

**OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DE TABLEROS AGLOMERADOS DE  
PARTÍCULAS DE LAS FIBRAS NATURALES DEL PSEUDOTALLO DE BANANO  
(*Musa paradisiaca*).**

**OBTAINING AND CHARACTERIZATION AGGLOMERATED PANELS OF  
PARTICLES OF THE NATURAL FIBERS OF BANANA PSEUDOSTEM (*Musa  
paradisiac*).**

<sup>1</sup>Linda Maldonado Guerrero, <sup>2</sup>Richard Astudillo Sarmiento

<sup>1</sup>Diseñadora de Interiores, Magister en Gerencia Educativa, Magister en Educación Superior, Subdirectora del Departamento de Vinculación con la Sociedad, Docente de la Facultad de Educación de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, Av. De las Américas No. 70 frente al Cuartel Modelo, Casilla postal 11-33, Guayaquil, Ecuador, [lmaldonadog@ulvr.edu.ec](mailto:lmaldonadog@ulvr.edu.ec)

<sup>2</sup>Ingeniero en Sistemas, Magister en Gerencia Educativa, Docente de la Universidad de Guayaquil, Cdla. Universitaria Salvador Allende, Malecón del Salado entre Av. Delta y Av. Kennedy, Casilla postal 71, Guayaquil, Ecuador, [astudillorichard69@gmail.com](mailto:astudillorichard69@gmail.com)

**RESUMEN**

Las exportaciones ecuatorianas de banano en el año 2012, representan el 45.34% del valor FOB exportado y el 87.14% de las toneladas exportadas. De la planta de banano (*Musa paradisiaca*) sólo se consume el fruto; el pseudotallo, las hojas y el raquis son considerados desechos. El objetivo de este estudio es darle una aplicación industrial a éstos, produciendo y caracterizando un tablero manufacturado a partir de las partículas de las fibras naturales del pseudotallo de banano. Se trabajó con pseudotallos de la variedad Filipino, procedentes de las bananeras ubicadas en la Parroquia El Retiro, del Cantón El Guabo, provincia de El Oro. Se realizó un diseño factorial 2<sup>2</sup>, siendo los factores considerados la temperatura y la resina; los niveles de temperatura fueron 150° C para la fibra gruesa (FG) y 170° C para la fibra fina (FF); los niveles de resina fueron al 15% y el 35%; se utilizó una presión de 50 a 100 Kg.cm<sup>-2</sup>. Se empleó métodos electrométricos para la determinación del pR, y 10 descrito por la Association of Official Agricultural Chemists AOAC para el porcentaje de fibras, celulosa y densidad aparente. Los resultados se obtuvieron por triplicado para su posterior análisis estadístico con el programa InfoStat 2010, en la determinación de la media y los índices de confianza de los datos obtenidos. Los tableros cumplen con los parámetros de calidad a la densidad, humedad, módulo de rotura (MOR), módulo de elasticidad (MOE) y emisión de formaldehído correspondientes a la Norma COVENIN.

**Palabras claves:** pseudotallos – aglomerados – Musa Paradisiaca

## ABSTRACT

Ecuadorian exports of banana in the year 2012 represent the 45.34% of the FOB value exported and the 87.14% of exported tons. Of the banana plant (*Musa paradisiaca*) only consumes the fruit; the pseudo stem, the leaves and the stalk are considered waste. The objective of this study is to present an industrial application of these, producing and characterizing a Board manufactured from the particles of natural fibers of the pseudo stem of banana. They worked with pseudo stems of the variety Filipino, from the banana plantation located in the parish “El Retiro”, of the “Canton El Guabo”, province of the “El Oro”. Design was made a 2<sup>2</sup> factorial, being factors considered temperature and resin; the levels of temperature was 150 ° C for coarse fiber (FG) and 170 ° C for fine fiber (FF); the levels of resin were to the 15% and the 35%; the pressure to consider is 50 to 100 Kg.cm<sup>-2</sup>. Electrometric methods were used for the determination of the pR, and 10 described by the Association of Official Agricultural Chemists AOAC for the percentage of fibers, cellulose and bulk density. The results were obtained in triplicate for subsequent statistical analysis with the program InfoStat 2010, in the determination of the mean and the confidence indexes of the obtained data. The boards meet with them parameters of quality to the density, humidity, module of break (MOR), module of elasticity (MOE) and emission of formaldehyde corresponding to the COVENIN standard.

