





# Caracterización química de la cáscara del fruto de *Jatropha curcas*

## Chemical characterization of the fruit shell of *Jatropha curcas*

Rosa María Rodríguez-Calle<sup>1</sup>, Jesús Suárez-Hernández<sup>1</sup>,  
Jesús Manuel Iglesias-Gómez<sup>1,‡</sup> y Gabriela Rodríguez Licea<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Universidad de Matanzas. Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Central España Republicana s/n. 44280 Matanzas, Cuba.

<sup>‡</sup>Autor para Correspondencia (iglesias@ihatuey.cu)

<sup>2</sup>Centro Universitario Amecameca, UAEM. Carretera Amecameca-Ayapango km 2.5, col. Centro. 56900 Amecameca de Juárez, Estado de México, México.

Editora de Sección: Dra. Gabriela Rodríguez Licea

### RESUMEN

*Jatropha curcas* L. posee un potencial, que radica en su alto contenido de aceite para la producción de biodiésel. Para extraer el aceite de *J. curcas* es necesario descortezar las semillas y como este coproducto representa el 2.0% del peso total, resulta importante buscar opciones para su utilización. El paso previo a cualquier acción en este sentido es conocer sus valores bromatológicos y la presencia de compuestos fenólicos totales. Durante un período de dos años (2017-2018) en la estación experimental de pastos y forrajes Indio Hatuey se realizó un estudio sobre la determinación de la composición química de la cáscara del fruto de *J. curcas*. El objetivo de este trabajo fue caracterizar la composición química de la cáscara del fruto de *J. curcas*. Las muestras se obtuvieron al azar de una plantación con más de dos años de establecidas a partir de frutos maduros deshidratados al sol. Los valores obtenidos fueron, en porcentaje, humedad 12.35; cenizas 5.48; proteína bruta 3.71; fibra bruta 77.17; celulosa 33.71; hemicelulosa 9.65; holocelulosa 43.36; lignina 47.53; extractivos 5.55; Na 0.78; K 4.51; Ca 0.59; Si 0.08; S 0.03; P 0.72 y compuestos fenólicos totales 1.89. Los resultados señalan a los componentes fibrosos como predominantes, los contenidos de minerales aceptables y los aportes de proteína bruta discretos. La alta composición fenólica sugirió la necesidad de profundizar, desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo, en los elementos orgánicos que la componen y determinar si hay presencia de ésteres de forbol.

**Palabras clave:** celulosa, ésteres, fibra, hemicelulosa, lignina.

### SUMMARY

*Jatropha curcas* L. has a great potential which lies in its high oil content for the production of biodiesel. To extract *J. curcas* oil, it is necessary to peel the seeds, and since this coproduct represents 2.0% of the total weight, it is important to look for options for its use. The previous step to any action in this sense is to know its bromatological values and the presence of total phenolic compounds. During a period of two years (2017-2018) at the Experimental Station of Pastures and Forages Indio Hatuey a study was carried out on the determination of the chemical composition of the fruit shell of *J. curcas*. The objective of this work was to characterize the chemical composition of the fruit shell of *J. curcas*. The samples were obtained randomly from a plantation with more than two years of established from ripe fruits dehydrated in the sun. The values obtained were, in percentage, humidity 12.35; ashes 5.48; crude protein 3.71; crude fiber 77.17; cellulose 33.71; hemicellulose 9.65; holocellulose 43.36; lignin 47.53; extractive 5.55; Na 0.78; K 4.51; Ca 0.59; Si 0.08; S 0.03; P 0.72 and total phenolic compounds 1.89. The results indicate the fibrous components as predominant, the contents of acceptable minerals, and the contributions of crude protein discrete. The high phenolic composition suggested the need to deepen, from the qualitative and quantitative point of view, the

#### Cita recomendada:

Rodríguez-Calle, R. M., Suárez-Hernández, J., Iglesias-Gómez, J. M. y Rodríguez-Licea, G. (2022). Caracterización química de la cáscara del fruto de *Jatropha curcas*. *Terra Latinoamericana*, 40, 1-8. e958. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.958>

Recibido: 22 de marzo de 2021. Aceptado: 11 de febrero de 2022.

