, especialmente hacia la parte noreste del mismo (figura 16).

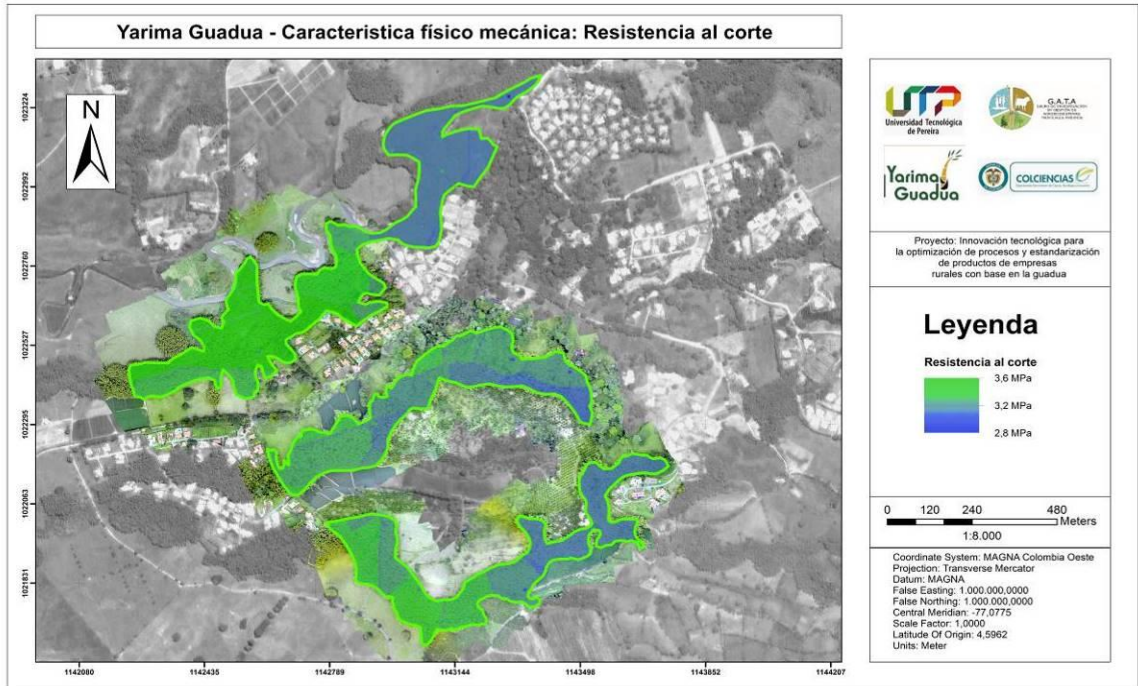


Figura 16. Calidad de culmos asociada con la resistencia al corte.

