

Caracterización de cáscara de maní procedente de la provincia de Córdoba, Argentina

Paula Vanesa Jiménez¹
 Dimas Agostinho da Silva²
 Maximiliano Umlandt³
 Mariana Gatani⁴
 Juan Carlos Medina⁵

RESUMEN

Se realizó la caracterización físico-química, macroscópica y granulométrica de la cáscara de maní, residuo de la industria manisera de la provincia de Córdoba, Argentina, con el fin de evaluar su aptitud tecnológica hacia su uso en productos con mayor valor agregado. Se determinaron contenido de humedad, densidad básica, contenido de celulosa, lignina, cenizas, extractivos, volátiles, carbono fijo y poder calorífico, según procedimientos establecidos por Normas TAPPI, ASTM, ABTN y DIN. Por cada tipo de análisis se realizaron tres repeticiones. Los resultados mostraron valores de ceniza (2,92%), lignina (34%) y celulosa (42,62%) comparables con los encontrados en la literatura; por el contrario, los valores de extractivos (3%) y carbono fijo (22,33%) resultaron algo menores. A partir de los valores encontrados se infiere que este material residual podría ser usado como combustible (PC 4533 kcal/kg), en usos agroindustriales (fertilizantes, alimentos, compost) y en mezclas con otros materiales para la elaboración de paneles.

ABSTRACT

The physico-chemical, macroscopic and granulometric characterization of peanut shell was made, residue from manufactory industry of the province of Córdoba, Argentina, in order to evaluate its technological aptitude towards its use in products with greater added value. Moisture content, basic density, cellulose content, lignin, ash, extractive, volatile, fixed carbon and calorific power were determined, according to TAPPI, ASTM, ABTN and DIN standards. For each type of analysis, three repetitions were made. The results showed for the samples of this origin values of ash (2.92%), lignin (34%) and cellulose (42.62%) comparable with those found in the literature; as for the values of extractives (3%) and fixed carbon (22.33%), these were somewhat lower. It is inferred with the found values that this residual material could be used as fuel (PC 4533 kcal / kg), in agroindustrial uses (fertilizers, food, compost) and in mixtures with other materials for the elaboration of particle boards.

PALABRAS CLAVES

Valor agregado; Análisis físico-químico; Residuo; Tablero aglomerado.

¹ E-mail: paulavanesajimenez@gmail.com. CONICET. Facultad de Cs Forestales. Universidad de Sgo del Estero

² E-mail: dimass@ufpr.br. Depto. de Engenharia e Tecnologia Florestal. Universidade Federal do Paraná. Brasil

³ E-mail: maximiliano.umlandt@gmail.com. Universidad Nacional de Santiago del Estero

⁴ E-mail: mgatani@faudi.unc.edu.ar. Centro de Investigaciones y Transferencia de Villa María - Córdoba Centro Científico Tecnológico CONICET – Córdoba

⁵ E-mail: jmedina@unse.edu.ar. Facultad de Ciencias Forestales. Universidad Nacional de Santiago del Estero

INTRODUCCIÓN

El maní (*Arachis hypogaea*) es una planta anual herbácea, de la familia de las Leguminosae, Lavia [1]. Es originaria de América del Sur y crece durante el verano, germina en primavera y madura en el otoño del mismo año, Rago *et al.* [2]. Según un informe realizado por el Ministerio de Agroindustria de la Nación Argentina [3], la USDA (United States Department of Agriculture), informa una producción mundial de maní de alrededor de 45,5 millones de toneladas (2017/2018), esta producción es liderada por China (41% de la producción total), seguida por India (11% del total), quienes además son grandes consumidores, Gatani *et al.* [4] y Pellegrino [5]. La tercera parte de esta cantidad corresponde a la cáscara o caja, esto deja alrededor de 13,6 millones de toneladas de cáscaras de maní como residuo en el mundo.

