

Optimización de la producción experimental de tableros de partículas a partir de residuos de desmote de algodón y resina urea formaldehído

Optimization of experimental production of particleboard from cotton gin waste and urea formaldehyde resin

Agustina Trevisan, Luciano G. Massons, Benítez A. Florencia, Regina R. Piccoli

Centro de Investigación y Desarrollo para la Construcción y la Vivienda (CECOVI), Facultad Regional Santa Fe, UTN (Lavaisse 610, Santa Fe).

E-mail de autores: atrevisan@frsf.utn.edu.ar; lmassons@frsf.utn.edu.ar; fbenitez@frsf.utn.edu.ar; rrpiccoli@frsf.utn.edu.ar

Resumen

El objetivo de este estudio es identificar las variables de producción que permitan optimizar el comportamiento de tableros aglomerados de partículas derivadas de la molienda de residuos de desmote de algodón y resina urea formaldehído.

Se han desarrollado dos configuraciones de tableros, uno de tipo monocapa y otro tricapa, en los cuales las variables experimentales responden a la granulometría del residuo de algodón, contenido de resina y presión de moldeo.

Se evaluaron los efectos generados por las distintas configuraciones sobre la densidad, resistencia a flexión, resistencia al hinchamiento y absorción de agua de los tableros de partículas. Los resultados del trabajo muestran que con las distintas configuraciones evaluadas resulta posible reducir los contenidos de resina y las presiones de conformación de los tableros de partículas, tendiendo a minimizar las emisiones de formaldehído y el consumo energético de la producción.

Palabras Claves: Residuo de desmote; Resina urea - formaldehído; Aglomerado; tablero monocapa; tablero tricapa.

Abstract

The objective of this study is to identify production variables that optimize the performance of particleboards derived from the milling of cotton ginning residues and urea-formaldehyde resin.

Two board configurations have been developed, one monolayer and the other three-layer, in which the experimental variables respond to granulometry of the cotton residue, resin content and molding pressure.

The effects generated by different configurations on the density, flexural strength, swelling resistance and water absorption of particleboards were evaluated. Results obtained show that different configurations evaluated permit reduction of resin contents and molding pressures, tending to minimize formaldehyde emissions and energy consumption in particleboard production.

Keywords: Cotton ginning residue; Urea-formaldehyde resin; Particleboard; Monolayer board; Three-layer board.

1. Introducción

La producción algodonera tiene una gran concentración geográfica en el noreste argentino. Además, es una actividad productiva que acarrea importantes problemáticas que requieren atención.

Según datos de campañas anteriores, se puede afirmar que de la producción bruta de algodón se obtiene aproximadamente 30% a 40 % de residuo constituido por fibrilla, ramas, carpelos, etc., actualmente sin destino alguno. Además, en las últimas décadas se ha consolidado la cosecha mecánica, que mejora notablemente la rentabilidad del cultivo, pero también implica mayor producción de residuo, el cual debe tener una correcta disposición final, generando grandes inconvenientes y costos de producción para las empresas. Por ende, habitualmente se acopian a cielo abierto, resultando un hábitat excepcional para distintas plagas, o se opta por su incineración en condiciones no adecuadas y sin medidas de control, provocando gases de combustión, humos y dispersión de cenizas. Estas prácticas originan serios problemas de polución, afectando negativamente la calidad del ambiente y la salud de las poblaciones cercanas, pudiendo existir riesgos asociados a la quema de residuos que podrían estar contaminados con agroquímicos (Crazov et al, 2001; 2003; 2000; Crossan et al, 2006).

Actualmente, dentro de los intentos para dar destino a los residuos de desmote, se plantea su utilización como alimento balanceado para ganado, lo que se ve muy limitado por una baja digestibilidad del material (Myer y Hersom, 2017; Young et al, 1979). Se contemplan también métodos de descomposición como la pirolisis o hidrolisis o el compostaje con otros materiales orgánicos residuales, pero es un problema su escasa difusión y rentabilidad. (Ayers, 1997; Gordon et al, 2006).

Por lo mencionado anteriormente se puede afirmar que se trata de un recurso material abundante y además de bajo costo por tratarse de un desecho. Se han encontrado diversos antecedentes nacionales y extranjeros de utilización de residuos agroindustriales lignocelulósicos en la producción de aglomerados que alientan la intención de emplear estos residuos en la producción de tableros para ser utilizados como cerramiento o revestimiento. Estos tableros podrían emplearse como materiales para procesos de construcción en seco con características aislantes termoacústicas y buena resistencia a la degradación; contribuyendo con esto a resolver los problemas socioambientales de esta agroindustria, mejorando las condiciones habitacionales, ya que, en las provincias en las que se desarrolla esta actividad productiva, se presentan porcentajes elevados de construcciones con importantes deficiencias en sus cerramientos (INDEC, 2010).

