



ARTÍCULO RES 009

Artículo RES 009

SOSTENIBILIDAD E INFLUENCIA DEL TRATAMIENTO TÉRMICO EN ROLAS DE MADERA DE STRYPHNODENDRON POLYSTACHYUM (YIGUIRE) EN LA OBTENCIÓN DE CHAPAS POR CORTE ROTATORIO

*Sustainability and influence of heat treatment in wood rods of
Stryphnodendron polystachyum (Yiguire) in obtaining sheet metal by
rotary cutting*

**ANANDA ZUHÉ BASTIDAS ROMERO, LUISANA DEL CARMEN DELGADO VILLAREAL,
SHAKESPEARE TREJO PUENTES, STYLES WILL VALERO,
ELEXIDES MÁRQUEZ y ORANGEL ALBORNOZ**

Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Laboratorio Nacional de Productos Forestales. Sección de Contrachapado. Mérida, Venezuela. E-mails: ananda.zuhe@ula.ve; luisana.delgado41@ula.ve; shakespeare@ula.ve; styles@ula.ve; elexidemarquez@ula.ve; orangela@ula.ve

Recibido: 15/11/18. **Aceptado:** 11/01/19

RESUMEN

La Reserva Forestal Imataca, Venezuela, es territorio soberano y ecosistémico de vital importancia a la sostenibilidad nacional. En ésta, existe un número indefinido e importante de especies forestales maderables que presentan multiplicidad de posibilidades de usos para la construcción en general. En ese sentido, la especie *Stryphnodendron polystachyum* ha sido utilizada en Venezuela para durmientes de ferrocarril, y en algunas ocasiones, para chapilla decorativa. Sin embargo, a pesar de que la especie es productora de madera comercial y que todavía es una de las especies que tienen una moderada abundancia en nuestro país, su utilización no ha podido alcanzar la versatilidad que pudiese esperarse, debido, entre otros factores, a la dificultad de su procesamiento por ser una especie de alta densidad. El objetivo del presente estudio consistió en la evaluación del tratamiento térmico en rolas de madera de *Stryphnodendron polystachyum* en la obtención de chapas por corte rotatorio. Para su procesamiento se utilizaron dos tiempos de calentamiento de las rolas, 72 h y 96 h, a una temperatura de 85 °C. La calidad de la chapa se evaluó por la uniformidad en el espesor, la lisura de la superficie y el número de rajaduras presentes. También se determinó mediante observación visual, el efecto del secado de las chapas y el rendimiento de la chapa útil producida. Los resultados obtenidos permiten inferir que las chapas obtenidas de la madera de *Stryphnodendron polystachyum*, pueden ser utilizadas para uso general y centro del tablero contrachapado.

PALABRAS CLAVE: Desarrollo sostenible, industria mecánica forestal, tratamiento térmico, chapas de madera y corte rotatorio.

SUMMARY

The Imataca Forest Reserve, Venezuela, is a national and ecosystemic territory of vital importance for national sustainability. In this forest reserve, there is a countless and important number of timber forest species that offer multiple possibilities of uses for general construction. In that sense, the species *Stryphnodendron polystachyum* has been used in Venezuela for railway sleepers and sometimes for decorative brushes. However, despite the fact that commercial wood is obtained from this species, and that it is found at a moderate rate in the country, it has not yet been used in a versatile manner, partly, due, among other factors, to the difficulty in processing it attributed to its high density. The aim of this study is the evaluation of the heat treatment of *Stryphnodendron polystachyum* wood rods in the production of rotary cut veneers. Two processing times of the rolls were used, at 72 hrs and 96 hrs at a temperature of 85 °C. The quality of the sheet was evaluated according to its uniformity in thickness, surface smoothness and the number of cracks present. The effect of drying of the sheets and the yield of useful sheets produced was also assessed. It can be inferred by the results that the veneers obtained from *Stryphnodendron polystachyum* wood can have a general use and also be used as the center part of plywood board.

KEY WORDS: Sustainable development, forestry mechanical industry, heat treatment, wood veneers and rotary cutting.

1. INTRODUCCIÓN

Reserva Forestal de Imataca es un área de bosques protegidos en el noreste del país suramericano de Venezuela que administrativamente comprende parte de la jurisdicción de los estados Bolívar y Delta Amacuro, contigua a la parte norte de la zona en reclamación o Guayana Esequiba. La Reserva fue creada en el año 1961, y posee una superficie de 38.219 kilómetros cuadrados, la cual es más grande que el territorio de Bélgica, Israel o Puerto Rico. Las actividades mineras legales e ilegales constituyen la mayor amenaza para la zona (Travelingluck, 2018; Veneconomía, 2018). Por ello, en el contexto del proyecto de Manejo Forestal Sustentable que propicia la FAO para ser establecido en la Reserva Forestal Imataca, es una oportunidad para lograr la conservación de ese importante y grande territorio nacional que en el contexto de la sostenibilidad, garantía de futuro en lo eco sistémico, en el aprovechamiento de su diversidad de especies forestales maderables, en la cual se encuentra el *Stryphnodendron*

polystachyum, cuyo nombre vulgar es el Yiguire, y en la participación y compromiso de la comunidad indígena Kariña que habita en su territorio.

En ese sentido, expone y llamaba a la reflexión Contreras Miranda (2002; 2018), que Venezuela presentaba en ese entonces, y en la actualidad con estadísticas dramáticas, un grave problema de déficit habitacional que sobrepasaba los 3 millones de viviendas hasta alcanzar, en el presente, los 4 millones; que la industria de la construcción requiere incorporar el uso de la madera y sus productos forestales derivados para establecer la cultura constructiva con este noble y versátil material en la elaboración de infinidad de insumos constructivos para sistemas constructivos y mobiliarios; y en especial, que el país cuenta con importantes recursos forestales como lo son las plantaciones de pino Caribe al sur de los estados Monagas y Anzoátegui, y el bosque natural de la Reserva Forestal de Imataca. No se obvian las grandes limitaciones actuales de un gran déficit de personal calificado en procesamiento industrial, diseño y construcción, sumado a una casi debacle de la industria mecánica forestal nacional, producto de la grave crisis nacional que ha afectado a la sociedad venezolana en los últimos años. Por ello, el uso de la madera de plantación y de bosque natural debe ser aprovechado, transformado y empleado de manera ecoeficiente, lo contrario, es no garantizar el Desarrollo Sostenible de los recursos forestales nacionales y del país; proyectando, que el aprovechamiento y uso de los fustes de las maderas de la Reserva, tienen un mercado particular o nicho hacia productos de alto valor agregado de alto estándar, y que para el desarrollo de programas sociales en la elaboración de viviendas, mobiliarios y artesanías, se debe procurar el aprovechamiento de residuos y ramas principales y secundarias.