**Keywords:** pseudo stem, agglomerates, Musa Paradisiaca.

## INTRODUCCIÓN

El empleo de residuos de plantaciones de musáceas como el plátano, banano o cambur representan una alternativa cada vez más factible a nivel mundial en la fabricación de insumos para la industria (Contreras, 2013). La agroindustria es la mayor fuente de producción de residuos sólidos, los que están constituidos principalmente por los pseudotallos, raíces, hojas u otras partes de la planta que no son utilizados en estos procesos (Gañan, 2004). El uso de fibras naturales alternativas y otros productos industriales a partir de los residuos de las musáceas se adapta a la actual tendencia internacional de búsqueda efectiva de una armonía entre la actividad industrial con el medio ambiente y el establecimiento del desarrollo sostenible global (Narendra, 2005).

El presente trabajo de investigación se enmarca en la elaboración de tableros de aglomerados de partículas de fibras obtenidas del pseudotallo de la planta de banano (*Musa paradisiaca*). Según (Maloney, 1997) los tableros de partículas son paneles manufacturados de materiales lignocelulósicos, en forma de piezas discretas o partículas, combinadas con resinas sintéticas u otros adhesivos, sometidos a presión y calor en una prensa hidráulica. Otra definición la expresa (FAO, 2002) se trata de tableros fabricados en trozos pequeños de madera u otras materias lignocelulósicas aglomeradas por medio de un aglutinante orgánico y uno o más de los agentes como calor, presión, humedad, catalizador, etc.

Actualmente el Ecuador cuenta con siete empresas dedicadas a la fabricación de tableros contrachapados, aglomerados y de fibras de densidad media MDF, como son Endesa, Botrosa, Aglomerados Cotopaxi, CODESA, Plywood, Arboriente, y NOVOPAN. Su continua innovación y desarrollo les ha permitido posicionarse en el mercado regional, considerando además a su

segmento industrial como uno de los más desarrollados en América Latina (COMAFORS, 2013). Estas empresas trabajan con un insumo que es la madera, introducir un nuevo elemento como materia prima aportaría al desarrollo de la matriz productiva del país y a la revolución del conocimiento; la misma que propone la innovación, la ciencia y la tecnología, como fundamento para el cambio de la matriz productiva, concebida como una forma distinta de producir y consumir (SENPLADES, 2013).

Los objetivos planteados en la presente investigación se relacionan con tres de los objetivos del Plan Nacional del Buen Vivir, con el Objetivo 7 en cuanto a garantizar los derechos de la naturaleza promoviendo la sostenibilidad ambiental territorial y global, con el Objetivo 8 al garantizar consolidar el sistema económico social y solidario, de forma sostenible y con el Objetivo 10 porque al industrializar los tableros de aglomerado se impulsaría la transformación de la matriz productiva.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### **Proceso de extracción, manejo y secado de las fibras obtenidas del pseudotallo de la planta de banano (*Musa paradisiaca*).**

La presente investigación fue desarrollada en el Laboratorio de la Carrera de Diseño de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil. Los pseudotallos de banano (*Musa Paradisiaca*) seleccionados para el proceso proceden de plantas cultivadas en las bananeras de la Parroquia El Retiro, del Cantón El Guabo, en la Provincia de El Oro, Ecuador. El equipo de investigadores analizó y puso en práctica los conocimientos impartidos por el grupo de artesanas de la Asociación de Mujeres Agro Artesanales (AMA) de la Provincia de El Oro, para el proceso de obtención y secado de las fibras.

Durante el estudio se utilizaron métodos matemáticos para realizar medidas y cálculos; también se usaron métodos electrométricos, estudiándose además, numerosas fuentes teóricas relacionadas con la utilización del banano y especialmente, los referidos a la utilización de los desechos.

## **PROCESO INVESTIGATIVO, RESULTADOS Y ANÁLISIS**

### **Extracción de materia prima**

Se tomaron un número aproximado de 200 pseudotallos que estaban arrojados en el piso a lo largo de la plantación de la bananera, los mismos que fueron pesados y medidos de manera individual, notándose que el diámetro y el peso varía de acuerdo a su tamaño; el resultado de los seis primeros pseudotallos se presentan siguiendo el esquema de la Tabla #1.

