

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Valoración comparativa del proceso de secado de la madera, procedente de cuatro especies nativas (móncoro (*cordia gerascanthus*), frijolito (*schizolobium parahyba*), higuera (*ficus insípida willd*) y galapo (*albizzia carbonaria*)) realizado por la empresa Bucarretes en Girón – Santander.

Edgar Javier Barragán Pimiento

Director

Javier Quecho Mogollón

Mg. Gestión Ambiental Sostenible UCJC

Universidad Industrial de Santander

Instituto de proyección regional y educación a distancia - Ipred

Producción Agroindustrial

Bucaramanga

2020

Dedicatoria

A **Dios**, por haber infundido en mí, el amor por la naturaleza y darme la sabiduría y el conocimiento para llevar a cabo la misión de aportar un grano de arena en el mejoramiento del medio ambiente.

A **mi familia**, que han sido la motivación constante para seguir venciendo obstáculos en la lucha por conseguir el cumplimiento de mis proyectos.

Agradecimientos

A **mis docentes**, Javier Quecho Mogollón e Iván Darío Porras quienes desde inicios de mi carrera han sido un ejemplo de emprendimiento y superación y por haberme trasmitido no solo su conocimiento sino también el sentido de pertenencia y respeto que se debe tener hacia la creación y toda su diversidad.

A **Bucarretes S.A.S**, Ing. Giovanni Patiño, por haber compartido su conocimiento y experiencia en la valoración de este trabajo, desarrollado para el mejoramiento de los procesos agroforestales y el impulso del desarrollo económico del sector maderable en el departamento de Santander.

Contenido

1. Antecedentes	17
1.1. Antecedentes Bibliográficos	17
1.2. Antecedentes Bucarretes S.A.S	20
2. Justificación	23
3. Definición y formulación del problema	25
3.1. Planteamiento del problema	25
3.2. Objetivo de la Investigación	28
3.2.1. Objetivo General.	28
3.2.2. Objetivos específicos.	28
3.3. Preguntas de investigación	29
4. Marco geográfico	29
5. Marco Conceptual	31
6. Marco Teórico	33
6.1. Composición de la madera	33
6.2. Variedades de la madera	34
6.2.1. Variedad Mónico (Cordia gerascanthus).	34
6.2.1.1. Clasificación taxonómica.	34
6.2.1.2. Condiciones de adaptación.....	35
6.2.1.3. Manejo silvicultural.....	36
6.2.1.4. Características generales.	37
6.2.1.5. Usos.	37
6.2.2. Variedad Frijolito o Tambor (Schizolobium parahyba).	37
6.2.2.1. Clasificación Taxonómica.	37
6.2.2.2. Condiciones de adaptación.	39
6.2.2.3. Manejo silvicultural.....	40
6.2.2.4. Características generales.	41
6.2.2.5. Usos.	41

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

6.2.3. Variedad Ceiba Higuezona (<i>Ficus insípida Willd</i>).	41
6.2.3.1. <i>Clasificación taxonómica.</i>	41
6.2.3.2. <i>Condiciones de adaptación.</i>	43
6.2.3.3. <i>Manejo Silvicultural.</i>	43
6.2.3.4. <i>Características.</i>	44
6.2.3.5. <i>Usos.</i>	45
6.2.4. Variedad Galapo (<i>Albizzia Carbonaria</i>).	45
6.2.4.1. <i>Clasificación taxonómica.</i>	45
6.2.4.2. <i>Condiciones de adaptación.</i>	47
6.2.4.3. <i>Manejo Silvicultural.</i>	48
6.2.4.4. <i>Características.</i>	49
6.2.4.5. <i>Usos.</i>	49
6.2.5. El pino en Colombia.	50
6.2.6. Especies nativas.	50
6.2.7. Plantación de especies nativas.	51
6.3. Alcance de la investigación.	52
6.3.1. Diseño metodológico.	53
6.3.2. Variables.	53
6.3.2.1. <i>Humedad.</i>	53
6.3.2.2. <i>Temperatura.</i>	57
6.3.3. Tipos de secado de la madera.	60
6.3.3.1. <i>Secado natural o al aire.</i>	60
6.3.3.2. <i>Secado bajo cobertizo.</i>	61
6.3.3.3. <i>Secado en horno con ambiente controlado.</i>	62
6.3.3.4. <i>Medición de humedad y secado por tipo de madera.</i>	66
7. Resultados.	67
7.1. Secado - Valoración comparativa por especies	67
7.2. Estimación comercial.	69
8. Conclusiones.	70

9. Recomendaciones	73
Bibliografía	74

Índice de Tablas

Tabla 1. Especies Nativas Vs Especies en Riesgo	19
Tabla 2. Zonificación de Aptitud Forestal por Núcleo	20
Tabla 3. Clasificación taxonómica Variedad Mónico.	35
Tabla 4. Clasificación taxonómica Variedad Frijolito.....	38
Tabla 5. Clasificación taxonómica Variedad Ceiba Higuera.....	42
Tabla 6. Clasificación taxonómica Variedad Galapo.	46
Tabla 7. Programas de secado según la humedad.....	54
Tabla 8. Medición de humedad y secado por tipo de madera (Ledesma, 2020)...	67
Tabla 9. Medición de humedad y secado por tipo de madera (Ledesma, 2020)..	68
Tabla 10. Valoración Comparativa de Precio (Ledesma, 2020).....	69

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación empresa Bucarretes SAS.....	30
Figura 2. Portada página web empresa Bucarretes SAS.....	30
Figura 3. Variedad Mónico (Cordia gerascanthus).....	34
Figura 4. Variedad Frijolito o Tambor (Schizolobium parahyba).....	38
Figura 5. Variedad Ceiba Higuera (Ficus insípida Willd).....	42
Figura 6. Variedad Galapo (Albizia Carbonaria).....	46
Figura 7. Medición de Humedad - Método eléctrico.....	56
Figura 8. Duración General del Ciclo.....	57
Figura 9. Ejemplo imagen agrietada.....	59
Figura 10. Secado al natural o al aire.....	61
Figura 11. Secado bajo cobertizo.....	62
Figura 12. Proceso Controlado de secado.....	63
Figura 13. Secado en horno o ambiente controlado.....	64

Índice de Ecuaciones

Ecuación 1. Determinación del contenido de humedad..... 55

Ecuación 2. Contenido de humedad - Método gravimétrico 56

Resumen

Título: Valoración comparativa del proceso de secado de la madera, procedente de cuatro especies nativas (móncoro (*cordia gerascanthus*), frijolito (*schizolobium parahyba*), higuerona (*ficus insípida willd*) y galapo (*albizzia carbonaria*)) realizado por la empresa Bucarretes en Girón – Santanderⁱ

Autor: Edgar Javier Barragan Pimientoⁱⁱ

Palabras Clave: Secado de la madera, especies nativas, productos agroforestales.

Descripción:

En este trabajo se realiza una valoración comparativa de los diferentes procesos de secado de la madera especialmente aplicadas en las especies nativas, a través de la investigación de diversas variables implicadas durante la transformación, determinando las características de la madera post-secado y garantizando así la calidad del producto.

Se cuenta además, con la valiosa participación de la empresa Bucarretes SAS, dedicada a la fabricación, reciclaje y manufactura de embalajes y empaques industriales en madera, quienes por su trayectoria, nos cuentan su experiencia en el uso especies nativas y el valor agregado que el proceso de secado les proporciona cuando se realiza mediante un ambiente controlado, logrando así tener un producto competitivo y de excelente calidad, incentivando a su vez en el campesino y productores agroforestales la siembra de estas especies en cultivos lícitos y de calidad que protejan el medio ambiente.

ⁱ Trabajo de Grado

ⁱⁱ Profesional en Producción Agroindustrial, Dir. Javier Quecho Mogollón, Universidad Industrial de Santander (IPRED)

Abstract

Title: Comparative valuation of Wood drying process, from four native species (moncoro (*cordia gerascanthus*), bean (*schizolobium parahyba*), fig (*ficus insípida* willd) and galapo (*albizzia carbonaria*)) carried out by the company Bucarretes in Girón – Santander.ⁱ

Author: Edgar Javier Barragan Pimientoⁱⁱ

Key Words: Drying of wood, native species, agroforestry products.

Description:

In this work, is carried out a comparative valuation of the different wood drying processes, especially applied in native species, through the investigation of various variables involved during the transformation, determining the characteristics of the post-drying wood and thus guaranteeing the product quality.

It also has the valuable participation of the company Bucarretes SAS, dedicated to the production, recycling and manufacturing of industrial packaging in wood, who, due to their trajectory, tell us about their experience in the use of native species and the added value that the drying process provides them when it is carried out through a controlled environment, thus achieving a competitive product of excellent quality, in turn encouraging farmers and agroforestry producers to plant these species in legal and quality crops that protect the environment.

ⁱ Graduation Project

ⁱⁱ Professional in Agroindustrial Production, director Javier Quecho Mogollón, Industrial University of Santander (IPRED)

Introducción

En Colombia, la cobertura forestal ha ido disminuyendo a través de los años y por ahora no hay señal de que esta se estabilice. Entre las causas están la falta de manejo apropiado de las comunidades, y las actividades ilegales de grupos terroristas. Cabe anotar que, aunque el Estado ha diseñado herramientas para evitar esto como las Corporaciones Autónomas Regionales, parques nacionales y la descentralización del Estado, han generado resultados mixtos en cuanto a la preservación del medio ambiente.

