



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

Evaluación físico-mecánicas de tableros a base del Aserrín de Pigüe (*Piptocoma discolor*) y bagazo de caña de azúcar en Pastaza

Physical-mechanical evaluation of boards based on Pigüe Sawdust (*Piptocoma discolor*) and sugar cane bagasse in Pastaza

Juan Elías González-Rivera¹, Jenny Paola Jaramillo-Ponce¹, Manuel Pérez-Quintana¹, Neyfe Sablón-Cossio¹, Deny Oliva-Merencio

¹Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad Estatal Amazónica.

²Centro de Estudio de Tecnologías Energéticas Renovables (CETER). Universidad Tecnológica de la Habana “José Antonio Echeverría” (Cujae).

*Autor de correspondencia:  jgonzalez@uea.edu.ec (J. González Rivera)

Resumen

En este estudio se presenta la evaluación de las propiedades físico-mecánicas de tableros a base de las fibras vegetales aserrín de Pigüe (*Piptocoma discolor*) y bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum*) fabricados como aglomerados tipo MDF, con dos tipos de adhesivo, blancolado y engrudo. Se realizó un diseño completamente al azar, con seis tratamientos y cinco repeticiones en un total de 30 unidades experimentales. Los resultados demostraron que el mejor tratamiento fue AE2 (50% aserrín, 50% bagazo de caña y engrudo) con un contenido de humedad de 9,36%, hinchazón 15,17%, absorción de humedad 22,34%, esfuerzo máximo de tensión 9,7 MPa, módulo de elasticidad 19,2 MPa y carga máxima 1836 N, que cumple los estándares establecido en las Normas Internacionales UNE-EN 322:1994, UNE-EN 317:1994, COVENIN 847-91 y ASTM D 1037-1 2.

Palabras clave: Aserrín de Pigüe, bagazo de caña, tableros aglomerados y pegamentos.

Summary

This study presents the evaluation of the physical-mechanical properties of vegetable fibers, which allows the use of Pigüecomer (*Piptocoma discolor*) sawdust and sugarcane bagasse (*Saccharum officinarum*) for the manufacture of agglomerated MDF boards, using two types of adhesive, white and paste. A completely randomized design was carried out, with six treatments and five repetitions in a total of 30 experimental units. The results showed that the best treatment was AE2 (50% sawdust, 50% cane bagasse and paste) with a moisture content of 9.36%, swelling 15.17%, moisture absorption 22.34%, maximum effort of tension 9.7 MPa, modulus of elasticity 19.2 MPa and maximum load 1836 N, which meets the standards established in the International Standards UNE-EN 322: 1994, UNE-EN 317: 1994, COVENIN 847-91 and ASTM D 1037 -1 2.

Keywords: Pigüe sawdust, cane bagasse, chipboard and glues



Introducción

En la actualidad, existen estudios de la elaboración de tableros aglomerados que se fabrican con diferentes residuos industriales (Saval, 2012) como viruta de madera, cascarilla de arroz, cáscara de maní, escamas de pescado y bagazo de caña de azúcar, entre otras; así como diferentes resinas o pegamentos como cemento, urea y formaldehído (Contreras *et al.*, 2010; Cardona, 2013). A nivel de Sudamérica se han realizado diferentes tipos de aglomerados con fibra, astillas y pulpa, con el empleo de cascarilla de arroz y bagazo de la caña de azúcar (Rivas, 2013), con características químicas favorables y composición idónea para usos industriales (Prinsen, 2010; Chávez y Domine, 2013).

Se debe destacar que en la Amazonia ecuatoriana, el Pigüe (*Piptocoma discolor*) constituye una fuente importante de ingresos como complemento de las ganancias de los hogares rurales (Erazo, 2013) como especie maderable que se regenera en bosques secundarios, perturbados y resulta ideal para su aprovechamiento (Erazo *et al.*, 2014), utilizado como madera para la industria artesanal en la fabricación de productos derivados como las cajas de madera para el transporte y comercialización de frutas y vegetales de la región, lo que constituye en una fuente de empleo e ingresos importantes en las zonas rurales de la provincia del Napo (Erazo *et al.*, 2014).

