

Comportamiento de tableros conformados por partículas provenientes de residuos de desmote y resina urea formaldehído frente al agua.

Behavior of particleboard from cotton gin waste and urea formaldehyde resin against water.

Presentación: 01/10/2023

Florencia A. Benítez, Lara F. Gil, Luciano G. Massons, Joaquín A. Torres.

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

E-mail de autores: fbenitez@frsf.utn.edu.ar; lgil@frsf.utn.edu.ar; lmassons@frsf.utn.edu.ar; jatorres@frsf.utn.edu.ar

Resumen

En el nordeste argentino, se presentan inconvenientes relacionados a grandes cantidades de residuo de desmote generado en la producción de algodón. Se propone como alternativa, su empleo en la elaboración de tableros de partículas aglomerados con resina urea – formaldehído para su utilización en construcción o mobiliario. Se evaluaron tableros monocapa formados por dos granulometrías de partículas, fina y gruesa, respectivamente, diferentes contenidos de resina (entre 11,9 % y 20,6 %), presiones de moldeo que van desde 3 a 4,75 MPa y la presencia o no de un agente hidrofugante como la emulsión de parafina. Se evaluó la densidad, el hinchamiento y la absorción de las muestras, saturada durante 24 hs y secadas al aire durante 7 días. Si bien, los tableros excedieron el límite normativo para hinchamiento, emplear partículas más finas, mayores contenidos de resina y presiones de moldeo y la inclusión de parafina permite mejorar el comportamiento del material.

Palabras clave: Residuo de desmote; Resina urea - formaldehído; Tablero de partículas; Hinchamiento y absorción; Emulsión de parafina

Abstract

In northeastern of Argentina, there are problems related to large quantities of ginning residues generated in cotton production. As an alternative, its use in the production of particleboards agglomerated with urea-formaldehyde resin, for use in construction or furniture, is proposed. Monolayer boards formed by two particle sizes, fine and coarse, respectively, different resin contents (between 11,9 % and 20,6 %), molding pressures ranging from 3 to 4,75 MPa and the presence or not of a water-repellent agent such as paraffin emulsion were evaluated. The density, swelling and absorption of the samples, saturated for 24 hs and air-dried for 7 days, were evaluated. Although the particleboards exceeded the regulatory limit for swelling, the use of finer particles, higher resin contents and molding pressures and the inclusion of paraffin allow improving the behavior of the material.

Keywords: Ginning waste; Urea-formaldehyde resin; Particleboards; Swelling and absorption; Paraffin emulsion

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 (Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación, 2021). 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 habitualmente se acopia a cielo abierto siendo un espacio ideal 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 lo cual genera un impacto negativo en el cuidado ambiental, que se tiene en cuenta en la gran mayoría de las actividades que realiza el ser humano a día de hoy (Haque et al., 2021). En la actualidad, se estudia la posibilidad de utilizar los residuos de desmote de algodón en alternativas que procuren reducir su impacto negativo al medio ambiente. Por ejemplo, se evalúa su utilización como materia prima para la producción de biochar, que es un material sólido obtenido de la conversión termoquímica de biomasa en entornos con poco oxígeno, siendo su principal uso como enmienda del suelo, con la intención de mejorar las funciones del mismo y reducir las emisiones de la biomasa mediante la captura de carbono (Cervera, 2020).

Con base en otros trabajos argentinos y del mundo sobre el uso de materiales lignocelulósicos y subproductos agroindustriales, se plantea la posibilidad de producir tableros de partículas a partir de residuos del desmote de algodón y resina de urea-formaldehído (Barbirato et al., 2014; Desirello et al., 2004; Gatani et al., 2013; Güller et al., 2004; Güller et al. 2008; Güller, 2015; Pirayesh et al., 2013; Xianjun et al., 2010). Estas iniciativas se basan en el considerable aumento que ha tenido la demanda de madera y otros materiales de aglomerado a base de biomasa debido al ritmo de crecimiento demográfico, que generará un gran desequilibrio entre oferta y demanda y, en consecuencia, las fibras alternativas como las agrofibras y otras fibras vegetales jugarán un papel importante en relación a esta industria (Alma et al., 2005). Con el fin de dar respuesta a los problemas derivados de la producción y acumulación de residuos del desmote de algodón y contemplar la posibilidad de utilizarlos como materia prima para la producción de aglomerados en sustitución de la madera, en este artículo se presentan algunos avances de las investigaciones realizadas a partir de estos desechos y resina de urea formaldehído.

