

APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA CASCARILLA DE ARROZ

Yineth Piñeros Castro
Coordinadora académica

Yineth Piñeros Castro
Ángela María Otálvaro A.
Ana María Campos
William Cortés
Jeimmy Proaños
Gloria Amparo Velasco



Libertad y Orden

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
República de Colombia



UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ
JORGE TADEO LOZANO
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA


ANDI
Cámara Induarroz

Yineth Piñeros Castro
Coordinadora académica

APLICACIÓN DE TECNOLOGÍAS PARA EL APROVECHAMIENTO DE LA CASCARILLA DE ARROZ

Yineth Piñeros Castro
Ángela María Otálvaro A.
Ana María Campos
William Cortés
Jeimmy Proaños
Gloria Amparo Velasco



Libertad y Orden

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
República de Colombia



Cámara Induarroz



UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ
JORGE TADEO LOZANO
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA

Bogotá, enero de 2011

ISBN: 978-958-725-063-3

El contenido de esta publicación se basa en las experiencias y resultados obtenidos durante la ejecución del proyecto de innovación tecnológica denominado:

“Aplicación de tecnologías para el aprovechamiento integral de las fracciones celulósica y hemicelulósica de la cascarilla de arroz”

Este proyecto fue financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, la Cámara Induarroz de la ANDI y la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.

Agradecimientos

Al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a la Cámara Induarroz de la ANDI y a la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, por su decidido apoyo al proyecto: “Aplicación de tecnologías para el aprovechamiento integral de las fracciones celulósica y hemicelulósica de la cascarilla de arroz”

A los investigadores que participaron en este proyecto: Ana María Campos, Ángela María Otálvaro, Rubén Bourdon, William Cortés, Jemmy Proaños, Iván David Osorio, Mónica Ospina y Gloria Amparo Velasco.

Al Investigador Ignacio Ballesteros del Centro de Investigaciones Energéticas, Mediambientales y Tecnológicas CIEMAT, Madrid, España, por su apoyo en la aplicación de la tecnología de explosión con vapor.

A la empresa P.J. Tech S.A. y especialmente a los funcionarios de los laboratorios de Ciencias de la Universidad Jorge Tadeo Lozano por su invaluable colaboración.

A los integrantes del Comité de seguimiento del proyecto, quienes representaron a la industria arrocera y a los arroceros de Colombia, interesados en generar propuestas de valorización a la cascarilla.

Yineth Piñeros Castro

Investigadora principal

Profesora asociada Departamento de Ingeniería

Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano

Tabla de contenido

Capítulo

- 1.** APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE LA CASCARILLA DE ARROZ **5**
- 2.** DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN EQUIPO DE EXPLOSIÓN CON VAPOR PARA EL PRETRATAMIENTO DE LA CASCARILLA DE ARROZ **9**
- 3.** LA CASCARILLA DE ARROZ COMO FUENTE DE ANTIOXIDANTES **14**
- 4.** LA CASCARILLA DE ARROZ COMO FUENTE PARA LA PRODUCCIÓN DE ETANOL **19**
- 5.** CASCARILLA DE ARROZ: FUENTE DE FURFURAL **22**
- 6.** PRETRATAMIENTOS QUÍMICOS PARA EL FRACCIONAMIENTO DE LA CASCARILLA DE ARROZ **28**

