



E/A
P11-DIQ-01-2016

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

Proyecto Interno Proyecto Semilla Proyecto Junior Proyecto Multi e Inter Disciplinario

Investigación Básica Investigación Aplicada Investigación Pedagógica Innovación

DEPARTAMENTO(S):

1. Ingeniería Química

LINEA(S) DE INVESTIGACIÓN:

1. Biocombustibles

1 Proyecto de Investigación

Título

Obtención de un biocombustible sólido mediante carbonización hidrotérmica a partir de cascarilla de arroz.

Resumen del proyecto (máximo 200 palabras)

En el presente proyecto, se empleará a la cascarilla de arroz como una fuente de biocombustible. Para lograr este propósito, la cascarilla de arroz será reducida de tamaño y confinada a un reactor con agua para ser sometidos a presión durante un período de tiempo a temperaturas moderadas, obteniéndose un producto sólido de gran importancia denominado "hydrochar". Posteriormente el hydrochar será confinado en moldes metálicos para ser aglutinado con el fin de darle una forma compacta del biocombustible sólido.

El hydrochar posee propiedades fisicoquímicas únicas como: estabilidad, hidrofobicidad, alto poder calórico similar al del carbón lignito, enormes aplicaciones debido a su complejidad química como biocombustible para supercondensadores, catalizador nanoestructurado de carbono, adsorbente para cobre y cadmio en aguas contaminadas y como fertilizante para el suelo.

La finalidad de este proyecto es desarrollar un proceso a partir de un residuo agroindustrial que solucione el problema de deforestación obteniendo un producto densificado en forma de pellet, que pueda ser usado en estufas y calderas como combustible domiciliario, comercial e industrial, y cuyo uso disminuya la dependencia de combustibles derivados de petróleo.

Palabras clave (4-6): Cascarilla de arroz, biocombustible sólido, hydrochar, carbonización hidrotérmica.

2 Datos personales y académicos del Director del Proyecto



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

5.1 Objetivos

5.1.1 Objetivo General

Obtener un biocombustible sólido mediante carbonización hidrotérmica a partir de cascarilla de arroz.

5.1.2 Objetivos Específicos

- a. Caracterizar la cascarilla de arroz.
- b. Evaluar el efecto de la temperatura y el tiempo de residencia en la carbonización hidrotérmica.
- c. Obtener pellets mediante prensado y determinar sus propiedades físicas y químicas.

5.2 Relevancia de esta propuesta de investigación y su relación con la(s) Línea(s) de investigación asociadas.

Como antecedente se debe considerar que Según datos del MAGAP (2010), la proyección para la producción en el 2015 de arroz será de 1 319 904 ton, siendo el 22 % la cantidad de cascarilla generada.

Con la gran cantidad de cascarilla de arroz que se genera en Ecuador en la industria arrocerera es la quinta parte de la producción total, por lo que se debe realizar propuestas para dar un tratamiento técnico a los residuos generados por esta actividad.

La relevancia de este proyecto es el de emplear la cascarilla de arroz desechada en las apiladoras y emplearla para la obtención de biocombustibles, de esta manera se estarían empleando recursos naturales que no tienen uso o importancia a nivel industrial, y también, se estará apoyando a la nueva matriz energética impulsada por el Gobierno nacional, con el cambio de combustibles provenientes de fósiles a combustibles de origen vegetal.

5.3 Productos esperados

- a. Publicaciones científicas (obligatorio);
- b. Disertación a la Comunidad Politécnica;
- c. Proyecto de Titulación;
- d. Tesis de Grado (maestría o doctorado);
- e. Aplicación tecnológica construida o implementada;
- f. Patente presentada;
- g. Perfil de proyecto de mayor impacto científico, técnico, pedagógico o de innovación.

<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input checked="" type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/>

5.4 Detalle de los resultados esperados (con relación a los objetivos)

- a. Obtener las principales propiedades físicas y químicas de la cascarilla de arroz empleada en este proyecto.
- b. Determinar las mejores condiciones de operación (presión, temperatura y tiempo de residencia) para la obtención de un biocombustible sólido a partir de la cascarilla de arroz.
- c. Determinar las propiedades físicas, químicas y mecánicas del pellet resultante de bio combustible sólido.