En Argentina, los requisitos para los tableros de partículas están establecidos en la norma IRAM 9723 (Instituto Argentino de Normalización, 2012). En esta norma se definen requerimientos para tableros para uso en ambientes secos y tableros para uso en ambiente húmedo, para los cuales se especifica un valor de hinchamiento máximo que depende del espesor del tablero y que se mide de acuerdo al método establecido en la norma IRAM 9720 (Instituto Argentino de Normalización, 1999).

Se estudiaron paneles variando el tamaño de partícula (fina y gruesa), los porcentajes de resina (entre 11,9 % y 20,6 %), las presiones de moldeo entre 3 a 4,75 MPa y la incorporación de parafina como hidrofugante. Se evaluó el comportamiento de estos aglomerados frente al agua y se midió la densidad, el hinchamiento y la absorción luego de inmersión de 24 hs y luego de secado al aire durante 7 días.

Metodología

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.

El residuo en estado natural se trituró en un molino de grano 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 eliminó la fracción pasante del tamiz N° 30, que se compone principalmente de polvo, y la fracción retenida en el tamiz de ½” (12,5 mm) que se trata en su totalidad de fibras de algodón con partículas enredadas. Luego de esta primera molienda y tamizado, se procedió a una segunda molienda del material utilizando una criba de 3,5 mm, obteniendo una distribución de partículas más uniforme con un tamaño máximo de 4,75 mm. Se moldearon tableros monocapa con ambas granulometrías por separado, definiendo como gruesa la primera mencionada y fina a la segunda, respectivamente.

A una porción de cascarilla gruesa se adicionaron 0,3 ml/g de emulsión de parafina y a una porción de cascarilla fina se adicionaron 1 ml/g de la misma emulsión.

Luego del proceso de molienda y separado de muestras con y sin parafina, 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 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 g/cm³, 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.

Tal como se indica en la Tabla 1, en el caso de 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; 19,3 y 20,6 % para una presión de moldeo de 3,00 MPa y entre 11,9; 15,1 y 19,3 % para una presión de moldeo de 3,75 y 4,75 MPa. Para el caso de tableros con emulsión de parafina, se utilizó una proporción de resina de 15,1 % con una presión de moldeo de 3,75 MPa. 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 la presión deseada con una temperatura de 150 °C en ambos platos durante 5 minutos, obteniendo tableros de dimensiones nominales de 250 x 250 x 8 ± 2 mm.

A los aglomerados se les determinó la densidad (Instituto Argentino de Normalización, 2001) y el hinchamiento por inmersión en agua durante 2 horas (Instituto Argentino de Normalización, 1999). Adicionalmente, se determinó la absorción de agua de los aglomerados comparando el incremento entre el peso seco y el peso después de la inmersión durante 2 horas. El hinchamiento y la absorción se determinaron también luego de un secado al aire de 7 días, posterior al periodo de inmersión.

Resultados y discusión

En la Tabla 2 se observan los valores promedio de densidad, hinchamiento y absorción obtenidos para los aglomerados elaborados.

La norma IRAM 9723 (Instituto Argentino de Normalización, 2012), 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 %.

Identificación	Tipo de residuo	Contenido de resina %	Presión de moldeo (MPa)	Dosis de parafina
P#1/2 R#N30 3 MPa	Grueso	11,9	3,00	
P#1/2 R#N30 3 MPa	Grueso	19,3	3,00	
P#1/2 R#N30 3 MPa	Grueso	20,6	3,00	
P#1/2 R#N30 3,75 MPa	Grueso	11,9	3,75	
P#1/2 R#N30 3,75 MPa	Grueso	15,1	3,75	
P#1/2 R#N30 4,75 MPa	Grueso	11,9	4,75	
P#1/2 R#N30 4,75 MPa	Grueso	15,1	4,75	
P#1/2 R#N30 4,75 MPa	Grueso	19,3	4,75	
P#1/2 R#N30 Remolido 3,75 MPa	Fino	15,1	3,75	
P#1/2 R#N30 Remolido 3,75 MPa	Fino	19,3	3,75	
P#1/2 R#N30 Remolido + Parafina	Fino	15,1	3,75	Sí
P#1/2 R#N30 + Parafina	Grueso	15,1	3,75	Sí