Actualmente, Argentina es uno de los principales proveedores de maní en el mercado mundial, participa con un 2 % de la producción mundial de maní con cáscara, exporta el 80% de su producción y es reconocido por los mercados europeos y americanos, como un país líder en esta cultura por la calidad de sus granos, Gatani *et al.* [4] y Pellegrino [5]. Su producción se concentra en las provincias de Córdoba (90%), La Pampa (4,56%), San Luis (4,2%) y con producciones marginales (1%) en departamentos de Salta, Buenos Aires, Santa Fe y Jujuy, Pellegrino [5] y Blengino [6]. El Departamento de Información Agroeconómica de La Bolsa de Cereales de Córdoba, en su tercera estimación sobre la producción manisera de la campaña 2016/2017 para las provincias de Córdoba, La Pampa y San Luis, informó una producción total de maní en caja de 1.288.300 toneladas, la tercera parte de esa cantidad corresponde a la cáscara (alrededor de 429 mil toneladas). Habitualmente se la quema a cielo abierto o se la usa como combustible para caldera, entre 2.000 y 3.000 toneladas anuales se utilizan para la producción de carbón activado, otro uso que se le da es para la generación de energía eléctrica a partir de

un 65-70% de cáscara de maní y un 30-35% de cáscara de girasol, en menor proporción es utilizada como agregado en alimento balanceado y camada de aves, Keller [7] y Granero *et al.* [8]. Considerada un residuo agroindustrial, la cáscara de maní disponible en el país constituye un recurso abundante y accesible para el desarrollo de productos reciclados, Gatani *et al.* [4].

Biswas *et al.* [9], afirman que la fabricación de productos con valor agregado a partir de desechos de madera o materiales fibrosos no madereros juega un papel importante en el desarrollo económico y la conservación de los recursos forestales de cualquier país. Con respecto a esto, en el presente trabajo se realizó la caracterización físico-química, macroscópica y granulométrica de la cáscara de maní, residuo procedente de la industria manisera de la provincia de Córdoba, Argentina, con el fin de evaluar su aptitud tecnológica hacia su uso en productos con mayor valor agregado, especialmente en la industria del aglomerado.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se llevó a cabo en el laboratorio de Química de la Madera - laboratorio de Energía de Biomasa, pertenecientes al Instituto de Tecnología de la Madera - Facultad de Ciencias Forestales, Universidad Nacional de Santiago del Estero, Argentina y en el laboratorio de Energía de Biomasa de la Universidad Federal de Paraná, Curitiba, Brasil.

Colecta y preparación del material

Para llevar a cabo este trabajo se utilizó cáscara de maní proveniente de la manisera Maglione Hnos. & CÍA. S. A. ubicada en la localidad de Las Junturas, Córdoba, Argentina. En esta empresa se llevó a cabo la mezcla y homogeneización del material, se realizó un muestreo por lotes y se tomó una muestra representativa de la cual se separaron tres submuestras. Parte de las muestras seleccionadas fueron astilladas, secadas a temperatura ambiente, molidas en molino

(Wiley) y tamizadas para obtener partículas entre 0,4 mm - 0,6 mm, posteriormente se guardaron en bolsas de polietileno para su conservación y posterior análisis químico.

Granulometría

Para este análisis se utilizaron 150 g. de cáscara de maní y 7 tamices con luces de malla (w): 20 mm; 5 mm; 2 mm, según normas DIN 4188 [10]; y 1,68 mm; 0,40 mm; 0,25 mm; 0,15 mm conforme normas ASTM E11/95 [11].

Caracterización macroscópica

Para la caracterización macroscópica del material se utilizó un microscopio digital DM 39 Motic 2.0.

Análisis físico y químico

La determinación de la densidad básica aparente se realizó conforme la norma brasilera NBR 11941 [12]. Se determinó la masa de la muestra por medio de pesadas en balanza analítica y el volumen mediante un dispositivo cilíndrico graduado de diámetro conocido (Figura 1). El cálculo de la densidad básica se efectuó de acuerdo a la ecuación (1):

$$\text{Densidad aparente} \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \right) = \frac{(100-H) \times M}{\frac{[(A1) + A2] \times Ar}{2}} \quad (1)$$

H: humedad, %.

M: masa, kg.

A: altura, m.

Ar.: área de la circunferencia, m².



