

Artículo No. 06: *Castaño et al.* (2017). Estudio de efectividad del sílice de la cascarilla de arroz como sílica absorbente para derrames de hidrocarburos. *Semilleros*, 4 (7), 95-102.

Estudio de efectividad del sílice de la cascarilla de arroz como sílica absorbente para derrames de hidrocarburos

Study of the effectiveness of rice husk silica as an absorbent silica for hydrocarbon spills

Castaño Mejía Camilo Alberto¹, León Gómez Samanta Elizabeth², Gómez Martínez Tatiana³, Carrillo Velázquez Jorge⁴

Resumen. El proceso de extracción de arroz en Colombia genera una gran cantidad de desechos producidos por su cascarilla, causando contaminación significativa al medio ambiente; en la actualidad es sometida a quemas ya que su uso es bastante limitado, generando problemas ambientales y a la vez afectando la salud de los seres vivos. Para darle un uso más aprovechable a esta biomasa se realizó un estudio de la capacidad de absorbancia de la cascarilla de arroz, gracias a su contenido de sílice, para derrames de hidrocarburos; los cuales tienen un grado altamente contaminante especialmente en los derrames producidos por el tránsito de los buques tanto comerciales como petroleros en el mar y en la tierra. Este estudio se presenta de forma cualitativa y evalúa la efectividad para absorción de los hidrocarburos a partir de pruebas con diferentes cantidades de cascarilla de arroz y tipos de hidrocarburos; obteniéndose resultados de una absorción de hasta un 90% para los solventes orgánicos propuestos que en este caso son: varsol, éter de petróleo y gasolina.

Palabras clave: *Efectividad, Sílice, Cascarilla de arroz, Sílica absorbente, Derrame de hidrocarburos.*

Abstract. The process of extraction of rice in Colombia generates a large amount of waste produced by its husk, causing significant pollution to the environment; It is currently subjected to fires since its use is rather limited, creating environmental problems and at the same time affecting the health of human beings. To give you a more usable this biomass use was carried out a study of the capacity of absorbance of the rice husks, thanks to its content of silica, for oil spill; which have a highly polluting degree especially in spills caused by the transit of both oil and commercial vessels at sea and on land. This study is presented in a qualitative way and evaluates the effectiveness for absorption of hydrocarbons from tests with different amounts of husk of rice and types of hydrocarbons; results of an absorption of up to 90% for the proposed organic solvents which in this case are: mineral, oil and petrol ether.

Key words: *Effectiveness, silica, rice husks, absorbent silica, hydrocarbons spillage.*

¹ Estudiante de pregrado- Ingeniería industrial, Semillero de investigación para el desarrollo y aprovechamiento tecnológico ambiental (SIDATA), Facultad de ingeniería, Programa de ingeniería civil- Universidad Militar Nueva Granada sede campus Cajicá. u5800071@unimilitar.edu.co

² Estudiante de pregrado- Ingeniería industrial, Semillero de investigación para el desarrollo y aprovechamiento tecnológico ambiental (SIDATA), Facultad de ingeniería, Programa de ingeniería civil - Universidad Militar Nueva Granada sede campus Cajicá. u5800093@unimilitar.edu.co

³ Estudiante de pregrado- Ingeniería ambiental, Semillero de investigación para el desarrollo y aprovechamiento tecnológico ambiental (SIDATA), Facultad de ingeniería, Programa de ingeniería civil - Universidad Militar Nueva Granada sede campus Cajicá. u5400029@unimilitar.edu.co

⁴ Químico, Líder Semillero de investigación para el desarrollo y aprovechamiento tecnológico ambiental (SIDATA), Facultad de ingeniería ambiental- Universidad Militar Nueva Granada sede campus Cajicá. Jorge.carrillo@unimilitar.edu.co

INTRODUCCIÓN

El arroz es consumido por casi la mitad de la población mundial y también es considerado como uno de los alimentos básicos más importantes. [1]

El continente que más desechos produce en los cultivos de arroz es el continente asiático con una cifra de 667'590.000 toneladas por año, América produce 37'230.000 toneladas anuales [2], de las cuales en Colombia se producen 6'282.407 toneladas [3].

Por este motivo es importante encontrarle una aplicación no solo por su desperdicio si no por la contaminación que produce cuando se realizan procesos para el control de este desperdicio, entre este se encuentra la quema a cielo abierto, según un estudio realizado por el instituto Nacional de Estudios Ambientales, (16-2 Onogawa, Tsukuba, 305-8506, Japón), la quema a cielo abierto de cascarilla de arroz produce emisiones atmosféricas de partículas finas. [4]

La cascarilla de arroz se encuentra en grandes cantidades en la industria molinera en muchas partes del país [5], mediante la investigación de las propiedades absorbentes de este se ha decidido tomar este sustrato orgánico, ya que es liviano y su porcentaje de humedad, el cuales es del 13,1% [4], es

relativamente bajo comparándolo con el de otras materias orgánicas.