Y es que la madera, pese a ser uno de los materiales de construcción más antiguos con que cuenta la humanidad, mantiene su vigencia compitiendo exitosamente con materiales modernos y revolucionarios como son los aceros, hormigones y plásticos. Para ello, el hombre ha necesitado desarrollar nuevas técnicas de aprovechamiento de las maderas naturales con el objeto de obviar sus limitaciones físicas y dimensionales (Pérez, 1995). Además, la madera para la construcción es uno de los productos forestales más utilizados en el mundo (Ramage *et al.*, 2017).

En este sentido, la heterogeneidad de las especies latifoliadas que crecen en forma natural en los bosques tropicales, causan problemas en su aprovechamiento económico aun cuando las

empresas tienen grandes escalas operacionales, debido a las grandes variaciones de las propiedades físicas y mecánicas de las especies forestales maderables. Por ende, el aprovechamiento se concentra en especies de características similares, lo que ocasiona un aprovechamiento selectivo de bajo rendimiento por hectárea (Claire, 1985). En consecuencia, la madera de bosques tropicales es cada vez más escasa, aunado a los altos precios del mercado, lo que conlleva a incorporar nuevas especies para solucionar en parte la gran demanda existente.

En cuanto a la producción de tableros contrachapados, la especie de madera que se utilice es de importancia fundamental. Al incorporar una nueva especie, se deben realizar estudios que permitan estimar los rendimientos y la calidad de las láminas producidas, ya que pueden tener gran incidencia en el uso que se le podrá dar al tablero y los costos de producción (Maragaño, 2005; Cihad y Bektas, 2014). En ese sentido, incorporar la madera de Yiguire, ampliado a otras especies forestales maderables, hace oportuno la elaboración de variedad de tableros para la manufactura de componentes constructivos de puertas, ventanas, muebles y artesanías; desde la sostenibilidad, es ampliar la oferta de especies maderables aprovechadas con el mínimo impacto en su proceso de extracción de fuste y ramas, la incorporación de las comunidades indígenas que habitan en la Reserva, desarrollar procesos de transformación ecoeficientes que generen beneficios socioeconómicos a los trabajadores de la industria mecánica forestal del eje Tumeremo-Upata del estado Bolívar, pago de impuestos y generación de divisas a los entes del Estado Venezolano, entre otros. De ahí que el presente trabajo, proyecte en algunos de sus apartados de procesamiento y obtención de las chapas, con algunas recomendaciones técnicas que propicien mejorar sostenibilidad de la propuesta de uso a la madera de la especie Yiguire.

Por otra parte, entre la diversidad de los aspectos tecnológicos que se requiere conocer para la evaluación de la calidad de las chapas producidas, se tiene la compactación o resistencia al agrietamiento. Uno de los factores que más afecta este, es el calentamiento de la madera, cuyo efecto obvio es de hacer posible el corte de chapas con menos rajaduras y menos agrietamientos. Temperaturas altas o bajas y tiempos de calentamientos excesivos o insuficientes, a menudo producen chapas de pobre calidad y bajo rendimiento, desgarramientos de las fibras y chapas con superficies vellosas (Lutz, 1974.).

Se debe resaltar que la especie *Stryphnodendron polystachyum*, tiene una presencia importante en la Reserva Forestal de Imataca en el estado Bolívar, Venezuela, y ha sido utilizada para durmientes de ferrocarril, mueblería, ebanistería y en algunas ocasiones para contrachapado de uso general y chapilla decorativa (Durán, 1987). Sin embargo, esta madera presenta lustre mediano, grano recto a inclinado, hasta entrecruzado, textura fina, blanda y liviana a moderadamente dura y pesada (León, 2008). Posee resistencia al corte y es difícil de cortar en el torno (Bastidas y Pico, 1995), características que la condicionan como una madera difícil de cortar.

A pesar de las características desfavorables que tiene la madera de *Stryphnodendron polystachyum*, esta especie presenta fustes de tamaño y forma adecuados para la producción de chapas. Aunque el procesamiento de las maderas para la producción de chapas está bien documentado, particularmente en lo que se refiere al efecto que produce el calentamiento de la madera antes de cortar la chapa, aún no se cuenta con suficiente información tecnológica sobre las posibilidades de producir chapa a partir de la especie *Stryphnodendron polystachyum* con respecto a las variables temperatura y tiempo de calentamiento de la madera al momento de cortar la chapa.

Por tal razón, el objetivo del presente estudio consistió interrelacionar la sostenibilidad en algunas fases del ciclo de vida del aprovechamiento y la evaluación del tratamiento térmico en rolas de madera de *Stryphnodendron polystachyum*, para la obtención de chapas por corte rotatorio. Los resultados obtenidos permiten inferir si el tratamiento térmico tiene influencia en el procesamiento de esta especie, debido a su alta dureza y densidad.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó con madera de *Stryphnodendron polystachyum*, proveniente de la Reserva Forestal Imataca, ubicada entre los estados Bolívar y Delta Amacuro, la cual fue trasladada al Laboratorio Nacional de Productos Forestales (LNPF), Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Universidad de los Andes, Mérida, Venezuela. Luego, las rolas fueron cortadas con una moto sierra en trozas de 1,20 m de longitud, con la finalidad de obtener la longitud permitida para su corte en el torno rotatorio. Posteriormente, a cada una de estas rolas se les asignó al azar una codificación (rola N° 1 y rola N° 2), luego se anotaron observaciones como

longitud y diámetro de la rola, excentricidad de la médula y grietas en los extremos. También se marcaron en los extremos de cada rola (Figura 1), cuatro circunferencias separadas a 4 cm entre ellas, esto para que al momento del debobinado al formarse la chapa y salir pintada del torno, nos indicara la sección de estudio y de que parte de la rola provenía.

