

DOI: <https://doi.org/10.46296/ig.v7i13.0162>

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE TRES VARIEDADES DE CARBÓN ACTIVADO DE CASCARILLA DE ARROZ

PHYSICOCHEMICAL ANALYSIS OF THREE VARIETIES OF RICE HUSK ACTIVATED CARBON

Palacios-Zambrano Jandry Javier^{1*}; Vera-Vera Ángel Ricardo¹; Arce-Santana Irma Elizabeth¹;
Lucero-Álvarez Mariela Gissela²; Barzola-Miranda Sonnia Ester²; Gutierrez-Lara Victor
Eduardo²

¹Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí Manuel Félix López. Campus
Politécnico El Limón Km 11/2 vía la Pastora. Calceta, Manabí, Ecuador.

²Universidad Técnica Estatal de Quevedo. Av. Quito Km 1 ½ vía Santo Domingo. Quevedo, Los
Ríos, Ecuador.

*Correo: jandry_palacios@espam.edu.ec

Resumen

La investigación tuvo como objetivo analizar tres variedades de carbón activado de cascarilla de arroz. La variable independiente fue el tipo de activación del carbón activado con tres variedades, carbón activado con ácido fosfórico (CAAF), carbón activado físicamente (CAF) y carbón activado con ácido cítrico (CAAC). Las variables dependientes fueron acidez residual, humedad (%), pH y densidad aparente (g/L). Los experimentos se realizaron con cuatro repeticiones. Los resultados demostraron que el tipo de activación en el carbón activado modifica la acidez residual y pH, sobre todo en el tratamiento con CAAF, resaltándolo como mejor tratamiento también en las variables humedad (8,56 %) y densidad aparente (0,37 g/L); concluyendo que el CAAF es la variedad de carbón activado que generaría mejores opciones en las aplicaciones de adsorción.

Palabras clave: Carbón activado, arroz, adsorbente.

Abstract

The objective of the research was to analyze three varieties of rice husk activated carbon. The independent variable was the type of activated carbon activation with three varieties, phosphoric acid activated carbon (PAAC), physically activated carbon (PAC), and citric acid activated carbon (CAAC), the dependent variables were residual acidity, humidity (%), pH and bulk density (g/L); the experiments were carried out with four repetitions. The results showed that the type of activation in the activated carbon modifies the residual acidity and pH, especially in the treatment with PAAC, highlighting it as the best treatment also in the variables humidity (8,56%) and apparent density (0,37 g /L); concluding that PAAC is the variety of activated carbon that would generate better options in adsorption applications.

Keywords: Activated carbon, rice, adsorbent.

Información del manuscrito:

Fecha de recepción: 15 de junio de 2023.

Fecha de aceptación: 09 de agosto de 2023.

Fecha de publicación: 10 de enero de 2024.

1. Introducción

Los patrones agroindustriales globales crean modelos alimentarios disminuyendo las diferencias de consumos en productos (Peralta, 2020). Como afirma Flores (2020) en el caso del Ecuador se presenta gran variedad de alimentos de consumo masivo como pescados, mariscos, arroz, tubérculos, verduras, frutas, carnes entre otros (Ochoa, 2019), destacando al arroz como un producto de consumo generalizado en el territorio ecuatoriano (Viteri y Zambrano, 2016).

Desde un punto de vista social y productivo, el cultivo de arroz es el más importante en el Ecuador, representando alrededor de un tercio de la superficie cultivable del país (MAGAP, 2020). Su masiva elaboración genera subproductos de desecho en grandes cantidades, como es el caso de la cascarilla de arroz que la ubican como su principal residuo (Naveda et al., 2019). Debido a que el 20% del peso total del grano son residuos (Tobar y Quijije, 2017), el volumen de cascarilla de arroz producida puede superar las 100.000 toneladas/año, sumado a su baja degradabilidad natural, se acumula en el medio

ambiente creando un pasivo (Prada y Cortés, 2010).