Es por ello que se debe evaluar y someter a ciertas pruebas con diferentes hidrocarburos para analizar su comportamiento y eficacia frente a la absorción de estos, esto involucra una solución económica y relativamente breve en pro del medio ambiente.

Desde el comienzo de la industrialización se han aumentado las cantidades de agentes tóxicos y contaminantes al planeta; en los ecosistemas marinos y costeros los compuestos orgánicos como lo son los hidrocarburos aromáticos hacen parte de estos elementos contaminantes. [6]

Los trabajos más recientes demuestran que las concentraciones más bajas de hidrocarburos pueden provocar efectos nocivos en los organismos acuáticos. [7] Por esto se pretende dar solución a derrames de hidrocarburos por medio de la materia orgánica propuesta optimizando el uso de esta y a su vez aportando al medio ambiente realizando un estudio de la efectividad de sílice de la cascarilla de arroz para absorber hidrocarburos en derrames de estos en cuerpos de agua.

MARCO CONCEPTUAL

El total de toneladas anuales que se generan en Colombia que ascienden a 700000 toneladas aproximadamente. [8]

La cascarilla tiene diferentes usos según la industria, para cama en las avícolas, pesebreras, para flores, alimentos concentrados para animales y

productores de compostaje principalmente. Otro uso que está en auge es el remplazo de esta biomasa por combustible fósiles como el carbón, petróleo y gas [9].

- Comercialización de cascarilla: La actividad principal con este residuo es su recolección, retiro y comercialización de los molinos de arroz ubicados en las zonas del Tolima, Huila, Meta, Villavicencio y Casanare.

Consiste básicamente en darle buen uso al residuo, satisfaciendo la demanda de las diferentes industrias que la requieren manejando varias presentaciones (pacas de cascarilla, cascarilla cruda y cascarilla quemada)

- Cascarilla como sustituto de combustibles fósiles: Gracias a la realización de un estudio de disponibilidad de biomasa en todo el territorio nacional, se concluyó que una de las biomasa más representativas es la cascarilla de arroz.

De acuerdo a ese estudio se concluyó que en Colombia hay mucho potencial de desarrollo de proyectos de sustitución de combustibles en diferentes industrias, como en las plantas de cemento, ladrilleras y tabacaleras, debido a la alta disponibilidad de esta biomasa.

Estos proyectos de sustitución en la actualidad están en la fase de pruebas en la industria del ladrillo y el tabaco, mientras que en el sector cementero ya se realizó la estructuración del proyecto del mecanismo del Protocolo de Kyoto MDL, para la empresa CEMEX Colombia, el cual ya fue aprobado y registrado por la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC) y en la actualidad está en ejecución, gracias al trabajo

realizado en conjunto con la empresa CO2 SOLUTIONS. [10] [7]

- Obtención y utilización de cenizas de alta calidad provenientes de la cascarilla de arroz para uso en el mercado de la construcción: La ceniza de la cascarilla, producto del proceso de la quema controlada, es utilizada como material que sirve como adición para cemento o concreto (Sustituta parcial del *Clinker* en el cemento).

Aunque los mercados para el uso de las cenizas de cascarilla de arroz en cemento no están bien desarrollados como los de acero, hay gran potencial para su uso debido a la disponibilidad del residuo y a la búsqueda de procesos industriales más eficientes y menos contaminantes, además con el uso de la ceniza, puede ser posible generar certificados de reducción de emisiones (Bonos CO2) cuando se sustituyen estas por cemento Portland.

Países productores de arroz como Tailandia están llevando a cabo investigaciones sobre usos industriales de la cascarilla de arroz, algunas aplicaciones actuales y potenciales son [11]:

- Química: La cascarilla de arroz puede utilizarse para producir tamiz molecular, que se aplica como catalizador para diversas reacciones químicas; como soporte para el sistema de distribución de drogas y como absorbentes en tratamiento de aguas residuales. [12]

- Fibra de comida para mascotas: La cascarilla es un subproducto de bajo costo, que se puede usar como una fuente de fibra e ingrediente de relleno barato en alimentos para mascotas. [13]

- Material de construcción: La cascarilla es un material aislante de clase A, porque son difíciles de quemar y no permiten que la humedad propague el moho u

hongos. Se ha descubierto que cuando se quema, la cascarilla de arroz produce cantidades significativas de sílice, por estas razones proporciona excelente aislamiento térmico [14].