2.1. HERVIDO Y VAPORIZADO

Este tratamiento térmico se realizó en un tanque de cocción metálico de unos 3 m³ de capacidad, sumergiendo las trozas de madera en su totalidad dentro de un baño de agua caliente con soda caustica al 0,13% de concentración, con la finalidad de aportarle plasticidad a la madera y permitir su debobinado con un corte suave, bajo consumo de energía, además de reducir el desgaste del filo de la cuchilla y así poder obtener chapas con mejores superficies. La temperatura del tanque fue fijada en unos 90 °C para calentar la rola N° 2 a 85 °C durante 72 horas, por su parte, la rola N° 1 fue sometida a 96 horas de calentamiento bajo las mismas condiciones de temperatura.

2.2. OBTENCIÓN DE CHAPAS

Para la obtención de chapas de madera se utilizó el torno rotatorio o debobinadora marca Ritter Fleck Roller (RFR), con un motor de 25 HP, estableciéndose los siguientes parámetros de corte (Tabla 1) (Figura 1).

TABLA 1. Parámetros de corte en la obtención de chapas.

Parámetros de corte	Valores
Abertura vertical de la barra de presión	0,20 mm
Abertura horizontal	0,63 mm
Ángulo de afilado de la cuchilla	21°
Ángulo de ajuste de la cuchilla	90°
Compresión de la barra	20%
Espesor nominal de la chapa	2,0 mm
Velocidad de corte	40 m/min

Al terminar el debobinado de cada rola, las láminas continuas de chapas que habían sido enrolladas en los carretes receptores en la salida del torno, e inmediatamente después de ser cortadas, fueron identificadas y contadas las secciones de estudio y de que parte de la rola provenían (según las marcas que se habían realizado anteriormente), obteniéndose 4 divisiones para la rola N° 2, y 3 divisiones para la rola N° 1, debido a grandes grietas que impidieron continuar con el proceso de corte.



FIGURA 1. Vistas del proceso de obtención de las chapas del Yguire desde las rolas, torneado o debobinado y secado. Fuente: Elaboración propia.

2.3. RENDIMIENTO

La estimación del rendimiento fue realizado siguiendo el procedimiento utilizado por Rivera (1992), en la cual se tomó el promedio de los diámetros de los dos extremos de la rola y se calculó la cantidad de chapa que se obtendría, si todo el volumen fuera transformado en chapa del espesor buscado, para lo cual se utilizó la ecuación (Ecu: 1):

$$LT = \frac{\pi \times D^2}{4 \times e}$$

Ecu: 1

Donde:

LT: Longitud total de chapas (metros lineales).

π : Constante adicional cuyo valor es 3,416.

D: Diámetro promedio de los dos extremos de las rolas (m).

e: Espesor de la chapa (m).

326

Después de desenrollada la rola se midió la cantidad de chapa útil producida y por sustracción, se obtuvo el rendimiento. También se calculó por la misma fórmula, la cantidad de chapa representada por el vástago sobrante, se midió y estimó la cantidad de desperdicios producidos por redondeo, recortes de extremos y eliminación de partes defectuosas por la presencia de rajaduras y nudos sueltos, para así tener una visión más global de las pérdidas y desde luego del rendimiento.

2.4. SELECCIÓN E IDENTIFICACIÓN DE CHAPAS PARA PRUEBAS

2.4.1. CONTRACCIÓN DE LA CHAPA

De cada rola debobinada, se seleccionaron al azar y se identificaron 5 chapas por cada submuestra (100 cm x 100 cm) y se midieron perpendicularmente a la dirección de la fibra a una distancia de 20 cm del extremo de la lámina, con la finalidad de determinar la contracción de la chapa al secarse. Para determinar la contracción de las muestras se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación 2 (Ecu: 2):

$$\beta \text{ r. v. - s. a. (\%)} \quad \text{Ecu: 2}$$

Donde:

$\beta \text{ r. v. - s. a.}$: contracción (%).

D.r.s.a: dimensión final (cm).

D.r.v: dimensión inicial (cm).

2.5. RAJADURAS DE LA CHAPA

De cada una de las chapas seleccionadas, se cortaron sub-muestras de 30 cm x 20 cm y se midieron todas las rajaduras presentes marcando el límite de su extensión con un marcador para poder repetir la observación (medición), en el mismo sitio después de secada la chapa. También se realizaron observaciones sobre el color de la chapa, y si existía o no aplanado de los bordes y ondulaciones de los extremos de la chapa.

2.6. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS CHAPAS

De la chapa subsiguiente a la tomada para observaciones de los defectos de secado, se escogió una muestra de 20 cm de ancho por 50 cm de longitud (por cada sub-muestra), para determinar contenidos de humedad. Las muestras se identificaron con los datos correspondientes al número de rola y diámetro (posición de la rola 1, 2, 3 o 4) al cual fue cortada, se pesó inmediatamente para determinar el peso verde, para el cálculo de contenido de humedad (CH%) en condición verde. Luego estas muestras de contenido humedad (20 cm x 50 cm) se pasaron por la secadora de chapas y se pesaron de nuevo para notar este peso como peso seco. Seguidamente, estas mismas muestras de chapas se colocaron en una estufa a 100 °C ± 2 °C durante un periodo de 24 horas, para alcanzar su peso constante y obtener el peso seco al horno, que es la base del cálculo de los contenidos de humedad. Para calcular el contenido de humedad de las muestras, se utilizó la siguiente ecuación matemática (Ecu: 3):

$$C.h. = \frac{(P_i - P_f)}{(P_f)} \times 100 = (\%)$$

Ecu: 3

Donde:

C.h.: contenido de humedad (%).

Pi: peso inicial (g).

Pf: peso final (g).

2.7. ESPESOR DE CHAPAS

Para la medición de espesor de las chapas se obtuvieron muestras de 30 cm x 20 cm, en donde se seleccionaron e identificaron 5 chapas por cada sub-muestra. Las lecturas de espesor se realizaron con un vernier marca Mitoyuyo con precisión de 0,01 mm en la parte media de un borde y de un extremo de cada chapa.

2.8. SECADO DE CHAPAS

El secado de las chapas se realizó inmediatamente después de seccionadas las muestras, en la cual se utilizó una secadora semi-industrial marca Nisso-Hildebrand de 3 metros de longitud, provista de dos plataformas de secado. En ésta secadora, las chapas fueron sometidas a la acción de chorros de aire caliente que incidieron sobre ambas caras de la chapa a medida que fueron transportadas por mallas metálicas a través de la secadora, con un tiempo de secado de 8 minutos a 130 °C.