Tabla 1 - Composición de tableros estudiados

Identificación	Densidad $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	Hinchamiento a 24hs[%]	Absorción a 24hs[%]	Hinchamiento a 7 días[%]	Absorción a 7 días[%]
P#1/2 R#N30 3 MPa	723,0	77,5	138,9	13,9	0,5
P#1/2 R#N30 3 MPa	800,9	86,7	123,7	9,9	3,1
P#1/2 R#N30 3 MPa	850,2	58,5	85,1	12,9	-0,4
P#1/2 R#N30 3,75 MPa	957,7	82,4	69,8	39,8	-5,4
P#1/2 R#N30 3,75 MPa	960,2	52,9	59,6	36,2	-6,5
P#1/2 R#N30 4,75 MPa	939,7	84,8	105,9	29,1	7,2
P#1/2 R#N30 4,75 MPa	946,5	57,0	74,7	14,6	0,1
P#1/2 R#N30 4,75 MPa	892,8	41,5	70,1	11,7	-0,4
P#1/2 R#N30 Remolido 3,75 MPa	1034,2	52,4	64,1	51,1	-9,1
P#1/2 R#N30 Remolido 3,75 MPa	1030,9	31,9	41,5	21,0	-2,9
P#1/2 R#N30 Remolido + Parafina	1161,3	33,9	21,9	19,8	-3,9
P#1/2 R#N30 + Parafina	856,7	70,4	49,5	42,6	-2,1

Tabla 2 - Propiedades de los tableros evaluados

En base a los resultados obtenidos (Figura 1), la densidad de los aglomerados no presentó cambios significativos con el incremento del contenido de resina ni debido al cambio en la granulometría de las partículas, para las muestras elaboradas con presiones de 3,75 y 4,75 MPa, cuyos valores se encuentran para los tableros sometidos a presión de 3,75 MPa en el rango de 957,7 a 1034,2 kg/m³ y a 4,75 en el rango de 892,8 a 939,7kg/m³. Para las muestras elaboradas con 3,00 MPa de presión de moldeo, se observa que las densidades resultaron menores, para todos los contenidos de resina, en el rango de 723,0 a 850,2 kg/m³. Para las muestras que incorporan parafina, las densidades resultaron de 856,7 kg/m³ para los tableros elaborados con el residuo grueso y de 1161,3 kg/m³ para aquellos elaborados con el residuo más fino.

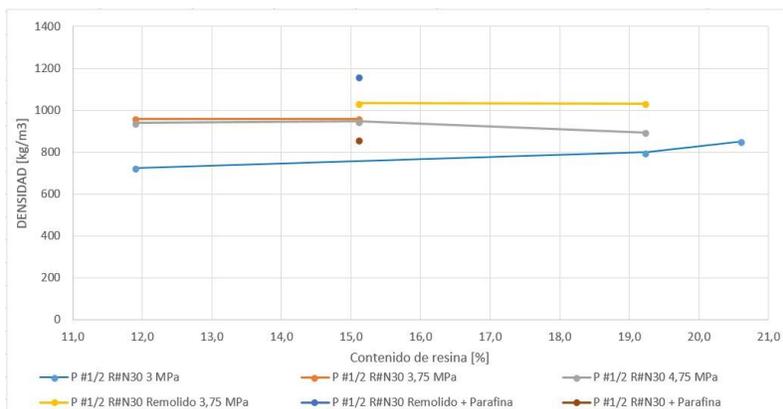


Figura 1 – Densidad vs Contenido de Resina

El hinchamiento a 24 hs (Figura 2) de las muestras elaboradas con residuo grueso se ubicó entre 41,5 y 86,7 %, para presiones de 3; 3,75 y 4,75 MPa de presión de moldeo. Las muestras fabricadas con presiones de moldeo de 3,75 y 4,75 MPa mostraron una tendencia decreciente al incrementarse el contenido de resina, en tanto que esta tendencia no se verificó para las muestras fabricadas con 3 MPa de presión de moldeo. La absorción a 24 hs (Figura 3) de las muestras elaboradas con residuo grueso se ubicó entre 59,6 y 138,9 %, para presiones de 3; 3,75 y 4,75 MPa de presión de moldeo. Las muestras fabricadas con presiones de moldeo de 3,75 y 4,75 MPa tuvieron menor absorción al incrementarse el contenido de resina, en tanto que esta tendencia no resultó clara para las muestras fabricadas con 3 MPa de presión de moldeo. Este comportamiento difirió del observado en investigaciones en las que los paneles están fabricados a partir de otros residuos lignocelulósicos y resinas, para los cuales presiones de moldeo entre 2,4 y 3,5 MPa permitieron lograr un comportamiento satisfactorio [11,17, 20, 31, 36].