La disponibilidad de aserraderos y de equipamiento para tal fin es esencial para la cadena de valor asociada a la transformación de la madera de Pigüe, la cual es producida por familias campesinas sin necesidad de asistencia o insumos externos. Con el actual uso del Pigüe, en recientes estudios realizados por parte del equipo de trabajo, se estima que se generan 92,56 t/año de aserrín del

Pigüe en la provincia de Pastaza. Por otra parte, no existe información sobre el uso de este desecho en la producción de tableros aglomerados de la Región Amazónica Ecuatoriana

La producción de caña de azúcar en el Ecuador, por su parte, es de 79.913 ha con una producción bruta de 5'618.045 t/año y un rendimiento promedio de 70,30 t/ha. La Región Amazónica reporta una producción de 8.272 ha, desglosada en: Pastaza 4.500 ha; Zamora Chinchipe 1.800 ha; Morona Santiago 1.382 ha; Napo 320 ha; Sucumbíos 150 ha y Orellana 120 ha Ministerio de Agricultura y Ganadería de Pastaza (MAGAP, 2015). En la provincia de Pastaza se registran alrededor de 70 microfábricas para la producción de panela. De ellas 13 fábricas funcionan de forma comunitaria y 57 familiares. Estas utilizan el bagazo resultante como combustible o leña, estimando que la caña de azúcar tiene aproximadamente 40 kg/t de melaza y se puede obtener 150 kg/t de bagazo, subutilizado o desechado por los productores Gobierno Autónomo Descentralizado (GAD Municipal Pastaza, 2014).

En cuanto al aprovechamiento del bagazo de caña, en la fabricación de paneles de fibras, existe una experiencia acumulada según Norma Técnica Ecuatoriana N° 897 INEN (2005). Sus principales aplicaciones se enmarcan en divisiones interiores, puertas interiores, closets, estantes de cocina, revestimiento de paredes y encofrado (Asocaña, 2009; Vázquez y Vázquez, 2002; Álvarez *et al.* 2012 y Manals *et al.*, 2015). Además, ha sido amplio su empleo en la elaboración de tableros aglomerados, lo que justifica su uso en combinación con el aserrín del pigüe, para el desarrollo de nuevas tecnologías en la producción de tableros aglomerados como una respuesta a la progresiva necesidad de proporcionar uso a los residuos industriales, obtener productos de mayor valor agregado a partir de los mismos y aumentar los valores

de aprovechamiento sostenible en las producciones agroforestales (Gaitan *et al.*, 2016).

En la presente investigación se propone una aproximación experimental y demostrativa que permite aprovechar el aserrín del Pigüe (*Piptocoma discolor*) para la fabricación de tableros aglomerados en combinación con el bagazo de caña de azúcar (*Saccharum officinarum* L), que pertenece a cultivos silvestres (Palacios y Peña, 2015), el objetivo es aprovechar madera de baja calidad (Chan *et al.*, 2004). en la provincia de Pastaza como alternativa sostenible para la obtención de productos de alto valor agregado.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en la Empresa ARBORIENTE S.A, donde se fabricaron los tableros, los análisis físicos en el Laboratorio de Química de la Universidad Estatal Amazónica y los análisis mecánicos en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. El material a base del aserrín de Pigüe y el bagazo de caña empleado por el aserradero

“Reyes” y la panelera “El Valle” ubicada, en la provincia de Pastaza, Ecuador, con un bajo contenido de humedad, facilitó la molienda según la Norma Técnica Ecuatoriana N° 896 INEN (2005).

Se emplearon dos tipos de adhesivo según Quevedo (2015): blancola y engrudo. La blancola es una emulsión homopolimérica desarrollada con alcoholes polivinílicos y materias primas de alta calidad para uso de trabajos de carpintería en madera. Se mezcló con un 50% de agua para su uso. El engrudo es una mezcla sencilla de harina y agua, que contiene quimoside como veneno para polilla al 0,37% y sulfato de amonio al 2% como catalizador que aceleró el proceso de secado en la provincia Pastaza.