Artículo. Volumen 40, agosto de 2022.

organic elements that compose it and determine if there is presence of phorbol esters on it.

**Index words:** cellulose, esters, fiber, hemicellulose, lignin.

## INTRODUCCIÓN

*Jatropha curcas* comúnmente denominada como piñón botija en Cuba es considerada como una fuente prometedora de aceite no comestible que se puede utilizar como materia prima para la producción de biodiésel (Ahmad y Sultan, 2015). Es un árbol resistente a la sequía que pertenece a la familia *Euphorbiaceae*, compuesto por un 60% de la semilla + mesocarpo y un 40% de la cáscara, cuyas semillas producen hasta un 50% de aceite no comestible que puede ser utilizado para la producción de combustible sin afectar el sector alimentario (Singh, Vyas, Srivastava y Narra, 2008; Makkar, 2016).

*J. curcas* es cultivada en muchos países en áreas tropicales y subtropicales. En Cuba, está presente en casi todas las provincias y la isla de la juventud y se desarrolla de forma silvestre como cerca viva (Rodríguez-Calle *et al.*, 2016). Puede ser utilizada en la agricultura, industria farmacéutica y la medicina, entre muchas otras aplicaciones, pero el aceite es su derivado más valioso, ya que se ha convertido en una gran promesa para la producción de biodiésel (Kalam, Ahamed y Masjuki, 2012; Phulia *et al.*, 2017; Phulia *et al.*, 2018).

Un aspecto importante es que el proceso para la producción de biodiésel, genera residuos para los cuales se deben buscar alternativas de uso o tratamiento con la finalidad de completar su ciclo de vida (Eboibi, Eboibi, Okputu y Okpohwo, 2018). Durante la producción de biodiésel son generados diversos coproductos como: cáscara, cascarilla y torta de prensado. El fruto de *J. curcas* seco contiene alrededor de 37.5% de cáscara y 62.5% de semilla, y las semillas contienen un 42% de cascarilla y un 58% de núcleo (Gomes *et al.*, 2018). Aunque la utilización integral de todas las fracciones generadas en la producción de biodiésel es un requerimiento para la sostenibilidad del proceso, hasta ahora no se ha prestado mucha atención a los usos de los residuos generados durante el descascarillado del fruto de *J. curcas* y la decortización de sus semillas para la extracción del aceite.

*J. curcas* posee contenidos de fibra cruda de 83% (Gübitz, Mittelbach y Trabi, 1999), aspecto importante dado que el alto contenido de fibra es un componente significativo en la dieta para el ganado (Jørgensen, Zhao y Eggum, 1996), por lo que el uso y aprovechamiento de la cascarilla como subproducto representa un índice de valor agregado como complemento de las dietas de aves de corral y el ganado vacuno (Eze y Ibe, 2005).

La cáscara del fruto de *J. curcas* es una fuente potencial de fibra. Los datos reportados de fibra consideran a la cáscara como una fuente de combustible por su alta cantidad de energía bruta, además de ser útil en la producción de composta (Abou-Arab y Abu-Salem, 2010).

En tal sentido, para la utilización y el aprovechamiento de los coproductos del proceso de obtención de biodiésel a partir de *J. curcas* se hace necesario su caracterización para conocer su composición, la calidad de sus componentes y la cantidad que se genera, aspecto imprescindible para definir las tecnologías más apropiadas para su utilización.

Desarrollar innovaciones que permitan la generación de tecnologías para el aprovechamiento o utilización de coproductos ricos en proteína y energía para su empleo en la alimentación animal, constituye una de las alternativas de mayor prioridad para la ganadería cubana, por lo que el objetivo de este estudio fue caracterizar la composición química de la cáscara del fruto de *J. curcas*.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Materia Prima

Los frutos de *J. curcas*, provenientes de la cosecha de 2017, fueron suministrados por el Centro de Aplicaciones Tecnológicas para el Desarrollo Sostenible (Guantánamo, Cuba). Los frutos fueron secados, descascarados y descortezados con el objetivo de separar la cáscara de la semilla, para lo cual tres muestras de 1 kg de frutos de *J. curcas* fueron pelados.