- Sustitutos de hojas de madera prensada para fabricar muebles. [15]

- Relleno de almohadas: La cascarilla de arroz se utiliza como relleno de almohadas de forma suelta y consideradas terapéuticas porque conservan la forma de la cabeza. [16]

- Fertilizante: La cascarilla de arroz es materia orgánica y puede ser compostada. Sin embargo, su alto contenido de lignina hace el proceso lento.

A veces utilizan las lombrices de tierra para acelerar el proceso. La cascarilla puede convertirse en fertilizante en unos cuatro meses [17]

- Producción de carburo de silicio: La cascarilla es un material de bajo costo para producir carburo de silicio que en forma de *wiskers* o bigotes se utilizan para reforzar las herramientas de corte de cerámica aumentando su fuerza 10 veces. [18]

- Combustible: Con técnicas apropiadas puede ser quemada para producir energía

- Elaboración de cerveza: La cascarilla puede utilizarse en la elaboración de cerveza para aumentar la capacidad de

separación del líquido del grano residual en la pasta para la producción de cerveza.

- Extracción de jugo: La cascarilla de arroz se utiliza como una ayuda de prensa, para mejorar la eficiencia de la extracción de prensado de manzana. [19]

- La ceniza de la cascarilla: Un número de posibles usos están siendo investigados. Estos incluyen [20] [21]:

- 1) Agregados y rellenos para la producción de hormigón.
- 2) Sustituto económico de micro sílice / humos de sílice.
- 3) Absorbentes para aceites y productos químicos.
- 4) Facilitar aireación de suelos agrícolas.
- 5) Fuente de silicio.
- 6) Polvo de aislamiento en fábricas de acero.
- 7) Repelentes en forma de “Vinagre de alquitrán”.
- 8) Agente de liberación en la industria de la cerámica.
- 9) Material aislante para hogares y refrigerantes.
- 10) Limpieza de dientes.

La cascarilla de arroz tiene aproximadamente un 72% de sílice, este valor aumenta en el momento en que esta biomasa se quema dando resultados de hasta 95% de sílice presente en la ceniza de la cascarilla de arroz [22].

METODOLOGÍA

Se recolecto una muestra de aproximadamente 4 kg de cascarilla de arroz la cual se secó a temperatura ambiente por una semana. Se molió, hasta alcanzar un tamaño de partícula de tamiz No. 425 Mic ASTM E11.

Con la muestra de cascarilla de arroz (CA) en gramos pretratada se tomaron diferentes proporciones de esta, se

adiciono a una mezcla de agua (A) e hidrocarburos en mililitros en diferentes cantidades, estos hidrocarburos utilizados fueron gasolina (G), varsol (V) y éter de petróleo (E). En el caso en el que no se empleó algún elemento se denota NA

El diseño experimental fue propuesto como se muestras en la Tabla 1.

Se esperó un tiempo de 5 minutos por cada muestra para determinar

cualitativamente la absorción del componente orgánico.

Tabla 1. Proporciones de mezclas realizadas para evaluar la efectividad de la cascarilla de arroz para absorber hidrocarburos.

No de muestra	CA	A	G	V	E
1	1	10	NA	NA	NA
2	1	5	NA	NA	NA
3	3	10	NA	NA	NA
4	5	40	NA	1	NA
5	5	40	NA	8	NA
6	1	8	NA	4	NA
7	1	4	NA	2	NA
8	3	8	NA	4	NA
9	5	50	1	NA	NA
10	1	10	1	NA	NA
11	1	10	2	NA	NA
12	1	10	8	NA	NA
13	1	5	4	NA	NA
14	5	50	NA	NA	5
15	1	10	NA	NA	2

RESULTADOS

En la Figura 1 se muestran algunas imágenes de los resultados de las muestras realizadas.

El porcentaje absorbido se determinó cualitativamente por un observador único y se aproximó un % de absorción de hidrocarburos con la cascarilla; esta información se encuentra en la Tabla 2.