2.9. DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE LA ESPECIE

El ensayo de densidad se realizó según lo estipulado por la norma ASTM D 2395-02 (ASTM, 2002), con modificaciones en las dimensiones de las probetas. Se emplearon 10 probetas de 2,5 cm x 2,5 cm x 0,6 cm por cada tablero ensayado. Para determinar la densidad en la condición seca al aire de las muestras, se calculó de acuerdo a la siguiente ecuación (Ecu: 4):

$$\rho = \frac{m}{v} \quad \text{Ecu: 4}$$

Donde:

ρ : densidad (g/cm³).

m: masa (g).

v: volumen (cm³).

2.10. DISEÑO EXPERIMENTAL

Para evaluar el efecto de los factores (tiempo de calentamiento y temperatura) sobre las variables respuestas correspondientes a los ensayos: contenido de humedad, espesor y contracción de las chapas, se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza $\alpha = 0,05$ utilizando el programa estadístico Minitab versión 19.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. DENSIDAD EN CONDICIÓN SECA AL AIRE DE LA ESPECIE

El valor promedio de densidad de la madera de *Stryphnodendron polystachyum* para la obtención de chapas por corte rotatorio, se muestra en la tabla 2.

TABLA 2. Valores promedios de densidad de la madera de *Stryphnodendron polystachyum* para la obtención de chapas por corte rotatorio. Fuente: Elaboración propia.

Densidad	Valor de la propiedad (g/cm ³)	Coefficiente de variación (%)	Contenido de humedad (%)
Condición seca al aire	0,793	6,663	12

Como se puede apreciar en la tabla 2, el valor promedio de la densidad de la madera de *Stryphnodendron polystachyum* fue de 0,793 g/cm³, clasificándola dentro del grupo estructural "B" de acuerdo con la Clasificación de Esfuerzos de Diseño para Maderas Venezolanas (Centeno, 1983). Por su parte, Bastidas y Pico (1995), reportan valores promedio de densidad muy similares para la especie *S. polystachyum* de 0,790 g/cm³ al 12% de contenido de humedad.

3.2. DEFECTOS NATURALES

Las rolas utilizadas en la presente investigación presentaron grietas en los extremos, que pudieron formarse por la liberación de los esfuerzos internos de crecimiento que ocurren en la mayoría de los árboles, o por un período extenso de almacenamiento entre el aprovechamiento del árbol y el corte de la chapa. Estas grietas fueron medidas en longitud y anchura antes y después del proceso de calentamiento. En las tablas 3 y 4, se puede observar que el principal defecto natural presente en las rolas estuvo representado por grietas en los extremos de las rolas.

TABLA 3. Principales defectos observados en la rola N° 1. Fuente: Elaboración propia.

Rola N°	Diámetro (cm)		Excentricidad (cm)	Defectos	
	Mayor	Menor		A: Antes de secar	B: Después de secar
1	59,5	58,0	5,5	A: Grietas abiertas (mm): 1,75 x 159,78; 1,37 x 81,40; 4,74 x 141,85; 1,96 x 160,76; 3,11 x 92,16; 1,82 x 60,49; 0,92 x 84,2; 1,79 x 137,19 Grietas cerradas (mm): 35,61; 62,62; 41,84; 42,56 B: Grietas abiertas (mm): 9,21 x 272,51; 12,90 x 274,4; 0,81 x 66,60; 1,41 x 169,32; 6,66 x 245,82; 0,25 x 51,39 Grietas cerradas (mm): 73,99; 73,94; 52,40; 61,43; 51,85; 28,6; 54,94; 111,08	
			5,0	A: Grietas abiertas (mm): 2,39 x 208,65; 5,65 x 264,63; 5,21 x 342,22 Grietas cerradas (mm): 148,49; 99,12; 49,12 B1: Grietas abiertas (mm): 1,64 x 107,27; 0,41 x 100,41; 10,03 x 235,08; 12,83 x 332,82; 2,05 x 109,01; 1,90 x 136,12; 1,86 x 85,87 Grietas cerradas (mm): 32,20; 76,21; 89,08; 22,07	

TABLA 4. Principales defectos observados en la rola N° 2. Fuente: Elaboración propia.

Rola N°	Diámetro (cm)		Excentricidad (cm)	Defectos
	Mayor	Menor		
2	59,0	57,2	4,3	A: Grietas abiertas (mm): 2,55 x 208,60; 6,98 x 182,93; 1,57 x 208,58; 2,90 x 261,95; 0,50 x 114,97; 0,64 x 56,90 Grietas cerradas (mm): 44,68; 39,48 B: Grietas abiertas (mm): 1,91 x 297,19; 1,16 x 180,21; 0,44 x 119,63 Grietas cerradas (mm): 76,06; 54,18; 62,29; 50,23
			10,0	A: Grietas abiertas (mm): 3,59 x 208,60; 2,62 x 114,61; 7,95 x 236,95; 2,73 x 163,35; 0,03 x 57,02; 126 x 77,03 Grietas cerradas (mm): 83,43; 74,73; 53,19; 80,44 B: Grietas abiertas (mm): 0,40 x 231,62; 1,00 x 242,07; 4,65 x 203,19; 5,81 x 192,63; 0,50 x 80,29; Grietas cerradas (mm): 79,29; 4,36; 0,40; 42,27

Como puede apreciarse en las tablas 3 y 4, el tratamiento térmico de las rolas tuvo incidencia en el incremento de la cantidad y longitud de las grietas, además, aparecieron otras grietas que no fueron visibles antes del calentamiento. Estos resultados eran de esperarse, debido a que el calentamiento de la madera influye directamente en las grietas y rajaduras presentes.

Por otra parte, Rivera (1992), indica que las grietas en los extremos de las rolas contribuyen a que el rendimiento de chapa útil sea mucho menor debido a que obligan a recortar la longitud de las chapas, y si las grietas se extienden longitudinalmente en el centro de las rolas hacen que los diámetros de los vástagos sobrantes sean mayores. La presencia de nudos constituye un caso de particular interés ya que a veces ocurren nudos que ocasionan severos daños a la cuchilla, a tal punto, que se hace necesario cambiarla si el nudo no se detecta a tiempo. Normalmente estos nudos no se notan en la parte externa de la rola, sino que se evidencian por las estrías que se producen en la chapa al cortarla con una cuchilla que ha sufrido escoriaciones o desportillamiento. En este sentido, las dos rolas estudiadas presentaron nudos que solo se descubrieron durante el corte. La forma y el tamaño general de las rolas se pueden considerar muy bueno y adecuado para el corte de las chapas por el método rotatorio.