Figura 1: Dispositivo cilíndrico utilizado para la determinación de volumen de cáscara de maní.

Por cada tipo de análisis se realizaron tres repeticiones. El contenido de humedad se estableció por medio del método en estufa, siguiendo lo establecido en la norma TAPPI T 12 os-75 [13]. Para ello se pesaron 2 g de muestra, se colocaron en estufa a 105 ± 3 °C durante 2 hs, se dejaron enfriar en desecador y se pesaron. Este procedimiento se repitió hasta obtener una masa constante. El porcentaje de humedad se obtuvo mediante la ecuación (2):

$$H (\%) = \frac{(P_u - P_s)}{P_u} \times 100 \quad (2)$$

H%: humedad, %.

P_u: muestra húmeda, g.

P_s: muestra seca, g.

Los extraíbles fueron determinados como solubles en alcohol-benceno (1:2) según TAPPI T 204 cm-07 [14]; solubles en agua fría y caliente según TAPPI T 207 cm-08 [15] y solubles en hidróxido de sodio al 1% según TAPPI T 212 om-12 [16]. Para determinar la cantidad total de sustancias extraíbles de cáscara de maní se aplicó una extracción sucesiva sólido-líquido en equipo Soxhlet. El extracto obtenido se colocó en un desecador,

con gel de sílice como agente desecante, hasta peso constante. El contenido de extraíbles para cada disolvente se calculó de acuerdo a la ecuación (3):

$$\text{Solubilidad (\%)} = \frac{(A-B)}{A} \times 100 \quad (3)$$

A: muestra seca, g.

B: muestra extraída, g.

El contenido de lignina (Lignina Klason) se determinó de acuerdo a la norma TAPPI T 222 om-11 [17]. Para muestras de 1 g. de cáscara de maní libre de extraíbles se calculó el contenido de lignina siguiendo la ecuación (4):

$$\text{Lignina (\%)} = \frac{A}{W} \times 100 \quad (4)$$

A: lignina seca, g.

W: muestra seca libre de extractivos, g.

El contenido de celulosa se obtuvo mediante el método Seifert. Se trataron muestras de 1 g. con mezcla de acetilacetona, ácido clorhídrico y dioxano por media hora en un matraz a baño maría con refrigerante a reflujo. El material resultante se lavó con varios solventes y se secó hasta obtener masa constante.

El contenido de cenizas se determinó según TAPPI T 211 om-12 [18]. Se colocaron muestras de 3 g. en mufla a $550 \pm 25^\circ\text{C}$. Las cenizas se dejaron enfriar en desecador y se pesaron. El cálculo se realizó de acuerdo a la ecuación (5):

$$\text{Cenizas (\%)} = \frac{(Pac - Pc)}{Pas} \times 100 \quad (5)$$

Pac: ceniza + crisol, g.

Pas: muestra seca, g.

Pc: crisol, g.

Se establecieron valores de volátiles, carbono fijo y poder calorífico de acuerdo a las normas ASTM D1762-84 [19], ASTM D240-17 [20] y DIN 51900-1 [21], respectivamente. El contenido de volátiles se calculó como se

muestra en la ecuación (6) y el contenido de carbono fijo se estimó de acuerdo a la ecuación (7).

$$\text{Volátiles (\%)} = \frac{(A - Q)}{A} \times 100 \quad (6)$$

A: muestra seca, g.

Q: coque, g.

$$\text{Carbono fijo (\%)} = \frac{(Q - C)}{A} \times 100 \quad (7)$$

Q: coque, g.

C: cenizas, g.

A: muestra seca, g.

Para determinar el poder calorífico superior, se colocaron muestras de 0,5 g. de cáscara en bomba calorimétrica, ubicada en un calorímetro adiabático (IkaWerke C5003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Granulometría

La Figura 2 muestra los porcentajes de cáscara de maní obtenidos en el análisis granulométrico, allí se puede observar que la mayor cantidad de cáscara presenta un tamaño entre 5 – 20 mm (72%) y entre 2 – 5 mm (19%), este último tamaño se debe principalmente a las quebraduras que sufre el material durante su manipulación y transporte.