Tabla 1

Esquema de cortes y dimensiones de pseudotallos utilizados en el proceso de extracción.

Orden de corte	Días de corte	Dimensiones	Número de vainas
Primero	10 días	2.25 m.	16 vainas
Segundo	2 días	2.60 m.	15 vainas
Tercero	1 día	1.80 m.	15 vainas
Cuarto	7 días	2.17 m.	17 vainas
Quinto	5 días	1.97 m.	16 vainas
Sexto	4 días	2.23 m.	17 vainas

Fuente: AMA

La planta de banano (*Musa paradisiaca*) no posee tallo, ni tiene tronco, sino que posee vainas foliares que se desarrollan formando lo que se conoce como un pseudotallo, similares a fustes verticales, de hasta 30 centímetros de diámetro basal, no leñosos y alcanzan hasta los siete metros de altura (Jaramillo, 2012). Los pseudotallos son desvainados, abriéndolos capa por capa, con lo que se obtiene un promedio de 15 a 17 capas por cada uno de ellos; estas vainas se cortan con cuchillo o cualquier utensilio que sirva para el efecto, dependiendo de la anatomía del operador, a un ancho entre cuatro a cinco centímetros (Figura 1-2).



**Figura 1.** Pseudotallos de banano.



**Figura 2.** Desvainado del pseudotallo

Las fibras que se obtienen al realizar los cortes longitudinales son las fibras suaves (capa intermedia entre la capa externa del pseudotallo y la malla), las fibras de malla (segunda capa intermedia) y las fibras duras (capas externas de la vaina); estas pueden apreciarse al simple tacto por el grosor del corte realizado al segmento de la vaina.

### **Proceso de secado natural**

Las fibras obtenidas son lavadas con agua, detergente y cloro, evitando de esta manera que las mismas puedan mancharse con una especie de hongo, al cual las artesanas lo denominan “Moro prieto”; luego de un tiempo aproximado entre diez a quince minutos, las fibras son enjuagadas con abundante agua evitando dañarlas al manipularlas; en seguida son sometidas a un proceso de secado al sol durante un lapso de dos a tres horas aproximadamente, siendo muy importante considerar el tiempo de exposición y la temperatura expuesta. Este secado permite obtener la coloración ideal, es decir, que las fibras adquieran un color más o menos intenso.

Es recomendable hacer que las fibras tomen un poco de sol y terminar el proceso de secado a la sombra. La tonalidad del color de las fibras no solo depende de la intensidad del sol al que fueron expuestas; sino también del tiempo que permaneció el pseudotallo cortado y tirado sobre la tierra; además los pseudotallos cortados siempre deben ser de planta ya cultivada, o sea de la que ya se ha cortado un racimo de banano (Maldonado, 2012). En esta parte del proceso, por ser meramente artesanal, no se realizó el análisis del comportamiento físico-químico de las fibras, sólo se observó la resistencia, espesor, longitud, textura y variación de tonalidades en cuanto al color.

### **Proceso de secado en horno**

Buscando un procedimiento más efectivo para el secado de las fibras, los pseudotallos fueron trasladados hasta el Laboratorio de Bioproductos del CIBE – ESPOL para realizar los análisis respectivos. Luego de trozar y deshidratar a 60°C en estufa con circulación de aire, el material fue molido hasta obtener una mezcla homogénea, la misma que fue tamizada en zaranda de 2 mm de diámetro (Maldonado, 2013). Considerando que el proceso natural proporciona un secado más rápido, al mismo tiempo que se optimiza costos al no utilizar energía en horno, se procede a secar las fibras de manera natural, considerando tiempo y temperatura (Figura 3)



**Figura 3.** Proceso de secado natural

## Caracterización físico-química de las fibras obtenidas del pseudotallo de la planta de banano (*Musa paradisiaca*).

Concluido el proceso de secado, se inició con un molido de las fibras en un molino de martillo, pero luego se comprobó que cambiando los martillo por cuchillas se logra moler material fibroso, obteniéndose dos tipos de fibras, una gruesa y otra fina, las que son analizadas para determinar los parámetros de pH; % celulosa y densidad aparente; % de fibras; utilizando métodos electrométricos para la determinación de los mismos. En la Tabla #2, se observa un valor de 16,28 % de fibras; así como de 9,53 % de densidad aparente; un valor de 5,24 de pH; y un valor de 30,1 % de concentración de celulosa en los pseudotallos con las respectivas referencias que se encontraron en la literatura existente.