En este trabajo se presentan algunos avances obtenidos en el proyecto al evaluar aglomerados monocapa y tricapa, en los cuales se han variado los contenidos de resina, la granulometría del residuo, las presiones de moldeo y los espesores relativos entre las capas externas y la capa interna. Los resultados muestran que los aglomerados tricapa presentan mejores comportamientos que los monocapa tanto en sus propiedades mecánicas como físicas. Además se detallan las perspectivas futuras identificadas para la investigación.

2. Materiales y Métodos

Para el desarrollo del estudio se utilizó residuo de desmote del algodón proveniente de una desmotadora ubicada al norte de la provincia de Santa Fe.

Se realizó la molienda del residuo mediante una moladora de granos marca LOYTO N°2 monofásica. El residuo en estado natural se molió utilizando una criba de 16mm, obteniendo una granulometría variable compuesta de polvo, partículas de diversos tamaños y formas, además, fibras de algodón; buscando uniformar la morfología del material se optó por tamizar el material molido eliminando por un lado la fracción pasante del tamiz N°30 que se compone principalmente de polvo, el cual puede

contener materias extrañas como ser partículas de suelo o cenizas, y por otro la fracción retenida en el tamiz de ½" (12,5 mm) que se trata en su totalidad de fibras de algodón con partículas enredadas. La fracción remanente de esta clasificación se la utilizó para la confección de los paneles monocapa y para la capa central de los paneles tricapa. Luego de esta primer molienda y tamizado, se procedió a una segunda molienda del material utilizando una criba de 3,5mm, obteniendo una distribución de partículas más uniforme que fue utilizada para la confección de las capas finas externas de los paneles tricapa con un tamaño máximo de partículas de 4,75 mm.

Luego del proceso de molienda, el residuo se secó en estufa a 105 ± 2 °C para reducir su contenido de humedad natural de aproximadamente 16 % hasta un 3 %. Posteriormente se realizó, mediante una mezcladora planetaria con lira, el mezclado del residuo de desmote con la resina urea formaldehído (Coladur 65%) provista por Jucarbe S.A. (Argentina), con contenido de sólidos mínimo de 65 %, densidad de $1,26 \text{ g/cm}^3$, tiempo de gelación a 100 °C de 6 min y viscosidad a 25 °C de 950 cps. Se adicionó agua a la resina hasta alcanzar un contenido de sólido de 55 % y se empleó como catalizador un 5 % de solución saturada sulfato de amonio.

En el caso de los paneles monocapa la proporción de resina utilizada para los aglomerados, expresada como sólidos en proporción al peso de residuo de desmote varió entre 11.9% y 19.3%. En cambio, para los paneles tricapa se utilizó un porcentaje de 11.9% para la capa gruesa y de 15.1% para las capas finas, se debe tener en cuenta que en estas placas se plantean relaciones variables entre el espesor de las capas finas externas y el de la capa gruesa central, con proporciones de 40%G/30%F, 50%G/25%F y 65%G/17,5%F que se obtienen en relación de peso en función de un espesor estimado y que se seleccionaron en base a experiencias desarrolladas por otros autores (Khanjanzadeh, H. et al., 2012; Hakki Alma, M. et al., (2005); Güller, C. et al. (2004)).

Luego de homogeneizar la mezcla, en ambos casos se colocó el material de forma manual en un molde de platos calientes, y se prensó hasta alcanzar una presión máxima de 3, 3.75 y 4.75 MPa con una temperatura de 150°C en ambos platos durante 5 minutos, obteniendo tableros de dimensiones nominales de 250 x 250 x 8 mm.

Sobre los aglomerados obtenidos se realizaron determinaciones de densidad, resistencia a flexión estática y resistencia al hinchamiento. La densidad se determinó de acuerdo al procedimiento de la norma IRAM 9705. La determinación de la resistencia a flexión y módulo de elasticidad se realizó de acuerdo a los lineamientos de la norma IRAM 9706, modificando la luz de ensayo que se mantuvo en todos los casos igual a 140 mm. La determinación del hinchamiento se realizó de acuerdo a lo establecido en la norma IRAM 9720.