Se aplicó un Diseño Completamente al Azar con seis tratamientos, cinco repeticiones y treinta unidades experimentales según la metodología de Bernal (2006). Los tratamientos experimentales a base de bagazo de caña y aserrín de Pigüe se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Tratamientos experimentales.

<i>N°</i>	<i>Tratamientos</i>	<i>Detalle</i>
1	AB1	Aserrín 70%, Bagazo 30%, Blancola
2	AB2	Aserrín 50%, Bagazo 50%, Blancola
3	AB3	Aserrín 30%, Bagazo 70%, Blancola
4	AE1	Aserrín 70%, Bagazo 30%, Engrudo
5	AE2	Aserrín 50%, Bagazo 50%, Engrudo
6	AE3	Aserrín 30%, Bagazo 70%, Engrudo

Fuente: Elaboración propia

Para la estimación de la cantidad de masa a utilizar en la fabricación de los tableros aglomerados, se tomó como referencia la investi-

gación de Mejía (2012), quien elaboró tableros aglomerados auto-adheridos a partir de raquis de palma africana con 150 gramos de

fibra, en base a las dimensiones del molde utilizado y el cálculo correspondiente para cumplir con el diseño experimental. Con sus respectivas pruebas preliminares donde

estableció la cantidad de adhesivo, temperatura y tiempo de obtención de los tableros aglomerados (tabla 2).

Tabla 2. Cantidad de adhesivo, temperatura y tiempo de elaboración de los tableros aglomerados.

N°	Trat.	Adhesivo	Presión/Tiempo	Temp./Tiempo de secado
1	AB1	1000 gr	300 psi/10 min	200 °C/120 min
2	AB2	1000 gr	300 psi/10 min	200 °C/120 min
3	AB3	1000 gr	300 psi/10 min	200 °C/120 min
4	AE1	1000 gr	300 psi/10 min	200 °C/120 min
5	AE2	1000 gr	300 psi/10 min	200 °C/120 min
6	AE3	1000 gr	300 psi/10 min	200 °C/120 min

Fuente: Elaboración propia

Evaluación de las propiedades físico-mecánicas

Como variables para el estudio se asumieron las propiedades físico-mecánicas del contenido de humedad, la hinchazón y la absorción de agua, prescritos en las Normas Técnicas Ecuatorianas, así como en base a las normas internacionales UNE-EN 322:1994, (UNE-EN 317:1994), COVENIN 847-91. Se realizaron ensayos estandarizados de resistencia a la tensión, prescritas en la norma ASTM D 1037-12, adicionalmente se determinó el esfuerzo máximo de tensión y la carga máxima que resisten los aglomerados. Además, se compararon los resultados de los tableros con los tableros de la Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A Acosa (2015).

Procedimiento de elaboración de tableros aglomerados

Se recolectaron muestras de aserrín de Pigüe y de bagazo de caña en condición de

baja húmeda, que facilitó el proceso de secado. La molienda del bagazo se realizó en tolva de alimentación de un desintegrador, con malla de 5 mm de diámetro. Para el aserrín se omitió el paso de molienda, este fue secado primeramente al ambiente y después en un secadero con ventilación a 80°C hasta obtener una humedad del 8%, posteriormente se realizó el mezclado.

Para este propósito se utilizó 1 kg de adhesivos, que se obtuvo de las pruebas preliminares realizadas y 150 g de fibra según el diseño experimental presentado. Éste proceso se realizó en una batidora mecánica. A continuación, la mezcla fue colocada en un molde de hierro de 350 mm x 300 mm sin fondo, con dos tapas removibles del mismo material colocadas en la parte superior e inferior, cubiertas con una capa de estearato de zinc, para prevenir que las fibras se peguen en las tapas durante el secado.