La tendencia actual es mejorar la eficiencia productiva, usando menos recursos y desarrollando procesos con menor impacto en el medio ambiente (Martínez et al., 2021). La cascarilla de arroz tiene varias propuestas alternativas para su utilización como biocombustible (Altamirano, 2021; Bastidas y Vera, 2020), para disminuir los olores en las pocilgas de los cerdos (Hurtado et al., 2021), sustituto parcial del cemento en mezclas de hormigón (Castro et al., 2021) y su conversión en carbón activado para usos comerciales e industriales (Mejía, 2018).

Pueden obtenerse dos productos de la cascarilla de arroz que son el carbón activado y la sílice, debido a su alta porosidad y área superficial, el carbón activado ha sido ampliamente utilizado como soporte absorbente y catalítico (Quijano, 2013). El carbón activado obtenido de la cascarilla de arroz se utiliza principalmente como absorbente en el tratamiento de aguas residuales (Rodríguez et al., 2012; Anchatuña et al., 2019) aunque sus propiedades permiten su uso para otros fines en

la industria, como en operaciones de blanqueo de aceites comestibles (Prada y Cortés, 2010).

La producción de carbón activado se basa en la activación de estos materiales que contienen carbono (Prieto et al, 2020). Citando a Quijano (2013) los diferentes activadores utilizados en el proceso, se dividen en dos tipos: activación física y activación química; en la activación física no se requiere un paso de purificación o tratamiento de aguas residuales, y el uso de reactivos químicos también puede verse afectado negativamente por la generación de desechos (López et al., 2016).

Como consecuencia a lo planteado este trabajo tuvo como objetivo analizar distintas variedades de carbones activados obtenidos de cascarilla de arroz y activados por método físico como químico, como una alternativa ecológica.

2. Metodología

La parte metodológica se ejecutó en el laboratorio de química de una agroindustria, ubicada en la ciudad de Manta, Ecuador. La materia prima se obtuvo de la cascarilla de arroz variedad INIAP-11 en la piladora de

arroz del sitio Las Jaguas del cantón Rocafuerte provincia de Manabí de la República del Ecuador.

La variable independiente, fue tipo de carbón activado (tres variedades). Por cada tratamiento se efectuaron cuatro repeticiones, obteniéndose 12 unidades experimentales, que se muestran en la tabla 1.

Tabla 1.
Tratamientos del estudio.

Factor A	Tratamiento
a1: Carbón mediante activación con ácido fosfórico (CAAF)	T1
a2: Carbón mediante activación con ácido cítrico (CAAC)	T2
a3 Carbón mediante activación física (CAF)	T3

Las variables dependientes en los carbones activados fueron granulometría por vía seca, acidez residual, humedad y densidad aparente. Cada unidad experimental partió con 25 g de cascarilla de arroz para la obtención de carbón activado.

2.1. Elaboración y activación de los carbones

Se muestrearon aleatoriamente 5 kg de cascarilla de arroz de la variedad

INIAP-11 de la etapa final de pilado, posteriormente se trasladaron al laboratorio de química para su activación.

En la figura 1 y 2 se detallan los diagramas de procesos de obtención carbón activado por método físico y químico.