### Métodos Analíticos

El contenido de humedad, cenizas, sustancias extractivas y lignina, se determinó según los protocolos analíticos del Laboratorio Nacional de Energía

Renovable de Estados Unidos (Sluiter *et al.*, 2008a; Sluiter *et al.*, 2008b; Sluiter, Ruiz, Scarlata, Sluiter y Templeton, 2008c; Sluiter *et al.*, 2008d). La humedad se determinó gravimétricamente después de secar el material hasta peso constante a 105 °C (Sluiter *et al.*, 2008a). Los componentes minerales se determinaron como cenizas después de incinerar una alícuota del material a 575 °C (Sluiter *et al.*, 2008b). Los compuestos extractivos se determinaron por extracción con etanol en un aparato de Soxhlet (Sluiter *et al.*, 2008c). El contenido de polisacáridos y lignina se determinó por hidrólisis ácida analítica (Sluiter *et al.*, 2008d). La lignina se determinó gravimétricamente como el residuo sólido obtenido en la hidrólisis.

El contenido de Fibra Bruta (FB) y Proteína Bruta (PB) fue determinado por Latimer (2016). Los compuestos fenólicos totales fueron determinados según la metodología descrita por Singleton, Orthofer y Lamuela (1999).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de humedad de la cascarilla en esta investigación fue del 12.35% (Cuadro 1), que es muy similar al reportado por otros autores que encontraron

**Cuadro 1. Composición química de la cáscara del fruto de *J. curcas*. Universidad de Matanzas, Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, Cuba, 2017-2018.**  
**Table 1. Chemical composition of the fruit shell of *J. curcas*. Matanzas University, Indio Hatuey Pastures and Forage Experimental Station, Matanzas, Cuba, 2017-2018.**

Componente	Contenido
	(%)
Humedad	12.35
Extractivos	5.55
Celulosa	33.71
Hemicelulosa	9.65
Holocelulosa	43.36
Lignina	47.53
Cenizas	5.48
Proteína Bruta	3.71
Fibra Bruta	77.17

que la humedad oscila entre 4.75% y 19.57% (Gunaseelan, 2009; Kongkasawan, Nam y Capareda, 2016).

Los extractivos están conformados por proteínas, vitaminas, lípidos, minerales, clorofila y esencias responsables de la coloración amarilla-verdosa extraída y el aroma dulce desprendido en el momento de la extracción, causado también por el valor apreciable de lignina determinada, dado que está formada por la extracción irreversible del agua de los azúcares, creando compuestos aromáticos. Las sustancias extractivas con disolventes son, principalmente, terpenos, resinas, fenoles y algunos otros, incluidos hidratos de carbono de bajo peso molecular y lignina soluble. El conjunto de todos ellos se conoce como componentes secundarios (Barroso-Casillas, 2010<sup>1</sup>). El contenido de extractivos fue del 5.55 por ciento.

Se obtuvo un valor de ceniza de la cáscara del fruto de *J. curcas* de 5,48%. En cuanto al contenido de proteína bruta, la cáscara del fruto de *J. curcas* sólo contiene 3.71%; así como un 77.17% de fibra bruta.

A pesar de que el contenido de humedad obtenido en esta investigación fue muy similar a otros valores reportados en la literatura, las variaciones dependen fuertemente de varios factores como la variedad de la planta, propiedades del suelo y el sistema de cultivo (monocultivo o policultivo) (Gunaseelan, 2009; Kongkasawan *et al.*, 2016).

Por otro lado, el valor de humedad fue bajo en comparación con el valor de humedad medido en las cáscaras de frutas como el banano de rechazo, donde es aproximadamente del 81.9 al 89.10% (Naranjo, Cardona y Higueta, 2014; Ingale, Joshi y Gupte, 2014; Gebregergs, Gebresemati y Sahu, 2016; Hossain, Zaini y Mahlia, 2017; Sánchez, Granados, Navarrete, Rangel y Bustos, 2018). El contenido de humedad de las materias primas es un atributo clave para obtener diferentes bioproductos energéticos y no energéticos. La reducción de la cantidad de agua en la biomasa minimiza los costos de transporte y aumenta la eficiencia en diferentes procesos como la molienda (López-Giraldo, Cuarán, Arenas y Flórez, 2014; Nilsson, Pettersson, Thörnqvist y Nylinder, 2016; Daassi-Gnaba *et al.*, 2016; Daassi-Gnaba *et al.*, 2018).