Listo el molde, se prensó a 300 libras/pulgadas² (psi) durante 10 minutos, ubicando cuatro prensas de mano en cada esquina del molde, con el objetivo de compensar el prensado durante el secado del material, se colocó en el horno a 200 °C durante 2 horas, fue retirado, enfriado y sacado el tablero aglomerado, el mismo que se acondicionó para obtener el producto final.

Análisis estadístico

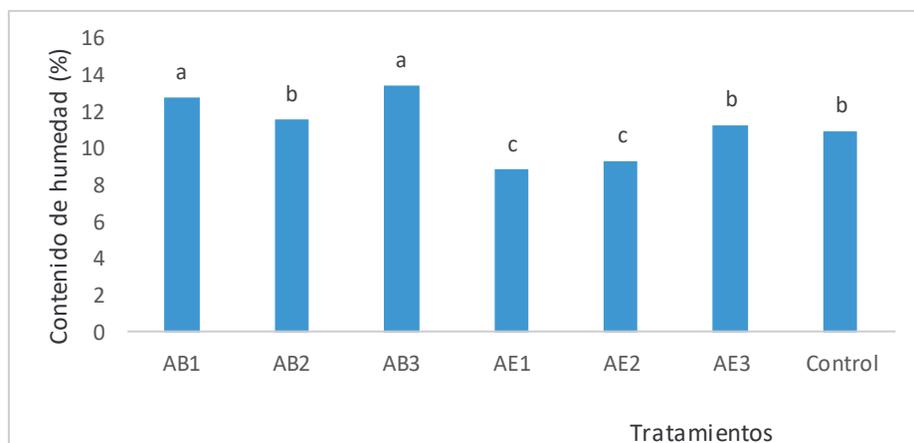
Se empleó la prueba de Tukey al 5% para las variables en estudio y el cálculo del coeficiente de variación, expresado en porcentaje. Para todos los análisis estadísticos descritos anteriormente se utilizó el programa InfoStat-Statistical 2013 versión libre.

Resultados y discusión

El contenido de humedad de los trata-

mientos en estudio se muestra en la figura 1. El menor porcentaje corresponde a los tratamientos AE1 y AE2 con 8,88 y 9,36% ($P \leq 0,05$), respectivamente, correspondiente a 70% aserrín, 30% bagazo de caña y engrudo, el primero y a 50% aserrín, 50% bagazo de caña y engrudo, el segundo. El mayor porcentaje se presenta en los tratamientos AB3 y AB1 con 13,46 y 12,76%, respectivamente. El porcentaje de humedad de los tratamientos AE1 y AE2 se encuentran por debajo del tratamiento usado como control. En relación con el contenido de humedad, los mejores tratamientos AE1 y AE2; están dentro de los parámetros del patrón utilizado según Norma UNE-EN 322:1994 y por la Empresa Aglomerados Cotopaxi S.A ACOSA (2015).

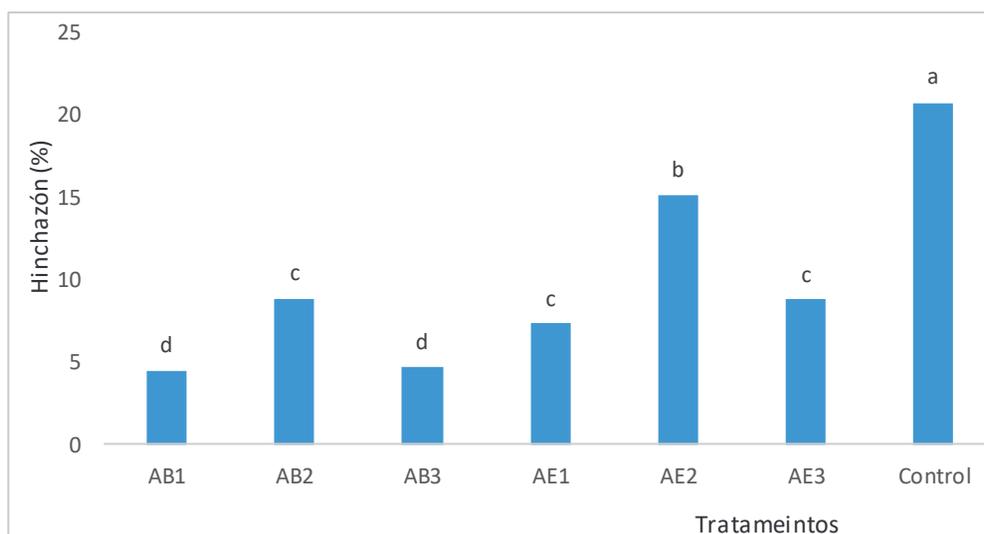
Figura 1. Contenido de humedad de los tratamientos en estudio.