En este momento, Colombia está en la etapa 2 de la curva forestal. Esto quiere decir que la pérdida de capa vegetal se viene acelerando. En los últimos años la deforestación en todo el territorio nacional ha ido en aumento y a 2014 se estaban deforestando 140.536 hectáreas a nivel nacional, equivalente a una pérdida de 0,5% de la cobertura forestal por año. Las áreas más afectadas están en el Chocó o la selva amazónica y la región Caribe

Es por esto, que la mayor causa de deforestación en Colombia se puede afirmar que es la siembra de coca y otras materias primas como la amapola para las drogas. Muchos de estos cultivos también están en zonas de titulación colectiva y resguardo, lo que muestra que aún falta acompañamiento tanto del Estado como control efectivo de las comunidades para manejar sus territorios. Al estar estas

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

zonas en jurisdicción de las CAR, también es importante reflexionar sobre el rol que estas deben jugar en temas que se han descentralizado. En este caso en el cual la comunidad no ha podido manejar efectivamente sus recursos forestales debido a la presencia de actividades que dan mayores beneficios, es oportuno afirmar que más allá de algunas causas evidentes como los cultivos ilícitos, esta es una oportunidad de que la comunidad también ponga de su parte para la solución del problema.

Así mismo el negocio de la tala ilegal de madera se traga, lentamente, a los bosques tropicales de Colombia. Cada año en el país, por la deforestación clandestina, se pierden unas 48.000 hectáreas de bosque, un poco más del área urbana de Bogotá, los apartados bosques del Pacífico y el Amazonas son los lugares predilectos para quienes están detrás del negocio, toda una mafia con conexiones en otros países de América, Asia y Europa. Las especies que persiguen los traficantes son maderas preciosas, como los cedros negros, la palma colombiana, el linde y el algarrobo, que son especies en vía de extinción (García, 2014).

Particularmente en el departamento de Santander, se ha perdido en los últimos 20 años 225 mil hectáreas de bosques nativos lo cual equivale a una superficie de 20 veces la jurisdicción del municipio del Socorro, el departamento cuenta con 892 mil hectáreas de bosque nativo; eso significa que, durante las dos últimas décadas, el hombre ha arrasado con una cuarta parte de las especies vegetales. La tala

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

indiscriminada ha ocurrido en ecosistemas estratégicos de Santander tales como la serranía de los Yariguíes y las cuencas de los ríos Horta y Minero, en el sector del Magdalena medio (Gómez, 2018).

Por tanto, en los datos arrojados por la investigación de los expertos de la UIS, las actividades por las que se realiza la tala indiscriminada de árboles corresponden principalmente a la ganadería. Otra de las causas es la minería, dedicada a la explotación de carbón (Tiempo, 2018).

Aun así, el modelo de negocio forestal está directamente relacionado con el enfoque de cadenas de valor de productos forestales como mecanismo para mejorar la competitividad, reducir la pobreza, garantizar la integridad ecológica y fortalecer la gobernanza forestal.

Basta solo nombrar una región para encontrar más de 150 mil hectáreas que se podrían sembrar en árboles para su explotación comercial (Vanguardia, 2010). Se ha evidenciado que algunas especies nativas que son consideradas de bajo o ningún valor económico; no han sido investigadas en sus características físicas y mecánicas y su comportamiento con el secado de las mismas, esto permitiría incluirlas en la cadena de valor haciendo atractivas su producción y transformación; al involucrar especies nativas de rápido crecimiento al modelo de producción forestal, ayudaría en la reducción de huella de carbono de los pequeños y medianos productores.

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Para poder explotar ese potencial de manera sostenible se requiere reducir el nivel de tala ilegal ya que esta no respeta planes de ordenamiento y es puramente extractiva. Una solución es generar una cadena de custodia en el país para asegurar la proveniencia legal de la madera utilizada en productos finales la cual requiere mecanismos de certificación que permitan que la madera a través de marcas físicas pueda identificarse a lo largo de toda la cadena como madera legal.

Igualmente, los proyectos forestales de especies nativas con un buen manejo forestal comercial pueden incluir especies como el frijolito, el móncoro, el galapo y la higuera, madera que ha sido estigmatizada como de no muy buena calidad y se vaya creando la cultura del comercio de madera legal proveniente de sistemas agroforestales con fines comerciales.

Las variedades de móncoro, frijolito, galapo e higuera son especies que han sido excluidas por llamarlo de alguna manera, de las maderas de calidad, siendo usadas para trabajos no significativos, sin embargo, lo que se desea mostrar es que se puede implementar un sistema agroforestal con estas especies, dándole un valor agregado en el tema de secado de la madera, con el fin de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas.

Adicionalmente, se tiene que las maderas nativas colombianas han encontrado en los ineficientes y costosos procesos de secado en cámaras, una de sus principales limitantes para poder posicionarse en el mercado nacional, lo que ha facilitado que

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

prevalezca la hegemonía de la madera tipo pino, importada básicamente de Chile, a pesar de que las propiedades físicomecánicas de varias especies nativas de densidad similar al pino, son superiores a la madera que actualmente se trae al país. Se estima que, entre Chile y Brasil, se aporta el 35% del consumo local del país.

1. Antecedentes

1.1. Antecedentes Bibliográficos

Especies nativas en Colombia. Actualmente se estima que más del 40% de la producción de madera en Colombia proviene de fuentes ilegales. Esta realidad, sumada al aprovechamiento intensivo de las maderas preciadas (tala selectiva), genera una gran presión sobre los débiles ecosistemas boscosos del país y en especial sobre algunas de las especies con alto valor comercial, muchas de las cuales presentan ya cierto grado de amenaza. Esta presión incide en muchos casos hasta ocasionar el agotamiento y escasez de las especies.

Así mismo, estas son las especies que se comercializan en mayores proporciones: cedro (*Cedrela odorata*) 17%, roble (*Tabebuia rosea*) 14%, cativo (*Prioria copaifera*) 10%, espavé (*Anacardium excelsum*) 9%, canalete (*Jacaranda copaia*) 9%; sande (*Brosimum utile*) 9%². En tal sentido, se puede notar que casi el 70% de la madera comercializada pertenece tan solo a seis especies, factor que es verdaderamente preocupante si se tiene en cuenta la vasta diversidad de especies maderables de los bosques en Colombia.

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Por los motivos antes mencionados es vital impulsar las iniciativas de investigación y promoción del aprovechamiento y uso de las especies poco conocidas con potencial comercial, ya que estas representan una excelente forma de desviar la presión sobre las especies amenazadas y aumentar la rentabilidad del manejo forestal sostenible (WWF-Colombia - Programa Subregional Amazonas Norte & Chocó Darién, 2013).

Problemática de la explotación forestal en Colombia. Uno de los principales problemas del sector forestal en Colombia es la subutilización de los recursos forestales. Esta situación se ha expresado en dos formas: por un lado, la poca diversificación de los productos extraídos de los bosques, tanto a nivel de especies como de partes vegetales, y por el otro, el gran desperdicio generado a lo largo de todo el proceso de extracción. El tipo de aprovechamiento forestal que se ha desarrollado en el país no ha permitido la regeneración sostenible de los recursos, sino que, por el contrario, ha propiciado la deforestación masiva de los mejores terrenos forestales (Intituto Amazonico de Investigaciones Cientificas SINCHI, 2007).

Tabla 1.*Especies Nativas Vs Especies en Riesgo*

Familia	No. Especies Comerciales	No. Especies en riesgo
Lauraceae	55	30
Fabaceae	53	24
Lecythidaceae	43	27
Sapotaceae	40	27
Buseraceae	40	21
Caesalpiniaceae	39	21
Euphorbiaceae	38	13
Annonaceae	37	0
Mimosaceae	32	13
Moraceae	30	0

De las especies nativas propuestas en el presente documento, las variedades Frijolito, Higuera y Galapo pertenecen a las familias de Fabaceae y Moraceae.

Oportunidad de negocio. En Colombia parte del consumo de madera se satisface con importaciones. La balanza comercial colombiana en madera, carbón vegetal y manufacturas de madera es deficitaria y principalmente satisfecha por importaciones. Al 2010, el déficit fue de US\$121.9 millones de dólares y al primer semestre de 2011 el déficit era de US\$65.9 millones. Esta situación se convierte en una oportunidad para incentivar la realización de proyectos forestales en Colombia. Dado la magnitud del mercado nacional (50 millones de habitantes) así como el dinamismo del mercado internacional.

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Adicionalmente, Colombia cuenta con las tierras necesarias (17 millones de has con aptitud forestal) para desarrollar plantaciones comerciales y sustituir así en el largo plazo la importación de los derivados de la madera (Proexport, 2012).

Tabla 2.*Zonificación de Aptitud Forestal por Núcleo*

Núcleo/Departamento	Total Hectáreas Sin restricciones	Total Hectáreas Con restricciones menores
Antioquia	1.477.221	2.137.309
Atlántico	35.820	40.152
Bolívar	355.475	94.177
Caldas	22.420	146.284
Cauca	90.227	182.036
Cesar	376.935	392.104
Córdoba	189.753	233.770
Cundinamarca	150.116	150.887
Huila	50.022	163.283
Magdalena	500.166	194.942
Nariño	365.621	295.872
Santander	281.353	451.824
Sucre	136.263	167.934
Tolima	229.705	145.193
Quindío	32.130	17.846

1.2. Antecedentes Bucarretes S.A.S

Hay varios aspectos por los que hay interés específico en las especies nativas del departamento de Santander. En el año 2005 entro en vigencia la norma

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

internacional de medidas fitosanitarias regidas por las FAO 2015, que reglamenta que todos los embalajes utilizados para comercio internacional sean esterilizados en cámaras de secado. Para esta época se hablaba de que los empaques se tenían que hacer únicamente en Pino, cuando los empresarios del sector comenzaron a introducir las estibas y empaques de madera a los hornos, encuentran que los procesos térmicos generan una proliferación significativa de hongos y moho, concluyendo que el pino era una madera difícil de trabajar.