Otros autores afirman que el contenido de agua en los gránulos de madera puede actuar como un agente aglutinante que afecta la durabilidad mecánica de este combustible sólido, dañando la calidad de los

<sup>1</sup> Barroso-Casillas, M. (2010). *Pretratamiento de biomasa celulósica para la producción de etanol en el marco de una biorrefinería*. Tesis de grado. Escuela Universitaria de Ingeniería Técnica Forestal. Universidad Politécnica de Madrid. Disponible en [https://oa.upm.es/10559/1/MIGUEL\\_BARROSO\\_CASILLAS.pdf](https://oa.upm.es/10559/1/MIGUEL_BARROSO_CASILLAS.pdf)

gránulos (Huang *et al.*, 2017). Se obtuvo un contenido de extractivos del 5.55%. Otros autores han encontrado altos valores de extractivos en frutas, por ejemplo cáscara de aguacate tiene aproximadamente el 35.9% (Dávila, Rosenberg, Castro y Cardona, 2017). Al igual que la humedad, el porcentaje de extractivos de una materia prima se encuentra condicionado por factores como la temporada y prácticas de cultivo. Cabe recalcar que dentro de los extractivos de la semilla de *J. curcas* se encuentra el aceite, del cual se obtiene biodiésel y glicerina (Navarro-Pineda, Baz, Handler y Sacramento, 2016).

Los materiales lignocelulósicos constituyen fuentes renovables abundantes y ricas en compuestos fenólicos, de los cuales se tiene la lignina, utilizada para la producción de resinas como la bakelita (Cruz, 2014<sup>2</sup>), y carbohidratos como la celulosa y la hemicelulosa, para la elaboración de xilosa, oligosacáridos, etanol celulósico (García *et al.*, 2014), y carbón activado, entre otros muchos productos de alto valor agregado. El contenido de celulosa obtenido en esta investigación fue del 33.71%; el de hemicelulosa 9.65%; lignina 47.53% y el de holocelulosa de un 43.36%.

El contenido de celulosa obtenido en este estudio resultó similar a los valores reportados en la literatura para otras cáscaras, resultando en el caso de la cáscara de arroz un 36.03% y en el de la cáscara de café un 36.70%, resultados elevados, los cuales son ideales para la conversión de celulosa en azúcares más simples (xilosa, glucosa, arabinosa) y por fermentación a etanol (Dávila *et al.*, 2017). De la celulosa se puede obtener glucosa (Naranjo *et al.*, 2014; Dávila *et al.*, 2017), que es una plataforma para obtener productos de valor agregado como: bioetanol (Kongkasawan *et al.*, 2016), bioplásticos a base de celulosa y polihidroxialcanoatos (Álvarez-Chávez, Edwards, Moure y Geiser, 2012).

Respecto al contenido de hemicelulosa fue muy similar a lo reportado: 7.7% del pericarpio del fruto (Navarro-Pineda *et al.*, 2016), 8.50% de la cáscara seca de la semilla (Adinurani *et al.*, 2015) y es menor a 13.04 y 26.8% de la torta de la semilla de *J. curcas* (Jourabchi,

Gan y Kiat-Ng, 2014; Navarro-Pineda *et al.*, 2016), respectivamente. Del contenido de hemicelulosa de dicha cáscara se puede obtener xilosa (Dávila *et al.*, 2017), pentosa (Mohapatra, Mishra y Sutar, 2010), bioetanol y ácido láctico (Dávila, Rosenberg y Cardona, 2016; Dávila *et al.*, 2017).

Con respecto al porcentaje de lignina obtenido para la cáscara del fruto de *J. curcas* fue mayor si lo comparamos con el 25 y 28.84% correspondiente al valor de lignina de la torta de la semilla (Hidayat, Keijsers, Prijanto, van Damb y Heeres, 2014; Jourabchi *et al.*, 2014). El contenido de lignina presenta una oportunidad para obtener biocombustibles sólidos-líquidos (Mohapatra *et al.*, 2010) y una serie de bioproductos de valor agregado como: pesticidas, vainillina, dispersantes de carbón negro, paneles de yeso, limpiadores industriales, emulsionantes, conservantes de madera, retención de papel, adhesivos (Doherty, Mousavioun y Fellows, 2011; Moncada-Botero, 2012<sup>3</sup>) entre otros.