En el porcentaje de hinchazón, el menor corresponde a los tratamientos AB1 y AB3 con 4,50% y 4,73%, respectivamente. Estos

tratamientos se encuentran por debajo del valor obtenido para el tratamiento control (figura 2).

Figura 2. Porcentaje de hinchazón para los tratamientos en estudio.



En la absorción de agua, el menor porcentaje corresponde al tratamiento AE3 con 13,11%, correspondiente a 30% aserrín, 70% bagazo de caña y engrudo, mientras que el mayor porcentaje al tratamiento AB1 con 105,60%, que corresponde a 70% aserrín, 30% bagazo de caña y blancola (figura 3). Además, se observa que los tratamientos AE1 y AE2 se encuentran por debajo del valor obtenido para el tratamiento control (18,38 y 22,34%). En términos generales, en el porcentaje de hinchazón los tratamientos AB1 con 4,5% y AE1 con 7,33%, coinciden con los valores obtenidos por Arias (2006) que van del 4% al 8%. El tratamiento AB2 con 8,82% y el AE2 con 15,17% de hinchazón, a pesar de la diferencia que existe, se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la Norma UNE- EN 317:1994 que establece un máximo de 20% de hinchazón. Para la variable hinchazón todos los tratamientos coinciden con los resultados obtenidos por Arias (2006) y por Norma UNE-EN 317:1994.

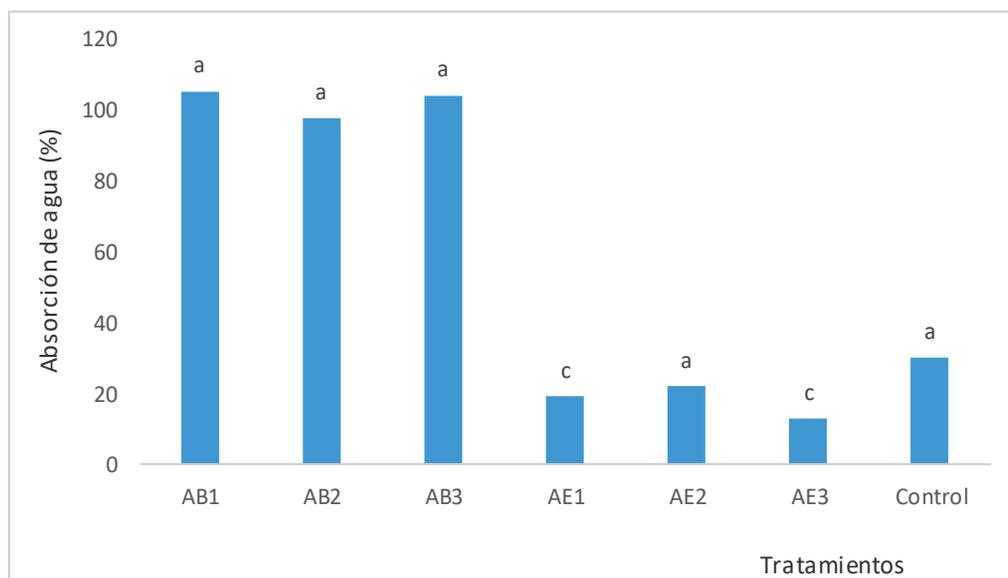
Los dos mejores tratamientos, en relación al porcentaje de hinchazón, fueron elaborados con adhesivo blancola, engrudo que contiene harina y el principal componente de ésta es el almidón que al mezclarse con agua y ser calentado progresivamente provoca que los débiles enlaces se disocien y empiecen a hincharse donde la estructura interna comienza a cambiar, por otro lado, cuando se aumenta la temperatura el almidón continúa hinchándose y gelificándose, similar al proceso de elaboración de un pan (Bernabé, 2015).