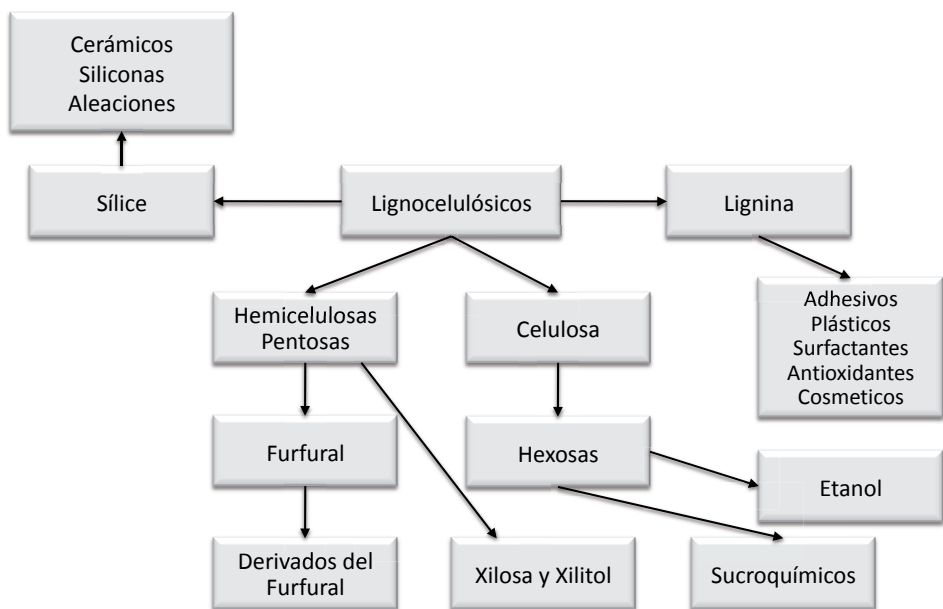
En el proyecto de investigación **“Aplicación de tecnologías para el aprovechamiento integral de las fracciones celulósica y hemicelulósica de la cascarilla de arroz”**, propuesto y ejecutado por el Departamento de Ingeniería de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, se realizó la evaluación de tecnologías para el fraccionamiento de la cascarilla de arroz con el fin de proponer procesos para la obtención de etanol y furfural. Además, se realizó la exploración del uso de líquidos de tratamientos como antioxidantes para la industria cosmética. En este documento sobre dichas tecnologías, se presentan de forma general algunos de los resultados obtenidos en dicha investigación con el fin de informar al sector arrocero sobre los avances y perspectivas de la investigación.

1 ● APROVECHAMIENTO INTEGRAL DE LA CASCARILLA DE ARROZ

Yineth Piñeros Castro, Ángela María Otálvaro

1.1 Aprovechamiento de materiales lignocelulósicos

La utilización de materiales lignocelulósicos viene siendo investigada intensamente, debido a que estos representan el mayor componente de los residuos agrícolas y desechos agroindustriales en el mundo, y constituyen una fuente abundante y segura de recursos renovables y energía. La utilización adecuada de la biomasa vegetal, especialmente de los materiales que son residuos y no son base de alimentos, mejora el balance energético resultando en un ciclo de carbono esencialmente cerrado, disminuyendo las emisiones al medio ambiente que contribuyen al calentamiento global. La sacarificación o hidrólisis enzimática para la producción de azúcares fermentables extraídos de estos materiales lignocelulósicos ha sido considerada una manera prometedora de producir combustibles y químicos a partir de fuentes renovables. Sin embargo, el potencial de estos materiales, no solo tiene este alcance, sino que su adecuado fraccionamiento puede dar origen a materias primas para diversas industrias como se puede observar en la figura 1.



(Vas Rosell, 2006)

Figura 1. Diagrama de la química de los materiales lignocelulósicos.

1.2 Aprovechamiento de la cascarilla de arroz

Según estadísticas del Convenio Dane Fedearroz, el área destinada a la siembra de arroz en Colombia es de aproximadamente 400.000 hectáreas en las cuales se producen alrededor de 2'000.000 toneladas de arroz paddy seco y 400.000 toneladas de cascarilla por año. La industria arrocera dentro de su visión estratégica tiene como meta, el aumento del consumo per cápita de arroz en el país hasta el doble del valor actual (39 kg/ persona/año), lo cual supone un incremento en la producción de arroz y por ende mayor generación de cascarilla.

Los residuos lignocelulósicos generados en el procesamiento del arroz, como la cascarilla y el tamo (desecho abandonado en el sitio de recolección), son materiales considerados de poco valor y en algunos casos son un residuo. El poco valor dado especialmente a la cascarilla, se debe especialmente a las pocas tecnologías implementadas en el país para su procesamiento y posterior valorización, ya que su uso se limita, como combustible sólido, a ser quemada en calderas en el proceso de secado del grano (con la consecuente emisión de gases al medio ambiente), y en otros casos se emplea como material para abonos, cama para animales e insumo para materiales de construcción. En la figura 2, se representa la composición de la cascarilla de arroz.