También se puede observar que el contenido de holocelulosa en la cáscara del fruto de *J. curcas* fue de un 43.36%, la holocelulosa está constituida por celulosa y hemicelulosa; al determinar el contenido de celulosa se obtiene que 1 g de holocelulosa tiene 0.3041 g correspondiendo a un 12.16% del 43.36%, lográndose calcular la hemicelulosa, la cual dio como resultado 0.6959 g y un porcentaje del 31.20%. Estos resultados son similares a los reportados para la cáscara de la piña, que se encuentran alrededor del 40% (Ramírez-Alfonso y Reyes-Nieto, 2017<sup>4</sup>). La cantidad de hemicelulosa obtenida comparada con las maderas duras 24 - 40% (Montaño-Morales, 2014<sup>5</sup>; Sevilla, 2017; Vargas y Pérez, 2018) es similar, en cuanto a la celulosa ésta da un valor mayor con respecto a las maderas (40 - 55%) (Jaramillo-Torres, Morales y Quintero, 2017), ésto se puede deber a que la cáscara del fruto de *J. curcas* contiene más celulosa, y los residuos recogidos tenían combinación de ambas (Cuadro 1).

El valor de ceniza de la cáscara del fruto de *J. curcas* estuvo dentro del rango reportado en la literatura (Karaj y Müller, 2010, García *et al.*, 2015).

<sup>2</sup> Cruz, M. (2014). *Evaluación de la deslignificación alcalina de la cáscara de arroz para su aprovechamiento en la obtención de resinas fenólicas*. Tesis para obtener el grado Ingeniero Químico. Universidad de Matanzas. Matanzas, Cuba.

<sup>3</sup> Moncada-Botero, J. (2012). *Design and evaluation of sustainable biorefineries from feedstocks in tropical regions*. Tesis para obtener el grado Maestro en Ingeniería Química. Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Química. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en <https://repository.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/11703/8111005.2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

<sup>4</sup> Ramírez-Alfonso, S. M., & Reyes-Nieto, R. N. (2017). *Aprovechamiento de residuos lignocelulósicos de la ananas (piña) para la producción de xilitol por hidrólisis enzimática*. Tesis de grado para optar al título de Ingeniero Químico. Facultad de Ingenierías. Fundación Universidad de América. Disponible en <https://repository.uamerica.edu.co/bitstream/20.500.11839/6575/1/6122855-2017-2-IQ.pdf>

<sup>5</sup> Montaño-Morales, H. F. (2014). *Producción de Bioetanol a Partir de Material Lignocelulósico de Moringa Oleifera*. Tesis para obtener el grado de Maestro en Ingeniería Mecánica. Facultad de Ingeniería, Departamento Ingeniería Mecánica y Mecatrónica. Universidad Nacional de Colombia. Disponible en <https://repository.unal.edu.co/handle/unal/51322>

**Cuadro 2. Contenido de minerales y compuestos fenólicos totales de la cáscara del fruto de *J. curcas*. Universidad de Matanzas, Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey, Matanzas, Cuba, 2017-2018.**

**Table 2. Content of minerals and total phenolic compounds of the fruit shell of *J. curcas*. Matanzas University, Indio Hatuey Pastures and Forage Experimental Station, Matanzas, Cuba, 2017-2018.**

Componente	Contenido
	(%)
Na	0.78
K	4.51
Ca	0.59
Si	0.08
S	0.03
P	0.72
Compuestos fenólicos totales	1.89

Na = sodio; K = potasio; Ca = calcio; Si = silicio; S = azufre; P = fósforo.  
Na = sodium; K = potassium; Ca = calcium; Si = silicon; S = sulfur; P = phosphorus.

Según lo reportado por Yeo y Shahidi (2015), la mayoría de los compuestos fenólicos se sintetizan en el espacio intracelular, especialmente en el retículo endoplásmico y son almacenados en las vacuolas como compuestos fenólicos libres. Por otro lado, algunos otros compuestos fenólicos son transportados desde el espacio intracelular y son localizados en las paredes celulares formando enlaces covalentes con macromoléculas insolubles como celulosa, arabinoglicano, algunas proteínas y por autopolimerización. Se obtuvo un 1.89% de compuestos fenólicos totales (Cuadro 2).