En relación con la absorción de agua durante dos horas se determinó que los tratamientos elaborados con engrudo AE1 con 19,38% de absorción de agua, AE2 con 22,34%, AE3 con 13,11%, se encuentran dentro de los parámetros obtenidos para el tratamiento patrón y dentro de la norma Covenin 847-91, que establece del 25% al 31% de absorción de agua durante el tiempo señalado, siendo una de las desventaja para los aglomerados (Schultz, 2015).

Los tratamientos AB1 con 105,6% de absorción de agua, y AB2 con 97,82% AB3 con 104,4%, exceden el valor del tratamiento control con 30,5% de absorción de agua, muy superiores a los valores obtenidos por Arias (2006) que van del 25 al 35% y los establecidos por la Norma COVENIN 847-91. Los tableros elaborados con engrudo tienen

harina en su composición que al unirse con agua fría no se mezcla, esto sólo sucede cuando la temperatura del agua es superior (Bernabé, 2015) lo que no sucede con los tableros con blancola porque esta resina es soluble en agua, por lo tanto los tableros resultaron ser totalmente permeables.

Figura 3. Porcentaje de absorción de agua en dos horas de los diferentes tratamientos aplicados.



La resistencia a la tensión, es una variable que determinó el esfuerzo máximo de tensión, el módulo de elasticidad y la carga máxima que ejercieron las probetas al ser analizadas en el laboratorio (tabla 3).

Tabla 3. Resultados del ensayo de tensión PUCE, 2015

N°	Trat.	E.M. T (MPa)	MOE (MPa)	C.M (N)
1	AB1	1,2	8,1	227
2	AB2	1,4	9,6	313
3	AB3	2,0	5,06	550
4	AE1	9,6	20,8	1835
5	AE2	9,7	19,2	1836
6	AE3	5,7	17,5	1173

Nota: E.M.T: Esfuerzo máximo de tensión MOE: Módulo de elasticidad C.M: Carga máxima

En los análisis de esfuerzo máximo de tensión, módulo de elasticidad y carga máxima en el tratamiento AE1 se obtienen valores de 9,6 MPa de E.M.T; 20,8 MPa de MOE y 1835 N de C.M, mientras que en el tratamiento AB1 1,2 MPa de E.M.T; 8,1 MPa de MOE y 227 N de C.M. los representan valores relativamente bajos.

En cuanto al tratamiento AE2 se aprecia que los valores más altos de esfuerzo máximo de tensión, módulo de elasticidad y la carga máxima, son de 9,7 MPa de E.M.T; 19,2 MPa de MOE y 1836 N de C.M, mientras el tratamiento AB2 con 1,4 MPa de E.M.T; 9,6 MPa de MOE y 313 N de C.M. y unido a AB1 representan los valores bajos de éstas variables.

El tratamiento AE3 muestra valores altos de esfuerzo máximo de tensión, módulo de elasticidad y carga máxima, con 5,7 MPa de

E.M.T; 17,5 MPa de MOE y 1173 N de C.M, mientras que AB3 con 2,0 MPa de E.M.T; 5,06 MPa de MOE y 550 N de C.M. presenta valores bajos (figura 4). En la resistencia a la tensión los tratamientos AE1 con 9,6 MPa de E.M.T; 20,8 MPa de MOE y 1835 N de C.M, AE2 con 9,7 MPa de E.M.T; 19,2 MPa de MOE y 1836 N de C.M, y AE3 con 5,7 MPa de E.M.T; 17,5 MPa de MOE, 1173 N de C.M más engrudo, mostraron relevantes resultados. Por lo tanto se establece que los tableros aglomerados en los que se empleó engrudo muestran mejor resistencia mecánica debido a que el almidón atrapa el agua durante el proceso de mezclado y secado creando una textura elástica, compacta y firme (Bernabé, 2015), que le brindan al tablero dureza, ello no sucede con la blanco- la esto proviene desde la historia como mani- fiesta (Peraza, 2014).