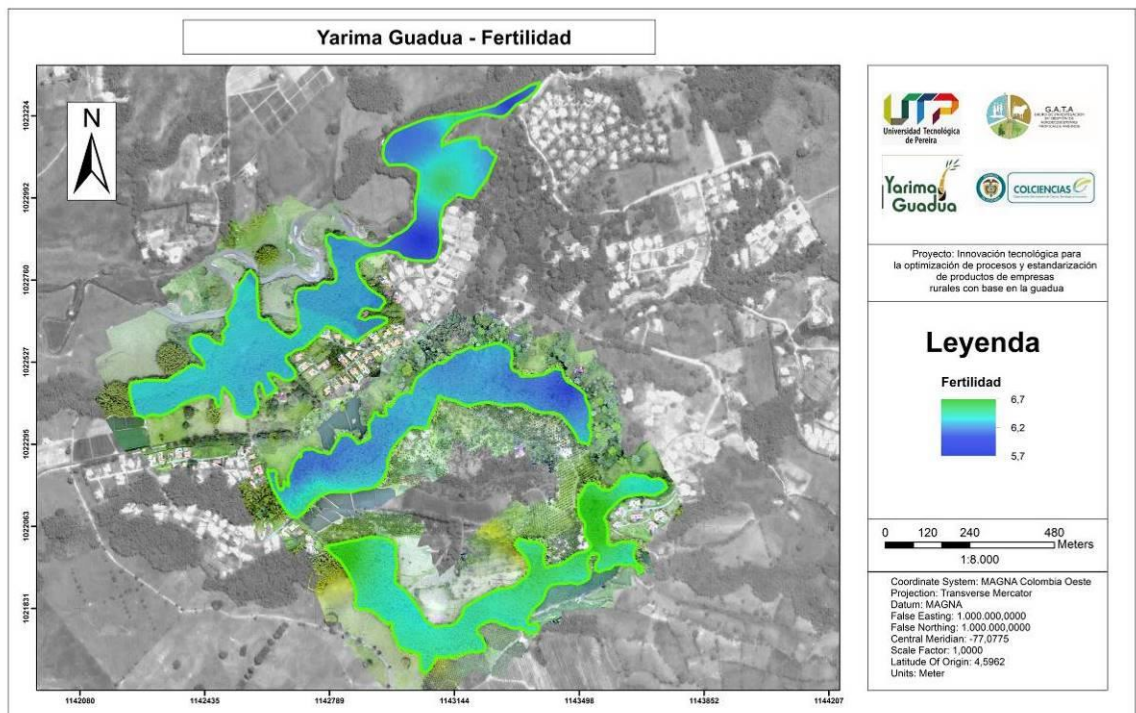


Figura 17. Calidad de sitio asociada a la Fertilidad del suelo.

Tratando de hacer una síntesis de lo encontrado en la espacialización se consideran los siguientes aspectos basados en las relaciones que se presentan:

Productividad vs calidad de sitio

En relación a lo encontrado, se pudo notar una leve tendencia en lo relacionado con la incidencia de la fertilidad en la productividad siendo en el rodal 2 el cual presentó una mayor fertilidad y a su vez la mayor productividad del rodal expresado en culmos por hectárea.

Dimensiones de los culmos vs calidad de sitio

Realizando la comparación de las dimensiones de los culmos con relación a la calidad de sitio arrojan que no es directamente proporcional, debido a que en el rodal 1 y 2 las dimensiones son mayores lo cual podría llegar a indicar que otros factores inciden en las dimensiones más que la calidad de sitio expresada en la fertilidad.

Calidad de los culmos (resistencia al corte) vs calidad de sitio

En relación con la evaluación de las propiedades físico-mecánicas específicamente la resistencia al corte, se observó que no presenta una relación directa, debido a que la media de la evaluación de la resistencia al corte no presentó variaciones significativas entre los mismos.

Calidad de los culmos (resistencia a la compresión) vs calidad de sitio

A su vez en la evaluación de la característica de calidad del culmo con relación a la calidad del sitio, se observó que el comportamiento de dicho parámetro fue similar en los rodales 1 y 2, los cuales varían en la calidad de sitio expresada en fertilidad, por lo tanto, podría inferirse que no presenta una correlación positiva la fertilidad con la resistencia a la compresión.

La espacialización de los valores, permitió también dilucidar cambios al interior de los rodales y por lo tanto una importante variabilidad asociada. De esta manera, podrían generarse orientaciones para los procesos de manejo.

7. CONCLUSIONES

Los análisis descriptivos, multivariados, simulaciones y geoestadísticos, permiten dilucidar diferencias en los rodales evaluados respecto a variables que presentan la productividad, la calidad a través de las dimensiones de los culmos y su resistencia física y mecánica.

Las aproximaciones abordadas, permitieron observar diferentes escenarios de productividad y calidad, que contribuyen a soportar decisiones sobre el manejo y la planificación de fincas productoras de guadua

Fue posible, asociar las condiciones de sitio a la productividad y la calidad. Estas condiciones, tienen incidencia en los atributos de los culmos, los cuales muestran tendencias que se observan en los valores encontrados y que cambian también cuando son representados espacialmente.