Entonces se comienzan a ver alternativas de otras especies de madera, pero nos encontramos con el problema que las normas técnicas de ICONTEC estaban amarradas con el Pino; entonces las asociaciones de los madereros convocan al comité técnico de INCONTEC para modificar las normas de embalaje. Los diferentes sectores que participaron colocaron dentro de la norma, alternativas para el uso de madera en las regiones, registrando varias especies muy comunes en diferentes zonas del país, por ejemplo, en el Valle del Cauca colocaron maderas de la costa pacífica, los paisas colocaron Melina y Acacia, pero en Santander al no tener representante en este comité no pudieron proponer ninguna especie.

Pero no por eso, las especies nativas de la región son menos que las declaradas en la norma INCONTEC, en Santander los empresarios prefieren maderas de la zona, principalmente para ahorrarse los costos de transporte, cumplen con lo requerido en términos de productividad que está en tiempos de secado, no son

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

difíciles de secar y son madera de ciclo corto de cosecha y de corte (en el orden de 15 años).

Cuando Bucarretes SAS inicio empresa en Santander, en busca de alternativas madereras se encontró con la especie frijolito que tenía una siembra importante que se había dejado en la cuenca del rio magdalena, por ser una madera amplia y frondosa, pero de baja densidad, por otro lado el móncoro que es una madera que en Santander los dueños de finca utilizaban para colocar el ganado, también se encuentra el higuerón muy robusto y con ciclo corto de corte y finalmente madera galapo que se utilizaba en gran proporción para los cultivos de café y que deben renovarse cada cierto periodo por nuevas maderas.

En Bucarretes SAS, ya se ha trabajado estas cuatro especies y están convencidos que de acuerdo al uso que se les quiera dar se puede utilizar, son maderas de mediana densidad de ciclo corto de producción, 15 años en promedio y muy robustas, lo que puede ser mejor aprovechado por el campesino a la hora de vender y con un relativo secado rápido (Ledesma, 2020).

2. Justificación

El mercado en Colombia ha considerado que las especies nativas, son mayormente susceptibles a afectaciones, por ejemplo, de insectos y aparición de hongos, que en parte ha influido en el posicionamiento actual como maderas de baja calidad, dureza y resistencia. Sin embargo, la experiencia obtenida de empresas como Bucarretes SAS, ha permitido validar que el proceso de secado en la madera funciona como un preservante, eliminando los almidones que son los que atraen a los insectos de madera húmeda para atacarla, y además si se realiza adecuadamente, genera cambios en la estructura de la madera, endureciéndola y evitando que los sistemas de mandíbulas de los insectos que suelen atacar la madera seca puedan penetrar.

En el caso de los hongos, el secado elimina el medio en el cual se desarrollan, al hacer que la madera pierda la humedad. El mercado en Colombia ha considerado que las especies nativas, son mayormente susceptibles a afectaciones, por ejemplo, de insectos y aparición de hongos, que en parte ha influido en el posicionamiento actual como maderas de baja calidad, dureza y resistencia.

Sin embargo, la experiencia obtenida de empresas como Bucarretes Ltda, ha permitido validar que el proceso de secado en la madera funciona como un preservante, eliminando los almidones que son los que atraen a los insectos de

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

madera húmeda para atacarla, y además si se realiza adecuadamente, genera cambios en la estructura de la madera, endureciéndola y evitando que los sistemas de mandíbulas de los insectos que suelen atacar la madera seca puedan penetrar.

En el caso de los hongos el secado elimina el medio en el cual se desarrollan, al hacer que la madera pierda la humedad.

Esto también toma relevancia en aspectos ambientales en cuanto a que un adecuado proceso de secado evita la utilización de preservantes químicos, considerados materiales peligrosos y que en muchos países europeos se han dejado de usar debido a su alta toxicidad.

Por lo anterior, es el proceso de secado el que permitirá hacer la diferencia frente a la validación y el reconocimiento de las verdaderas propiedades físico-mecánicas de las maderas nativas y sus correspondientes usos comerciales, permitiendo que el sector avance en términos de competitividad y sostenibilidad económica, social y ambiental. A este respecto el acercamiento universidad-empresa, resulta vital.

3. Definición y formulación del problema

3.1. Planteamiento del problema

De acuerdo con el Manual del Grupo Andino para el Secado de Maderas (Cartagena, 1989), frente al programa establecido para este proceso se tiene lo siguiente: “Los secadoras de madera con procedencia europeas o americanas, responden a programas u horarios de secado, previamente establecidos para una determinada especie y dimensiones (espesor) de la madera a secar”, este desarrollo tecnológico, efectivamente aplica para una materia prima que desde el momento de la plantación se estandariza, en cuanto a especie, edad, proceso de clasificación para el secado, etc., lo cual no es el caso de las maderas nativas colombianas.

Es así como, se ha presentado la situación en la cual los sistemas de secado automatizados, que están diseñados para secar variedades de madera en condición de operación y control, diferentes a nuestra realidad (tanto de especies nativas, como de desarrollos tecnológicos propios), ha conllevado a que a mediano plazo, quienes los operan y controlan, terminan suprimiendo subjetivamente ciertas funciones o variables, ante la imposibilidad de ajustar técnicamente las curvas, que

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

permitan adelantar un proceso controlado y adecuado a las necesidades de la industria colombiana.

Caso contrario ha sido el proceso de secado desarrollado por Bucarretes SAS, el cual se sustenta en un concepto técnico básico, donde el contenido de humedad final de la madera es el resultado de planificar y monitorear dos variables indirectas de control, temperatura y humedad relativa de la cámara, lo que no solo logra disminuir el tiempo de secado, sino que se elimina totalmente los defectos que puede generar este proceso como las rajadura, torceduras y alabeos, estipulados en el orden del 10% dentro de la literatura técnica (Cartagena, 1989), y que para especies nativas se han alcanzado resultados hasta del 0% con innovación tecnológica propia.

Por eso el propósito de este estudio es mostrar lo eficiente que se puede ser a través de un proceso de secado de calidad que permita a las maderas nativas ser altamente competitivas frente a las maderas importadas (Pino y Eucalipto), las cuales han sido introducidas en el mercado por el rendimiento económico que esta genera por corto ciclo de cosecha de la planta (cinco veces más rápido que las nativas), sin tener en cuenta los aportes negativos que puede dejar en la naturaleza al ser peligrosamente inflamables y deshidratar la tierra por tener una absorción de agua paralela con su crecimiento.

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Lo anterior se contrapone a conceptos de considerar la madera como un material apto solamente para construcciones rústicas y temporales de poco valor, como se ha presentado en Colombia, situación que no sólo ha desestimulado innovación tecnológica para el sector, sino que también de alguna manera ha llevado a tener un potencial forestal desaprovechado, en contraste con ser uno de los países con mayor extensión de bosques naturales y diversidad de especies forestales y que además cuenta con una ubicación geográfica que le permitiría atender un mercado global con interés en productos maderables.

Adicionalmente, se tiene que las maderas nativas colombianas han encontrado en los ineficientes y costosos procesos de secado en cámaras, una de sus principales limitantes para poder posicionarse en el mercado nacional, lo que ha facilitado que prevalezca la hegemonía de la madera tipo pino, importada básicamente de Chile, a pesar de que las propiedades físico-mecánicas de varias especies nativas de densidad similar al pino, son superiores a la madera que actualmente se trae al país. Se estima que Chile tuvo la mayor participación con el 30,4%, seguido de China y Ecuador con el 20% cada uno, y Alemania, Brasil, Estados Unidos, España y Venezuela en conjunto sumaron 21% de las importaciones (Minambiente, 2016).

3.2. Objetivo de la Investigación

3.2.1. Objetivo General.

Valorar de forma comparativa el proceso de secado de la madera, procedente de cuatro especies nativas (móncoo (*cordia gerascanthus*), frijolito (*schizolobium parahyba*), higuera (*ficus insípida willd*) y galapo (*albizzia carbonaria*)) realizado por la empresa Bucarretes en Girón – Santander.

3.2.2. Objetivos específicos.

Conocer el conjunto de características que tienen las cuatro especies maderables nativas objeto de estudio (móncoo, frijolito, higuera y galapo) mediante una investigación cualitativa.

Identificar mediante un estudio cualitativo, las propiedades físicas de la madera en el proceso de secado que se aplican en la industria maderable.

Determinar las condiciones de la madera secada al natural versus secado mediante equilibrio higroscópico, mediante un análisis comparativo.

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Comparar la oferta de valor que ofrece el proceso técnico de secado de la empresa Bucarretes SAS a las maderas nativas, versus otros procesos de secado tradicionales del mercado, convirtiéndolas en un producto competitivo.

3.3. Preguntas de investigación

¿Cómo la valoración comparativa del proceso de secado de madera que ofrece Bucarretes SAS, incide en una mejor calidad de los productos generados a partir de especies maderables nativas, disponibles en el departamento de Santander?