6 Descripción, metodología y cronograma de trabajo

6.1 Descripción, metodología y diseño del proyecto



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

La biomasa tiene que ser pre-procesada o pre-tratada antes de ser utilizada como fuente de energía eficiente¹. El tratamiento de la cascarilla de arroz consistirá en un lavado y un secado a 110 °C durante doce horas. Los siguientes ensayos se realizarán para evaluar la calidad de la cascarilla de arroz: contenido de humedad, contenido de volátiles, contenido de cenizas, carbono fijo, poder calórico. El análisis de TGA evaluará las características de combustión de la cascarilla de arroz; este proceso utilizará un ciclo de calentamiento de 20 °C/min desde la temperatura ambiente hasta 850 °C². Se realizarán pruebas para identificar la composición lignocelulósica presente en la cascarilla de arroz, que incluirá la determinación de fibra detergente neutra, fibra detergente ácida, lignina detergente neutra. Se reducirá el tamaño de partícula de la cascarilla de arroz en un molino de cuchillas hasta obtener granulometrías entre 1,68 a 0,42 mm., siendo el tamaño ideal menor a 0,85 mm, debido a que se obtendrá un carbonizado más homogéneo³. Se mezclarán 20 g de cascarilla de arroz con 100 g de agua; se agitará y calentará a 85 °C hasta formar una pasta uniforme con humectación completa⁴, la pasta se colocará en un reactor batch de alta presión donde ocurrirá la carbonización hidrotérmica a las condiciones subcríticas del agua. La carbonización hidrotérmica se define como un proceso de conversión termoquímica que combina biomasa con agua a presión durante un período de tiempo a temperaturas moderadas de 180 hasta 230 °C, donde el agua actuará como solvente, catalizador y reactante⁵. La presión dentro del reactor será la presión de vapor del agua a la temperatura de reacción y variará de 200 psi hasta 390 psi durante los experimentos. Las temperaturas de operación serán 200, 215 y 230 °C y tiempos de residencia de 10, 20 y 30 minutos. Los sólidos carbonizados⁶ se filtrarán y secarán a 105 °C durante veinticuatro horas para el análisis del rendimiento y del poder calórico⁷. Al sólido resultante se determinará el contenido de humedad, el contenido de cenizas y la cantidad de volátiles, estos valores permitirán tener una aproximación de las características que tendrá el producto densificado. En un molde cilíndrico de acero inoxidable con 24 mm de diámetro y 60 mm de longitud se obtendrán los pellets mediante prensado. En la prensa hidráulica se considerará una presión de compactación de 100 kgf/cm² con una tasa de compresión de 5 kgf/cm²/min y a una temperatura de 140 °C, que de acuerdo con pruebas preliminares realizadas se obtendrá un mejor densificado⁸. Las pruebas de densidad, resistencia a la compresión, durabilidad, resistencia al impacto y resistencia al agua se harán para evaluar que los pellets cumplan con los parámetros de calidad a ser utilizados y almacenados. Los productos líquidos contienen sustancias tóxicas como fenoles, furfurales, que abren oportunidades para la digestión anaeróbica para producir biogás, agua fertilizada para uso agrícola o producción de combustible líquido⁹.

Referencias Bibliográficas:

1. Dutta y Kambo, 2014, pp. 182-184
Kambo, H. S., & Dutta, A. (2014). Strength, storage, and combustion characteristics of densified lignocellulosic biomass produced via torrefaction and hydrothermal carbonization. *Applied Energy*, 135, 182-191. [doi:10.1016/j.apenergy.2014.08.094](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2014.08.094)
2. Liu, 2014, p. 1316
Liu, Z., Quek, A., & Balasubramanian, R. (2014). Preparation and characterization of fuel pellets from woody biomass, agro-residues and their corresponding hydrochars. *Applied Energy*, 113, 1315-1322. [doi:10.1016/j.apenergy.2013.08.087](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2013.08.087)