3. Resultados y discusión

En la Tabla 1 se observan los valores promedio de densidad, resistencia a flexión (MOR) e hinchamientos obtenidos para los aglomerados elaborados.

La norma IRAM 9723, que establece los requisitos a cumplir por los tableros de partículas, no establece una clasificación en función de la densidad pero establece una tolerancia para la variabilidad de la densidad en un tablero de 10%. En cambio, los valores de densidad obtenidos colocan a los aglomerados monocapa y tricapa en la clasificación de alta densidad (HD) según la norma ANSI A208.1 (ANSI, 1999), que establece un límite inferior de 800 kg/m^3 .

Muestra	Proporción (%)		Resina (%)		Presión (MPa)	Densidad (kg/m ³)	MOR (N/mm ²)	Hinchamiento 24 hs (%)
	CI	CE	CI	CE				
U	100		11,9		3	723,0	6,7	77,5
U	100		11,9		4,75	939,7	11,2	84,8
R	100		15,1		3	850,2	9,6	58,5
R	100		15,1		4,75	946,5	14,6	57,0
S	100		19,3		3	800,9	10,4	91,7
S	100		19,3		4,75	975,9	12,7	41,5
F		100		19,3	3,75	1043,1	17,2	43,9
G	100		11,9		3,75	976,3	16,2	56,0
Z40G-30F	40	30	11,9	19,3	3,75	1048,7	16,9	39,8
Z50G-25F	50	25	11,9	19,3	3,75	968,2	18,5	34,9
Z65G-17,5F	65	17,5	11,9	19,3	3,75	949,3	22,3	39,2

CI: capa interna, CE: capa externa

Tabla1: Propiedades físicas y mecánicas de los aglomerados

Al analizar la densidad de los aglomerados no se aprecian diferencias significativas entre las monocapa de 4,75 MPa y las monocapa de fina y gruesa de 3.75 MPa y las tricapa de 3.75 MPa. En cambio, se observa que las probetas correspondientes a monocapa de 3 MPa resultan inferiores independientemente del contenido de resina (Fig. 1). En este sentido, es posible considerar que la presión de 3 MPa resulta insuficiente para lograr una adecuada adhesión de las partículas, dejando espacios que no han podido ser llenados. De acuerdo a los resultados de las muestras ensayadas, a partir de una presión de 3.75 MPa puede considerarse que se ha logrado una mejor adhesión de las partículas que no se incrementa significativamente cuando la presión crece hasta 4.75 MPa.

De forma similar a lo observado para la densidad, para la resistencia a flexión de los aglomerados (Tabla 1) no se aprecian diferencias significativas entre las monocapa de 4,75 MPa y las monocapa de fina y gruesa de 3.75 MPa, si se toma en consideración la variabilidad de los resultados, que alcanza el 20 % para las primeras y el 15 % para las segundas. En cambio, se observa que las probetas correspondientes a monocapa de 3 MPa resultan inferiores independientemente del contenido de resina, acentuándose esta tendencia para los menores contenidos de resina.

Los aglomerados tricapa, muestran un desarrollo de resistencia a flexión inversamente proporcional a la relación de espesores de capas y por ende al porcentaje final de resina, el cual se obtiene de sumar la proporción de resina (15.1%) correspondiente a las capas externas con la de la capa central (11.9%) según sea la relación porcentual de cada placa. Este comportamiento contradice las experiencias desarrolladas por otros autores, que alcanzan mayores resistencias a medida que el espesor de la capa más densa y fina crece (Iswanto, A.H. et al. (2017); Rofii, M.N. et al. (2021); Suzuki, S. y Takeda, K. (2000)).

La norma ANSI establece que los paneles de media densidad (M 640 a 800 kg/m³) deben alcanzar una resistencia a flexión mayor o igual a 11 N/mm². De acuerdo a esta norma, los paneles clasificados como correspondientes a alta densidad (H mayor a 800 kg/m³) deben alcanzar una resistencia a flexión no menor a 16.5 N/mm² para H-1, 20.5 N/mm² para H-2 y 23.5 N/mm² para H-3. Estos requerimientos solo son cumplidos por los aglomerados tricapa, quedando habilitados para usos industriales. Por su parte, la norma IRAM establece requerimientos de resistencia a flexión condicionados por el espesor del tablero, que para espesores de 6 a 13 mm son de 11 N/mm² para aplicación en ambientes secos y de 15 N/mm² para ambientes húmedos.

