
TRANSFORMACIÓN DEL TAMO DE ARROZ A PAPEL ECOLÓGICO COMO ESTRATEGIA DE SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL¹

DOI: <https://doi.org/10.24236/24220493.n6.2019.7>

Luis Alexander Carvajal Pinilla
*Magíster en Biología. Docente Corporación
Universitaria del Huila – Corhuila, Neiva (Colombia)*
luis.carvajal@corhuila.edu.co

Valentina Díaz Páez
*Ingeniera Ambiental. Corporación
Universitaria del Huila (Corhuila) - Neiva (Colombia)*
valentina9704@hotmail.com

Valentina Jiménez Medina
*Ingeniera Ambiental. Corporación Universitaria del Huila (Corhuila)
Neiva (Colombia)*
valentinajimenezmedina@gmail.com

Palabras clave: Celulosa, componentes químicos, papel ecológico, tamo.

Resumen: En el departamento del Huila se cosechan más de 36.000 toneladas de arroz anualmente, siendo uno de los cultivos con mayor producción del país; no obstante, la inadecuada disposición final de sus subproductos incrementa los niveles de contaminación, principalmente en la atmósfera debido a la quema del tamo de arroz. Por esta razón, se propone una alternativa de aprovechamiento del tamo de arroz debido al contenido de celulosa que este posee a través de procesos a escala de laboratorio. Un análisis especializado señaló que el porcentaje de calorías fue de 300 %, el de carbohidratos totales de 60 %, el de proteínas de 5,68 %, y el de grasas de 1,66 %. Durante el procesamiento, el proceso Kraft y las etapas de blanqueamiento y secado son esenciales para generar papel ecológico con mínimos estándares de calidad y características eficientes para su uso. El protocolo descrito es una herramienta para contribuir a transformar un subproducto del arroz en un producto de uso general.

1. Artículo derivado del proyecto de investigación "Aprovechamiento del tamo de arroz para la generación de papel ecológico", presentado por el grupo de investigación "Efecto ambiental", de la Facultad de Ingeniería de la Corporación Universitaria del Huila - Corhuila.

TRANSFORMATION OF THE RICE HUSK TO ECOLOGICAL PAPER AS AN ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY STRATEGY

Summary: In the department of Huila, more than 36.000 tons of rice are harvested annually, being one of the crops with the highest production in the country. However, the inadequate final disposal of the processing increases pollution levels, mainly in the atmosphere due to the burning of rice husk. For this reason, an alternative for rice harvesting is to use the rice husk, given the cellulose content that it has, through laboratory-scale processes. Specialized analysis indicated that the percentage of calories was 300 %, total carbohydrates was 60 %, proteins was 5,68 %, and that of fat was 1,66 %. During the processing of rice, the Kraft process and the bleaching and drying stages are essential to generate eco-friendly paper with minimum quality standards and efficient features for use. The described protocol is a tool to help transform a rice byproduct into a general purpose product.

Keywords: Cellulose, chemical components, ecological paper, rice husk.

I. Introducción

El arroz es uno de los cultivos de mayor extensión en la Tierra y genera una serie de beneficios alimenticios a gran parte de la población humana (FAO, 2015); no obstante, se generan unos subproductos que no son utilizados por los seres humanos y que, por el contrario, se convierten en contaminantes para el medio ambiente.

Uno de los mayores subproductos que genera el cultivo de arroz es la cascarilla, que ha sido ampliamente tratada y que, a su vez, genera una variedad de productos, como la obtención de cemento de tipo puzolánico, debido al alto contenido de óxido silicio (Cabrera, *et al.*, 1987), la generación de energía eléctrica a través de una planta de producción (Psetizki, 2009), también es usada como fuente energética en ladrilleras, mejorando la calidad del ladrillo (Ramírez y Sánchez, 2011), como agregado orgánico en morteros de mampostería (Chur, 2010), y como abono orgánico en cultivos de arroz por su aporte de micronutrientes y macronutrientes al suelo (Orjuela, 2010).

El tamo de arroz, otro subproducto, está siendo aprovechado a una pequeña escala como nutriente para el suelo o alimento para animales en períodos de escases (UNAL, 2016), o para cubrir necesidades en labores agropecuarias con la generación de fibras artesanales de gran fortaleza y durabilidad (Mejía y Sierra, 2015); sin embargo, a mayor escala no se realiza ningún tratamiento y se genera contaminación atmosférica por su combustión, generando afectaciones al suelo y el agua por su disposición final y, en últimas, a las cadenas productivas de arroz y cultivos aledaños (Ferre, 2010).