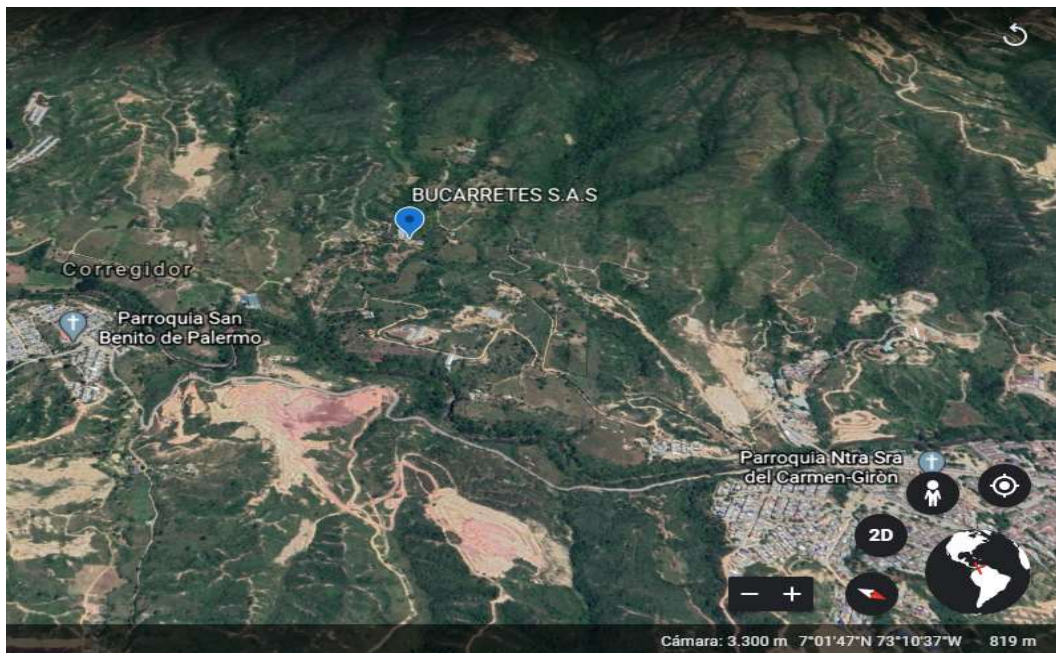
4. Marco geográfico

La empresa Bucarretes SAS. se encuentra ubicada en la vereda Palmas, Finca Villa Teresa km 3 municipio de Girón, departamento de Santander. El municipio de San Juan de Girón limita al oriente con los municipios de Floridablanca, Piedecuesta y Bucaramanga (Área Metropolitana de Bucaramanga); al occidente con el Municipio de Betulia; al norte con los municipios de Sabana de Torres, Rionegro y Lebrija; y al sur con los municipios Los Santos y Zapatoca. Girón dista a 9 km de Bucaramanga, Cúcuta 195 km y Bogotá 373 km. El municipio cuenta con una temperatura promedio mínimo y máximo de 22° y 29° respectivamente.

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Figura 1.

Ubicación empresa Bucarretes SAS.



La empresa Bucarretes se puede contactar a través de la página web www.bucarretes.co/index.php.

Figura 2.

Portada página web empresa Bucarretes SAS.



5. Marco Conceptual

Se debe tener una alta claridad de los conceptos que se van a utilizar en la práctica. En este caso un parámetro que se va a implementar y de mucha importancia es el proceso de secado en la madera para lo cual, es importante la aplicación de estos conceptos:

Equilibrio higroscópico: la higroscopicidad de la madera es el término que hace referencia al intercambio de la humedad con el ambiente que le rodea. De esta forma a cada estado ambiental (temperatura y humedad relativa del aire) le corresponde un grado de humedad de la madera, llamado humedad de **equilibrio higroscópico**.

Punto saturación de la fibra (psf): el punto de saturación de fibra es la etapa en el secado o mojado de madera en la que las paredes celulares están saturadas y las cavidades celulares están libres de agua.

Humedad relativa (Hr): es la relación entre cantidad de vapor de agua contenida en el aire (humedad absoluta) y la máxima cantidad que el aire sería capaz de contener a esa temperatura

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Alabeo: el alabeo o reviro hace referencia a la deformación que se produce en una pieza de madera al secarse o bien por efecto de la humedad a lo largo del tiempo. La madera dispone de una tolerancia natural en relación con cuánto puede expandirse y contraerse antes de sucumbir a deformaciones o contracción.

Grano de la madera: hace referencia a la masa de la estructura celular de la madera que sigue el eje principal del tronco del árbol.

Especies nativas: una especie nativa es aquella que se encuentra dentro de su área de distribución natural u original de acuerdo con su potencial de dispersión natural y forma parte de las comunidades bióticas naturales del área.

Lignina: sustancia natural que forma parte de la pared celular de muchas células vegetales, a las cuales da dureza y resistencia.

Silvicultural: es la ciencia que trata de las técnicas que se aplican a las masas forestales para obtener de ellas una producción continua y sostenible de bienes y servicios demandados por la sociedad.

Fuste: tronco de un árbol que alcanza un grosor notable de manera que de él pueden obtenerse trozas, rollos para chapa o postes de gran tamaño.

Albura: la albura es la parte joven de la madera, corresponde a los últimos anillos de crecimiento del árbol

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Duramen: parte central, más seca y compacta, del tronco y de las ramas gruesas de un árbol.

Exudado: cualquiera de las sustancias secretadas a través de los poros de los tejidos enfermos o dañados de las plantas. Resinas, gomas, aceites y lacas son ejemplos de exudados que se extraen con fines industriales.

6. Marco Teórico

6.1. Composición de la madera

Los tallos vegetales poseen unas fibras flexibles, formadas por un material denominado celulosa (el algodón de farmacia es celulosa pura), que recorren las ramas en sentido longitudinal y le proporcionan la flexibilidad necesaria, por ejemplo, para doblarse ante un fuerte viento. Además de la celulosa, la madera contiene lignina, un material que actúa como cemento de las fibras de celulosa y que le proporciona una consistencia dura.

A diferencia de las plantas leñosas, las plantas herbáceas no producen lignina, pero sí celulosa, por lo que sus tallos son mucho más flexibles y menos consistentes.

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Los árboles pueden tener entre un 20 y un 30 % de lignina, mientras que las hierbas por debajo del 20 %.

6.2. Variedades de la madera

Se describen a continuación las cuatro variedades de madera objeto de estudio, las cuales representan las especies nativas procedentes del departamento de Santander que son Moncoro (*Cordia gerascanthus*), Frijolito (*Schizolobium parahyba*), Higuerona (*Ficus insípida Willd*) Y Galapo (*Albizzia Carbonaria*).

6.2.1. Variedad Móncoro (*Cordia gerascanthus*).

6.2.1.1. Clasificación taxonómica.

Figura 3.

Variedad Móncoro (Cordia gerascanthus)



Tabla 3.*Clasificación taxonómica Variedad Mónico.*

Clasificación	Descripción
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Subclase	Asteridae
Orden	Lamiales
Familia	Boraginaceae
Subfamilia	Cordioideae
Género	Cordia
Especie	C. gerascanthus

6.2.1.2. Condiciones de adaptación

Altitud: 0 a 1.200 msnm

Clima: temperatura media anual de 18 – 27°C precipitación media anual de 1.000 a 4.000 mm. Exigente en luz.

Suelos: prefiere suelos profundos de origen calcáreo, con buen drenaje. La especie soporta suelos alcalinos, neutros y ligeramente ácidos, se comporta mejor en pH de 6 a 7.

Topografía: zonas de terraza, pendientes rocosas.

Limitantes: no tolera los suelos bajos.

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Hábitat: Crece en bosques secos caducifolios, desde el nivel del mar hasta los 300 m de elevación, pero se han visto casos donde se ha adaptado en zonas de más de trescientos llegando a los 1200 msnm generalmente en lomas y áreas planas bien drenadas, con una precipitación inferior a los 1500 mm anuales.

Fenología: Produce una hermosa floración entre enero y marzo, sus frutos están presentes en marzo y abril.

6.2.1.3. Manejo silvicultural.

En plantaciones puras los espaciamientos varían de 3x3 a 4x4 m, en linderos lo normal es 2.5 mts entre árboles, aunque se necesitan aclareos para dejar un espacio final de 5 mts, en sistemas agroforestales con cultivos perennes los raleos no son deseables excepto en los primeros años, por el daño a los cultivos, por lo que es mejor establecerlo al espaciamiento deseado al final del turno, 8x8 o 10 x 10 mts. Para lograr aumentos consistentes en diámetro requiere de un manejo preciso con raleos oportunos y un adecuado control de malezas. N sistemas muy abiertos (linderos y sombrío) es necesario podar los árboles si se quiere producir fustes de buena calidad para aserrío.

Turno estimado: 15-20 años.

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Crecimiento: Hasta 35m. de altura y 40 a 60 cm. de diámetro. Rendimientos de 10 a 25 m³/ha/año.

6.2.1.4. Características generales.

Densidad 0.75 – 0.9 g/cm³. Madera dura, pesada, de buena flexibilidad y fuerza elástica, grano fino, buen jaspe, albura amarilla paja, duramen negruzco con líneas oscuras que resaltan con el pulimento. Fácil de trabajar, no se agrieta fácilmente en el proceso de secado, adquiere buen pulimento.

6.2.1.5. Usos.

Madera usada para ebanistería, muebles, chapado y contrachapado, fabricación de polines, canaletes, canoas, como sombrío de cultivos agrícolas como café y cacao, artesanías, ornamental, medicinal, su fruto sirve para contrarrestar afecciones pulmonares.

6.2.2. Variedad Frijolito o Tambor (*Schizolobium parahyba*).*6.2.2.1. Clasificación Taxonómica.*

Figura 4.

Variedad Frijolito o Tambor (Schizolobium parahyba).

**Tabla 4.**

Clasificación taxonómica Variedad Frijolito.

Clasificación	Descripción
Reino	Plantae
Subreino	Tracheobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Caesalpinioideae
Tribu	Caesalpinioieae
Género	Schizolobium
Especie	S. parahyba

El tambor o frijolito (*schizolobium parahyba*), es una de las especies nativas de las que en la última década se ha visto incentivado su cultivo en el país, debido a las bondades que posee como su rápido crecimiento, adaptabilidad a condiciones

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

de baja fertilidad, acidez del suelo y drenaje pobre. Esta leguminosa es considerada nitrificadora y por ello se resalta su utilidad en la recuperación de suelos empobrecidos, es además un árbol con excelentes dotes ornamentales por el rápido crecimiento, forma, y su bella floración. Su madera pese a ser blanda tiene características favorables de secado y laboreo.

Es un árbol nativo de las regiones costeras que se distribuye desde México hasta el sur de Brasil, encontrándose en Centro América, Colombia, Venezuela, Perú, Bolivia, en las riberas del río Amazonas, en toda la franja boscosa atlántica del Paraná (Pérez, 1978; Geilfus, 1998) en Colombia se desarrolla en forma natural, en las zonas inundables del Urabá antioqueño y chocoano y en los bosques húmedos tropicales del Magdalena medio. Actualmente su cultivo se ha difundido a otras zonas secas, extendiéndose con éxito a regiones subtropicales de la Florida y Australia.