Se puede observar que, en el caso de los aglomerados monocapa, sólo es posible alcanzar el valor mínimo de resistencia a flexión de 11 N/mm² en todos sus contenidos de resina para los paneles

moldeados con una presión de 4,75 MPa. En cambio, los paneles moldeados con 3MPa desarrollan resistencias cercanas, pero no logran superar el límite. Por otro lado, se observa que los aglomerados tricapa desarrollan resistencias a flexión superiores a los límites establecidos por ambas normas (Fig. 2). Este comportamiento podría atribuirse a la contribución preponderante de las capas más finas externas y a que al incrementarse el espesor de la capa de granulometría gruesa, las capas de material fino y mayor contenido de resina se encuentran más lejos del eje neutro de la sección, aumentando así el momento de inercia de la misma (Iswanto, A.H. et al. (2017); Rofii, M.N. et al. (2021); Suzuki, S. y Takeda, K. (2000)).

Por otro lado, los paneles tricapa obtienen un mejor comportamiento frente al hinchamiento y la absorción respecto a los tableros monocapa, esto es debido a que la permeabilidad de los mismos disminuye por estar conformados en sus capas exteriores por una granulometría menor que conforma una capa más densa. (Fig. 3). La norma IRAM 9723 exige para los tableros de uso en ambiente húmedo un hinchamiento luego de 24 hs de inmersión menor a 17 %, valor que es superado aún por los aglomerados tricapa. La norma ANSI, por su parte, no exige la verificación de esta propiedad para paneles de alta densidad.