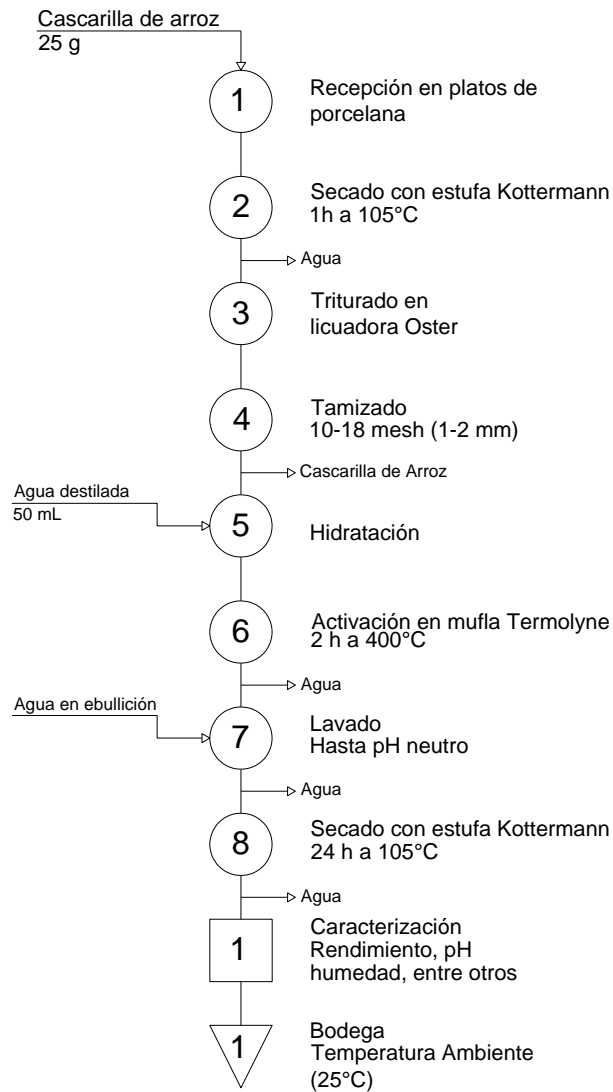


Figura 1. Diagrama de proceso de activación física del carbón.

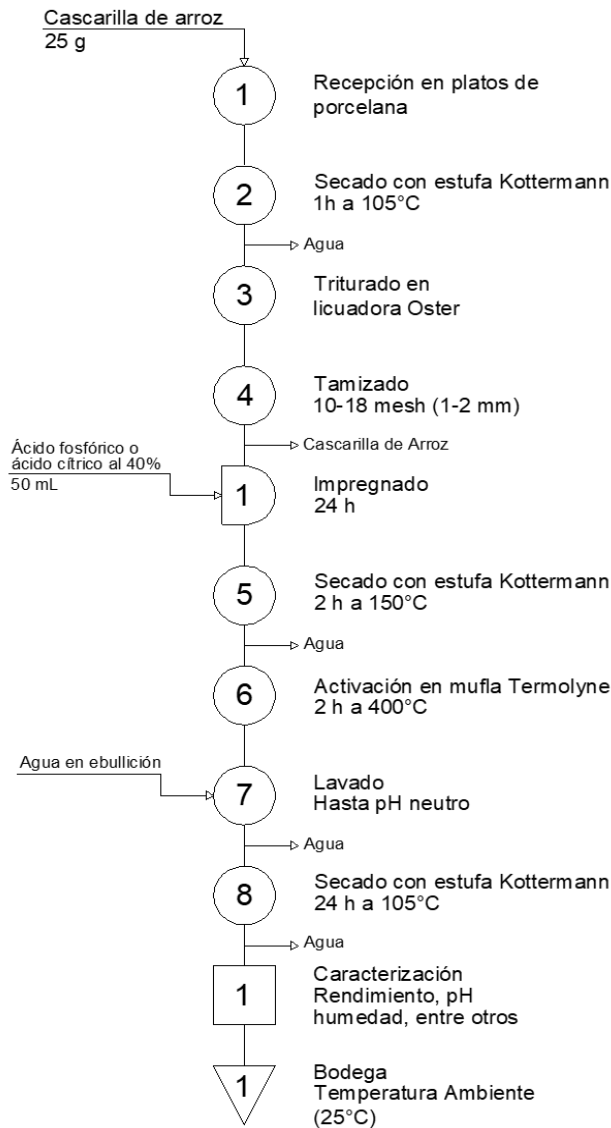


Figura 2. Diagrama de proceso de activación química del carbón.

El tratamiento preparatorio para la activación se basó en secar en un horno KOTTERMANN D3165 Hänigsen (220 V, 925 W) a 105 °C por el lapso de una hora, donde se pusieron 500 gramos de cascarilla de arroz en un recipiente de porcelana para eliminar al máximo la cantidad de agua de la muestra. El material fue reducido a

aproximadamente 1-2 mm (malla 10-18 mesh) pasando a través de un tamiz FISHER SCIENTIFIC COMPANY (ASTM E-11).