Dadas las condiciones encontradas, fue posible sugerir escenarios de manejo, que representan modelos de productividad los cuales proveen información de base para el manejo y la toma de decisiones

Las aproximaciones metodológicas aplicadas en este trabajo son **herramientas** para la toma de decisiones llevadas a cabo, que permiten el logro de los resultados esperados en diferentes niveles que exigen diferentes niveles de complejidad en el análisis y que pueden ser usados como referencia para la planificación del manejo de los bosques de guadua

El conocimiento de las características de los productos que se encuentran en cada uno de los rodales de guadua de la Finca Yarima, brinda las facilidades y practicidad a la empresa para dar cumplimiento a los requerimientos del mercado, puesto que ya se cuenta con información en relación a las dimensiones y calidades de sus productos.

AGRADECIMIENTOS

Al proyecto “Innovación Tecnológica para la Optimización de Procesos y la Estandarización de Productos en Empresas Rurales con Base en la Guadua: Una Contribución para el Fortalecimiento de la Competitividad de la Cadena Productiva de la Guadua en el Eje Cafetero de Colombia” Contrato 709 de 2011 Financiado por Colciencias, la Universidad Tecnológica de Pereira a través del Grupo de Investigación Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos – GATA y la Empresa Yarima Guadua. Así mismo, este trabajo fue apoyado por el proyecto: “Aportes a los sistemas de clasificación de materia prima de bambú: Caso *Guadua angustifolia* en el eje cafetero de Colombia”, código 2-18-4, financiado por la Universidad Tecnológica de Pereira.

De la misma manera deseo expresar mis agradecimientos a las propietarias de las Fincas Yarima, en especial a Lucía Mejía Marulanda por todos sus aportes y consejos, así como a su equipo de trabajo. También gracias por las orientaciones a la Dra. Ximena Londoño de la Pava y el equipo de trabajo del Jardín Botánico de la Universidad Tecnológica de Pereira.

Al equipo de trabajo del grupo de Investigación en Gestión de Agroecosistemas Tropicales Andinos GATA en cabeza de su director por su acompañamiento y brindarme la asesoría necesaria para culminar con éxito esta etapa de mi vida. Un agradecimiento especial a Juan Martín Maya Echeverry por el apoyo con la elaboración de mapas y análisis espacial, realizado en el marco de este trabajo.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Aguirre, D. 2017. Causas y agentes de la deforestación en la zona suroccidental del municipio de Pereira, Risaralda. (Trabajo de Grado Administración Ambiental) Universidad Tecnológica de Pereira. Colombia. 40p.
- Camargo García, J.C. 2006. Growth and productivity of the bamboo species *Guadua angustifolia* in the coffee region of Colombia. (Trabajo de Grado PhD. Ciencias Forestales) Doctorado Universität Göttingen. Alemania. 230p.
- Camargo García, J.C. Dossman Gil, M.A.; Cardona Aguirre, G.; García Sierra, J.H.; Arias Giraldo, L. M. 2007a. Zonificación detallada del recurso guadua en el Eje Cafetero, Tolima y Valle del Cauca: Municipios piloto del proyecto Manejo Sostenible de Bosques en Colombia. (Guía metodológica y resultados). Primera Edición. Pereira. Eds. Universidad Tecnológica de Pereira, Corporaciones Autónomas Regionales del Eje Cafetero, Tolima y Valle del Cauca, Postergraph. 143 p.