6.2.2.2. Condiciones de adaptación.

Altitud: 0 a 1900 msnm

Clima: temperatura media de 24 a 30° precipitación media anual de 1500 a 2500 mm, exigente en luz, muy resistente a las sequías.

Suelos: prefiere suelos profundos, húmedos, bien drenados, franco arcillosos a arcillosos, soporta suelos moderadamente ácidos con tendencia a la neutralidad.

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Topografía: plana a ondulada

Limitantes: no tolera suelos superficiales infértiles o arenosos, tampoco demasiado secos o inundados.

En el país se ha despertado un gran interés por esta especie debido a su rápido crecimiento, su adaptabilidad a condiciones de baja fertilidad del suelo incluyendo a aquellos de pH ácidos, (por debajo de 5) y muy pobres en bases intercambiables. Igualmente tolera condiciones de drenaje pobres, soportando incluso inundaciones periódicas.

6.2.2.3. Manejo silvicultural.

Su crecimiento es muy rápido. Se emplean distanciamientos de siembra de 3x3 m para una densidad de 1.111 árboles por hectárea y de 3x2 m para la densidad de 1.666 árboles por hectárea para establecimiento de plantaciones y 10x10 o más en combinaciones agroforestales.

Turno estimado: 6-8 años para producción de manera para pulpa. Aserrío 15-18 años.

Crecimiento: Hasta 35m. de altura y 1m. de diámetro. Rendimientos de 10 a 25 m³/ha/año.

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

6.2.2.4. *Características generales.*

La madera es blanda, de color blanco amarillento, y fibrosa, su peso específico básico oscila entre 0,25 y 0,40 g/cm³ (Rodríguez y Sibile 1996). posee tronco recto, cilíndrico, desprovisto de ramas con aletones incipientes a bien desarrollados corteza externa lisa a muy finamente fisurada, de color verde en estados jóvenes de un gris claro en edad adulta.

6.2.2.5. *Usos.*

Se emplea en la fabricación de cajas, canoas, palillos de fósforos y para pulpa de papel, en Guatemala hay plantaciones para la elaboración de contra chapado, también es utilizada en la elaboración de formaletas, divisiones internas de bajo costo, forros, planchetas, palillos, juguetes de aerodelismo, al no ser de gran durabilidad no puede ponerse en contacto con el agua salada.

6.2.3. Variedad Ceiba Higuerona (*Ficus insípida Willd.*)

6.2.3.1. *Clasificación taxonómica.*

Figura 5.

Variedad Ceiba Higuerona (Ficus insípida Willd).

**Tabla 5.**

Clasificación taxonómica Variedad Ceiba Higuerona.

Clasificación	Descripción
Reino	Plantae
Subreino	Tracheophyta
División	Magnoliophyta
Filo	Embryophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Rosales
Familia	Moraceae
Género	Ficus
Subgenero	Ficus (Ficus)
Especie	F. Insípida

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

6.2.3.2. Condiciones de adaptación.

Altitud: Es una especie muy fuerte, que soporta muy bien las temperaturas muy bajas hasta 5 grados, y una altura de 1.650 m

Clima: temperaturas medias entre 3 y 26 grados aproximadamente

Suelo: Es un árbol que acepta muchos tipos de suelo, en él se pueden utilizar sustratos que sean neutros, es decir que no posean ni mucho ni poco pH, el que contenga sea de una manera equilibrada, la mayoría de los que existen en los comercios tienen mucha cantidad de pH y esto no es bueno para la planta.

Topografía: El *Ficus insípida* puede encontrarse distribuida en las regiones tropicales de América, desde México hasta la Amazonía. Crece en climas variados y húmedos, en los que forma parte de las capas altas del bosque tropical. Produce un fruto similar al de la higuera (de la cual es familiar) que no es comestible por los seres humanos.

Limitantes: El desarrollo de las plantas en el campo, se considera rápida, aunque requiere un clima cálido y húmedo para desarrollarse plenamente.

6.2.3.3. Manejo Silvicultural.

Turno estimado: 6 años para producción de manera para pulpa. Aserrío 12-15 años.

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Crecimiento: Hasta 35m. de altura y 70cm. de diámetro. Rendimientos de 10 a 25 m³/ha/año.

Copa amplia aparasolada, con follaje esparcido, con ramas grandes, gruesas y extendidas de forma oblicua, base del tronco con prominentes aletones, a manera de contrafuertes. Tronco recto y cilíndrico. Corteza externa lisa, muy clara, corteza interna crema con exudado en látex que fluye rápido y abundante. Hojas simples, alternas, helicoidales, lustrosas, glabras de 15 x 7 cm, lamina de color verde claro por el envés, glabra y brillante, cartáceas, elípticas a oblongas, ápice acuminado, base redondeada, obtusa, margen entera, peciolo entre 2,0 y 5,5 cm, estipula prominente de forma linear que puede alcanzar los 12 cm, caduca, dejando una cicatriz muy visible, venas muy pronunciadas entre 15 y 30 pares. Flores unisexuales localizadas en un receptáculo carnoso. Frutos en sicono que se desarrollan en las axilas de las hojas, de forma globosa de 1,5 a 3,0 cm de diámetro, densamente puberulentos, con un pedúnculo de 18 mm de largo, maduran en color verde claro, brácteas basales con 2,5 mm de largo. El higuérón en su etapa inicial de crecimiento inicia como una enredadera, se aferra a un árbol maduro y finalmente lo estrangula de ahí su nombre de matapalo.

6.2.3.4. Características.

Madera de color café pálido 2,5 Y 8/3, no presenta diferenciación entre albura y duramen. Madera susceptible al ataque de hongos cromógenos, causando manchas

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

de color azul. Olor y sabor usentes. Grano inclinado. Lustre medio. Madera liviana y blanda. Anillos de crecimiento no diferenciables. Parénquima longitudinal abundante en bandas, visible a simple vista. Radios medianos visibles a simple vista. Diseño flameado tenue, definido por contraste de tejidos.

6.2.3.5. Usos.

La madera es suave y poco resistente, pero se suele utilizar bastante en la construcción de piezas de decoración que no requieren un uso resistente. Se utiliza principalmente para embalajes, cajas y tablas. Tiene un uso muy restringido por su baja densidad y alta susceptibilidad al manchado por hongos cromógenos conocido como la mancha azul.

6.2.4. Variedad Galapo (*Albizzia Carbonaria*).

6.2.4.1. Clasificación taxonómica.

Figura 6.

Variedad Galapo (Albizzia Carbonaria)

**Tabla 6.**

Clasificación taxonómica Variedad Galapo.

Clasificación	Descripción
Reino	Plantae
Subreino	Tracheopionta
División	Fenerógama / Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Fabales
Familia	Fabaceae
Subfamilia	Mimosoideae
Tribu	Ingeae
Género	Albizzia

Su nombre científico es *Albizzia carbonaria Britton* y sus nombres comunes son Pasquín (Antioquia); Galapo, Jalapo (Boyacá, Santander); Muche, (Cundinamarca,

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Huila); Carbonero (Antioquia, Bolivar, Caldas, Cundinamarca); Dormilón (Cundinamarca); Guacamayo (Atlántico); Mucheblanco; Carbonero blanco; Carbonero de sombrío; Carbonero gigante.

Oriundo del Asia tropical se extiende desde India y China hasta Australia; introducido a los trópicos americanos. En Colombia se encuentra cultivada y espontánea en zonas entre 700 - 1.700 m de altitud, y precipitación anual entre 1.500 y 1.900 mm

6.2.4.2. Condiciones de adaptación.

Altitud: 700 - 1.700 m de altitud

Clima: temperaturas que van desde los 28° hasta los 15°

Suelo: en general puede tolerar un amplio rango de condiciones edáficas incluyendo suelos arcillosos, derivados de cenizas volcánicas, suelos ácidos (pH 4,5) y zonas inundables; también se adapta a suelos pobres

Topografía: El Carbonero es una especie que se extiende por un territorio que incluye los países tropicales y subtropicales de Centro y Suramérica

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Limitantes: El alcance y la distribución de esta especie se determina por su tolerancia o susceptibilidad a diversas condiciones ambientales, ya que puede tolerar un amplio rango de condiciones.

6.2.4.3. Manejo Silvicultural.

Turno estimado: Aserrío 18-20 años.

Crecimiento: Árbol que alcanza hasta 30, m de altura y un Diámetro a la Altura del Pecho (DAP) entre 1,5 y 2,0 m.

De tallo robusto y recto y tiende a no tener ramas en los primeros 10, o 20, m. La corteza es pardo verduzca a pardo grisácea, lisa o ligeramente rugosa. La corteza interior es blanda y rosada, con un sabor peculiar amargo fuerte, astringente e irritante. La copa es extendida y puede alcanzar los 20,0 – 30,0 m de diámetro. Las hojas son caducas alternas con tres hojuelas de 20-30 cm de largo incluyendo los pecíolos. Las ramas gruesas son de color castaño verdoso con pequeñas arrugas longitudinales. El raquis de las hojas alternas es de color verde amarillento con una glándula elíptica. Las delgadas láminas de las hojuelas tienen el lado más cerca del eje mucho más ancho. Son de borde liso, de color verde mate en la haz y verde grisáceo pálido y vellosas en el envés.

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

6.2.4.4. Características.

La corteza es pardo verduzca a pardo grisácea, lisa o ligeramente rugosa. La corteza interior es blanda y rosada, con un sabor peculiar amargo fuerte, astringente e irritante.