Por otro lado, para ampliar el contexto de la sostenibilidad de la especie Yiguire, se propicia el uso de los vástagos generados como residuos del proceso de torno o debobinado, para la elaboración de muebles y artesanías. Para disminuir el alto consumo de energía eléctrica que requiere el secado de las chapas, se recomienda el uso de una caldera que sea alimentada con material de residuos madereros, con la colocación de filtros para disminuir o eliminar las emisiones de CO₂ a la atmósfera.

3.3. RENDIMIENTO

El rendimiento de cada rola fue estimado en base a su volumen total calculado según el promedio de los diámetros de los extremos. Este volumen, transformado en metros lineales de chapa de 2 mm de espesor, se tomó como el 100%. A partir de aquí se dedujo la cantidad de chapas dejadas en el vástago sobrante, calculado de igual forma que para la rola inicial. La chapa útil se midió al final de guillotinar la chapa. En la tabla 5, se muestra el rendimiento obtenido de las rolas utilizadas en el proceso de debobinado.

TABLA 5. Rendimiento de las rolas utilizadas en el proceso de debobinado. Fuente: Elaboración propia.

Rola N°	Diámetro (cm)		Cantidad de chapa calculada (m)				Rendimiento (%)
	Promedio	Vástago	Total	Vástago	Útil	Desperdicio	
1	58,75	26,50	135,71	27,56	66,00	43,20	48,64
2	58,10	19,00	132,27	14,17	87,00	31,10	65,77

El rendimiento obtenido de chapa verde va desde un 48,64% hasta un 65,77%, con un promedio de las dos rolas de 57,21% como puede observarse en la tabla 5. Este rendimiento se sitúa ligeramente por encima al reportado por (Rivera, 1992), para el Charo amarillo con un rendimiento entre 27% y 69%, con un promedio de las rolas ensayadas de 52%. Por el contrario, el rendimiento obtenido del Yiguire, se encuentra por debajo al reportado por (Londoño, 1970), para el chupón de 54,8% y 76,5%, con un rendimiento promedio de las rolas de 66,7%. Para

aumentar su rendimiento, se propone el aprovechamiento de todos los residuos de chapas los cuales pueden ser nuevamente cortados a dimensiones de tiras menores y generar, a su vez, tableros con formas ortogonales de diversas texturas y colores. Otro aspecto, es la generación de micros empresas familiares indígenas o criollas que habitan en el eje Tumeremo-Upata, dando mayor valor agregado al componente social de la sostenibilidad.

Cuando se analiza el efecto del tratamiento térmico de las rolas (tiempo de calentamiento 72 y 96 h), sobre el rendimiento obtenido, se observa que la rola 2 calentada por 72 horas, obtuvo mayor rendimiento en comparación con la rola 1 que fue calentada por un tiempo de 96 horas. Esto pudo deberse entre otros factores, al mayor tiempo de calentamiento que tuvo la rola 1, que originaron un incremento significativo de la longitud y ancho de las grietas presentes en la rola, que impidieron continuar con el proceso de corte. La ecoinnovación se hace presente con lo antes acontecido técnicamente, ya que de todos los desperdicios se pueden desarrollar diseños de juguetes a partir de las chapas defectuosas.

Por otra parte, a través del calentamiento de la madera con temperatura y tiempo adecuado, se logra obtener más chapa de cada troza con un aumento de calidad, reducción de costos de producción por ahorro de mano de obra y una chapa más tersa (Zabala, 1991; Meza, 2001).

3.4. CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS CHAPAS

En la tabla 6, se muestra el valor p obtenido en el ANOVA, el cual indica que el factor tiempo de calentamiento no es significativo para la variable respuesta.

TABLA 6. ANOVA y valor- p para la variable respuesta contenido de humedad de las chapas. Fuente: Elaboración propia.

Factor	N	Media	Des. est.	Valor-p
Tiempo cal. rola (72 h)	20	24,03	2,35	0,752
Tiempo cal. rola (96 h)	15	23,76	2,63	

Tiempo cal. rola (72 h)= tiempo de calentamiento rola a 72 horas; Tiempo cal. rola (96 h)= tiempo de calentamiento rola a 96 horas; N= número de muestras; Des. est.= desviación estándar; Valor-p < 0,05 indica que los términos de las variables respuesta son significativos; Valor-p > 0,05 indica que los términos de las variables respuesta no son significativos.

El contenido de humedad promedio de las chapas obtenidas de la rola N° 2 y según la sección de estudio y parte de la rola que provenían (desde el extremo hacia la médula) se situaron en 24,02%, 21,97%, 25,40 % y 23,91%. Por su parte, en la rola N° 1 se obtuvieron chapas con contenidos de humedad promedio de 23,85%, 24,45% y 23,81% respectivamente, para un periodo de calentamiento de la rola de 96 horas y según la sección de estudio y parte de la rola que provenían (desde el extremo hacia la médula).

En la figura 2, se muestra el efecto del tiempo de calentamiento de las rolas sobre el contenido de humedad de las chapas, en donde se evidencia, que no hubo diferencia estadísticamente significativa, entre el factor (tiempo de calentamiento) y la variable respuesta (contenido de humedad de las chapas).

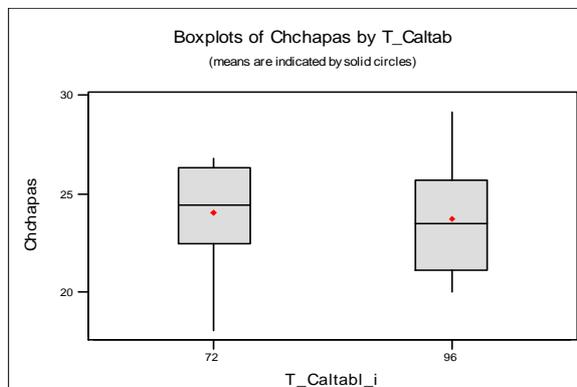


FIGURA 2. Efecto del tiempo de calentamiento de las rolas y el contenido de humedad de las chapas. Fuente: Elaboración propia.