En cuanto al contenido de proteína, la cáscara del fruto de *J. curcas* presentó valores muy bajos, situación que puede indicar un bajo valor nutritivo para este componente de la semilla. Sin embargo, si se lograra separar la cáscara de las almendras antes del proceso de extracción de aceite, este material biológico podría destinarse a la producción y energía o bien, para la obtención de compuestos fenólicos (Akintayo, 2004; Navarro-Pineda *et al.*, 2016). Además, hay otras investigaciones en las que se encontraron contenidos de proteína bajos en este fruto de 12.26 a 18.15 % para Brasil e India (Karaj y Müller, 2010).

Por el contrario, el contenido de fibra bruta obtenido fue muy alto, el cual resultó mayor a lo reportado por Ceballos y Montoya (2013) para la cáscara de aguacate, la cual se encuentra en un 53.40% en el estado de madurez fisiológica, así como en un

51.49% en el estado de madurez de consumo. Los componentes de la fibra insoluble, especialmente la celulosa que está compuesta de múltiples unidades de D-glucosa, unidas por enlaces glicosídicos  $\beta$ -(1.4), le confieren una disposición bastante rígida y muy estable. Los materiales que contienen celulosa, tienen un importante valor comercial, ya que éstos pueden ser utilizados como materias primas en procesos de fermentaciones para la producción de diversos productos de uso industrial, como azúcares fermentables para la posterior producción de etanol. Además, la celulosa es utilizada como la principal fuente de energía de muchos organismos para la producción de metabolitos primarios y secundarios de uso industrial, como es la producción de ácidos orgánicos, estatinas, colorantes, aditivos alimenticios, fármacos, entre otros (Ángelo, 2004). La cáscara de *Jatropha* se convierte en una alternativa para ser utilizada como materia prima de sustratos de procesos de fermentación para la obtención de metabolitos de diferentes tipos de organismos con utilidad industrial como los mencionados anteriormente.

Según lo reportado por Yeo y Shahidi (2015), la mayoría de los compuestos fenólicos se sintetizan en el espacio intracelular, especialmente en el retículo endoplásmico y son almacenados en las vacuolas como compuestos fenólicos libres. Por otro lado, algunos otros compuestos fenólicos son transportados desde el espacio intracelular y son localizados en las paredes celulares formando enlaces covalentes con macromoléculas insolubles como celulosa, arabinoglicano, algunas proteínas y por autopolimerización.

Se obtuvo un 1.89 % de compuestos fenólicos totales (Cuadro 2), muy similar a lo reportado para mezclas de café Arábica a diferentes niveles de tostado procedentes de diferentes regiones de México (en el estado de Veracruz para un nivel de tostado alto se obtuvo un 1.04%; en Nayarit y en Oaxaca para un nivel de tostado medio se obtuvieron un 1.09% y un 1.31% respectivamente) (Pérez-Hernández, Chávez, Medina y Gámez, 2013; Lazcano-Sánchez, Trejo, Vargas y Pascual, 2015).

El contenido de potasio en las cenizas de la cáscara de *J. curcas* resultó elevado respecto a otras biomásas, por lo tanto se lo puede considerar como fuente de potasio. Es deseable que las cenizas sean lo más bajas posible ya que absorben calor, ensucian los filtros, erosionan los conductos y pueden llegar a producir sinterizaciones (Vasco-Leal *et al.*, 2017).

## CONCLUSIONES

Se concluye que la cáscara del fruto de *J. curcas* posee un alto contenido de fibra, por lo que, previamente cuantificados los ésteres de forbol, podría convertirse en una alternativa como complemento de las dietas en la alimentación animal.

La cáscara del fruto de *J. curcas* contiene gran cantidad de materiales lignocelulósicos, los cuales constituyen fuentes renovables abundantes y ricas en compuestos fenólicos.

La alta composición fenólica sugirió la necesidad de profundizar, desde el punto de vista cualitativo y cuantitativo, en los elementos orgánicos que la componen y determinar si hay presencia de ésteres de forbol.