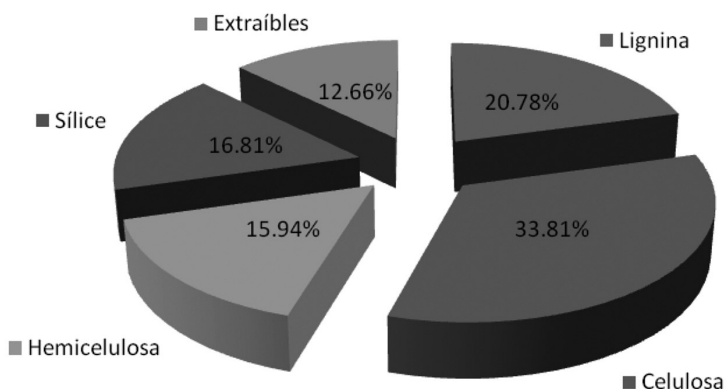


Figura 2. Composición de la cascarilla de arroz colombiana (datos experimentales UJTL).

Entre otras alternativas para el aprovechamiento de la cascarilla de arroz se encuentra su uso para la producción de sílica a partir de las cenizas generadas cuando ésta es usada como combustible; el proceso consiste en una simple extracción alcalina seguida por una precipitación ácida. Los geles producidos de este modo alcanzan un contenido de sílica de 93% y un 2,6 % de humedad, caracterizándose por ser casi libres de otros contaminantes minerales. Las aplicaciones de la sílica como fuente de silicatos tienen un gran potencial en las industrias farmacéutica, cosmética, del vidrio, del cemento, de la cerámica, de los detergentes industriales y de los pegantes y adhesivos. Este compuesto también puede ser usado como precursor de una variedad de materiales con aplicación química, en pelí-

culas y en recubrimientos de materiales ópticos (Kalapathy *et al.*, 2000). Del mismo modo, la cascarilla de arroz es fuente biológica de silicatos en la forma de tridimita y cristobalita, cuyas microestructuras han sido estudiadas en la adsorción de ácidos grasos libres desde aceite de soya desgomado (Kim, *et al.*, 2008).

Recientemente se ha promovido el uso de la cascarilla de arroz como componente de medios para crecimiento de cultivos, debido a que tiene unas características muy marcadas de porosidad, actividad de agua, compactación, pH y balance de nutrientes, entre otros (Bethke, 2007).

Así mismo, se han propuesto procedimientos para usar la cascarilla como intercambiador aniónico lignocelulósico para la remoción de nitratos, logrando una remoción de los mismos, bajo condiciones específicas de preparación de 1,32 mmol/g con un rendimiento del 180%. Desde este punto de vista, la cascarilla se convierte en una alternativa para el tratamiento de aguas residuales (Orlando *et al.*, 2002).

Por otro lado se ha considerado la producción de celulasas a partir del hongo *Bacillus amyloqueliciens* DL-3 usando la cascarilla de arroz como sustrato (Lee *et al.*, 2008).

La cascarilla de arroz puede ser utilizada como materia prima para la producción de furfural; se ha reportado que el rendimiento de la reacción es del orden de 0,120 g de furfural/g biomasa seca de cascarilla de arroz (Montané, 2002).

Finalmente, algunos residuos agroindustriales como fibra, cascarilla de arroz y residuos de cereales han sido estudiados para ser usados en la producción de acetato de celulosa (Biswas *et al.*, 2006) y alcohol carburante (Saha y Cotta, 2007; Galbe y Zacchi, 2002).

1.3 Proyecto de investigación “Aplicación de tecnologías para el aprovechamiento integral de las fracciones celulósica y hemicelulósica de la cascarilla de arroz”.

En este contexto, el desarrollo de tecnologías en el país para lograr un fraccionamiento de la cascarilla de arroz, no sólo conducirá a tener una mayor disponibilidad de materias primas para la industria química y energética, sino que le dará la posibilidad de obtener mayores ingresos a la industria arrocera y generará propuestas para el aprovechamiento de otros materiales lignocelulósicos derivados de otros procesos agroindustriales.

Por lo tanto, es importante encontrar propuestas tecnológicas para el aprovechamiento de estos materiales, teniendo en cuenta el potencial económico y energético de los materiales a trabajar, proponiendo procesos de aprovechamiento sostenibles. El proyecto de investigación “Aplicación de tecnologías para el aprovechamiento integral de las fracciones celulósica y hemicelulósica de la cascarilla de arroz”, ejecutado por los Programas de Ingeniería Química e Ingeniería de Alimentos de la Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano y financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, la Cámara Induarroz de la ANDI y la misma Universidad, tuvo como objetivo general el desarrollo de alternativas tecnológicas para la valorización de la cascarilla de arroz, mediante la producción de etanol y furfural.