6.2.4.5. Usos.

Son árboles de crecimiento rápido y de usos múltiples, muy apetecido por su gran capacidad para brindar sombra al ganado en sistemas silvopastoriles, por su bondad para recuperación de zonas degradadas, control de la erosión, como especie fijadora de nitrógeno y fuente de proteína, entre otros. En países productores de café, es una de las especies preferidas como sombra para el cultivo, porque mantiene las hojas en la estación seca.

También como alimento para el ganado, los árboles crecen en potreros, reservas y solares. Las hojas son apetecidas por el ganado y tienen alto contenido en proteína, cerca del 20,0%; además poseen un alto contenido de nitrógeno cerca del 4,0% de la materia seca.

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Y como madera, puede usarse aserrada para muebles, o como postes para construcción, poleas y formaletas, aunque no se usa ampliamente. La leña está considerada como de muy buena calidad, produciendo brasas que queman lentamente y duran bastante para su uso en cocinas domésticas.

6.2.5. El pino en Colombia.

El pino es una de las maderas más utilizadas en Colombia, la cual tiene gran variedad de usos debido a su versatilidad, sin embargo el cultivo de esta especie y de otras como el eucalipto generan un daño a la fauna edáfica, responsable de la formación de la materia orgánica, para Clara Chamorro, bióloga de la Universidad Nacional, especialista en el estudio de suelos, el aumento de la acidez del suelo es lo de menos. Los efectos más importantes, que deterioran el suelo, son los cambios en su estructura física y química, que hacen que estos suelos se vuelvan infértiles para la agricultura, explica que las raíces de los pinos segregan unas resinas que alteran el medio de los organismos que transforman la materia orgánica y las rocas en suelo. Como consecuencia, su número disminuye y el suelo se afecta.

6.2.6. Especies nativas.

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Cuando se habla de especies nativas se hace referencia a aquellas que están dentro de su área de distribución natural (pasada o actual) o de dispersión potencial, o sea, aquella área que han llegado a ocupar sin intervención del hombre. Por lo tanto, los árboles que estaban en la región, aún antes de que se establecieran los cultivos y que han quedado contenidos en los bosques, fragmentos de bosque, márgenes de las quebradas y rastrojos, son especies nativas.

Las especies nativas añaden materia orgánica al suelo mejorándolo, debido a que funcionan como depósito de nutrientes, aumentan la capacidad de intercambio del suelo, provee energía para las actividades de los microorganismos, estabiliza la estructura del suelo, provee de protección a la superficie contra la erosión causada por las lluvias y aumenta la filtración de agua al subsuelo.

¿Cómo la valoración comparativa del proceso de secado incide en una mayor comercialización de especies maderables nativas, disponibles en el departamento de Santander? Una vez se hace el secado en horno con ambientes controlados las maderas adquieren unas características que pueden posicionarlas en un buen lugar empleándolas en objetos y servicios de más estatus.

6.2.7. Plantación de especies nativas.

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Entre los años 2009 y 2014 la FNC (Fondo Nacional de Cafeteros), ejecutó el Proyecto GEF “Incorporación de la biodiversidad en el sector cafetero en Colombia”, teniendo como agencia de implementación en Colombia al PNUD, que permitió entre otros resultados, favorecer la conservación de biodiversidad en más de 31.000 hectáreas de café y el establecimiento de más de 387.000 árboles de especies nativas, en 1.022 hectáreas de corredores de conservación.

Este componente se ha desarrollado en siete microcuencas en igual número de departamentos, bajo el nombre “Construyendo un corredor de conservación en nuestra región cafetera”. En el desarrollo de este componente se han establecido más de 1.628 nuevas hectáreas de Herramientas de Manejo de Paisaje (HMP), en armonía con los sistemas de producción de café en las microcuencas seleccionadas. Para el establecimiento de estos corredores de conservación se ha requerido de la producción y siembra de más de 930.000 plántulas, pertenecientes a 104 diferentes especies nativas, entre árboles y arbustos. (Rocío Espinosa, 2019)

6.3. Alcance de la investigación

Esta investigación permitirá contemplar la posibilidad del uso de otras especies maderables poco conocidas en Colombia, y de excelente uso para la industria, contribuyendo de esta manera a frenar la tala indiscriminada de bosques por el uso de las maderas tradicionales, presentando otras opciones menos agresivas con el

ambiente y contribuyendo a la disminución de los efectos del cambio climático en la región.

6.3.1. Diseño metodológico.

La presente investigación pretende demostrar que es posible el uso de otros tipos de maderas alternativas a las convencionales, si se aplica un correcto proceso de secado que las hace competitivas con las maderas comerciales.

La investigación realizada es de tipo exploratorio (cuantitativa-experimental), debido a que pretende generar nuevos conocimientos en cuanto al uso de especies maderables poco conocidas en la región y en Colombia para uso en la industria.

6.3.2. Variables.

Se identificaron dos variables importantes que se deben controlar en el proceso de secado de la madera que son humedad y temperatura las cuales se describen a continuación:

6.3.2.1. Humedad.

A mayor humedad de la madera se debe utilizar en el horno de secado de la madera mayor temperatura y mayor tiempo de secado. Cuando la madera comienza

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

a secar, la primera cosa que ocurre es que el agua suelta se evapora hasta que la madera se rebaja a lo que se llama “punto de saturación de la fibra.”

La saturación de la fibra es generalmente alcanzada cuando el contenido de humedad llega alrededor del 28%. En este punto, toda el agua suelta se ha evaporado y solo el agua latente queda. La madera no se encoge hasta que entre debajo del punto de saturación de la fibra y el agua latente comience a ser extraída de las células de la madera.

A continuación, se incluye como referencia varias cédulas de secado establecidas mediante experimentación. Estas cédulas deben ser eventualmente adaptadas en función del origen de la madera y las características de los equipos utilizados.

Tabla 7.

Programas de secado según la humedad

Hum. Madera	Temp. seca °C	Temp. húmeda °C	Hum. relativa %	Hum. equil. higroscópico %	Gradiente de secado
Verde	70	66.5	85	15.0	-
35	70	66.0	83	14.0	2.5
32	70	63.0	72	10.7	3.0
30	75	66.0	65	8.6	3.5
28	75	64.0	60	7.8	3.6
25	75	60.0	50	6.5	3.8
20	80	60.0	40	5.0	4.0
15	80	54.0	28	3.7	4.0

Determinación del contenido de humedad

El agua presente en la madera, o en un producto de madera, se expresa como el contenido de humedad. Convencionalmente, el contenido de humedad (CH) se define como la relación porcentual del peso del agua contenida en la madera, respecto al peso seco (libre de humedad) de la madera:

Ecuación 1. *Determinación del contenido de humedad*

$$\text{CH} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco al horno}} \times 100$$

Existen varios métodos para determinar el CH de madera; se describen a continuación los dos más importantes.

Método gravimétrico o por diferencia de peso

De una pieza de madera se corta una muestra e inmediatamente se pesa para obtener el peso inicial (Pi), luego se coloca en un horno a una temperatura máxima de 105 grados Celsius hasta que se obtenga peso constante de la muestra, el que será el peso seco al horno o peso final (Po) (Foglia, 2005).

Para calcular el contenido de humedad (CH) se aplica la siguiente fórmula:

Ecuación 2.

Contenido de humedad - Método gravimétrico

$$CH = \frac{P_i - P_o}{P_o} \times 100$$

Métodos eléctricos

Las propiedades eléctricas de la madera más importantes son su resistencia al paso de una corriente eléctrica y sus características como material dieléctrico. Estas se utilizan como base para la fabricación de aparatos destinados a medir el contenido de humedad de la madera. Estos medidores eléctricos tienen la ventaja de que las lecturas del contenido de humedad son inmediatas y es una determinación no destructiva; pero presentan ciertas limitantes, principalmente el rango de confiabilidad (6 a 25% CH), se debe corregir la lectura según especie, temperatura y dirección del grano en la madera.

Figura 7.

Medición de Humedad - Método eléctrico



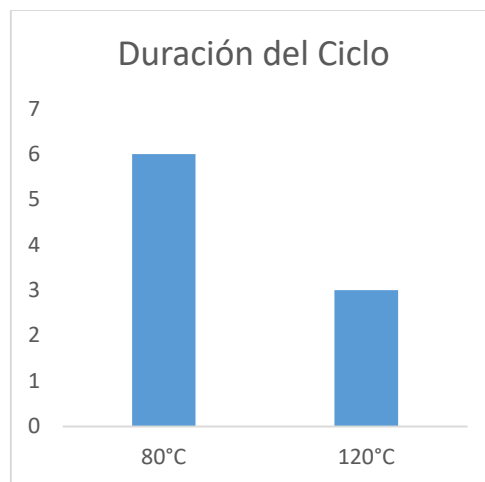
6.3.2.2. *Temperatura.*

Es directamente proporcional a la humedad de la madera y por ende se necesita mayor tiempo de secado de la madera en el horno.

Diferentes especies requieren ser secadas a diferentes temperaturas y a diferentes velocidades para producir los mejores resultados. La Variedad Mónico al igual que el Roble consideradas maderas duras, tiene que ser secado despacio, de lo contrario se degrada. Las variedades Higuerona, Galapo y Frijolito al igual que el Pino consideradas como especies blandas, necesitan ser secado más rápidamente o se mancha o crecerían hongos.

Figura 8.

Duración General del Ciclo



PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

La madera recién cortada contiene una gran cantidad de agua. Si el agua no es extraída, la madera no puede ser usada para producir un producto derivado de buena calidad. Cuando la madera esta secada apropiadamente se vende a un precio mayor y es mucho más fácil trabajarla que madera húmeda.

Cuando la madera es secada correctamente mecaniza mejor, pega mejor, y tiene mejor acabado. El secado también mejora la resistencia de la madera, mata infestaciones, endurece la savia de la madera, preserva el color, reduce el peso y controla el encogimiento. Cuando la madera no es secada bajo condiciones controladas es susceptible a fisuras, manchas, y otras degradaciones que rebajan su precio de venta y su viabilidad de ser trabajada.