Para el procedimiento de activación física se extrajo una muestra de 25 gramos, llevándola a un mortero de 100 mm, se humedeció con agua destilada (0,5 uS/cm) y se hirvió a,

posterior se trasladó a una mufla TERMOLYNE. FB1315M por dos horas a 400 °C, después se enfrió en la mufla durante 24 horas hasta alcanzar la temperatura ambiente y el material resultante se lavó con agua destilada a pH neutro, para su medición fue usado un PH METER OAKION 35613-24.

En el caso de la activación química, el primer paso consistió en usar 25 gramos de arroz y 50 ml de volumen de ácido fosfórico al 40 % en un mortero de 100 mm por 24 horas, luego el secado de las muestras se realizó en un horno KOTTERMANN por dos horas a 150 °C. Seguidamente, se colocó en un horno de mufla TERMOLYNE durante dos horas para la carbonización a 400°C. Se enfrió en una mufla por el lapso de 24 horas, luego un lavado con agua destilada caliente hasta que se alcanzó pH neutro, y el material se secó a 105 °C durante 24 horas. Se usó el mismo método anterior para activar con ácido cítrico (Hidalgo y Rivera, 2017).

Obtenidas las tres variedades: CAAF, CAF y CAAC, se procedió a caracterizar las muestras finales.

2.2. Caracterización de los carbones activados

2.2.1. Acidez residual

Para llevar a cabo esta prueba, se tomó una cantidad de 1 g de carbón y se colocó en un matraz Erlenmeyer, utilizando una balanza analítica MRC ASB220 C3, se determinó el peso preciso del carbón. Luego, se añadieron 50 mL de alcohol neutro al 95% y unas gotas de fenolftaleína al matraz. A continuación, se procedió a titular la mezcla utilizando una solución de hidróxido de potasio al 0,1 N. Los resultados de esta titulación se informaron en términos de mg de hidróxido de potasio (KOH) por gramo de muestra de carbón (INEN-ISO 660 2013).

$$mg K(OH)/g = \frac{VxNx56.1}{pm} \text{ (Ec. 1)}$$

Donde:

V= volumen consumido de K(OH).

N= normalidad de la solución de K(OH).

pm= peso de la muestra de carbón.

2.2.2. Humedad

Se utilizó una termobalanza METTLER TOLEDO HB43-S Halogen. Se colocaron 4 g de la muestra en su plato de aluminio, se cerró el equipo y se inició el proceso.

Durante la operación, la temperatura se mantuvo constante a 130°C (INEN-ISO 6496, 2015).

2.2.3. pH

El procedimiento involucró pesar 2 g de carbón en un vaso de precipitación utilizando la balanza MRC ASB220 C3. Después, se agregaron 20 mL de agua destilada al vaso. El objetivo fue crear una suspensión de la muestra con agua destilada. Luego, se utilizó un pH-metro OAKLON para medir el pH de la solución resultante (INEN-ISO 10390, 2014).

2.2.4. Densidad aparente

Para determinar la densidad aparente sin compactar de las muestras de grano fino, se pesó una probeta vacía de 50 mL en una balanza analítica MRC ASB220 C3. Luego, se volvió a pesar la probeta, pero esta vez se llenó con carbón hasta alcanzar un volumen de 50 mL. Los resultados de esta medición se expresaron en gramos por litro (g/L) (INEN-ISO 11508, 2014).

$$\text{Densidad Aparente} = \frac{P2-P1}{V} \text{ (Ec. 2)}$$

Donde:

P1= peso de la probeta vacía.

P2= peso de la probeta más el carbón.

V= volumen de la probeta.

3. Resultados y discusión

Los carbones activados con sus tratamientos presentaron una acidez residual de 9,96 mg KOH/g para CAAF; 1,87 mg KOH/g para CAAC y 1,72 mg KOH/g para CAF. En la tabla 2 se aprecian los resultados de las medias obtenidas.

Se presenta una humedad referente de 8,56% para CAAF; 8,87% para CAAC y 8,60% para CAF, dando valores similares entre los tratamientos (tabla 2).

En los carbones activados comerciales, granulares o en polvo su rango de pH varía de ácidos hasta alcalinos de acuerdo a su ficha técnica. Como se detalla en la tabla 2 los valores de pH en el presente trabajo fueron 5,4 para CAAF; 6,2 para CAAC y 6,2 para CAF.