- Camargo, J. C., Morales, T., & García, J. H. 2007b. Mensura e inventario forestal para la planificación y manejo sostenible de bosques de guadua. Dosquebradas: Universidad Tecnológica de Pereira.
- Camargo García, J.C.; Arango Arango, A.M. 2012. Consideraciones sobre inventario y medición del bambú en bosques y plantaciones, con especial referencia a *Guadua angustifolia* en el eje cafetero de Colombia. Recursos Naturales y Ambiente 65- 66, 62-67
- Camargo, J. & Suárez, J. 2014. Compression resistance and shear strength of *guadua angustifolia* culms after drilling of the node diaphragm. Colombia Forestal, 17, 117-124.
- Camargo, J.C.; Rodríguez, J.A.; Niño, J.; Mosquera, O.M.; Ríos, A.M.; Cortes, Y.J.; Quintero, H.; Henao, E.; Monroy, M.; Arango, A.M., Suarez, J.D. 2011. Desarrollo tecnológico para optimizar la calidad de los productos obtenidos de bosques de guadua: definiendo la madurez de los culmos y mejorando los procesos de organización. Editorial Publiprint. Pereira, Risaralda. 137p.
- Casanoves F., Balzarini M.G., Di Rienzo J.A., Gonzalez L., Tablada M., Robledo C.W. 2012. InfoStat. User Manual, Córdoba, Argentina
- Castaño, F.; Moreno, R. 2004. Guadua para todos: cultivo y aprovechamiento. Bogotá, Colombia, Proyecto manejo sostenible de bosques de Colombia. 190 p.
- Castrillón, B. M., & Malaver, D. M. 2004. Procedimiento de ensayos para la determinación de las propiedades físico - mecánicas de la guadua. Tesis, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá D.C.
- Correal, J. & Arbeláez, J. 2010. Influence of age and height position on Colombian *Guadua angustifolia* bamboo mechanical properties. Maderas Ciencia y Tecnología, 12 (2), 105-113
- Di Rienzo, J. et al. 2019 'InfoStat / Free.' Cordoba: Universidad Nacional de Cordoba
- García Sierra, J.H. 2004. Definición de áreas optimas de calidad de guadua (*Guadua angustifolia* Kunth), Orientada a satisfacer las necesidades del mercado. Tesis MSc Universidad Tecnológica de Pereira. Pereira, Colombia. 118 p.
- García Sierra, J.H.; Camargo García, J.C. 2010. Condiciones de calidad de *Guadua angustifolia* para satisfacer las necesidades del mercado en el Eje Cafetero de Colombia. Recursos Naturales y Ambiente 61:67-76.
- Gonzales, E., Díaz, J. 1992. Propiedades físicas y mecánicas de las Guadua (*Guadua angustifolia* Kunt). Universidad Nacional de Manizales, Facultad de Ciencias Agropecuarias.
- Henao, E., Quintero H. 2012. Evaluación de propiedades físico-mecánicas de *Guadua angustifolia* del Jardín Botánico de la UTP. Recursos Naturales y Ambiente/no. 65-66: 32-37.
- ISO, (22157-1) 2004. Bamboo-Determination of physical and mechanical properties-Part 1: Requirements. 22157-1. Genova.
- Jaramillo. D. F. 2002. Introducción a la ciencia del suelo. Universidad Nacional de Colombia.

Sede Medellin. 613p.

- Johnson, D.E. 2000. Métodos multivariados aplicados al análisis de datos. International Thomson ed0itores. México, 551p.
 - Kleinn, C. & Morales, D. 2006. An inventory of Guadua (*Guadua angustifolia*) bamboo in the Coffee Region of Colombia. European Journal of Forest Research 125 (4): 361-368 p.
 - Li, X. 2004. Physical, chemical, and mechanical properties of bamboo and its utilization potential for fiberboard manufacturing (Master Thesis). Louisiana: Louisiana State University, Agriculture and Mechanical College, 76 p.
 - Maya Echeverry, J.M., Camargo García, J.C. & Marino Mosquera, O. 2017. Características de los culmos de guadua de acuerdo al sitio y su estado de madurez. Colombia Forestal, 20(2), 171-180.
 - MAVDT - Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. 2010. Reglamento Colombiano de Construcción Sismorresistente NSR-10. Título G. Estructuras de Madera y Estructuras de Guadua.
 - Mohmod, A.L., Tarmeze, W., Ariffin, W., & Ahmad, F. 1990. Anatomical features and mechanical properties of three Malaysian bamboos. Journal of Tropical Forest Science, 2 (3), 227-234.
 - Morales, M., Morales, T., Camargo, J.C. 2008. Software SilvGuadua. Universidad Tecnológica de Pereira.
 - Morales, T. 2004. Modelos de tratamiento silvicultural para la optimización de la rentabilidad financiera en el manejo y aprovechamiento sostenible de la guadua, región del eje cafetero, Colombia. Tesis M. Sc. Universidad Tecnológica de Pereira. 115p
- Mosquera, O.M.; Cortes, Y.; Niño Osorio, J. 2010. *Guadua angustifolia* en la Ecorregión Cafetera colombiana. 1. Extracción y cuantificación de lignina insoluble. Recursos Naturales y Ambiente 61:11-17.
- Muñoz López, J. 2017. Valoración integral de los servicios ecosistémicos prestados por los bosques de guadua en la zona sur occidental del municipio de Pereira. Maestría en Ciencias Ambientales, Universidad Tecnológica de Pereira. 49p.
 - NTC 5525, 2007. Test Methods for the determination of Physical and Mechanical Properties of *Guadua angustifolia* Kunth. Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación-ICONTEC. 22 p.
 - Ortega D. 1995. Consideraciones Generales para Interpretar Análisis de Suelos. In: Malagón D, Chamorro C, Fernández J, Llinas R, Pulido C, editors. Suelos de Colombia, origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Bogotá: Instituto Geográfico Agustín Codazzi. Canal Ramírez Antares Ltda. Bogotá. p. 423
 - Rodríguez J. A.; Henao C. E de J. 2011. Propiedades físicomecánicas y madurez del culmo de guadua. En Camargo, J. C.; Rodríguez, J. A.; Niño, J.; Mosquera O. M.; Ríos A. M.; Cortes, Y. J.;