Tabla 2

Promedio de los parámetros evaluados en el pseudotallo de banano variedad Filipino.

Parámetros	Métodos	Resultados $\bar{X} \pm IC$	Referencias	Unidad
Fibras crudas	AOAC 962.09	16,28 015	23,02% [Botero y col,2009]	%
Densidad aparente	AOAC 945-04	9,53 ± 0,24	N/D	Kg/m <sup>3</sup>
Celulosa	AOAC 995.16	30,1 ± 2,40	35,3% [Paredes y col, 2010]	%
pH	AOAC 981-12	5,24 ± 0,40	N/D	-

Leyenda: N/D= no descrito

Fuente: Yachana, Vol. 2 N. 1

## Proceso de manufactura de los tableros

El proceso de realización de los tableros de partículas de las fibras obtenidas del pseudotallo de banano se puede indicar que fue satisfactorio, pese a todas las complicaciones presentadas por desarrollarse de manera artesanal utilizando una prensa hidráulica de treinta toneladas. El material utilizado como materia prima está constituido por las fibras obtenidas de los pseudotallos de banano (Tipo Filipino), provenientes de la zona de la parroquia El Retiro del Cantón El Guabo, de la provincia de El Oro.

Se tomaron las partículas de las fibras gruesas y finas debidamente secadas a un contenido de humedad promedio de 5 %. Estas se pesaron y con los datos de peso se encontró la proporción conveniente para cada tablero. Como agente aglutinante se utilizó el adhesivo fenol formaldehído y resina. Los tiempos de prensado del colchón de partículas de fibras mezcladas con aglutinantes se da a una temperatura entre 150° y 170° C y un tiempo de prensado de 10 a 15 minutos, debiendo considerarse que el mayor calor se concentra en la parte central del tablero. La estimación del tiempo de prensado es esencial, ya que a mayor tiempo puede llegar a quemarse la mezcla, repercutiendo en la calidad técnica y estética del tablero (Figuras 4–7).



**Figura 4.** Mezcla de fibras gruesas y finas.



**Figura 5.** Colchón de partículas de fibras de pseudotallo de banano.



**Figura 6.** Proceso de prensado



**Figura 7.** Obtención del tablero de aglomerado.

El diseño utilizado en la elaboración de los tableros que se presentan en las Tablas 3-5, fue en base a dos factores (resina y temperatura), 2 niveles categóricos y 6 variables dependientes (absorción e hinchazón a las 2h, densidad, humedad, módulo de rotura (MOR) y módulo de elasticidad (MOE). (Barragán, 2014).

Tabla 3  
Factores y niveles del diseño experimental.

<b>Nivel / Factor</b>	<b>Resina ANOVA</b>	<b>Temperatura</b>
-1	FG:15%,FF:35%	150° C
+1	FG:25%,FF:45%	170° C

Tabla 4  
Optimización de la deseabilidad en su punto óptimo 0,806188

<b>Factor</b>	<b>Bajo</b>	<b>Alto</b>	<b>Óptimo</b>	<b>Condición óptima</b>
Resina	-1,0	1,0	0,727636	FG:24.2% FF:43.06%
Temperatura	-1,0	1,0	-0,00712492	159.9288° C

Tabla 5  
Resultados de acuerdo al valor óptimo de diseño.

<b>Respuesta</b>	<b>Óptimo</b>	<b>Valor Norma</b>	<b>Norma</b>
Densidad	0,85	>0,8 g/cm <sup>3</sup>	NTC 2261
Absorción 2h	11,258	Máximo 25%	COVENIN 847-91
Hinchazón 2h	5,48598	Máximo 6%	COVENIN 847-91
MOE	4800,0	Mínimo 2400 N/mm <sup>2</sup>	NTC 2261
MOR	36,3911	Mínimo 21 N/mm <sup>2</sup>	NTC 2261

Al analizar los tableros manufacturados puede apreciarse una adecuada fortaleza y rigidez de los mismos, su textura es lisa y su color es pardo con ciertas partes en tonos más claros y otras un poco más oscuros. Los resultados fueron evaluados mediante Norma Venezolana No. 847-91 para tableros de aglomerados de partículas de madera (COVENIN, 1991) y NTC 2261 y analizados mediante el software STATGRAPHICS.