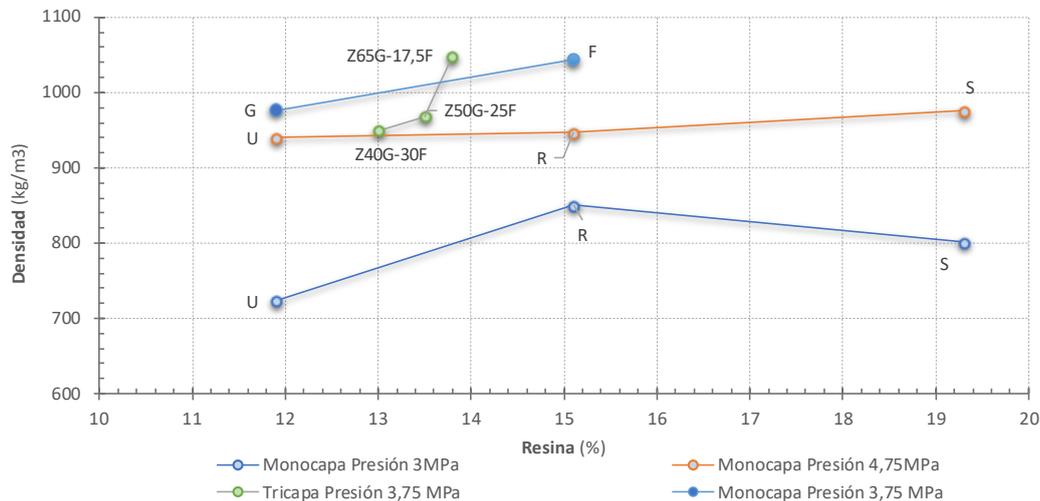


Figura 1: Densidad de los aglomerados

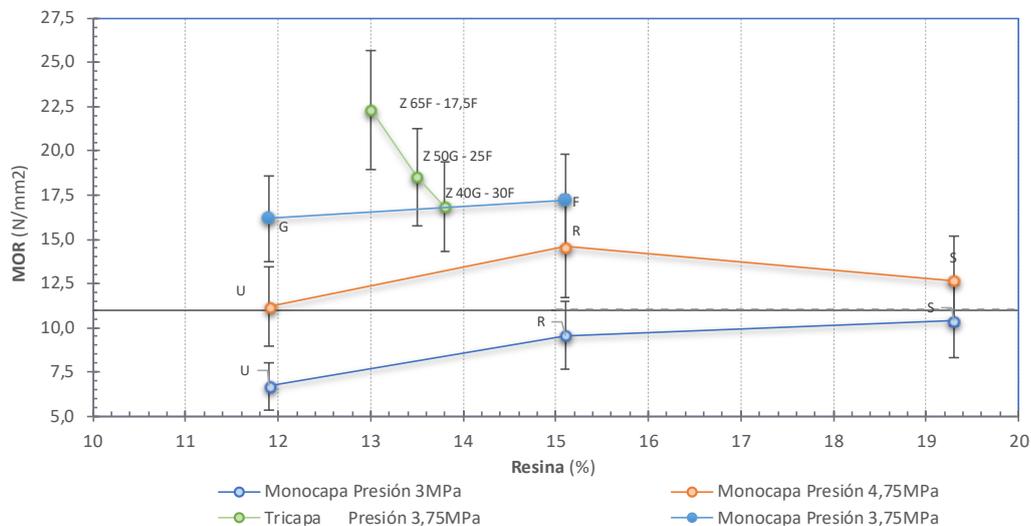


Figura 2: Resistencia a flexión de los aglomerados

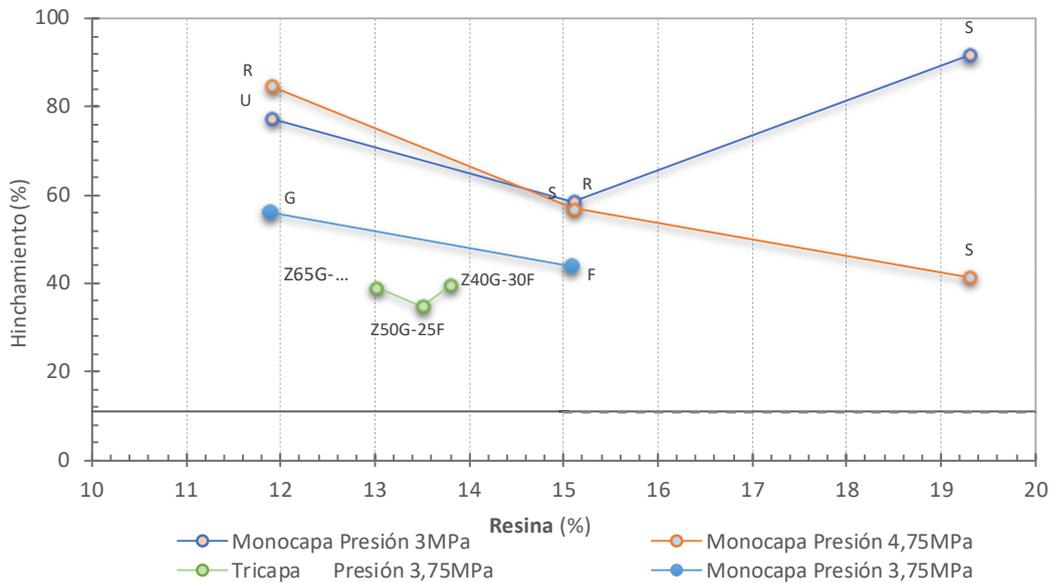


Figura 3: Hinchamiento de los aglomerados

4. Conclusiones

A partir de los resultados obtenidos en la investigación, se puede concluir que:

- Es posible producir aglomerados a partir de los residuos del desmote y resina urea-formaldehído con propiedades cercanas a tableros comerciales de media y alta densidad, cumpliendo con los requisitos mecánicos mínimos establecidos exigidos por las normas.
- Los paneles tricapa muestran mayor resistencia a flexión y menores hinchamientos que los paneles monocapa, debido a un uso más eficiente de los materiales.
- Es necesario profundizar los estudios a fin de poder comprender el comportamiento mecánico de los paneles tricapa y determinar las proporciones óptimas de material fino y grueso a combinar.
- Es necesario evaluar la incorporación de ceras que permitan controlar el hinchamiento de los paneles y posibilitar su empleo en ambientes húmedos.
- Debido a que las características del residuo provocan demandas importantes de resina para lograr un buen comportamiento físico y mecánico del aglomerado, resulta necesario evaluar los niveles de emisión de formaldehído y estudiar alternativas de reemplazo de la resina urea formaldehído por otra de mayor compatibilidad con el residuo o la incorporación de aditivos secuestrantes.

5. Reconocimiento

Este trabajo ha sido realizado bajo la dirección de la Ing. María Fernanda Carrasco en el marco del proyecto: ECTCBFE0008481TC Optimización De Aglomerados Basados En Residuos De Desmote Para Su Aplicación En Viviendas Y Mobiliarios). La concreción de este trabajo fue posible gracias a la colaboración de la desmotadora de algodón ACRIBA S.A de Villa Minetti (Santa Fe), al financiamiento de la Secretaría de Ciencia, Tecnología y Posgrado de la Universidad Tecnológica Nacional y a la colaboración del Instituto de Tecnología Celulósica de la FIQ-UNL.