Para lograr la conversión de esta biomasa en materias primas de mayor valor agregado, es esencial el fraccionamiento, por lo que es necesaria la aplicación de pretratamientos fisicoquímicos y/o biológicos. Los objetivos fundamentales de los pretratamientos van encaminados a reducir la cristalinidad de la celulosa, disociar el complejo celulosa-lignina, aumentar el área superficial del material y disminuir la presencia de aquellas sustancias que dificulten la hidrólisis. Además, un pretratamiento eficaz debe reunir otras características como bajo consumo de energía, reactivos de menor costo, fácilmente recuperables y de mínimo impacto ambiental.

Durante el desarrollo del proyecto citado, se evaluaron diversas condiciones de pretratamientos, orientadas básicamente a obtener las fracciones celulósica y hemicelulósica, con el fin de evaluar su uso en la producción de etanol y furfural respectivamente, resultados que se comentarán en los siguientes capítulos de esta publicación y que muestran el potencial de la cascarilla de arroz. Estos avances sirven de base para el planteamiento de nuevas propuestas conducentes a encontrar procesos viables técnica y económicamente, en la búsqueda de alternativas de valorización de la cascarilla de arroz.

1.4 Conclusiones

En el caso particular de la cascarilla de arroz, su procesamiento puede conducir a la obtención de derivados de la hemicelulosa como el furfural, la xilosa y el xilitol, derivados de la celulosa como las hexosas y el etanol, derivados de la lignina como los compuestos fenólicos (ácido benzoico, ácido p-cúmarico, ácido ferúlico, etc) y otros productos como la sílice.

Aprovechando la cascarilla para la producción de las sustancias antes mencionadas, se lograría dar un manejo adecuado a un residuo que hasta el momento supera las 400.000 toneladas por año y cuya única aplicación ha sido la combustión para la generación de calor con las consecuentes emisiones de gases y cenizas que implican inconvenientes de tipo ambiental.

1.5 Bibliografía

- BETHKE, C. L. 2007. Rice hulls vs perlite and vermiculite as a growing media component. Perlite Institute, Inc. 4305 North Sixth Street, Suite A, Harrisburg, PA 17110 717.238.9723 / fax 717.238.9985 / www.perlite.org
- BISWAS; B. C. SAHA; J. W. LAWTON; R. L. SHOGREN; J. L. WILLETT. 2006. Process for obtaining cellulose acetate from agricultural by-products. *Carbohydrate Polymers* 64: 134-137.
- KALAPATHY, U.; PROCTOR, A.; SHULTZ, J. 2000. A simple method for production of pure silica from rice hull ash. *Bioresource Technology* 73 (2000) 257-262.
- KIM, M.; YOON, S. H.; CHOI, E.; GILD, B. 2008. Comparison of the adsorbent performance between rice hull ash and rice hull silica gel according to their structural differences. *LWT* 41: 701-706.
- LEE, Y.; KIM, B.; LEE, B.; JO, K.; LEE, N.; CHUNG, C.; LEE, Y.; LEE, J. 2008. Purification and characterization

-
- of cellulase produced by *Bacillus amyloliquefaciens* DL-3 utilizing rice hull. *Bioresource Technology* 99 (2): 378-386
- MONTANE, D.; SALVADO, J.; TORRAS, C.; FARRIOL, X. 2002. High-temperature dilute-acid hydrolysis of olive stones for furfural production. *Biomass and Bioenergy* 22: 295-304
- ORLANDO, U. S.; BAES, A. U.; NISHIJIMA, W.; OKADA, M. 2002. A new procedure to produce lignocellulosic anion exchangers from agricultural waste materials. *Bioresource Technology* 83: 195-198.
- VAZ ROSELL, C. E. 2006. Etanol como combustível. Report. Campinas: Grupo Energia-Projeto Etanol (MCT/NIPE).



UNIVERSIDAD DE BOGOTÁ
JORGE TADEO LOZANO
www.utadeo.edu.co

ISBN-13: 978-958-725-063-3



9 789587 250633