Humedad Post-secado

La madera siempre está tratando de entrar en equilibrio con el ambiente, entonces su contenido de humedad variara algo después de haber sido secada. En climas secos, la madera cede humedad, hasta que esté en armonía con el aire seco. En climas húmedos la madera absorbe humedad hasta que esté en armonía con el aire húmedo.

La madera se expande cuando absorbe humedad, y se contrae cuando vota humedad. En los peores casos de condiciones climatizadas de invierno en los climas del norte, la madera puede secarse hasta 6% de humedad debido al aire seco de la calefacción y absorber hasta 15% y 16% de humedad en verano. Si la madera seca

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

es expuesta a estas condiciones repetitivamente; eventualmente va alcanzar un contenido de humedad de cerca del 12%, lo cual corresponde al promedio del punto de equilibrio anual en la mayoría de las áreas geográficas.

Comportamiento de la madera post-secado

La madera se encoge al ir secando, pero el encogimiento no comienza hasta que la madera este debajo del punto de saturación de la fibra que es más o menos 28% de contenido de humedad.

Si la superficie externa está por debajo del 28% mientras que el centro de la tabla aún está por encima de la saturación de la fibra, entonces la parte externa tratará de encogerse mientras que el centro no. Y esto continuará hasta que la superficie resulte demasiada seca en relación al centro, entonces la madera se rajará o agrietará.

Figura 9.

Ejemplo imagen agrietada



El secado controlado en horno, especialmente cuando se seca maderas verdes, reduce o elimina las rajaduras o grietas mediante el acondicionamiento. Cuando la

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

madera es secada al aire, donde no hay control sobre el proceso de secado, entonces el clima puede fácilmente causar rajaduras y grietas que resultarán en pérdidas.

6.3.3. Tipos de secado de la madera.

6.3.3.1. Secado natural o al aire.

Consiste en exponer la madera a las condiciones ambientales prevalecientes de temperatura, humedad relativa y velocidad de circulación de aire. El tiempo de secado puede variar desde 3 a 4 semanas hasta 1 o 2 años y el contenido de humedad final será igual o muy próximo al contenido de humedad de equilibrio promedio del sitio donde se realice el secado.

Desventajas del secado natural, la madera puede sufrir cambios no deseados en su forma y color o ser atacada por hongos e insectos, aparición de defectos tales como grietas, rajaduras, deformaciones y daños biológicos.

Figura 10.

Secado al natural o al aire

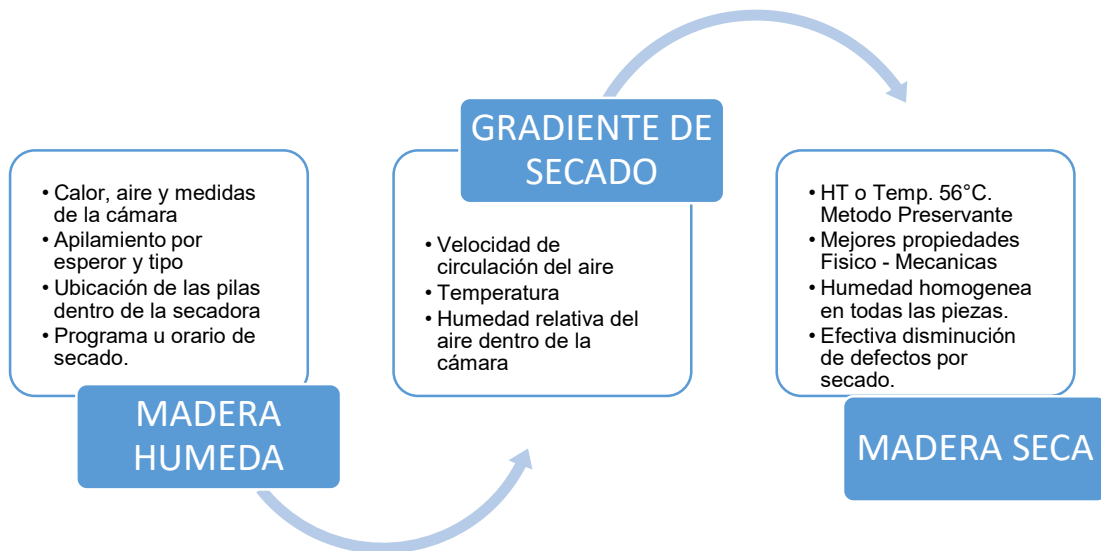


6.3.3.2. Secado bajo cobertizo.

Es secar la madera protegida de la lluvia y del sol directo que puede dañarla severamente cuando está secando al aire libre. Implica colocar la madera bajo un techo o cobertizo para protegerlo de los elementos climáticos. Esto aumenta en algo la calidad del secado al aire, pero extiende el tiempo de secado. También requiere una inversión en la construcción del cobertizo y aun no permite control sobre los otros factores como la humedad, flujo de aire, y temperaturas.

Figura 11.*Secado bajo cobertizo**6.3.3.3. Secado en horno con ambiente controlado.*

El proceso de secado artificial de madera mediante hornos a gas permite reducir la aparición de insectos, moho, manchas y deterioro durante el almacenamiento y uso de la madera (hongos y termitas no pueden crecer en madera cuyo contenido de humedad es inferior al 20%). Adicionalmente, el secado en horno reduce el tiempo de procesamiento, el peso y volumen de la madera; la madera seca es dimensionalmente estable, aumenta su resistencia mecánica; además solo la madera seca se puede pegar, someter a acabado, labrar y tratar químicamente con buenos resultados.

Figura 12.*Proceso Controlado de secado*

Con un proceso de secado eficiente se busca disminuir la cantidad de desechos generados durante el aprovechamiento y aserrado de la madera, ya que estos pueden alcanzar hasta un 75% del volumen de madera en pie de un cultivo; siendo alrededor del 50% residuos forestales en forma de fragmentos de dimensiones no aserrables o defectuosos y aproximadamente un 25% residuos industriales del aserrío (aserrín, corteza, entre otros); dicho porcentaje puede aumentar debido a problemas en el programa de secado.

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

La cámara de secado de un horno de deshumidificación puede ser construida a partir de madera, bloques de concreto, acero, aluminio, o casi cualquier combinación de estos materiales. Lo que es más importante es que la cámara sea compactada y térmicamente-aislada acerca de R-30*. Casi todas las cámaras de 25,000 pies tabla (60m³) para abajo, son con marco de madera, pues es bastante más fácil de termo-aislar apropiadamente, y la cámara es construida básicamente como un garaje bien encerrado.

Figura 13.

Secado en horno o ambiente controlado



El primer paso es determinar el tamaño de los paquetes de madera que manejará el operador. Luego la cámara es diseñada alrededor de esas medidas. Una cámara compactada y termo-aislada correctamente sirve dos propósitos importantes: 1) permite la recuperación de tanto calor como sea posible para proporcionar un

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

secado de bajo costo; y 2) previene daños a la madera que pueden resultar de la pérdida de calor y humedad cuando hay filtraciones de aire y pobre termoaislamiento. Un termoaislamiento apropiado es crítico tanto en climas calientes como en climas fríos.

¿Puedo secar diferentes especies y espesores de madera en un mismo horno?

No es una buena idea mezclar las especies, ni espesores de diferentes contenidos de humedad en un solo horno, pues toda la madera tendrá que ser secada en base al horario de la especie más lenta de secado o de mayor espesor. Toda la madera en el horno secará a la misma velocidad, y eventualmente el contenido de humedad se igualará en el paquete. Por lo tanto, si va secar varias especies y espesores de madera durante el año, es preferible utilizar cámaras de secado más pequeñas antes que una grande; manteniendo de esta manera cada especie y espesor en su propia cámara. Si va secar madera que fue pre-secada al aire y todo está abajo 25% de contenido de humedad, entonces si puede mezclar las especies sin problemas.

Generalmente no cuesta mucho más tener hornos más pequeños que uno grande, y los beneficios de flexibilidad, tiempo de abastecimiento, y control de los procesos de secado favorecerán a múltiples cámaras pequeñas sobre una grande. Si está sólo secando una especie y espesor de madera al mes, un solo horno será apropiado.

¿Qué es acondicionamiento?

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Acondicionamiento es agregar humedad a la superficie de la madera para aliviar cualquier estrés que ocurre en la superficie exterior, la cual seca y se encoge más rápido que la parte interior de la madera. Hay muchas causas para que se presente stress en la madera, una es como la madera fue aserrada, otra el origen del árbol, donde ha crecido; pues si el árbol creció en el lado de una colina puede presentar estrés del declive. Sin embargo, no todas las especies son propensas a estrés, y/o el uso final de la madera puede no requerir alivio de estrés. Por ejemplo, si la madera va ser cepillada por los 4 lados; pero en la mayoría de los casos el estrés en la madera puede causar pérdidas, por ello acondicionamiento es necesario (Madera).

6.3.3.4. Medición de humedad y secado por tipo de madera.

De principio la humedad de las maderas, la literatura técnica habla que pueden tener más del 100% de agua cada árbol, y técnicamente no se deberían secar maderas de diferentes especies, se hace en la práctica, pero lo ideal es que el proceso de secado se lleve de lo más conforme a lo más crítico. Por ejemplo, entre el galapo, el móncoro, el higuérón y el frijolito, la más resistente es la móncoro por su mayor densidad, entonces si se mete móncoro y frijolito al mismo tiempo esta última va a sufrir al generar demasiada liberación de tensión provocándole fisuras y rajaduras, entonces, lo que hay que hacer es conducir el proceso de secado acorde a la propiedad de cada tipo de madera.

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

Es por esto como se había dicho anteriormente, la diferencia en el proceso de secado se da principalmente por el tiempo de calor que se debe aplicar a cada especie de acuerdo a su dureza y humedad.

7. Resultados

7.1. Secado - Valoración comparativa por especies

Tabla 8.