En el caso de las muestras elaboradas con el residuo fino, las muestras fueron moldeadas con presiones de 3,75 MPa. Para estos tableros, el incremento del contenido de resina se tradujo en una disminución del hinchamiento (52,4 % para contenido de resina de 15,1 % y 31,9 % para contenido de resina de 19,3 %) y la absorción a 24 hs (41,5 % para contenido de resina de 15,1 % y 64,1 % para contenido de resina de 19,3 %). Ambos parámetros mostraron un mejor desempeño para los tableros de partículas finas, en comparación con los tableros de partículas gruesas. Las partículas finas, que tienen superficies planas, desarrollaron mejores contactos y adherencia entre ellas y la resina, permitiendo que la estructura de la placa fuera más compacta y homogénea. Las partículas más gruesas, de geometría cóncava e irregular, produjeron aglomeraciones locales y puntos de contacto aislados, produciendo placas menos homogéneas. Estas diferencias en la estructura obtenida con partículas gruesas y finas explican las diferencias observadas en el comportamiento de las placas (Cosereanu et al., 2015). Los tableros con partículas más gruesas tuvieron mayores valores de absorción de agua, lo que puede explicarse por la porosidad provocada por la concavidad y por la variedad de formas de residuos del desmote. Los tableros elaborados con partículas finas, en toda su masa o en las capas exteriores, tuvieron menor absorción de agua y menores valores de hinchamiento, lo que se debió a una mayor compactación y menor humectabilidad. Se obtuvieron resultados similares para otros residuos lignocelulósicos (Güller et al. 2008; Güller, 2015; Pirayesh et al., 2013; Suzuki et al., 2000; Iswanto et al., 2017).

En todos los casos, el hinchamiento y la absorción, luego de 7 días de secado al aire (Figuras 4 y 5), se redujeron drásticamente. El hinchamiento a 7 días de las muestras elaboradas con 3 MPa de presión de moldeo se ubicó siempre en entornos inferiores a las demás muestras. Para las muestras elaboradas con partículas gruesas el hinchamiento a 7 días resultó: para 3 MPa entre el 9,9 a 13,9 %, para 3,75 MPa entre 36,2 y 39,8 % y para 4,75 MPa entre 11,7 a 29,1 %. En estos paneles, la absorción a 7 días resultó siempre inferior al 8,0 %. Para los tableros elaborados con partículas finas el hinchamiento a 7 días resultó entre 21,0 y 51,1 % y la absorción a 7 días negativa.