Figura 4. Prototipos de tableros aglomerados obtenidos para las diferentes mezclas empleadas estudiadas.



Como se muestra en la figura 4. la resistencia a la tensión los tableros aglomerados se observó que los elaborados con engrudo tendieron a torcerse, debido a que la penetración de la humedad provoca que el aglomerado se debilite, se tuerza y pierda su fuerza característica (Schultz, 2015), siendo más notorio en los tratamientos AE1 y AE3, lo cual no sucedió con el tratamiento AE2 ni con los tableros elaborados con blancola que conservaron su apariencia uniforme y debido a su densidad según Norma Técnica Ecuatoriana N° 897 INEN (2005).

Conclusiones

El mejor tratamiento fue AE2 (50 % aserrín, 50 % bagazo de caña, engrudo), con 9,36 % de contenido de humedad; 15,17 % de hinchazón; 22,34 % de absorción de agua; 9,7 MPa de esfuerzo máximo de tensión; 19,2 MPa de módulo de elasticidad, 1836 N de carga máxima.

Este mostró parámetros comparables con la empresa Aglomerados Cotopaxi S.A y están dentro de los niveles establecidos por las normas internacionales UNE-EN 322:1994, UNE-EN 317:1994, COVENIN 847-91 y ASTM D 1037-1 2. Por su parte los prototipos de tableros aglomerados con blancola presentaron bajas propiedades físico-mecánicas.

Los tableros aglomerados con empleo de engrudo muestran mejor resistencia mecánica debido a que el almidón atrapa el agua durante el proceso de mezclado y secado creando una textura elástica, compacta y firme en los residuos de las fibras vegetales de aserrín de Pigüe y bagazo de caña de azúcar en la provincia de Pastaza – Ecuador.

La ampliación de este estudio con el propósito de aprovechar el Pigüe y otros residuos como alternativa de producir la energía eléctrica a base del aprovechamiento

global del árbol como recursos forestales vegetales.

Literatura citada

- Álvarez Castillo A., García Hernández E., Domínguez Domínguez M., Granados Baeza J., Aguirre Cruz A., Carmona García R., Morales Cepeda A., Herrera Franco P., Licea Claverie A., Mendoza Martínez A., (2012). *Aprovechamiento integral de los materiales lignocelulósicos. Revista Iberoamericana de polímeros*, 13, 141-145.
- Arias Cazco D., (2006). *Diseño y construcción de una máquina para elaboración de aglomerado en la fábrica PARQUET LOS PINOS*. (Tesis de pregrado). Escuela Politécnica del Ejército. Latacunga, Ecuador.
- Asocaña (2009). *Asocaña 50 años construyendo país*. Asociación de Cultivadores de Caña de Azúcar. Cali, Colombia. 12 pp.
- Bernabé, C. (2015). *Influencia de los componentes de la harina en la panificación*. INDESPAN SL. 11/11/15. Recuperado de: <http://www.indespan.com/default.asp?cms004IdArea=5&cms004IdSubarea=0>.
- Bernal, C. (2006). *Metodología de la Investigación*. (2da ed.) México: Pearson.
- Cardona Arango A. (2013). *Desarrollo de un sistema adhesivo proteínico para la fabricación de tableros aglomerados de densidad media*. (Tesis de pregrado). Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.
- Contreras Miranda, W., Will Valero, S., Oven De Contreras, M., Cloquell Ballester, V., Rondón Sulbaran, M. T., Barrios Pérez, E. & Contreras, Á. (2010). *El diseño ambientalmente integrado y el ecodiseño en la elaboración de tableros aglomerados de partículas de bambú con adhesivo fenol formaldehído. Ecodiseño & Sostenibilidad*, 117-144.
- Chan Martín M., Araujo Molina O., Azueta García M. y Solís Rodríguez L. (2004). *Tablero de madera de partículas. Ingeniería*. 8 (3). 43-44 pp.
- Chávez, M y Domine, M., (2013). *Lignina, Estructura y Aplicaciones: Métodos de despolimerización para la obtención de derivados aromáticos de interés industrial. Avances en Ciencia e Ingeniería*. 4 (4). 16 p. ISSN: 0718-8706.
- Empresa Aglomerados Cotopaxi ACOSA S.A (2015) y en lo establecido en las Normas Internacionales UNE-EN 322:1994.
- Erazo Agila J. (2013). *Evaluación del proceso de elaboración de un aglomerado para cielo raso, a partir del raquis de palma aceitera en combinación con la cascarilla de arroz*. (Tesis de pregrado). Universidad Estatal de Quevedo, Quevedo,