Medición de humedad y secado por tipo de madera (LEDESMA, 2020)

ESPECIE	Necesidades energéticas	Secado Horno (time)	Humedad Inicial (%)	Humedad Final (%)
Moncoro	85°C	6 días	100	14
Frijolito	80°C	3 días	90	12
Higuerona	70°C	5 días	80	8
Galapo	85°C	5 días	85	10

Y como cuadro comparativo, las especies comerciales, tienen un requerimiento en tiempo muy similar a las especies nativas si las comparamos con el Pino que es una de las maderas con mayor demanda en el mercado además de lograr una humedad hidropónica entre 10 y 12 °C igual que las especies Frijolito y Galapo.

Tabla 9.*Medición de humedad y secado por tipo de madera (LEDESMA, 2020)*

Espesor de la madera: 27 mm	Humedad inicial (%)	Humedad Final (%)	Duración del secado (días)
Pino marítimo	80 - 90	10 - 12	3 - 3.5
Pino silvestre	80 - 90	10 - 12	3 - 5
Roble	60 - 70	10 - 12	28 - 30
Haya	70 - 80	10 - 12	10 - 15
Chopo	170	10	5 - 11

Hay un principio en la transferencia de calor, que está en los gradientes de humedad, entonces, una madera que es de mayor densidad o dureza se debe tener un mayor contenido de humedad para lograr tener el poro abierto y poder hacer la transferencia de calor hasta el centro de la madera. La diferencia entonces no radica la temperatura, porque todos los procesos pueden terminar entre 80 u 85°C, la diferencia es que algunas maderas se pueden demorar 3 días para que al final del circuito logres esta temperatura y otras hasta 6 días, todo depende en la capacidad de la madera para transferir el calor.

Hay dos aspectos que se deben tener claros, una cosa es el contenido de humedad de la madera y el otro es el contenido de humedad relativo de la cámara, aunque las dos tiene una relación directa, pero son dos cosas diferentes. El contenido de humedad en la madera es la variable que queremos obtener (12 o 14%) y la humedad relativa del medio ambiente es el medio por el cual damos la transferencia

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

para disminuir y hacer el equilibrio higroscópico entre la humedad de la madera y la humedad del medio ambiente (Ledesma, 2020).

7.2. Estimación comercial

La propuesta de Bucarretes SAS es que, a través, de un proceso de secado técnico controlado la madera nativa se convierta en un producto competitivo que vaya abriendo mercado, se dé a conocer y de este modo se incentive en el campesino y productores agroforestales la siembra de estas especies en cultivos lícitos y de calidad que protejan el medio ambiente.

Tabla 10.

Valoración Comparativa de Precio (LEDESMA, 2020)

ESPECIE	Precio (\$) Tablón
Moncoro	19.125
Frijolito	15.750
Higuerona	16.875
Galapo	15.750
Pino	22.900
Eucalipto	27.000
Roble	37.500

8. Conclusiones

De acuerdo al conjunto de características que tienen las cuatro especies maderables nativas, estas se emplean para uso comercial en diferentes procesos de acuerdo a su composición. Es así es como la variedad Mónico (Madera dura, pesada, de buena flexibilidad y fuerza elástica) y Galapo (Madera lisa o ligeramente rugosa, con corteza interior blanda y rosada) son usadas como sombrero de cultivos agrícolas como café y cacao, para ebanistería, muebles, chapado y contrachapado, fabricación de polines, canaletes, canoas, artesanías, ornamental por ser flexibles, de fácil pulimento y que no se agrietan. Mientras que la variedad frijolito o tambor (Madera blanda y fibrosa, corteza externa lisa a muy finamente fisurada) es menos resistente, se utiliza en la fabricación de cajas, canoas, palillos de fósforos y para pulpa de papel al igual que la variedad Ceiba Higuera (Madera liviana y blanda, susceptible al ataque de hongos cromógenos, causando manchas de color azul) es suave y poco resistente, pero se suele utilizar bastante en la construcción de piezas de decoración, embalajes y cajas.

El proceso técnico de secado que ofrece Bucarretes SAS, hacen que las características de las maderas nativas queden en óptimas condiciones para su uso en la industria, disminuyendo su precio, con una variación que va desde \$19.125 para las especies nativas a \$37.500 en las especies comerciales, que le permiten ser

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

competitivas frente especies maderables tradicionales cuya tala afecta gravemente la deforestación y erosión de terrenos, incidiendo esto en el aumento del cambio climático.

En la investigación que se realizó sobre las propiedades físicas de la madera (humedad y densidad) antes y después del proceso de secado, se determinó que cada madera posee una humedad específica de acuerdo a sus características físicas, y calcular este % de humedad es clave para identificar la necesidad energética que requiere sea aplicada mediante el proceso de secado higroscópico (ambiente controlado con las variables calor y tiempo), logrando disminuir la humedad a su mínima expresión sin causar deformación y grietas. Es así como la empresa Bucarretes SAS en su propuesta de secado puede lograr maderas competitivas frente al pino cuyas características son muy similares a Frijolito o Higuierón.

La temperatura de secado que se aplica en las maderas va en el mismo rango, desde la temperatura ambiente que puede estar entre 25°C, hasta alcanzar los 80°C u 85°C lo que la diferencia son los periodos de tiempo que se ajustan de acuerdo a la dureza y los contenidos de humedad.

La propuesta de la empresa Bucarretes SAS de utilizar la técnica del secado higroscópico, elimina los defectos generados por los procesos de secado al natural, como son rajaduras, torceduras y alabeos, reduce la aparición de insectos, moho, manchas y deterioro durante el almacenamiento y uso de la madera (hongos y

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

termitas no pueden crecer en madera cuyo contenido de humedad es inferior al 20%), adicionalmente, el secado en horno reduce el tiempo de procesamiento, peso y volumen de la madera, logrando que las especies maderables nativas sean altamente competitivas frente a las maderas importadas (Pino y Eucalipto) en términos de calidad, lo que permite el fomento de este tipo de cultivos agroforestales por parte de los campesinos de la región, contribuyendo así al mejoramiento de su calidad de vida.

En términos de precio, la oferta de valor que ofrece el proceso técnico de secado de la madera de las especies nativas tiene un costo por tablón inferior al precio de mercado de las especies comerciales. Su poca demanda en la industria se da por el desconocimiento y la desconfianza que genera el uso de este tipo de madera por parte del usuario final.

9. Recomendaciones

En Colombia, existe diversidad de especies nativas de madera que se encuentran aglomerados en diferentes regiones del país, de acuerdo al suelo y el clima. Es por eso, que en esta valoración comparativa se tomaron como preferencia cuatro especies maderables nativas (móncoro, frijolito, higuera y galapo) disponibles en el departamento de Santander y que desde hace tiempo son utilizadas en diferentes procesos agrícolas y de transformación por el campesino pero no han tenido la difusión suficiente relativo a sus bondades y a su uso comercial.

Con un adecuado procesamiento, las especies nativas no tienen nada que envidiar a las especies comerciales (pino o eucalipto), las cuales son las más comercializadas por fines económicos ya que tienen un rendimiento en cosecha cinco veces más rápido que las especies nativas, pero asumiendo el riesgo de tener cultivos altamente inflamables que además generan sequedad en el suelo por ser especies que absorben mayor cantidad de agua en el menor tiempo.

Bibliografía

- Carigiliano, S. (13 de 02 de 2019). *Acero, Madera y hormigón: Una comparación*. Obtenido de https://skyciv.com/es/technical/commonly-used-materials-in-structural-engineering/#disqus_thread
- Cartagena, J. d. (1989). *Manual del Grupo Andino para el secado de Madera*. Lima, Perú.
- Foglia, R. C. (2005). Conceptos básicos sobre el secado de la madera. *Kurú, Revista Forestal*.
- García, H. (2014). *Deforestación en Colombia: retos y perspectivas*.
- Gómez, I. D. (27 de 04 de 2018). Tala indiscriminada acabó con 225 mil hectáreas de bosque. *Caracol*, pág. https://caracol.com.co/emisora/2018/04/27/bucaramanga/1524783062_726154.html.
- Intituto Amazonico de Investigaciones Cientificas SINCHI. (2007). *Libro Rojo de Plantas de Colombia*. Dairon Cardenas L. y Nelson R. Salinas.
- Ledesma, G. M. (04 de Mayo de 2020). Valor agregado del proceso de secado Bucarretes SAS. (E. J. Pimiento, Entrevistador)
- Madera, N. S. (s.f.). *Nyle Systems*. Obtenido de https://www.nyle.com/wp-content/uploads/KilnDrying_ES.pdf

PROCESO DE SECADO DE LA MADERA EN ESPECIES NATIVAS

- Minambiente. (2016). *Colombia - Comercio exterior de productos forestales maderables*. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/images/BosquesBiodiversidadyServiciosEcosistemicos/pdf/Gobernanza_forestal_2/14._Cartilla_Exportaci%C3%B3n_e_Importaci%C3%B3n_de_Productos_Maderables.pdf
- Proexport. (2012). *Sector Forestal en Colombia*.
- Rocío Espinosa, A. M. (2019). *Árboles Nativos Importantes para la conservación de la biodiversidad*. Editorial Blanecolor.
- Tiempo, E. (27 de 04 de 2018). *Alerta por aumento de deforestación de bosques en Santander*, págs. <https://www.eltiempo.com/colombia/otras-ciudades/mas-de-200-hectareas-de-bosques-han-sido-deforestadas-en-santander-210518>.
- Vanguardia. (21 de 02 de 2010). *Santander tiene madera para los forestales*, págs. <https://www.vanguardia.com/deportes/mundial-de-futbol/santander-tiene-madera-para-los-forestales-ycv154045>.
- WWF-Colombia - Programa Subregional Amazonas Norte & Chocó Darién. (2013). *Maderas de Colombia*. Oficial de Producción Forestal.