Según el método propuesto, se obtuvieron los siguientes resultados para la determinación de la densidad aparente: el valor más alto corresponde al CAAF con 0,37 g/L, seguido por el CAF con 0,34 g/L y finalmente el CAAC con 0,28 g/L (tabla 2).

Tabla 2.

Promedio de las características fisicoquímicas analizadas en los carbones activados.

Variables medidas				
Tratamiento	Acidez residual	Humedad (%)	pH	Densidad aparente (g/L)
T1-CAAF	9,96	8,56	5,4	0,37
T2-CAAC	1,87	8,87	6,2	0,34
T3-CAF	1,72	8,60	6,2	0,28

3.1. Discusión

Al efectuarse una activación por acidez química, se incrementa la existencia de ácido en la estructura del carbón, reflejando que el carbón activado químicamente con ácido fosfórico exhibe un nivel más elevado de acidez remanente en comparación a los carbones activados físicamente (Peña et al., 2012), lo que puede manifestarse de manera positiva como afirman Silva et al. (2013) con el aumento de la adsorción relacionado con la acidez residual; efectivamente el CAFF posee una elevada adsorción con sus contrapartes menos ácidas Farrera et al. (2017). Según Taylor et al. (1989) la capacidad de retención de un material adsorbente está vinculada al nivel de acidez presente en su estructura.

Los resultados de los tratamientos muestran similitudes, donde se observa que los carbones activados comerciales presentan un contenido de humedad del 8 y 5% según Borsua (2018) y Jacobi (2012), respectivamente. Estos materiales han sido evaluados en términos de humedad utilizando el método empleado por autores como Farrera et al. (2017).

Según lo expuesto por Gonçalves et al. (2002), el comportamiento del soluto disociado está influenciado por el pH de la solución, ya que las interacciones electrostáticas entre la superficie del carbón y la molécula del soluto determinan si habrá atracción o repulsión, estas interacciones señalan si un pH más bajo o más alto favorece la adsorción. En el caso de carbones

activados comerciales, ya sean en forma granular o en polvo, exhiben diferentes valores de pH, abarcando desde ácido hasta básico; algunos ejemplos son Borsua (2018) con un rango de pH de 4 a 7, y Carbotecnia (2010) con un rango de pH de 9 a 11.

Por otra parte, una densidad aparente más elevada indica la capacidad de lograr una distribución más uniforme, ya que, al tratarse de partículas más pequeñas, estas se dispersarían de manera más efectiva en el medio. Los valores de densidad aparente del estudio se asemejan con carbones activados comerciales que reportan datos de 0,49 g/mL (Borsua, 2018).

4. Conclusión

Se logró la caracterización de los carbones activados de cascarilla de arroz obtenidos por activación física y química. El tratamiento con los mejores resultados en todas las variables de respuesta fue el carbón activado con ácido fosfórico (CAAF), obteniéndose acidez residual (9,96), pH (5,4), humedad (8,56 %) y densidad aparente (0,37 g/L).

Se verificó que las variedades de carbones activados de cascarilla de arroz que se obtuvieron son

comparables a las reportadas en la literatura.

Bibliografía

- Altamirano, C. E. C., Calvopiña, F. G. L., Chicaiza, X. M. P., & Pilco, C. R. J. (2021). Potencialidad de Biocombustibles a partir de Residuos Orgánicos. *Revista Scientific*, 6(21), 40-57. <https://doi.org/10.29394/Scientific.issn.2542-2987.2021.6.21.2.40-57>
- Anchatuña, D. X. G., Quiñonez, N. Q., Cercado, M. E. J., & Naranjo, D. M. (2019). Absorción de aceites y grasas en aguas residuales de lavadoras y lubricadoras de vehículos utilizando absorbentes naturales. *3c Tecnología: glosas de innovación aplicadas a la pyme*, 8(3), 12-23. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7046815>
- Bastidas, J. V., & Vera, J. M. (2020). Biocombustible Sólido A Partir De Residuos Que Generan Los Procesos Agroindustriales Del Sector El Empalme. *Ingeniería e Innovación*, 8(22). <https://doi.org/10.21897/23460466.2333>
- Borsua (2018) Ficha técnica carbón activado CAD o SDD. Recuperado de: <https://n9.cl/szvhy>
- Carbotecnia (2010) Carbón activado granular de concha de coco.