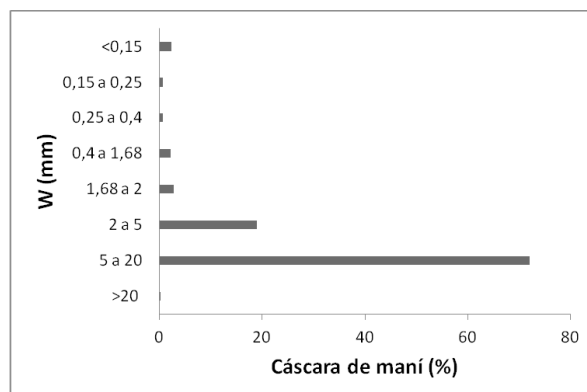


Figura 2: Granulometría de la cáscara de maní.

Caracterización macroscópica

La cáscara de maní presenta una superficie externa rugosa, delgada y frágil; por debajo de ella se ubica una malla de estructura más fibrosa que actúa como material de soporte

de esta primera capa, (Figura 2: A). Esta estructura en red se encuentra adherida a una segunda capa, situada en la parte interna de la cáscara, esta capa tiene una superficie más lisa y compacta, con un aspecto más poroso y un color más claro (Figura 2: B). El tamaño de la cáscara es variable y se encuentra en función de la cantidad de granos que ésta pueda alojar (entre 17 – 50 mm), y posee un espesor promedio de 0,75 mm. Debido a su geometría cóncava, la cáscara permite que una gran cantidad de aire se aloje en su interior dando por resultado un bajo peso específico. Apreciaciones que concuerdan con lo expuesto por Bieak y George [22]; Gatani y Arguello [23] y Gatani *et al.* [24].

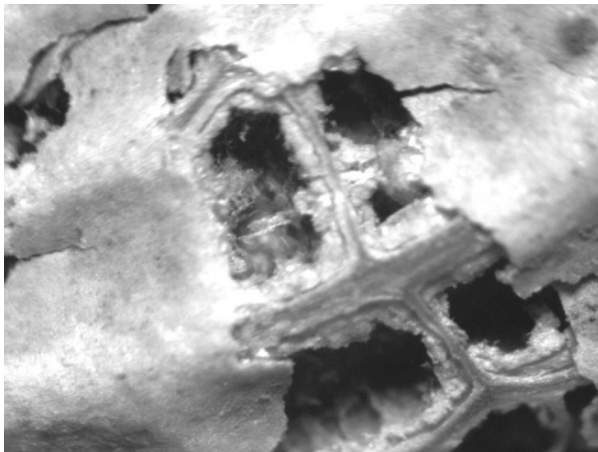


Figura 2: A) Aspecto de la superficie externa (2X) y B) aspecto de la capa interna de la cáscara de maní (2X).

Análisis físico y químico

La Tabla 1 presenta las características físicas y químicas de la cáscara de maní obtenidas en este trabajo comparadas con las encontradas en la literatura consultada. Como se puede observar, las muestras de cáscara de maní procedentes de la provincia de Córdoba poseen valores de ceniza (2,92%), lignina (34%), celulosa (42,62%) y poder calorífico comparables con los encontrados en la literatura sobre cáscara de maní de otras regiones del mundo; en cuanto a los valores de extractivos (3%) y carbono fijo (22,33%), éstos resultaron algo menores. Estos últimos valores eran de esperarse ya que de acuerdo

a Woodroof [25] la composición química de un agregado vegetal depende de la variedad, la región y el clima donde se cultiva. Como existen variedades de maní esto influye en la diversidad y cantidad porcentual de algunos de los componentes químicos de la cáscara, Gatani *et al.* [24].

Con respecto al poder calorífico obtenido (4533 kcal/kg), éste se encuentra con valores superiores a los indicados por la Subsecretaría de Energía Eléctrica Argentina (2008) [26], para residuos lignocelulósicos (3.000– 3.500 kcal/g) como productos atractivos para aprovechamiento energético, lo cual muestra que es un material en términos de esta propiedad con valores aceptables para ser usado como combustible.