Uno de los productos que se generarían a partir del subproducto cascarilla de arroz es el papel reciclado ecológico. Fuente y León emplearon peróxido de hidrógeno y obtuvieron un papel con buena resistencia a la tensión, debido a una mayor cantidad de fibras fraccionadas, en comparación con las fibras largas, de la cascarilla (Tejedor, 2014).

Dado lo anterior, y con el fin de aprovechar el tamo de arroz para generar una alternativa de producto viable y útil para la sociedad contribuyendo, al mismo tiempo, a la disminución de la carga contaminante por este residuo, se establece para el presente proyecto el protocolo de transformación del tamo de arroz a un papel ecológico como estrategia de sostenibilidad ambiental de reutilización en su disposición final.

II. Metodología

Este estudio de tipo aplicado fue cuantitativo de tipo experimental e involucra al sector arrocero; presentó dos fases: la primera referente a la caracterización química del tamo de arroz, y la segunda a la definición del protocolo de obtención de papel ecológico.

Caracterización química del tamo de arroz

Se realizó una colecta de la muestra de tamo de arroz, de mínimo 5 kg; posteriormente, se hizo un corte del tamo hasta obtener varas de mínimo 15 cm y máximo 20 cm de longitud; luego fueron empacadas en bolsas herméticas, debidamente rotuladas, y transportadas al laboratorio. A continuación, se pasó la muestra de tamo colectada por un molino manual y por tamices de cuatro tamaños diferentes, para definir el mejor ojo de malla para obtener tres tipos de muestras y enviar a análisis de laboratorio. La caracterización estuvo compuesta por el análisis de humedad, cenizas, grasas, proteínas, fibras crudas, carbohidratos totales y valor calórico, realizadas todas en un laboratorio especializado.

Protocolo para la obtención de papel ecológico

Dilución del hidróxido de sodio

Se pesó tres cantidades de hidróxido de sodio (NaOH) en escamas: i) 50 g, ii) 30 g y iii) 10 g; cada muestra se diluye en 300 ml de agua destilada y se

mezcla en un vaso precipitado de 600 ml, hasta generar una reacción exotérmica. La mezcla se agita hasta disolver totalmente las escamas y luego se transfiere a un matraz aforado de 1000 ml y se adicionan 600 ml de agua destilada; finalmente, es llevada a cocción a una temperatura de 120 °C para determinar la solución de menor tiempo.

Proceso de Kraft

El tamo se somete a un proceso de cocción con 1000 ml de NaOH y 100 ml de sulfuro de sodio (Na₂S), solución denominada "licor blanco", en un vaso precipitado de 2000 ml a 120 °C por 100 minutos. La pulpa producida se filtra para separar el líquido con lignina y se deja al secado natural por dos días (López, 2005).

Blanqueamiento

Mediante la técnica TCF (Totalmente Libre de Cloro), el agua oxigenada es empleada para el tratamiento de agentes oxidantes en un Erlenmeyer con un embudo de cristal y se le agrega agua oxigenada a la pulpa repetidamente hasta obtener el brillo deseado (Cutes Europe, 2008). La pasta obtenida se deja en bandeja metálica durante tres días para secado natural, y luego es llevada a un horno de calentamiento a 80 °C durante dos horas.

Encolado

De la pulpa resultante se prepararon 50 g y se le adicionaron tres sustancias hidrófobas: 100 ml de colbón (pegante convencional), 30 g de sulfato de aluminio en escamas, los cuales son disueltos con agua destilada hasta obtener 100 ml (UNL, 2013); finalmente, se adicionaron 20 g de caolín hasta obtener una mezcla homogénea y espesa (Bernal, 2009).

Prensado

La mezcla para obtener la hoja de papel, todavía con alto contenido líquido, se prensó con dos planchas de metal gruesas y se comprimió hasta no evidenciar go-

teo; se dispuso telas tipo liencillo para lograr una mejor absorción (Prado *et al.*, 2012).