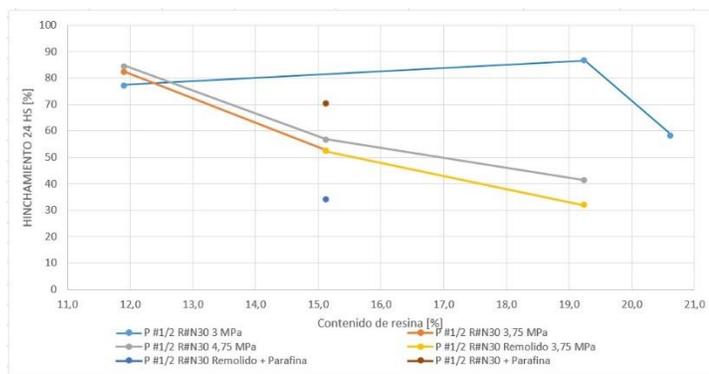


Figura 2 – Hinchamiento a 24hs de Inmersión en agua vs Contenido de Resina

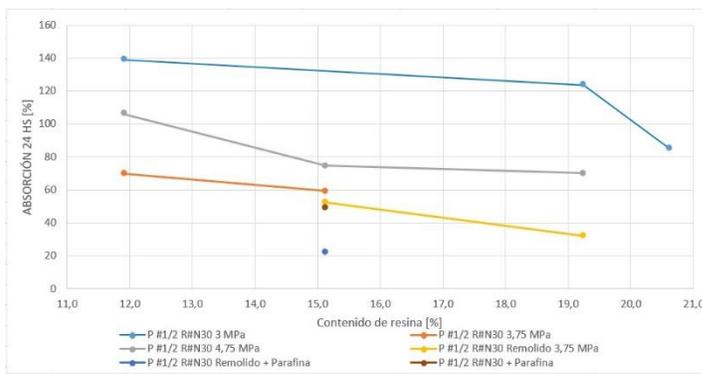


Figura 3 – Absorción a 24hs de Inmersión en agua vs Contenido de Resina

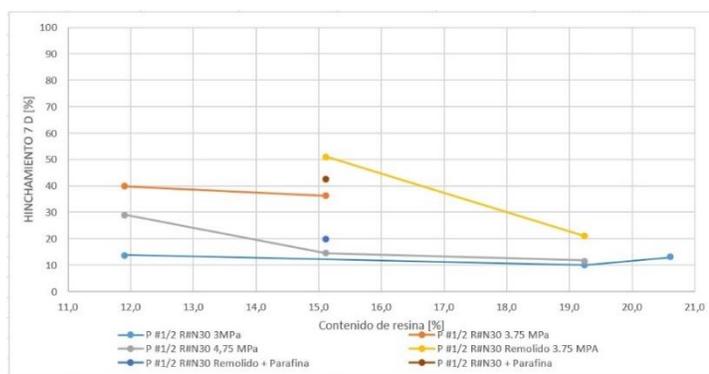


Figura 4 – Hinchamiento a 7d de secado al aire vs Contenido de Resina

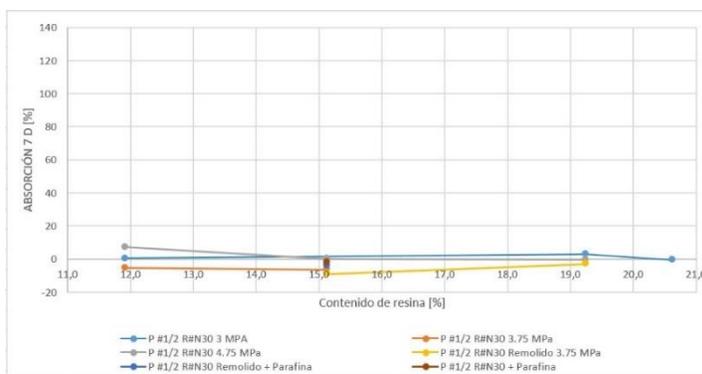


Figura 5 – Absorción a 7d de secado al aire vs Contenido de Resina

La incorporación de parafina a las muestras mostró un efecto significativo para los tableros elaborados con partículas finas tanto en lo que respecta al hinchamiento como a la absorción, no obstante, para las muestras elaboradas con partículas gruesas, si bien se redujo la absorción de agua, esto no se tradujo en una mejora en el hinchamiento.

En todos los casos, las mediciones de hinchamiento presentaron una variabilidad importante debido a la complejidad para medir los espesores luego de la inmersión en agua motivada por las deformaciones no uniformes que experimentaron las muestras, especialmente en el caso de los aglomerados de partículas gruesas.

Los resultados mostraron que no fue posible cumplir con el límite de 17,0 % establecido para el hinchamiento a 24 hs por la norma IRAM 9723 (Instituto Argentino de Normalización, 2012) para tableros para uso en ambientes húmedos a pesar de la reducción en el tamaño de partículas, el incremento en el contenido de resina y la incorporación de parafina.

Conclusiones

En función de los resultados obtenidos, fue posible concluir que se puede producir tableros de partículas utilizando residuo de desmote y resina urea-formaldehído, para los cuales el incremento en la finura de las partículas y el incremento en el contenido de resina permiten mejorar sus propiedades. Simultáneamente, la incorporación de parafina se mejora el comportamiento ante el agua, absorción e hinchamiento, ya que al ser solo un recubrimiento superficial de las partículas, no influye en la matriz de resina, por lo que se considera que el hinchamiento se debe a la debilitación de la misma que es hidrosoluble.

No obstante, dado que ninguno de los paneles evaluados cumplió el requisito de hinchamiento establecido por la norma IRAM 9723 para el uso en ambientes húmedos, se debe restringir su uso al empleo en ambientes secos.