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

3. Buyukisik, Kantarli, Pala, y Yanik, 2014, p. 256.
 Pala, M., Kantarli, I. C., Buyukisik, H. B., & Yanik, J. (2014). Hydrothermal carbonization and torrefaction of grape pomace: a comparative evaluation. *Bioresource technology*, 161, 255-262. doi:10.1016/j.biortech.2014.03.052
4. Gascó, Kalderis, Kotti y Méndez, 2014; Kambo y Dutta, 2014, p. 183.
 Kalderis, D., Kotti, M., Méndez, A., & Gascó, G. (2014). Characterization of hydrochars produced by hydrothermal carbonization of rice husk. *Solid Earth*, 5(1), 477-483. doi:10.5194/se-5-477-2014
5. Román et al., 2012, pp. 79.
 Román, S., Nabais, J. M. V., Laginhas, C., Ledesma, B., & González, J. F. (2012). Hydrothermal carbonization as an effective way of densifying the energy content of biomass. *Fuel Processing Technology*, 103(0), 78-83. doi:10.1016/j.fuproc.2011.11.009
6. Hoekman et al., 2013, pp.113-115.
 Hoekman, S. K., Broch, A., Robbins, C., Zielinska, B., & Felix, L. (2013). Hydrothermal carbonization (HTC) of selected woody and herbaceous biomass feedstocks. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 3(2), 113-126. doi: 10.1007/s13399-012-0066-y
7. González, Laginhas, Ledesma, Nabais y Román, 2012, pp. 710-711
 Román, S., Nabais, J. M. V., Laginhas, C., Ledesma, B., & González, J. F. (2012). Hydrothermal carbonization as an effective way of densifying the energy content of biomass. *Fuel Processing Technology*, 103(0), 78-83. doi: http://dx.doi.org/10.1016/j.fuproc.2011.11.009
8. Chou, Lin y Lu, 2009, pp. 982-987.
 Chou, C.-S., Lin, S.-H., & Lu, W.-C. (2009). Preparation and characterization of solid biomass fuel made from rice straw and rice bran. *Fuel Processing Technology*, 90(7), 980-987. doi:10.1016/j.fuproc.2009.04.012
9. Reza et al., 2014, pp. 12-13.
 Reza, M. T., Andert, J., Wirth, B., Busch, D., Pielert, J., Lynam, J. G., & Mumme, J. (2014). Hydrothermal carbonization of biomass for energy and crop production. *Applied Bioenergy*, 1(1). doi: 10.2478/apbi-2014-0001
10. Reza, M. T., Lynam, J. G., Uddin, M. H., & Coronella, C. J. (2013). Hydrothermal carbonization: fate of inorganics. *Biomass and Bioenergy*, 49, 86-94. doi:10.1016/j.biombioe.2012.12.004

6.2 Cronograma de trabajo anual: (Descripción)

- Para la elaboración del cronograma de ejecución del proyecto se sugiere considerar el tiempo para la adquisición de equipos, reactivos y materiales de laboratorio.

Primer Año

Actividad	Porcentaje de avance por mes						TOTAL
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	
Revisión bibliográfica	10						10
Puesta a punto de los equipos para experimentación		10					20
Caracterización de la cascarilla de arroz (<i>Oryza sativa</i>).			20				40
Evaluación del efecto de la temperatura y tiempo de residencia en la carbonización hidrotérmica				20			60
Elaboración de los pellets mediante el prensado y determinación de sus propiedades mecánicas y químicas					20		80
Redacción de artículos científicos					10		90
Elaboración de informes de informes finales del proyecto						10	100
TOTAL	10	20	40	60	90	100	



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

7	Fechas de inicio y fin	<p><i>Fecha de inicio: 01 septiembre 2015</i> <i>Fecha de finalización: 01 septiembre 2016</i></p>
----------	-------------------------------	---

8	Infraestructura, equipos y fondos adicionales.	<p>8.1 Infraestructura y equipos Reactor de alta presión de capacidad 1L, presión de operación 400 psi y temperatura 300°F Molinos de cuchillas. Tamizadoras Moldes para compactación de cascarilla de hydrochar</p> <p>8.2 Breve justificación del equipo requerido N.A.</p> <p>8.3 Fondos Adicionales N.A.</p>
----------	---	---