Secado final

El líquido excedente se eliminó a través de la utilización de un horno a una temperatura entre 100 °C y 120 °C por 40 minutos, luego se deja secar convencionalmente en un espacio libre de humedad por dos días.

III. Resultados y discusión

Caracterización química del tamo de arroz

Se colectó muestras de tamo de arroz en un área rural arrocera del municipio de Aipe, al norte del departamento del Huila. El tamo colectado fue cortado en varas de 20 cm de longitud y, por encontrarse con alta humedad, fue necesario su secado natural bajo techo por cuatro días.

En el laboratorio se procedió a moler toda la muestra de tamo colectada, empleándose un molino manual, y el producto fue pasado por tres tamices de ojo de malla de 125 µm, 150 µm, 2 mm y 4 mm. El producto de tamo molido obtenido de las dos primeras medidas fue un polvo muy fino, puesto que a la hora de la cocción el polvo se iba a diluir con el licor blanco, convirtiéndose en parte del líquido; por lo tanto, se descartó de inmediato para la elaboración del papel, dada la imposibilidad de generar la pulpa de celulosa durante la cocción.

El material analizado en laboratorio especializado correspondió al obtenido de los tamices de ojo de malla de 2 mm y 4 mm. Para el análisis, se obtuvieron tres tipos de muestras, así: M1) tamo completo y seco, M2) tamo cortado y tamizado y M3) pulpa de celulosa obtenida; los valores de los análisis se muestran en la tabla 1.

Tabla 1. Caracterización del tamo de arroz a nivel laboratorio

Parámetros	M 1	M 2	M 3	Método
Humedad*	7,15	8,83	22,99	GOMESL.01 Gravimétrico
Cenizas*	13,68	12,23	11,74	GOMECH.01 Gravimétrico
Grasas*	2,24	1,52	1,22	GOMGC.01 Gravimétrico Soxhlet
Proteína*	8,07	8,16	0,82	GOMPL.01 Gravimétrico Kjeldahl
Fibra cruda*	26,89	22,41	44,02	Hidrolisis ácida y básica
Carbohidratos totales*	68,86	69,26	63,23	----
Calorías**	327,86	323,37	267,19	----
Nota: *: g /100 g (%); **: Kcal / 100 g				

El valor de proteína obtenido de las muestras M1 y M2 señala un alto aporte que coincide con otro tipo de tamo de arroz de la región del Tolima, departamento aledaño al Huila, donde la producción arrocerera tiene una gran importancia económica para la población; no obstante, no se registraron valores similares para el caso de la fibra cruda, donde Mejía y Sierra (2015) reportan valores de alrededor del 65 %.

Protocolo para la obtención de papel ecológico

Se diluyeron con hidróxido de sodio tres soluciones de 50 g, 30 g y 10 g, llevando cada muestra a un volumen total de 1000 ml; posteriormente, se realizó la cocción obteniendo que la muestra de 50 g era la más apropiada para la continuidad de la fase experimental, con un tiempo de 90 minutos. La muestra de 30 g obtuvo un tiempo de 120 minutos y la de 10 g 160 minutos.

Una muestra de 80 g de tamo cortado se sometió a cocción con 1000 ml de NaOH con la solución de 50 g y se adicionó 100 ml de Na_2S , con un tiempo de cocción de 100 minutos a 120 °C, hasta que se obtuvo la solución licor blanco.

En un Erlenmeyer con embudo de cristal y sobre un fragmento de tela liencillo, que permite crear un lecho filtrante, se depositó la pulpa obtenida de la fase anterior; a esta se le fue pasando el licor blanco obtenido, con adición de agua oxigenada, 12 veces hasta lograr el brillo y la blancura deseada. La pulpa obtenida fue depositada en una bandeja metálica para un secado al aire libre por cuatro días y luego puesta en horno de calentamiento a 80 °C durante 120 minutos (figura 1).

Figura 1. Pulpa luego del blanqueamiento



Fuente: Autores.

Para la obtención del papel ecológico, se aplicó a 50 g de la pulpa tres sustancias hidrófobas y se pasó a licuado con 200 ml de agua, obteniendo una muestra homogénea y rígida, por lo que se procedió a adicionar 50 g de pulpa y se obtuvo papel licuado homogéneo y espeso.