## DECLARACIÓN DE ÉTICA

El análisis de laboratorio se realizó con apego a las normatividades de los laboratorios de bromatología de la Estación Experimental Indio Hatuey, de la Universidad de Matanzas, Cuba.

## CONSENTIMIENTO PARA PUBLICACIÓN

No aplicable.

## DISPONIBILIDAD DE DATOS

Los datos están disponibles previa solicitud justificada.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores manifiestan que no hay conflicto de interés.

## FONDOS

No aplicable.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

Idea de la investigación, definición de la metodología y análisis de los datos: J.M.O.G, R.M.R.C. y J.S.H. Análisis, discusión e interpretación de los resultados:

J.M.O.G, R.M.R.C, J.S.H. y G.R.L. Organización y escritura del borrador original: J.M.O.G. y R.M.R.C. Revisión del borrador original y edición del documento acorde a las normas editoriales de la revista: G.R.L.

## LITERATURA CITADA

- Abou-Arab, A. A., & Abu-Salem, F. M. (2010). Nutritional quality of *Jatropha curcas* seeds and effect of some physical and chemical treatments on their antinutritional factors. *African Journal of Food Science*, 4(3), 93-103.
- Adinurani, P. G., Hendroko, S. R., Nindita, A., Wahono, S. K., Maizirwanf, M., Sasmito, A., ... Liwang, T. (2015). Characterization of *Jatropha curcas* Linn. Capsule Husk as Feedstock for Anaerobic Digestion. *Energy Procedia*, 65, 264-273. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2015.01.046>
- Ahmad, S., & Sultan, S. M. (2015). Physiological changes in the seeds of *Jatropha curcas* L. at different stages of fruit maturity. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 58(1), 118-123. <https://doi.org/10.1590/S1516-8913201502912>
- Akintayo, E. T. (2004). Characteristics and composition of *Parkia biglobbosa* and *Jatropha curcas* oils and cakes. *Bioresource Technology*, 92(3), 307-310. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(03\)00197-4](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(03)00197-4)
- Álvarez-Chávez, C. R., Edwards, S., Moure-Eraso, R., & Geiser, K. (2012). Sustainability of bio-based plastics: general comparative analysis and recommendations for improvement. *Journal of Cleaner Production*, 23(1), 47-56. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2011.10.003>
- Ángelo, A. S. (2004). Enzimas hidrolíticas. En E. Esposito, J. I. Acevedo (Orgs.). *Fungos: Uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia* (pp. 263-285). Universidade de Caxias do Sul, Rio Grande del Sur, Brasil: EDUCS.
- Ceballos, A. M., & Montoya, S. (2013). Chemical evaluation of fiber nib pulp and three shell avocado varieties. *Biotechnología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial*, 11(1), 103-112.
- Daassi-Gnaba, H., Oussar, Y., Merlan, M., Ditchi, T., Géron, E., & Holé, S. (2016). Wood moisture content prediction using feature selection techniques and a kernel method. *Neurocomputing*, 237, 79-91. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2016.09.005>
- Daassi-Gnaba, H., Oussar, Y., Merlan, M., Ditchi, T., Géron, E., & Holé, S. (2018). Moisture content recognition for wood chips in pile using supervised classification. *Wood Science and Technology*, 52, 1195-1211. <https://doi.org/10.1007/s00226-018-1023-0>
- Dávila, J. A., Rosenberg, M., & Cardona, C. A. (2016). A biorefinery approach for the production of xylitol, ethanol and polyhydroxybutyrate from brewer's spent grain. *AIMS Agriculture and Food*, 1(1), 52-66. <https://doi.org/10.3934/agrfood.2016.1.52>
- Dávila, J. A., Rosenberg, M., Castro, E., & Cardona, C. A. (2017). A model biorefinery for avocado (*Persea americana* mill.) processing. *Bioresource Technology*, 234, 17-29. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.063>
- Doherty, W. O. S., Mousavioun, P., & Fellows, C. M. (2011). Value-adding to cellulosic ethanol: Lignin polymers. *Industrial Crops and Products*, 33, 259-276. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.10.022>