3.5. ESPESOR DE CHAPAS

La tabla 7, muestra el valor p obtenido en el ANOVA, el cual indica que el factor tiempo de calentamiento no es significativo para la variable respuesta.

TABLA 7. ANOVA y valor- p para la variable respuesta espesor de las chapas. Fuente: Elaboración propia.

Factor	N	Media	Des. est.	Valor-p
Tiempo cal. rola (72 h)	20	2,0475	0,0217	0,845
Tiempo cal. rola (96 h)	15	2,0507	0,0590	

Tiempo cal. rola (72 h)= tiempo de calentamiento rola a 72 horas; Tiempo cal. rola (96 h)= tiempo de calentamiento rola a 96 horas; N= número de muestras; Des. est.= desviación estándar; Valor-p < 0,05 indica que los términos de las variables respuesta son significativos; Valor-p > 0,05 indica que los términos de las variables respuesta no son significativos.

El espesor de la chapa promedio obtenida de la rola N° 2 y según la sección de estudio y parte de la rola que provenían (desde el extremo hacia la médula) se situaron en 2,06 mm, 2,04 mm, 2,03 mm y 2,06 mm. Por su parte, en la rola N° 1 se obtuvieron espesores promedios de chapa de 2,06 mm, 2,07 mm y 2,03 mm respectivamente, para un período de calentamiento de la rola

de 96 horas y según la sección de estudio y parte de la rola que provenían (desde el extremo hacia la médula). El análisis de varianza (Tabla 7), indica que el efecto del tiempo de calentamiento de las rolas sobre el espesor de la chapa, no es significativo, razón por la cual, el tiempo de calentamiento de las rolas no tuvo efecto sobre el espesor de la chapa obtenida, con un nivel de confianza del 95%. En la figura 3, se muestra el efecto del tiempo de calentamiento de las rolas sobre el espesor de las chapas, indicando que no hubo diferencia estadísticamente significativa, entre el factor (tiempo de calentamiento) y la variable respuesta (espesor de las chapas).

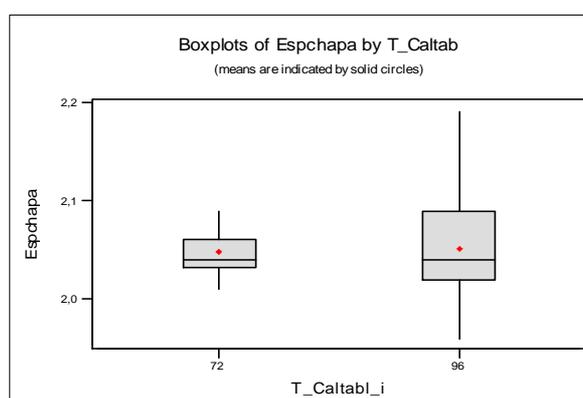


FIGURA 3. Efecto del tiempo de calentamiento de las rolas y el espesor de las chapas. Fuente: Elaboración propia.

3.6. CONTRACCIÓN DE LA CHAPA

La tabla 8, muestra el valor p obtenido en el ANOVA, el cual indica que el factor tiempo de calentamiento es significativo para la variable respuesta.

TABLA 8. ANOVA y valor-p para la variable respuesta contracción de las chapas. Fuente: Elaboración propia.

Factor	N	Media	Des. est.	Valor-p
Tiempo cal. rola (72 h)	20	6,82	3,69	0,000
Tiempo cal. rola (96 h)	15	1,36	2,22	

Tiempo cal. rola (72 h)= tiempo de calentamiento rola a 72 horas; Tiempo cal. rola (96 h)= tiempo de calentamiento rola a 96 horas; N= número de muestras; Des. est.= desviación estándar; Valor-p < 0,05 indica que los términos de las variables respuesta son significativos; Valor-p > 0,05 indica que los términos de las variables respuesta no son significativos.

El análisis de varianza (Tabla 8), indica que el efecto del tiempo de calentamiento de las rolas sobre la contracción de la chapa, es significativo, ya que el valor-p, se sitúo por debajo de 0,05; razón por la cual, el tiempo de calentamiento de las rolas tuvo efecto sobre la contracción de la chapa, con un nivel de confianza del 95%. En la figura 4, se muestra el efecto del tiempo de calentamiento de las rolas sobre la contracción de las chapas, indicando que hubo diferencia estadísticamente significativa, entre el factor (tiempo de calentamiento) y la variable respuesta (contracción de las chapas).

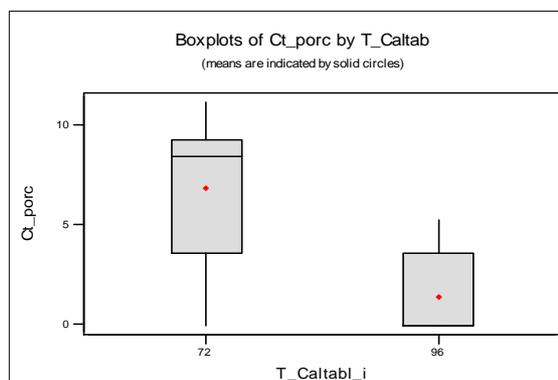


FIGURA 4. Efecto del tiempo de calentamiento de las rolas y la contracción de las chapas.

Los resultados obtenidos en cuanto a la contracción tangencial de la chapa estuvo comprendida entre 0,0% y 11,1%, con un promedio de 4,9%. Estos resultados son un poco más bajo al

reportado por Londoño (1970), para el chupón de 6,3% y 7,5%, con promedio de 6,9%, y al reportado por Rivera (1992), para el charo amarillo con una contracción entre 3,7% y 6,3%, con un promedio de 5,0%, tomando como premisa que las tres especies comparadas son de alta densidad.

3.7. RAJADURAS DE LAS CHAPAS

En la tabla 9, se muestran la cantidad de rajaduras presentes en las chapas antes y después de secarse, obtenidas de las rolas 1 y 2.

TABLA 9. Cantidad de rajaduras presentes en las chapas antes y después de secarse, obtenidas de las rolas 1 y 2. Fuente: Elaboración propia.