Posteriormente, pasa a la prensa con una presión de 500 kg por medio de un gato hidráulico de botella para la mayor extracción de agua (figura 2). El uso de la tela liencillo transfirió las marcas de las fibras al papel y mantuvo húmedo el papel, por lo que se decidió emplear otro tipo de tela, como algodón licrado, mejorando la absorción y evitando el ondulado en el papel (figura 3). Se procedió a dejar el papel para secado al aire libre por 120 minutos y luego fue puesto en horno a 80 °C por 30 minutos.

Figura 2. Sistema de prensado con gato hidráulico de botella



Fuente: Autores.

La extracción de celulosa se realizó mediante un protocolo de fácil implementación en cualquier ámbito y con un subproducto agrícola de gran producción, en contraste con las hojas de mazorca de maíz o bagazo de caña que requieren de mayor número de pasos para la extracción de pulpa celulósica mixta (Prado *et al.*, 2012; Fuente y León, 2012).

Figura 3. Papel ecológico obtenido con tela liencillo



Fuente: Autores.

Finalmente, el presente estudio ofrece un protocolo de producción de papel ecológico a partir de un residuo del producto agrícola arroz, como lo es el tamo, y, en ese sentido, el cambio del uso actual que se tiene de este subproducto, con la propuesta metodológica descrita previamente, se convierte en una herramienta eficiente para mejorar las condiciones medioambientales de las regiones arroceras y su entorno.

Referencias bibliográficas

- Bernal, M. D. (2009). "El prensado de la estampa". Obtenido de: <http://tecnicasdegrabado.es/2009/el-prensado-aplanado-de-la-estampa>
- Cabrera, P.; Lemus, V.; y Pliego, Y. (1987). "Aprovechamiento de la cascarilla de arroz para la obtención de cemento". *Revista IMCYC*, Vol. 25.

- Chur, G. (2010). *Evaluación del uso de la cascarilla del arroz como agregado orgánico en morteros de mampostería*. Guatemala: Universidad de San Carlo, Facultad de Ingeniería.
- Cutes Europe, L. (2008). "Fabricación de papel". Obtenido de: <http://www.cutes-europe.com/vacio/papel/fabricaciondelpapel/index.html>

- FAO (2015). *Perspectiva por sectores principales, producción de cultivo*. (s.d).
- Ferre, A. (2010). "La paja del arroz amenaza los ecosistemas". *Revista BBC Mundo*.
- Fuente M. y León C. (2012). *Diseño de un proceso para la fabricación de papel reciclado ecológico a escala laboratorio usando peróxido de hidrógeno*. Colombia: Universidad de Cartagena, Facultad de Ingeniería.
- López, M. (2005). *Fabricación de pasta de celulosa, aspectos técnicos y contaminación ambiental*. Buenos Aires, Argentina: Facultad de Ingeniería, Universidad de Palermo.
- Mejía, F. y Sierra, M. (2015). "Aprovechamiento del tamo del arroz para la elaboración de tejidos artesanales, caso de estudio en la finca "El Chaco" ubicada en el municipio de Piedras (Tolima). Bogotá: Universidad de la Salle.
- Orjuela, L. (2010). *Establecimiento de una planta de fabricación de abono orgánico a base de la cascarilla de arroz en el municipio de Campoalegre (Huila)*. Ibagué: Universidad del Tolima.
- Prado Martínez, Maribel; Anzaldo Hernández, José; Becerra Aguilar, Bruno; Palacios Juárez, Hilda; Vargas Radillo, José de Jesús; y Rentería Urquiza, Maite (2012). "Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta". *Revista Madera y Bosque*, 18(3): 37-51.
- Psetizki, V. (2009). "Energía eléctrica con cáscara de arroz". *Revista BBC Mundo*.
- Ramírez, S. y Sánchez T. (2011). *Uso de cascarilla de arroz como fuente energética en las ladrilleras*. Perú: Programa de energía, ITDG.
- Tejedor, A. S. (2014). *Tecnología de la celulosa, la industria papelera*. España: Escuela de ingeniería industrial, UVA.
- UNAL (2016). "Agencia de noticias de la Universidad Nacional de Colombia". Obtenido de: <http://agenciadenoticias.unal.edu.co/detalle/article/tamo-del-arroz-es-recuperado-como-abono.html>
- UNL (2013). *Soportes Celulósicos*. Universidad Nacional del Litoral. Argentina.