Quintero, H.; Henao, E.; Monroy, M.; Arango, A. M.; Suárez, J. D. Desarrollo tecnológico para optimizar la calidad de los productos obtenidos de bosques de guadua: Definiendo la madurez de los culmos y mejorando los procesos de organización.

- Ryu, Je-Seon; Kim, Min-Soo; Cha, Kyung; Lee, Tae; Choi, Dong-Hoon. 2002. Kriging interpolation methods in geostatistics and DACE model. *KSME International Journal*. 16. 619-632. 10.1007/BF03184811
- Takeuchi, C. 2005. Resistencia al corte paralelo a la fibra en *Guadua angustifolia*. In *Inter American Conference on Non-Conventional Materials and Technologies in Ecological and Sustainable Construction*. IAC-NOCMAT 2005-Rio. Rio de Janeiro-Brazil, November 11-15th. 415-416pp.
- Takeuchi, C.; Lamus, F.; Malaver, D.; Herrera, J.C.; River, J.F. 2009. Study of the Behavior in: *Proceedings 8th World Bamboo Congress, Bangkok, Thailand*. Vol 8: 42-58.
- TAPPI 2006 T 222 om-06. Acid-insoluble lignin in wood and pulp. *Pecahtree*.
- Trujillo, D.; Jangra, S. and Gibson, J. M. 2016. Flexural properties as a basis for bamboo strength grading. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Structures and Buildings* Flexural properties as a basis for bamboo strength grading. 170 (4):284-294

6. ANEXO 1

Variable	Rodal	N	Means	S.D.	Medians	H	p
CulmosTotales 1	7	5128.57	1619.38	5600.00	8.47	0.0142	
CulmosTotales 2	7	5942.86	1531.73	6000.00			
CulmosTotales 3	7	3657.14	355.23	3800.00			

Variable	Rodal	N	Means	S.D.	Medians	H	p
Culmos Vivos 1	7	4500.00	1523.15	5100.00	5.15	0.0748	
Culmos Vivos 2	7	5328.57	1407.97	5500.00			
Culmos Vivos 3	7	3471.43	430.95	3500.00			

Variable	Rodal	N	Means	S.D.	Medians	H	p
Intensidad Cosecha Anual (.. 1	7	877.14	276.03	840.00	1.92	0.3813	
Intensidad Cosecha Anual (.. 2	7	891.43	328.60	720.00			
Intensidad Cosecha Anual (.. 3	7	751.43	268.54	660.00			

Variable	Rodal	N	Means	S.D.	Medians	H	p
Intensidad Cosecha (%) 1	7	17.90	5.45	16.07	1.54	0.4622	
Intensidad Cosecha (%) 2	7	15.11	3.84	17.14			
Intensidad Cosecha (%) 3	7	20.70	7.33	17.22			