De acuerdo al contenido de ceniza alcanzado, la cáscara de maní puede ser utilizada como fertilizante para suministro de macro y micro elementos al suelo al igual que lo sugieren Novak *et al.* [27].

Debido a su contenido de fibras también puede ser empleada como compost y como complemento para alimento vacuno, equino, porcino, etc.

Conforme a los valores de lignina encontrados (componente ligante), este material puede ser usado en mezcla con otros materiales lignocelulósicos para ser empleado en la fabricación de paneles, tal como lo recomiendan Machado Cravo *et al.* [28], Barbirato *et al.* [29] y Guler *et al.* [30].

De acuerdo a la densidad aparente calculada (49,26 kg/m³) a 10,45 % de humedad, la cáscara de maní es un material muy liviano, Gatani *et al.* [24] señalan que su bajo peso específico se debe además a su geometría cóncava que permite el alojamiento de importante cantidad de aire en su interior.

Tabla 1: Constituyentes químicos de la cáscara de maní obtenidos en este estudio, comparados con los encontrados en la bibliografía.

Constituyentes	Lig. ¹ (%)	Cel. ² (%)	Ext. ³ (%)	Cen. ⁴ (%)	Volát. ⁵ (%)	CF ⁶ (%)	PC ⁷ (kcal/ kg)	H. ⁸ (%)	DA ⁹ (kg/ m ³)
Hoffponir [31]	-	-	-	11,2	-	-	-	-	-
Giller y Silvetri [32]	-	68,8	-	4,2	-	-	-	-	-
Woodroof [25]	27,0	35,0	14,0	2	-	-	-	-	-
Yeboha <i>et al.</i> [33]	33,0	45,0	-	4	-	33,5	-	-	-
Fasina [34]	-	-	-	2,9	-	50,6	4585	-	-
Guler <i>et al.</i> [30]	28,0	42,5	18,0	-	-	-	-	-	-
Akgul y Tozluoglu [35]	28,0	-	18,0	-	-	-	-	-	-
Oliveira <i>et al.</i> [36]	36,1	44,8	-	-	-	-	-	-	-
Boonmee [37]	35,2	22,1	-	-	-	-	-	-	-
Gurevich Messina <i>et al.</i> [38]	-	-	-	5,9	73,6	20,5	-	-	-
Jaishankar <i>et al.</i> [39]	28,0	37,0	-	-	-	-	-	-	120-140
Nisamaneenate <i>et al.</i> [40]	-	-	-	5,9	65,6	17,3	4175	-	-
Resultados	34,0	42,6	3,0	2,9	74,1	22,3	4533	10,4	49,26

(1) Lignina; (2) celulosa; (3) extractivos; (4) cenizas; (5) volátiles; (6) carbono fijo; (7) poder calorífico; (8) humedad; (9) densidad aparente.



CONCLUSIONES

En base a los resultados encontrados se puede concluir que este material residual podría ser usado como combustible, debido a su alto poder calorífico; en usos agroindustriales como fertilizantes, alimentos y compost, y en mezclas con otros materiales para la elaboración de paneles.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Laboratorio de Energía de Biomasa, Universidade Federal do Paraná. A los ingenieros Fernando A. Ferraz y Clarice de Andrade por su colaboración; a los Laboratorios de Química de la Madera y Energía de Biomasa, Universidad Nacional de Santiago del Estero. A la Ing. María E. Carranza por su asesoramiento y al Téc. Ramón Cardozo, por su colaboración.

REFERENCIAS

[1] Lavia, G.I. (1998). Karyotypes of *Arachis palustris* and *A. praecox* (section

Arachis), two species with basic chromosomes number $X=9$. *Journal Cytologia*, 63, 177-181.

[2] Rago, A.M.; Cazón, L.I.; Paredes, J. A.; Molina, J.P.E.; Conforto, E.C. (2017). Peanut Smut: From an Emerging Disease to an Actual Threat to Argentine Peanut Production. *Plant Disease*, 101, 3, 400-408.