Si se pretende extender el uso de los paneles a ambientes húmedos será necesario controlar más eficientemente la morfología de las partículas mediante el proceso de trituración y redefinir la incorporación de productos hidrofugantes, tales como las emulsiones de parafina.

Referencias

- Alma, M.H.; Kalaycioglu, H.; Bektas, I.; Tutus, A. (2005) Properties of cotton carpel-based particleboards. *Industrial Crops and Products*, 22 141–149. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2004.08.001>
- Barbirato, G.; Fiorelli, J.; Barrero, N.G.; Agnolon Pallone, E.M.J.; Rocco Lahr, F. A.; Christoforo, A.L.; Savastano Jr. H. (2014). Painei aglomerado híbrido de casca de amendoim reforçado com partículas de madeira Itaúba. *Ciência Florestal*, 24(3), 685-697. <https://doi.org/10.1590/1980-509820142403016>
- Cervera, M.S. (2020). *Evaluación del uso del residuo de desmote de algodón como materia prima para la producción de biochar en Argentina*. (Trabajo Fin de Máster Inédito). Universidad de Sevilla, Sevilla.
- Cosereanu, C.; Brenci, L.; Zeleniuc, O.; Fotin, A. (2015). Effect of particle size and geometry on the performance of single-layer and three-layer particleboard made from sunflower seed husks, *BioResources* 10(1),1127-1136. <https://doi.org/10.1016/10.15376/biores.10.1.1127-1136>
- 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.
- Gatani, M.P.; Fiorelli, J.; Medina, J.C.; Arguelo, R.; Ruiz, A.; Nascimento, M.F.; Savastano Jr., H. (2013). Viabilidade técnica de produção e propriedades de painéis de partículas de casca de amendoim. *Revista Matéria*, 18 (2), 1286-1293. <https://doi.org/10.1590/S1517-70762013000200004>
- Güller, C.; Ozen, R. (2004). Some properties of particleboards made from cotton stalks (*Gossypium hirsutum* L.). *European Journal of Wood and Wood Products*, 62, 40–43. <https://doi.org/10.1007/s00107-003-0439-9>
- Güller, C., Cöpur, Y., Tascioglu, C. (2008). The manufacture of particleboards using mixture of peanut hull (*Arachis hypoqaea* L.) and European Black pine (*Pinus nigra* Arnold) wood chips. *Bioresource Technology*, 99, 2893–2897. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.06.013>
- Güller, C. (2015). Research on the production of the composite panels from some agricultural residues. *Pro Ligno*,11 (4), 187-191.
- Haque, A.N.M.A, Remadevi, R. Naebe, M. (2021). A review on cotton gin trash: Sustainable commodity for material fabrication. *Journal of Cleaner Production* 281, 125300. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.125300>
- Instituto Argentino de Normalización. (2001). Tableros derivados de la madera. Determinación de la densidad (IRAM 9705).
- Instituto Argentino de Normalización. (1999). Tableros de partículas y tableros de fibras. Determinación del hinchamiento del espesor después de inmersión en agua (IRAM 9720).
- Instituto Argentino de Normalización. (2012). Tableros de partículas. Requisitos (IRAM 9723).
- 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”, *Journal of the Korean Wood Science and Technology*, 45(6): 787-796. <https://doi.org/10.5658/WOOD.2017.45.6.787>
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca de la Nación. (Enero 2021). *Situación del algodón en la Argentina - Informe campaña 19/20 - Comité Consultivo Internacional del Algodón*. https://icac.org/Content/EventDocuments/PdfFilesf65365a1_cdae_46a2_ba9b_45d0295f4137/Argentina-2020_spanish.pdf
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2012.05.008>
- Scatolino, M.V.; Protásio, T.P.; Souza, V.M.; Farrapo, C.L.; Guimarães Junior, J.B.; Soratto, D.; Farinassi Mendes, R.; Mendes, L.M. (2019). Does the Addition of Cotton Wastes Affect the Properties of Particleboards?. *Floresta e Ambiente*, 26(2): e20170300. <https://doi.org/10.1590/2179-8087.030017>
- 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”, *Journal of Wood Science*, 46, 289-295. <https://doi.org/10.1007/BF00766219>
- Xianjun, L., Zhiyong, C., Winandy, J.E., Basta, A.H. (2010). Selected properties of particleboard panels manufactured from rice straws of different geometries. *Bioresource Technology*, 101, 4662–4666.

<https://doi.org/10.1016/j.biortech.2010.01.053>