6. Referencias

- ANSI 208.1. Particleboard. American National Standards Institute, 1999.
- AYERS, V. "Farmer Composting of cotton gin trash". Reprinted from the Proceedings of the Beltwide Cotton Conference. Volume 2:1615-1616, pp 1615-1616. National Cotton Council, Memphis TN (EEUU), 1997.
- CÖPÜR, Y., GÜLLER, C., AKGÜL, M., TASCIOGLU, C. (2007). Some chemical properties of hazelnut husk and its suitability for particleboard production. *Building and Environment* 42 2568–2572.
- CRAVZOV, A. L., CHOMICZAK, S., DALLA FONTANA, L., MARINICH, J. "Evaluación del uso de plaguicidas en cultivos de algodón". In: VI Reunión de Comunicaciones Científicas y Tecnológicas de la UNNE, Resistencia, Chaco (Argentina), 2000.
- CROSSAN, A., SANCHEZ BAYO, F., KENNEDY, I., BODNARUK, K. (2006). Risk of pesticide contamination in cotton seed and livestock. *The Australian cotton grower*, 27 (1), 54-56.
- DESIRELLO, C., CERINI, S., CHARADIA, R., SCALFI, R., LIBERMAN, C., STEFANI, P. M. Efecto de las condiciones de procesado sobre las propiedades mecánicas de aglomerados de cáscara de arroz. CONGRESO SAM/CONAMET 2004. UNL. Santa Fe, Santa Fe (Argentina), 2004.
- GORDON, E., KEISLING, T. C., OLIVER, L. R., HARRIS, C. (2006). Two methods of composting gin trash. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32 (3-4), 491-507.
- GÜLLER, C.; OZEN, R. (2004). Some properties of particleboards made from cotton stalks (*Gossypium hirsutum* L.). *HolzRohWerkst* 62, 40–43.
- GÜLLER, C., CÖPÜR, Y., TASCIOGLU, C. (2008). The manufacture of particleboards using mixture of peanut hull (*Arachis hypogaea* L.) and European Black pine (*Pinus nigra* Arnold) wood chips. *Bioresource Technology* 99, 2893–2897.
- GÜLLER, C. (2015). Research on the production of the composite panels from some agricultural residues. *Pro Ligno* vol. 11 (4), 187-191.
- HAKKI ALMA, M., KALAYCIOGLU, H., BEKTAS, I., TUTUS, A. (2005) Properties of cotton carpel-based particleboards. *Industrial Crops and Products* 22 141–149.
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. Censo Nacional de Población, Hogares y Vivienda 2010. http://www.censo2010.indec.gov.ar/resultadosdefinitivos_totalpais.asp.
- IRAM 9723. Tableros de partículas. Requisitos. Instituto Argentino de Normalización y Certificación, 2021.
- Iswanto, A.H.; Simarmata, J; Fatriasari, W; Azhar, I.; Sucipto, T.; Hartono, R. (2017). "Physical and Mechanical Properties of Three-layer Particleboards Bonded With UF and UMF Adhesives", *J. Korean Wood Sci. Technol.*, 45(6): 787-796.
- KHANJANZADEH, H., BAHMANI, A.A., RAFIGHI, A, TABARSA, T. (2012). Utilization of bio-waste cotton (*Gossypium hirsutum* L.) stalks and underutilized paulownia (*paulownia fortunei*) in wood-based composite particleboard". *African Journal of Biotechnology*, 11(31), 8045-8050.
- PIRAYESH, H., KHANJANZADEH, H., SALARI, A.(2013). Effect of using walnut/almond shells on the physical, mechanical properties and formaldehyde emission of particleboard. *Composites: Part B* 45, 858–863.
- Rofii, M.N.; Yumigeta, S.; Suzuki, S.; Prayitno, T.A. (2021). "Mechanical Properties of Three-Layered Particleboards Made from Different Wood Species", *Actas de 3rd INTERNATIONAL SYMPOSIUM of INDONESIAN WOOD RESEARCH SOCIETY*, Aruna Senggigi, Lombok, Indonesia, 2 de setiembre, 152-161.
- Suzuki, S.; Takeda, K. (2000). "Production and properties of Japanese oriented strand board I: effect of strand length and orientation on strength properties of sugi oriented strand board", *J Wood Sci*, 46, 289-295.