Como se puede observar en la Figura 1, el número de capa de cascarilla para todas las muestras son 2; intermedio a estas se encuentra una capa de agua y sobre la capa superior de cascarilla permanece el hidrocarburo en exceso

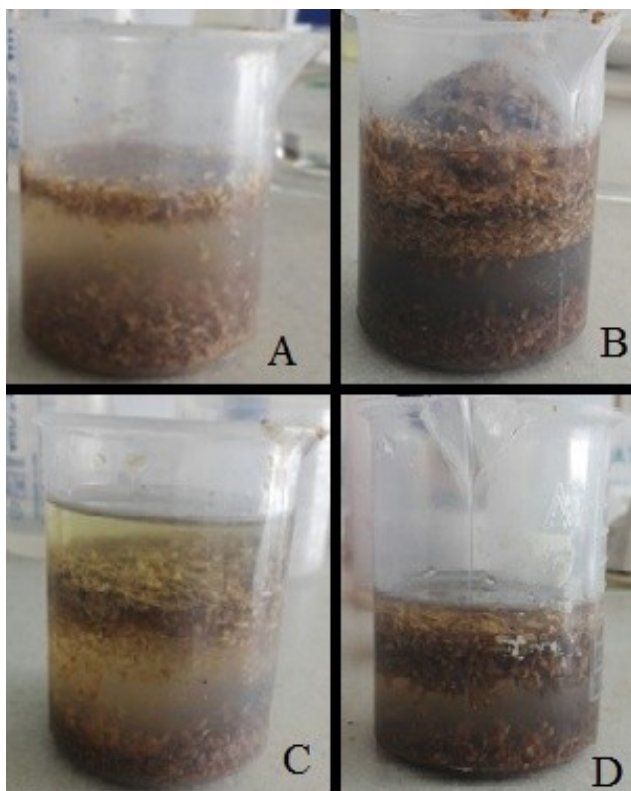


Figura 1. A) Resultado de la muestra No 2; B) Resultado de la muestra No 7; C) Resultado de la muestra No 12 y D) Resultado de la muestra No 5.

Tabla 2. Aproximación de absorción de hidrocarburos por parte de la cascarilla de arroz

No de muestra	% absorbido agua	% absorbido hidrocarburo
2	10	NA
7	10	90
12	5	40
15	5	70

ANÁLISIS

Para la muestra número 2 (Figura 1A) se pueden observar tres capas; dos de cascarilla e intermedia a esta una capa de agua, aproximadamente todo el volumen de agua añadido quedó entre estas capas, lo que quiere decir que la cascarilla absorbió muy poca agua; en el caso de la muestra 7 (Figura 1B) se observa que

proporcionalmente hay más cantidad de cascarilla que de agua y de hidrocarburo, notándose la capa de agua igualmente intermedia a las de cascarilla; pero en este caso no se presenta capa de hidrocarburo ya que todo fue absorbido por la cascarilla; de esto es importante resaltar que a mayor cantidad de cascarilla mejor

es el resultado de absorción de hidrocarburo, ya que como se muestra en la Figura 1C y 1D la cantidad de cascarilla no es suficiente para absorber el hidrocarburo por lo que se genera una capa de solvente en exceso sobre la cascarilla.

Teniendo en cuenta los resultados se puede analizar que el porcentaje de hidrocarburos absorbido depende directamente de la cantidad de cascarilla.

Esta propiedad de la cascarilla se puede atribuir a su contenido de sílice el cual actúa absorbiendo el hidrocarburo. [22]

Como se muestra en los resultados la cascarilla absorbe en un porcentaje muy

bajo de agua comparando con la absorción de hidrocarburo, por esto es una manera eficaz de tratar derrames de hidrocarburos en cuerpos de agua. Es importante evaluar otros tipos de hidrocarburos y hacer un estudio de forma cuantitativa para tener valores más exactos de la efectividad de esta cascarilla para absorber hidrocarburos.

El hecho de que los resultados se presentaran de forma cualitativa observando un porcentaje aproximado de absorción hace que los resultados puedan tener error en su interpretación.

CONCLUSIONES

La cascarilla de arroz presenta propiedades de hasta un 90% para la absorción de distintos hidrocarburos sometidos a experimentación tales como el varsol, gasolina, éter de petróleo, arrojando como resultados diferentes capas donde claramente se evidencia la

extracción contaminante; basados en ello es necesario continuar con el proyecto de investigación para realizar estandarizaciones a la sílica, dar análisis más exactos, y un mayor porcentaje de efectividad en la aplicación del producto final.

Referencias

[1] N. Bhullar , W. Gruissem, “Mejora nutricional del arroz para la salud humana: la contribución de la biotecnología” *Biotechnol. Adv.* , 31, pp. 50 – 55, (2013)

[2] Amarasekara, A. S. (2014). *Feedstocks for cellulosic ethanol production*. Handbook of cellulosic ethanol (pp. 47-49). Texas, USA: Scrivener Publishing LLC; Wiley.

[3] Escalante Hernández, H., Oduz Prada, J., Zapata Lesmes, H. J., Cardona Ruiz, M. C., & Duarte Ortega, M. (2008). *Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia*.