- Recuperado de:
<https://n9.cl/k1pzq>
- Castro, C. M. J., Martínez, R. A. P., Zamora-Ledezma, C., & Zamora-Ledezma, E. (2021). Caracterización preliminar de la ceniza de cáscara de arroz de la provincia Manabí, Ecuador, para su empleo en hormigones. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería, Universidad del Zulia*, 44(1), 44-50.
<https://www.redalyc.org/journal/6057/605772532007/605772532007.pdf>
- Farrera, R., Marroquín, C. A., Cid, M., Dávila, E., García, H., & Méndez, M. A. (2017). Producción de carbón activado a escala de laboratorio a partir de residuos de café. *Revista Pakbal*, 40, 40-44.
https://www.ingenieria.unach.mx/images/Articulos_revista/revistapakbal_40_pag40-44.pdf
- Flores Chamba, E. (2020). El modelo extractivista y los peligros para la soberanía alimentaria en el caso ecuatoriano. *SaberEs*, 12(1), 01-19.
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1852-42222020000100001&script=sci_arttext
- Gonçalves, M., Guerreiro, M. C., Ramos, P. H., de Oliveira, L. C. A., & Sapag, K. (2013). Activated carbon prepared from coffee pulp: potential adsorbent of organic contaminants in aqueous solution. *Water Science and Technology*, 68(5), 1085-1090.
<https://doi.org/10.2166/wst.2013.349>
- Hidalgo, C & Rivera, S. (2017). Obtención de carbón activado a partir del bagazo del café como una propuesta de utilización del residuo de una industria. ESPOL.
<https://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/102854/DCD102896.pdf>
- Hurtado, E. A., Cueva-Navia, T., & Barba-Capote, C. (2021). La modelización del crecimiento de los cerdos bajo un sistema de cama profunda. *CIENCIA UNEMI*, 14(36), 1-11.
<https://doi.org/10.29076/issn.2528-7737vol14iss36.2021pp1-11p>
- INEN ISO (Norma Técnica Ecuatoriana - Instituto Ecuatoriano de Normalización). (2014). 10390:2014. Calidad del suelo. Determinación del pH (IDT). 1era. Ed.
- INEN ISO (Norma Técnica Ecuatoriana - Instituto Ecuatoriano de Normalización). (2014). 11508:2014-01. Calidad del suelo. Determinación de la densidad de las partículas (IDT).

- INEN ISO (Norma Técnica Ecuatoriana – Instituto Ecuatoriano de Normalización). (2015). 6496:2015. Alimentos para animales. Determinación del contenido de humedad y otra materia volátil. (IDT). <https://wss.ec/images/pdf/SA-E-LEN-11-001.pdf>
- INEN ISO (Norma Técnica Ecuatoriana – Instituto Ecuatoriano de Normalización). (2013). 660:2013. Aceites y grasas de origen animal y vegetal. Determinación del índice de acidez y de la acidez. (IDT). <https://docplayer.es/228042400-Quito-ecuador-norma-tecnica-ecuadoriana-nte-inen-iso-660-2013-extracto.html>
- Jacobi. (2012). Carbón activado para agua potable. Recuperado de: <https://n9.cl/ymg1r>
- López, C, De Las Salas, L., y España, J. (2016). Comportamiento oligopólico en el Mercado Mundial de Aceite de Palma 1961-2004. *Ensayos de Economía*, 26(48), 91-113. <https://revistas.unal.edu.co/index.php/ede/article/view/59860>
- Martínez Álvarez, Ó., Iriondo-DeHond, A., Gómez Estaca, J., & Castillo, M. (2021). Nuevas tendencias en la producción y consumo alimentario. <http://hdl.handle.net/10261/253463>
- Mejía, M. V. V. (2018). Potencial de residuos agroindustriales para la síntesis de Carbón Activado: una revisión. *Scientia et technica*, 23(3), 411-419.
- Meléndez, M. R., & Ponce, W. P. (2016). Pollination in the oil palms *Elaeis guineensis*, *E. oleifera* and their hybrids (OxG), in tropical America. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 46, 102-110. <https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4638196>
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAGAP) (2020). Panorama agro-estadístico de agosto 2020. Recuperado el 18 de septiembre de 2020 de http://sipa.agricultura.gob.ec/descargas/panorama_estadistico/panorama_estadistico.pdf
- Naveda Rengifo, R. A., Jorge Montalvo, P. A., Flores del Pino, L., & Visitación Figueroa, L. (2019). Remoción de lignina en el pretratamiento de cascarilla de arroz por explosión con vapor. *Revista de la Sociedad Química del Perú*, 85(3), 352-361. <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v85n3/a07v85n3.pdf>
- Ochoa, F. B. (2019). ¿Hacia un modelo agroalimentario único? diversidad e identidades espaciales en el