	Cantidad de rajaduras presentes				Cantidad de rajaduras presentes		
	División	Antes de secar	Después de secar		División	Antes de secar	Después de secar
Rola N° 1	1.1	11	15	Rola N° 2	1.1	10	11
	1.2	12	12		1.2	12	13
	1.3	10	11		1.3	14	15
	1.4	3	5		1.4	9	11
	1.5	5	9		1.5	3	5
	2.1	4	5		2.1	10	13
	2.2	6	6		2.2	8	11
	2.3	2	3		2.3	5	7
	2.4	4	5		2.4	4	10
	2.5	5	5		2.5	3	6
	3.1	8	8		3.1	4	8
	3.2	7	8		3.2	6	7
	3.3	6	7		3.3	6	8
	3.4	22	23		3.4	5	10
	3.5	20	20		3.5	4	9
			4.1	12	12		
			4.2	13	14		
			4.3	14	14		
			4.4	14	16		
			4.5	14	15		

Como puede apreciarse en la tabla 9, el secado de las chapas tuvo incidencia en el incremento de la cantidad de rajaduras presentes en las chapas, como parte de los defectos de secado que pueden generarse.

3.8. CLASIFICACIÓN DE CHAPAS

La calidad de la chapa va orientada hacia una fina hoja de madera, con un espesor uniforme que se obtiene por el debobinado de las trozas de madera, dependiendo principalmente de la especie utilizada y del tipo de corte. Con ellos se consigue una gran variedad de aspectos. Para categorizar o clasificar las chapas, fue utilizada la norma Venezolana COVENIN 2718-90 (COVENIN, 1990), con la finalidad de evaluar algunos requisitos que deben cumplir los tableros contrachapados para ser fabricados (Tablas 10 y 11).

TABLA 10. Clasificación de las chapas antes y después del secado, obtenida de la rola 1. Fuente: Elaboración propia.

	Clasificación de las chapas				
	Antes del secado			Después del secado	
	División	Grado	Porcentaje (%)	Grado	Porcentaje (%)
Rola N° 1	1.1	C	45	C	42
	1.2	C	58	C	72
	1.3	C	60	C	45
	1.4	C	100	C	40
	1.5	C	60	C	55
	2.1	C	75	C	100
	2.2	B	83	B	66
	2.3	C	100	C	100
	2.4	C	100	C	100
	2.5	C	80	C	100
	3.1	C	75	C	75
	3.2	C	71	C	75
	3.3	C	50	C	42
	3.4	C	81	C	69
	3.5	C	85	C	70

Teniendo en cuenta esta norma, existen diferencias entre el tipo de tablero en función del grado de calidad de la chapa usada para la construcción del mismo. Todas las chapas deben satisfacer una serie de requerimientos dentro de las cuales se encuentran categorizadas como grado A, B, C, D y E (Tablas 10 y 11).

TABLA 11. Clasificación de las chapas antes y después del secado obtenida de la rola 2.

	Clasificación de las chapas				
	Antes del secado			Después del secado	
	División	Grado	Porcentaje (%)	Grado	Porcentaje (%)
Rola N° 2	1.1	C	50	C	72
	1.2	C	58	C	83
	1.3	C	71	C	53
	1.4	C	66	C	63
	1.5	C	66	B	50
	2.1	C	60	C	46
	2.2	B	50	C	45
	2.3	C	60	C	57
	2.4	B	75	C	50
	2.5	C	66	C	66
	3.1	B	50	C	50
	3.2	B	50	C	85
	3.3	C	66	C	75
	3.4	C	60	C	50
	3.5	C	50	C	66
	4.1	C	58	C	58
	4.2	C	46	C	38
	4.3	C	50	C	64
	4.4	D	50	D	43
	4.5	C	64	C	60

En este sentido, las tablas 10 y 11 exponen la calidad de chapa obtenida a partir de la especie *Stryphnodendron polystachyum*, se encuentra dentro de la clasificación de grado C, debido a que presentó las siguientes características: lámina firme con leves decoloraciones del grano, libre de manchas, longitud de las rajaduras <150 mm y leves rugosidades. Como puede apreciarse en las tablas citadas, el grado de chapa antes y después de ser secada, obtenidas tanto de la rola 1 como de la rola 2, en todas sus divisiones, tuvo una tendencia de grado C, de acuerdo a lo estipulado por la norma Venezolana COVENIN 2718-90 (COVENIN, 1990). Ello permite inferir que las chapas obtenidas de madera de Yiguire pueden ser empleadas mayoritariamente para conformar el alma de tableros que requieran ser usados para la elaboración de muebles de alta calidad, sin dejar de proyectar su uso para elementos constructivos de artesanías y objetos diversos domésticos como bases de lámparas, mesas de noche y estar, entre otros.

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La sostenibilidad de los recursos forestales existente en la Reserva Forestal de Imataca, vinculados al ciclo de vida de los productos industriales, abre un amplio abanico de posibilidades de consolidar procesos de aprovechamiento, transformación y usos de una multiplicidad de especies forestales maderables que han estado marginadas por la industria mecánica forestal nacional, especialmente la localizada en el eje Tumeremo-Upata del estado Bolívar, Venezuela.

Por ello, el presente trabajo hace oportuno proyectar el aprovechamiento de la especie *Stryphnodendron polystachyum*, cuyo nombre vulgar es el Yiguire, en la elaboración de chapas como producto forestal de valor agregado, y de éstas, la manufactura ecoeficiente de insumos

para la industria de la construcción, del mueble y artesanías. De ahí, que en la estructura del trabajo se hayan realizado algunas recomendaciones para poder mejorar el aprovechamiento racional y ecoeficiente de las rolas de fustes, sin perder las perspectivas de las ramas principales y secundarias, con la participación de la comunidad indígena Kariña que habita dentro de la Reserva; la generación de micro empresas familiares de la población no indígena que vive en las poblaciones adyacentes a espacio territorial del inmenso bosque natural que sobrepasa los 4 millones de hectáreas; aportar ingresos al PIB nacional y aumentar la dinámica socio productiva de la región, entre otros.

En el contexto de los resultados referidos al tratamiento térmico de las rolas, se puede resaltar, que tuvo incidencia en el incremento de la cantidad y longitud de las grietas, además, aparecieron otras grietas que no fueron visibles antes del calentamiento. En base al efecto del tiempo de calentamiento de las rolas sobre el contenido de humedad y espesor de las chapas, no tuvo diferencias significativas, por el contrario, si se encontraron diferencias significativas en cuanto a la contracción de la chapa.