## Discusión

Darle una aplicación industrial a los residuos agroindustriales que se producen con la cosecha del banano como son las hojas, los pseudotallos y el raquis, potenciarían la generación de productos innovadores con valor agregado. Producir y caracterizar un tablero hecho de partículas de fibras del pseudotallo de banano contribuiría en el ecosistema de emprendimiento con una aplicación práctica en la industria de los aglomerados.

La producción de tableros de aglomerados con estas características representaría una alternativa en la fabricación de insumos para la industria de la construcción de viviendas, muebles y diversos trabajos de artesanía, generando un impacto positivo socioeconómico y ambiental. La elaboración de este tipo de tableros a nivel industrial se hace a partir de una materia prima obtenida de un desecho de la agroindustria. Estos productos industriales estandarizados y normalizados permiten contribuir al aporte de insumos constructivos para viviendas sociales y con ello disminuir la ascendente crisis habitacional que ocurre en muchos de los países productores de banano, ubicados en zonas tropicales (Contreras, W. y Owen de Contreras, 2006).



Además de la obtención y la caracterización del tablero de aglomerado de partículas obtenido durante la investigación, se desarrollaron también catorce diseños industriales de láminas de enchape a base de fibras naturales de banano entrelazadas y tejidas.

## CONCLUSIONES

Las propiedades técnicas que presentan las partículas de fibras de los pseudotallos de banano, de la especie Filipino, permiten la fabricación de tableros de aglomerado de partículas con excelentes propiedades.

Durante el proceso de manufactura del aglomerado se combinaron los elementos en diferentes proporciones hasta lograr la consistencia óptima, aunque esta variabilidad técnica permitió a las partículas de las fibras de banano, el adhesivo formaldehído y la resina, cumplir con lo estipulado en la Norma Venezolana COVENIN No. 847-91 para tableros de aglomerado de partículas de madera sólida.

Tanto el proceso de obtención de los tableros de aglomerado de partículas de las fibras del pseudotallo de banano, como los diseños industriales de las láminas de enchape obtenidos, tienen su registro de patente en el Instituto Ecuatoriano de la Propiedad Intelectual IEPI.

Se recomienda realizar estudios que determinen la calidad de los tableros de aglomerado de partículas de otras especies de fibras naturales, contribuyendo así a darle un valor agregado a los residuos que provienen de la agroindustria.

## BIBLIOGRAFÍA

Barragán, A. (2014). *Optimización del proceso de fabricación de aglomerados obtenidos a partir de las fibras del pseudotallo de banano*. Guayaquil.

COMAFORS. (25 de Enero de 2013). *Ecuador Forestal*.

Contreras, W. C. (2013). Determinación de las propiedades de resistencia de los tableros de partículas, fabricados con vástago de plátano y adhesivo fenol formaldehído (R10/13%). *IDEC Facultad de Arquitectura*.

Contreras, W. y Owen de Contreras. (2006). Utilización de la planta musácea plátano (*Musa Paradisiaca*) en la fabricación de tableros de partículas de plátano y cemento. *Revista Forestal Latinoamericana No. 21/97*.

COVENIN. (1991). *Norma venezolana para tableros de partículas de madera, provisional No. 847-91*. Caracas, Venezuela.

- FAO, Y. (2002). *Forest Products 1996-2000*. Rome, Italy: FAO Forestry, Series 35.
- Gañan, P. C. (2004). *Stem and bunch banana fibers form cultivation wastes: Effect of treatments on psycho-chemical bahavior*.
- Jaramillo, D. (2012). Evaluación del proceso de obtención de harina de la cáscara de musa paradisiaca (banano) para la elaboración de balanceados en Santo Domingo de los Tsáchilas. *Universidad Técnica Estatal de Quevedo*, 17.
- Maldonado, L. (2012). *Yachana*, 26.
- Maldonado, L. (2013). Caracterización físico - química de las fibras del pseudotallo de banano. *Yachana*, 18.
- Maloney, T. (1997). *Modern Particleboard*. San Francisco, EEUU.: Miller Freeman Publications.
- Narendra, Y. (2005). Biofibers from agricultural byproducts for industrial applications. *Trends in Biotechnol*, 22 - 28.
- Pro-Ecuador. (2013). *Exportaciones e inversiones*. Quito: Dirección de inteligencia comercial e inversiones.
- SENPLADES, S. N. (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir*. Quito.