[4] Fushimi, A., Saitoh, K., Hayashi, K., Ono, K., Fujitani, Y., Villalobos, A., Shelton, B., Takami, A., Tanabe, A and Schauer, J, “Caracterización química y potencial oxidativo de las partículas emitidas por la quema a cielo abierto de las pajas de cereales y la cáscara de arroz en condiciones de llamas y ardor” Editorial ELSEVIER, Vol. 163, pp. 118-127. (Agosto 2017).

[5] A. Areiza, “Estudios de Mercado: Diagnóstico del mercado del arroz en Colombia (2000-2012)”. Superintendencia de industria y comercio; Delegatura de Protección de la Competencia, 2003.

- [6] Burgos, S., Navarro, M., Marrugo, J., Enamorado, A and Urango, I. "Polycyclic aromatic hydrocarbons and heavy metals in the Cispata Bay, Colombia: A marine tropical ecosystem" editorial ELSEVIER, Vol. 120, pp. 379-386. (Julio 2017).
- [7] Oliva, M., Perales, J.A., Gravato, C., Guilhermino L. And Galindo, M.C. "Biomarkers responses in muscle of Senegal sole (*Solea senegalensis*) from a heavy metals and PAHs polluted estuary" Editorial ELSEVIER, Vol. 64, pp. 2097-2108. (2012)
- [8] L. Echarrí, Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Editorial Teide, Madrid. 1998
- [9] J. Sierra, "Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia." Universidad de Sucre, Sincelejo. 2009
- [10] Contexto ganadero, "Conozca otros usos que se le pueden dar a la cáscara de arroz.", 2016 [Online] Available: <http://www.contextoganadero.com/agricultura/conozca-otros-usos-que-se-le-pueden-dar-la-cascara-de-arroz>
- [11] D. Quiceno, M. Y. Mosquera, "Alternativas tecnológicas para el uso de cascarilla de arroz como combustible.", tesis de pregrado, Universidad Autónoma de Occidente, Departamento de energética y mecánica, Santiago de Cali, 2010
- [12] M. Sosa, "Granulado de cascara de arroz" de ceniza. 2015 [Online] Available: <http://www.colegioerandi.com.mx/catalogar/7213/granulado-de-cascara-de-arroz-de-ceniza/>
- [13] M. Backhauss, "Cascarilla de arroz para la industria." Rafagas, Universidad Nacional Autónoma de México. No 130. pp 5
- [14] J. Eras, 2014. Tesis de grado: Evaluación del proceso de elaboración de un aglomerado para cielo raso, a partir del raquis de la palma aceitera en combinación con la cascarilla de arroz. Recuperado de: <http://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/252/1/T-UTEQ-0008.pdf>
- [15] HUM, C. 2016. La cascarilla de arroz "caolinizada"; una alternativa para mejorar la retención de humedad como sustrato para cultivos hidropónicos. Drcalderonlabs. Obtenido de http://www.drcalderonlabs.com/Investigaciones/Cascarilla_Caolinizada/La_Cascarilla_Caolinizada.htm
- [16] Juárez N. 2013. Usos de la cascarilla de arroz. Recuperado de: <https://es.scribd.com/document/160683178/Usos-de-La-Cascarilla-de-Arroz>
- [17] de León K. 2015. Buenas prácticas de manufactura en un beneficio de arroz. Recuperado de: <http://www.repositorio.usac.edu.gt/3087/1/Karina%20Rocio%20de%20Leon%20del%20Ciudad.pdf>
- [18] Orjuela L, 2010: establecimiento de una planta de fabricación de abono orgánico a base de cascarilla de arroz en el municipio decampo alegre (Huila). Recuperado de: <https://es.scribd.com/doc/100968602/Fabricacion-de-abono-organico-a-partir-de-cascarilla-de-arroz>
- [19] Treviño B. 2001. Tesis: Síntesis y sinterización de SiC y SiN a partir de la cascarilla de arroz. Recuperado de: <http://eprints.uanl.mx/1084/1/1020146934.PDF>
- [20] Imabe Iberica. 2009. Prensa cascarilla de arroz. Recuperado de: <http://www.imabeiberica.com/es/sector-biomasa-y-forrajes/prensa-cascarilla-de-arroz>
- [21] Ahumada, L.M. & J.E. Rodríguez-Páez: Uso del SiO₂ obtenido de la cascarilla de arroz en la síntesis de silicatos de calcio. Rev. Acad. Colomb. Cienc.
- [22] V. P. Della., I. Kühn. And D. Hotza. "Rice husk ash as an alternate source for active silica production" Editorial ELSEVIER, Vol. 57, pp. 818-821. (2002).