- consumo de alimentos en Ecuador. *Tsafiqui: Revista científica en ciencias sociales*, (12), 68-83. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8270474>
- Peña, K. J., Giraldo, L., & Moreno, J. C. (2012). Preparación de carbón activado a partir de cáscara de naranja por activación química. Caracterización física y química. *Revista Colombiana de Química*, 41(2), 311-323. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28042012000200010&script=sci_arttext
- Peralta-Rivero, C. (2020). Impactos y tendencias del modelo agroindustrial en las tierras bajas de Bolivia. *Mundos Rurales*, 15(1), 15-24. https://www.researchgate.net/profile/Carmelo-Rivero/publication/344366746_Impactos_y_tendencias_del_modelo_agroindustrial_en_las_tierras_bajas_de_Bolivia/links/5f6cda5d299bf1b53ef09417/Impactos-y-tendencias-del-modelo-agroindustrial-en-las-tierras-bajas-de-Bolivia.pdf
- Prada, A., & Cortés, C. E. (2010). La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. *Orinoquia*, 14, 155-170. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-37092010000300013
- Prieto García, J. O., Gehan Geulamussein, N., Pérez Leiva, A., Martínez Albelo, E., & Enríquez García, M. (2020). Adsorción de Cadmio desde soluciones acuosas en carbón activado de bagazo de caña de azúcar variedad Roxa. *Centro Azúcar*, 47(1), 90-99. http://centroazucar.uclv.edu.cu/index.php/centro_azucar/article/view/172
- Quijano, C. (2013). Producción de carbón activado y sílice a partir de cascarilla de arroz-una revisión. *Scientia et Technica*, 18(2), 422-429. <https://www.redalyc.org/pdf/849/84929153019.pdf>
- Rodríguez, Y. M., Salinas, L. P., Ríos, C. A., & Vargas, L. Y. (2012). Adsorbentes a base de cascarilla de arroz en la retención de cromo de efluentes de la industria de curtiembres. *Biotechnología en el sector agropecuario y agroindustrial*, 10(1), 146-156.. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612012000100017&script=sci_arttext
- Silva, S. M., Sampaio, K. A., Ceriani, R., Verhé, R., Stevens, C., Greyt, W. D., y Meirelles, A. J. A. (2013). Adsorption of carotenes and phosphorus from palm oil onto acid activated bleaching earth:

- Equilibrium, kinetics and thermodynamics. *Journal of Food Engineering*, 118(4), 341-349.
<https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.04.026>
- Taylor, D. R., Jenkins, D. B., y Ungermann, C. B. (1989). Bleaching with alternative layered minerals: A comparison with acid-activated montmorillonite for bleaching soybean oil. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 66(3), 334-341.
<https://doi.org/10.1007/BF02653285>
- Tobar, E. y Quijije, K. (2017). Estudio de factibilidad en la implementación de una empresa de reciclaje a base de cáscara de arroz en el cantón Daule, provincia del Guayas, con el fin de abastecer a plantas industriales de paneles solares. (Bachelor's thesis, Universidad Estatal de Guayaquil). Archivo digital. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/20191>