Así mismo, el secado de las chapas tuvo incidencia en el incremento de la cantidad de rajaduras presentes en las chapas, como parte de los defectos de secado que pueden generarse. Por otra parte, la calidad de chapa obtenida a partir de la especie *Stryphnodendron polystachyum*, se encuentra dentro de la clasificación de grado C, según lo estipulado por la norma Venezolana COVENIN 2718-90. En cuanto al rendimiento de las rolas con un diámetro promedio de 58,42 cm, el valor promedio encontrado fue de 57,21%, valor aceptable si se considera que un buen porcentaje se pierde por redondeo y por vástago, materia prima que hace propicia la ecoinnovación para la creación de otros productos.

Desde el punto de vista tecnológico, las chapas obtenidas de la madera de *Stryphnodendron polystachyum*, pueden ser utilizadas para uso general y centro del tablero contrachapado, recomendando su uso para la elaboración de tableros contrachapados utilizándolos como paletas de carga y embalaje en ambientes interiores, debido a la alta densidad y dureza de la madera. Por consiguiente, como lo expone Contreras Miranda (2018), proyectar el uso de las especies maderables no comerciales en la Reserva Forestal Imataca, no solo del fuste, sino en especial el de las ramas principales y secundarias para la elaboración de tableros contrachapados en su diversidad de formas, es una visión de sostenibilidad en el aprovechamiento del bosque natural bajo los principios del Manejo Forestal Sustentable.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASTM. 2002. *Standard test methods for specific gravity of wood and wood-based materials*. ASTM D2395-02. Annual Book of ASTM standards, Vol 04.10. Philadelphia, USA. 238 p.
- BASTIDAS, N., y N. PICO. 1995. *Estudio de algunas propiedades mecánicas de cinco especies de las concesiones forestales del estado Bolívar*. Trabajo de grado no publicado, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales, Escuela de Ingeniería Forestal. Mérida, Venezuela. 147 p.
- CENTENO, J. 1983. *Esfuerzos de Diseño para Maderas Venezolanas*. Instituto Forestal Latinoamericano-IFLA, Mérida, Venezuela, 1983. 14 p.
- CIHAD, B., and I. BEKTAS. 2014. Some mechanical properties of plywood produced from eucalyptus, beech, and poplar veneer. *Maderas. Ciencia y tecnología* 16(1): 99-108, 2014.
- CLAURE, H. 1985. *Estudio tecnológico y promocional de la Teca (Tectona grandis) proveniente de aclareos silviculturales, en la línea de producción de chapas y chapillas*. Trabajo de maestría no publicado, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Centro de Estudios Forestales de Postgrados, Mérida, Venezuela,

- CONTRERAS MIRANDA, W. 2002. *Tres prototipos de viviendas de bajo costo con madera y hacer para el medio rural venezolano*. CEFAP-ULA. CINVIV-FAAULA. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela. 215 p.
- CONTRERAS MIRANDA, W. 2018. *Perspectivas del uso de la madera y sus productos forestales en Venezuela para la construcción de viviendas*. Trabajo de grado no publicado. Universidad de Los Andes. Facultad de Ciencias Forestales y Ambientales. Laboratorio de Sostenibilidad y Ecodiseño. Mérida, Venezuela. 35 p.
- COVENIN. 1990. *Norma venezolana para tableros contrachapados*. COVENIN-2718-90. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Ministerio de Fomento. Caracas, Venezuela. 17 p.
- DURÁN, J. 1987. *Abundancia, propiedades y usos de las especies de la Unidad V, Reserva Forestal de Imataca*. Industria Técnica de Maderas C.A. Reunión Técnica sobre el Plan de Manejo Forestal para la Unidad V, Reserva Forestal de Imataca. Trabajo no publicado, Caracas, Venezuela.
- LEÓN, W. 2008. Anatomía de la madera en 31 especies de la subfamilia mimosoidae (*leguminosae*) en Venezuela. *Revista Colombiana Forestal*, 11:125- 137.
- LONDOÑO, A. 1979. *Adaptabilidad del chupón (Pouteria aff. Pouteria anibifolia), para la producción de chapa por corte rotatorio*. Trabajo de maestría no publicado, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Centro de Estudios Forestales de Postgrados. Mérida, Venezuela, 1970. 74 p.
- LUTZ, J. 1974. *Techniques for peeling, slicing and drying veneer*. FPL 228. Madison, USA.
- MARAGAÑO, L. 2005. *Tableros de contrachapados de Eucalyptus nitens: Efecto de las diferentes dosificaciones de adhesivo en las propiedades físico-mecánicas*. Trabajo de grado no publicado, Universidad Austral de Chile, Facultad de Ciencias Forestales. Valdivia, Chile.
- MEZA, E. 2001. *Producción de chapa torneada de Pinus ayacahuite Ehr. utilizada en la elaboración de tabletas para lápices*. Trabajo de grado no publicado, Universidad Autónoma Chapingo, División de Ciencias Forestales. Chapingo, México. 173 p.
- PÉREZ., V. 1995. El contrachapado estructural. *Revista Infor* 9 (1):139-145.
- RAMAGE, M., H. BURRIDGE, M. BUSSE-WICHER, G. FEREDAY, T. REYNOLDS, D. SHAH, G. WU, L. YU, P. FLEMING, D. DENSLEY-TINGLEY, J. ALLWOOD, P. DUPREE, P. LINDEN, and O.

SCHERMAN. The wood from the trees: The use of timber in construction. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 68:333-359.

RIVERA, A. 1992. *Determinación de los parámetros óptimos de corte de chapa de charo amarillo por el método rotatorio*. Trabajo de ascenso no publicado, Universidad de Los Andes, Facultad de Ciencias Forestales, Escuela de Ingeniería Forestal, Mérida, Venezuela.

TRAVELINGLUCK. 2018. Reserva Forestal de Imataca. En línea: [http://travelingluck.com/South+America/Venezuela/Venezuela+\(general\)/_3639395_Reserva+Forestal+de+Imataca.html](http://travelingluck.com/South+America/Venezuela/Venezuela+(general)/_3639395_Reserva+Forestal+de+Imataca.html) [Consultado: 23/04/2019].

VENECONOMIA. 2018. Artículos. En línea: http://www.veneconomia.com/site/files/articulos/artEsp3063_2164.pdf [Consultado: 27/04/2019].

ZAVALA., Z. 1991. Propiedades tecnológicas de la madera que influyen en las características de la chapa y en la calidad del triplay. *Revista Ciencia Forestal* 16(69):77- 92.