9		<p style="text-align: center;">Presupuesto estimado para la ejecución del presente proyecto (anual)</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Los costos para la elaboración del presupuesto estimado no deben incluir IVA.</i> - <i>Las maquinarias y equipos deberán tener una proforma local con un representante autorizado en el país.</i> - <i>En el caso de PIMI, se deberá aclarar en cual departamento permanecerán las maquinarias y equipos</i> <p style="text-align: center;"><u>Primer Año</u></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 65%;">Lista de ítems</th> <th style="width: 15%;">Cantidad solicitada (US \$)</th> <th style="width: 20%;">Porcentaje de Ejecución (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>Ayudantes de Investigación</i></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Subtotal</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>2. Maquinaria y Equipos</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Subtotal</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>3. Reactivos y materiales de laboratorio</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Termocuplas Tipo K</td> <td style="text-align: right;">100,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Termómetros digitales</td> <td style="text-align: right;">150,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Manómetros</td> <td style="text-align: right;">500,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Sistema eléctrico de encendido del reactor</td> <td style="text-align: right;">500,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Imanes de agitación</td> <td style="text-align: right;">50,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Moldes para la elaboración de pellets</td> <td style="text-align: right;">100,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: right;">Subtotal</td> <td style="text-align: right;">1 400,00</td> <td style="text-align: right;">77,78</td> </tr> <tr> <td>4. Literatura especializada</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Los Biocombustibles Autor: MANUEL CAMPS MICHELENA, FRANCISCO MARCOS MARTIN</td> <td style="text-align: right;">70,00</td> <td></td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">Biocombustibles sólidos de origen vegetal. Autor: FRANCISCO MARCOS MARTIN</td> <td style="text-align: right;">40,00</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Lista de ítems	Cantidad solicitada (US \$)	Porcentaje de Ejecución (%)	1. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>Ayudantes de Investigación</i>			Subtotal			2. Maquinaria y Equipos			Subtotal			3. Reactivos y materiales de laboratorio			Termocuplas Tipo K	100,00		Termómetros digitales	150,00		Manómetros	500,00		Sistema eléctrico de encendido del reactor	500,00		Imanes de agitación	50,00		Moldes para la elaboración de pellets	100,00		Subtotal	1 400,00	77,78	4. Literatura especializada			Los Biocombustibles Autor: MANUEL CAMPS MICHELENA, FRANCISCO MARCOS MARTIN	70,00		Biocombustibles sólidos de origen vegetal. Autor: FRANCISCO MARCOS MARTIN	40,00	
Lista de ítems	Cantidad solicitada (US \$)	Porcentaje de Ejecución (%)																																																
1. Contratación Servicios Personales por Contrato <i>Ayudantes de Investigación</i>																																																		
Subtotal																																																		
2. Maquinaria y Equipos																																																		
Subtotal																																																		
3. Reactivos y materiales de laboratorio																																																		
Termocuplas Tipo K	100,00																																																	
Termómetros digitales	150,00																																																	
Manómetros	500,00																																																	
Sistema eléctrico de encendido del reactor	500,00																																																	
Imanes de agitación	50,00																																																	
Moldes para la elaboración de pellets	100,00																																																	
Subtotal	1 400,00	77,78																																																
4. Literatura especializada																																																		
Los Biocombustibles Autor: MANUEL CAMPS MICHELENA, FRANCISCO MARCOS MARTIN	70,00																																																	
Biocombustibles sólidos de origen vegetal. Autor: FRANCISCO MARCOS MARTIN	40,00																																																	



ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL
VICERECTORADO DE INVESTIGACIÓN Y PROYECCIÓN SOCIAL

TECNOLOGÍAS PARA EL USO Y TRANSFORMACIÓN DE BIOMASA ENERGÉTICA. Autores: José Aracil Mira, Alberto Bahillo Ruiz, Mercedes Ballesteros Perdices, Emilio Cerdá Tena, Jesús Fernández González, Fernando Gutiérrez Martín, Mercedes Martínez, Elisa Peña, Cristina Peñasco, Raquel Ramos Casado Pablo del Río González, Luis Miguel Rodríguez Antón, Guillermo San Miguel, Marcos Sánchez, Francisco Sánchez Godoy, José María Sánchez Hervás, Marta Serrano, Jesús Ángel Vázquez Minguela.	40,00	
BIOMASA Y BIOCMBUSTIBLES. Autor: Al Costa.	50,00	
Subtotal	200,00	11,11
5. Viajes técnicos y de muestreo		
Subtotal		
6. Presentación de ponencias en congresos internacionales y publicaciones	200,00	
Subtotal	200,00	11,11
TOTAL PRESUPUESTO	1 800 + IVA	100,00

10 Lugar y Fecha / Firma del Director del Proyecto	
Quito, 29 de Octubre del 2015 Nombre: Marcelo Fernando Salvador Quiñones CC: 1708564727	 Firma del Director

DECLARACION DEL JEFE DE DEPARTAMENTO	
Esta propuesta ha sido aprobada por el Consejo del Departamento/Instituto INIG ^{INIG} al que pertenece el Director del Proyecto , en Sesión del 21/10/2015 ^{21/10/2015} mediante Resolución No. ... ^{...} y las instalaciones, incluyendo personal, edificios, equipo y recursos financieros están a disposición del aplicante de acuerdo con las especificaciones que se encuentran en esta aplicación.	
 JEFE DEL DEPARTAMENTO/INSTITUTO Nombre: LUCIA MONTENEGRO CC: 1710235217	QUITO, 21- OCTUBRE - 2015 Lugar y fecha