[3] Ministerio de Agroindustria, Presidencia de la Nación. (2018). *Maní*. Recuperado de: https://www.agroindustria.gob.ar/sitio/areas/ss_mercados_agropecuarios/apertura_de_mercados/analisis_foda/

[4] Gatani, M.P.; Fiorelli, J.; Medina, J.C.; Arguello, R.; Ruiz, A.; Nascimento, F.M.; Savastano, H. (2013). Viabilidade Técnica de Produção e Propriedades de Painéis de Partículas de Casca de Amendoim. *Revista Materia*, 18, 2, 1286-93.

[5] Pellegrino, M. (2017). Una Estrella Cordobesa. *Alimentos Argentinos*, 15-25.

[6] Blengino, C. (2015). *Maní: informe sectorial N° 2*. Área de Estudios Sectoriales, Dirección de Agroalimentos, Buenos Aires.

- [7] Keller, M.E. (2009). Maní. *Alimentos Argentinos*, 46, 40-44.
- [8] Granero, V.; Gatani, M.; Medina, J.C.; Ruiz, A.; Fiorelli, J.; Kreiker, J.; Lerda, M.J. (2013). Determinación de La Influencia del Tamaño y Forma de Partículas de Cáscaras de Maní en Paneles Aglomerados. *Quebracho*, 21, 1-2, 67-80.
- [9] Biswas, D.; Bose, S.K.; Hossain, M.M. (2011). Physical and mechanical properties of urea formadheyde-bonded particleboard made from bamboo waste. *Journal Adhesion & Adhesives*, 31, 84-87.
- [10] DIN (1977). *DIN 4188-1:1977-10 Screening surfaces; wire screens for test sieves, dimensions*. Deutsches Institut für Normung, Berlin.
- [11] ASTM (1995). *ASTM E11/95 Standard Specification for Wire Cloth and Sieves for Testing Purposes*. American Society for Testing and Materials, Washington D.C. 17pp.
- [12] ABTN (2003). *NBR 11941 Madeira - Determinação da densidade básica*. Associação Brasileira de Normas Técnicas, Rio de Janeiro.
- [13] TAPPI (1978). *TAPPI Test Method T 12 os-75 Preparation of extractive freewood*. Technical Association for the Pulp and Paper Industries, Atlanta.
- [14] TAPPI (2007). *TAPPI test methods T 204 cm-07 Solvents extractives for wood and pulp*. Technical Association for the Pulp and Paper Industries, Atlanta.
- [15] TAPPI (2008). *TAPPI test methods T 207 cm-08 Water solubility of wood and pulp*. Technical Association for the Pulp and Paper Industries, Atlanta.
- [16] TAPPI (2012). *TAPPI test methods T 212 om-12 One percent sodium hydroxide solubility of wood and pulp*. Technical Association for the Pulp and Paper Industries, Atlanta.
- [17] TAPPI (2011). *TAPPI test methods T 222 om-11 Acid-insoluble lignin in wood and pulp*. Technical Association for the Pulp and Paper Industries, Atlanta.
- [18] TAPPI (2012). *TAPPI test methods T 211 om-12 Ash in wood, pulp, paper and paperboard: combustion at 525°C*. Technical Association for the Pulp and Paper Industries, Atlanta.
- [19] ASTM (2007). *ASTM D1762 – 84 Standard test method for chemical analysis of wood charcoal*. American Society for Testing Materials, Philadelphia.
- [20] ASTM (2007). *ASTM D240 – 17 Método de prueba estándar para determinación del calor de combustión de hidrocarburos combustibles líquidos mediante calorímetro de bomba*. American Society for Testing Materials, Philadelphia.
- [21] DIN (2000). *DIN 51900-1 Determining the gross calorific value of solid and liquid fuels using the bomb calorimeter, and calculation of net calorific value - Part 1: General information*. Deutsches Institut für Normung, Berlin.
- [22] Bieak, N.B.; George, R. (2003). Utilization of peanut shell fibers in nonwoven erosion control materials. *International Nownvens Journal*, 60-65.
- [23] Gatani, M.; Argüello, R. (2007). Nuevos materiales de construcción sustentable con cascaras de maní. Ensayos de comportamiento mecánico con variación de la granulometría del agregado. *Proc. del IV Encontro Nacional e II Encontro Latino americano sobre Edificacoes e Comunidades Sustentáveis*, 926-935.
- [24] Gatani, M.; Argüello, R.; Sesín, S. (2010). Materiales Compuestos de Cáscaras de Maní y Cemento. Influencia de Diferentes Tratamientos Químicos sobre las Propiedades Mecánicas. *Materiales de Construcción*, 60 (298), 137-47. doi:10.3989/mc.2010.46908.
- [25] Woodroof, J.G. (1983). *Peanuts. Production, processing, products*. The AVI Publishing Company, INC. Westport, Conneticut.
- [26] Subsecretaría de Energía Eléctrica. (2008). *Energías Renovables 2008 – Energía biomasa. Coordinación de energías renovables*, Dirección Nacional de Promoción, Argentina.
- [27] Novak, J.M.; Busscher, W.J.; Laird, D.L.; Ahmedna, M.; Watts, D.W.; Niandou, M.A.S. (2009). Impact of biochar amendment on