- Ecuador.
- Erazo, G.; Izurieta, J.; Cronkleton, A. y Putzel, L. (2014). El usos del pigüe (*Piptocoma discolor*) por los pequeños productores de Napo, Ecuador. Brief. 26: 1-5. DOI: 10.17528/cifor/004424.
- Gad Municipal Pastaza. (2014). (DDS). Departamento de desarrollo sustentable.
- Gaitan, Alexander; Fonthal, Gerardo y Ariza-Calderon, Hernando. (2016). Fabricación y propiedades físicas de aglomerados de *Pennisetum purpureum schum*, *Philodendron longirrhizum* y *Musa acuminata*. *Rev Cie Téc Agr* [online]. 25(1): 5-11.
- Manals-Cutiño, Enma M.; Penedo-Medina, Margarita y Salas-Tort, Dolores. (2015). Caracterización del bagazo de caña como biomasa vegetal. *RTQ* [online]. 35(2): 244-255.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería de Pastaza (2015). Producción de caña de azúcar en la provincia de Pastaza.
- Norma Internacional UNE-EN 322:1994 Wood-based panels. Determination of Moisture Content.
- Norma Técnica Ecuatoriana N° 896 INEN (2005). Tableros de Madera Aglomerada, contrachapada y de fibra de madera (MDF): Determinación del Contenido de Humedad.
- Norma Técnica Ecuatoriana N° 897 INEN (2005). Tableros de Madera aglomerada, contrachapada y de fibra de madera (MDF): Determinación de la Densidad Aparente.
- Norma Venezolana COVEN IN 847-91. Tableros de partículas. Absorción de agua a las dos horas de inmersión.
- Palacios Corea y Peña Mercado (xxxx), Capitulo 5. *Situación agrícola de la caña de azúcar en la hacienda El Madroñal*, pp. 61-117. 04/10/2015. nica. info/biblioteca/PalaciosCa%C3%B1aAzucar. Pdf.
- Peraza, J. (2014). *Nacimiento y evolución de los tableros estructurales*. http://www.infomadera.net/uploads/articulos/archivo_4693_15630.Pdf.
- Prinsen, P. (2010). *Composición Química de diversos materiales lignocelulósicos de interés industrial y análisis estructural de sus ligninas*. (Tesis de post grado). Universidad de Sevilla. Sevilla, España.
- Quevedo, V. (2015). *Adherencia y adhesivos para madera*. P_EPD/PG-MA-ASIG/PG-ASIG-200637/-TAB42359/ADHERENCIA%20Y%20ADHESIVOS%20PARA%20MADERA%20(V%20-Quevedo).pdf.
- Rivas, L. (2013). *Selección de un proceso para la producción de tableros aglomerados a base de cascarilla de arroz*. (Tesis de maestría). Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Bogotá, Colombia.
- Saval, S. (2012). *Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro*. *Biociencia*. 16(2). 14 p.
- Schultz, M. (2015). *Desventajas del aglomerado*. 18/11/15. http://www.ehowenespanol.com/desventajas-del-aglomerado-lista_542114.
- Vázquez, D., y Vázquez M. (2002). Transformación de materiales lignocelulósicos. *Revista de agroquímica y tecnología de alimentos*, 31(2), 143.