Variable	Rodal	N	Means	S.D.	Medians	H	p
Longitud Total (m) 1	7	23.67	1.69	23.77	4.48	0.1063	
Longitud Total (m) 2	7	23.01	3.09	23.41			
Longitud Total (m) 3	7	21.42	1.97	21.63			

Variable	Rodal	N	Means	S.D.	Medians	H	p
Diametro (pa) (cm) 1	7	11.64	1.93	11.02	1.54	0.4624	
Diametro (pa) (cm) 2	7	11.38	1.39	11.66			
Diametro (pa) (cm) 3	7	10.99	2.57	10.65			

Variable	Rodal	N	Means	S.D.	Medians	H	p
Espesor medio pared(cm)	1	7	2.17	0.43	2.13	10.38	0.0056
Espesor medio pared(cm)	2	7	1.58	0.11	1.56		
Espesor medio pared(cm)	3	7	1.51	0.20	1.52		

Variable	Rodal	N	Means	S.D.	Medians	H	p
Volumen Neto	1	7	0.04	0.01	0.03	11.25	0.0036
Volumen Neto	2	7	0.02	3.9E-03	0.02		
Volumen Neto	3	7	0.02	0.01	0.02		

Variable	Rodal	N	Means	S.D.	Medians	H	p
Resistencia a la compresio..	1	7	29.95	5.16	30.55	2.28	0.3201
Resistencia a la compresio..	2	7	31.52	4.15	30.84		
Resistencia a la compresio..	3	7	28.62	2.55	28.31		

Variable	Rodal	N	Means	S.D.	Medians	H	p
Resistencia al corte (Mpa)..	1	7	3.02	0.67	3.10	0.39	0.8245
Resistencia al corte (Mpa)..	2	7	2.98	0.40	2.86		
Resistencia al corte (Mpa)..	3	7	2.98	1.29	2.90		

Variable	Rodal	N	Means	S.D.	Medians	H	p
Dureza (Shore)	1	7	58.58	4.85	61.08	0.21	0.9010
Dureza (Shore)	2	7	60.90	0.90	61.08		
Dureza (Shore)	3	7	60.75	2.06	61.25		

Variable	Rodal	N	Means	S.D.	Medians	H	p
Curvatura (%)	1	7	3.46	0.98	3.71	1.70	0.4275
Curvatura (%)	2	7	3.73	0.38	3.79		
Curvatura (%)	3	7	4.35	1.07	4.00		

Variable	Rodal	N	Means	S.D.	Medians	H	p
Lignina	1	7	24.89	1.67	24.72	8.51	0.0142
Lignina	2	7	27.86	0.82	28.00		
Lignina	3	7	27.65	1.53	28.00		

Variable	Rodal	N	Means	S.D.	Medians	H	p
DMP 0-5	1	7	2.43	0.80	2.44	1.83	0.3999
DMP 0-5	2	7	2.78	0.37	2.78		
DMP 0-5	3	7	2.85	0.60	2.76		

Variable	Rodal	N	Means	S.D.	Medians	H	p
DMP 5 - 15	1	7	2.11	0.55	2.05	3.12	0.2097
DMP 5 - 15	2	7	2.65	0.57	2.54		
DMP 5 - 15	3	7	2.41	0.36	2.48		

Variable	Rodal	N	Means	S.D.	Medians	H	p
DMP 15 - 25	1	7	2.50	1.09	2.23	1.65	0.4372
DMP 15 - 25	2	7	2.55	0.52	2.63		
DMP 15 - 25	3	7	2.28	0.20	2.32		

Variable	Rodal	N	Means	S.D.	Medians	H	p
DMP 30 - 45	1	7	1.91	0.77	1.57	5.70	0.0579
DMP 30 - 45	2	7	2.76	0.74	2.77		
DMP 30 - 45	3	7	2.77	0.22	2.70		

Variable	Rodal	N	Means	S.D.	Medians	H	p
Fertilidad	1	7	5.68	0.33	5.67	9.53	0.0083
Fertilidad	2	7	6.19	0.41	5.96		
Fertilidad	3	7	5.54	0.20	5.47		