fertility of a southeastern coastal plain soil. *Soil Science*, 174, 105–112.

[28] Machado Cravo, J.C.; de Lucca Sartori, L.D.; Fiorelli, J.; Carvalho Balieiro, J.C.; Savastano, H. Jr. (2015). Painei aglomerado de residuos agroindustriais. *Revista Ciência Florestal*, 25, 3, 721-730.

[29] Barbirato, G.; Fiorelli, J.; Barrero, N.G.; Agnolon Pallone, E.M.J.; Rocco Lahr, F. A.; Cristoforo, A.L.; Savastano, H. Jr. (2014). Painei aglomerado híbrido de casca de amendoim reforçado com partículas de madeira itaúba. *Revista Ciência Florestal*, 24, 3, 685-697.

[30] Guler, C.; Copur, 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. *Journal Bioresource Technology*, 99, 2893–2897.

[31] Hoffponir, D. (1945). Les coques d'arachide. *Agriculture Oleagineus*, 19, 7, 473-476.

[32] Giller, P.; Silvetri, P. (1970). *Cacahutte (L'Arachide)* 1ra. Ed., Blume.

[33] Yeboah, Y.; Bota, K.B.; Wang, Z. (2003). *Hydrogen from Biomass for Urban Transportation. Hydrogen, Fuel Cells and Infrastructures Technologies Program Review Meeting*. Berkeley. CA May, 18-22.

[34] Fasina, O.O. (2008). Physical properties of peanut hull pellets. *Journal Bioresource Technology*, 99, 1259-1266.

[35] Akgul, M.; Tozluoglu, A. (2008). Utilizing peanut husk (*Arachis hypogaea* L.) in the manufacture. *Bioresource Technology*, 99, 5590–5594.

[36] Oliveira, F.D.; Soares, A.C.; Freitas, O. M.; Figueiredo, S.A. (2010). Copper, nickel and zinc removal by peanut hulls: batch and column studies in mono, tri-component systems and with real effluent. *Journal Global NEST*, 12, 2, 206-214.

[37] Boonmee, A. (2012). Hydrolysis of various thai agricultural biomasses using the crude enzyme from *aspergillus aculeatus* iizuka fr60 isolated from soil. *Brazilian Journal of Microbiology*, 456-466.

[38] Gurevich Messina, L.I.; Bonelli, P.R.; Cukierman, A.L. (2013). Evaluación de alternativas para el mejoramiento de los productos de pirólisis. Proc. del VII CAIQ 2013 y 2das JASP.

[39] Jaishankar, M.; Mathew, B.B.; Shah, M.S.; Krishna Murthy, T.P.; Sangeetha Gowda K.R. (2014). Biosorption of Few Heavy Metal Ions Using Agricultural Wastes. *Journal of Environment Pollution and Human Health*, 2, 1, 1-6.

[40] Nisamaneenate, J.; Atong, D.; Sornkade, P. (2015). Fuel gas production from peanut shell waste using a modular downdraft gasifier with the thermal integrated unit Viboon Sricharoenchaikul. *Renewable Energy*, 79, 45-50.