- Eboibi, B. E., Eboibi, O., Okputu, J., & Okpohwo, K. A. (2018). Production and analysis of biodiesel from *Jatropha curcas* seed. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 26, 26-33. <https://doi.org/10.4314/jasem.v22i1.6>
- Eze, S. O., & Ibe, O. J. (2005). Effect of fermentation on the nutritive value of *B. eurycoma* "Achi". *Journal of Chemical Society of Nigeria*, 30, 55-59.
- García, A., Cara, C., Moya, M., Rapado, J., Puls, J., Castro, E., & Martín, C. (2014). Dilute sulphuric acid pretreatment and enzymatic hydrolysis of *Jatropha curcas* fruit shells for ethanol production. *Industrial Crops and Products*, 53, 148-153. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.12.029>
- García, A., López, Y., Karimi, K., Benitez, A., Lundin, M., Taherzadeh, M., & Martín, C. (2015). Chemical and physical characterization and acid hydrolysis of a mixture of *Jatropha curcas* shells and husks. *Cellulose Chemistry and Technology*, 49(9-10), 737-744.
- Gebregergs, A., Gebresemati, M., & Sahu, O. (2016). Industrial ethanol from banana peels for developing countries: Response surface methodology. *Pacific Science Review A: Natural Science and Engineering*, 18(1), 22-29. <https://doi.org/10.1016/j.psr.2016.06.002>
- Gomes, T.G., Hadi, S. I. A., Costa-Alves, G. S., Mendonça, S., De-Siqueira, F. G., & Miller, R. N. G. (2018). Current strategies for the detoxification of *Jatropha curcas* seed cake: A review. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 66(11), 2510-2522. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.7b05691>
- Gübitz, G. M., Mittelbach, M., & Trabi, M. (1999). Exploitation of the tropical oil seed plant *Jatropha curcas* L. *Bioresource Technology*, 67(1), 73-82. [https://doi.org/10.1016/S0960-8524\(99\)00069-3](https://doi.org/10.1016/S0960-8524(99)00069-3)
- Gunaseelan, V. N. (2009). Biomass estimates, characteristics, biochemical methane potential, kinetics and energy flow from *Jatropha curcas* on dry lands. *Biomass and Bioenergy*, 33(4), 589-596. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2008.09.002>
- Hidayat, H., Keijsers, E. R. P., Prijanto, U., van Damb, J. E. G., & Heeres, H. J. (2014). Preparation and properties of binderless boards from *Jatropha curcas* L. seed cake. *Industrial Crops and Products*, 52, 245-254. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.024>
- Hossain, N., Zaini-Haji, J., & Mahlia, T. M. I. (2017). A review of bioethanol production from plant-based waste biomass by yeast fermentation. *International Journal of Technology*, 8(1), 5-18. <https://doi.org/10.14716/ijtech.v8i1.3948>
- Huang, Y., Finell, M., Larsson, S., Wang, X., Zhang, J., Wei, R., & Liu, L. (2017). Biofuel pellets made at low moisture content-Influence of water in the binding mechanism of densified biomass. *Biomass and Bioenergy*, 98, 8-14. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.01.002>
- Ingale, S., Joshi, S. J., & Gupte, A. (2014). Production of bioethanol using agricultural waste: Banana pseudo stem. *Brazilian Journal of Microbiology*, 45, 885-892. <https://doi.org/10.1590/S1517-83822014000300018>
- Jaramillo-Torres, D., Morales-Vélez, S. P., & Quintero-Díaz, J. C. (2017). Chemical pretreatments evaluation on lignocellulosic materials. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 25(4), 733-743. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052017000400733>
- Jørgensen, H., Zhao, X. Q., & Eggum, B. O. (1996). The influence of dietary fiber and environmental temperature on the development of gastrointestinal tract, digestibility, degree of fermentation in the hindgut and energy metabolism in pigs. *British Journal of Nutrition*, 75(3), 36-378. <https://doi.org/10.1079/BJN19960140>
- Jourabchi, S. A., Gan, S., & Kiat-Ng, H. (2014). Pyrolysis of *Jatropha curcas* pressed cake for bio-oil production in a fixed-bed system. *Energy Conversion and Management*, 78, 518-526. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.11.005>
- Kalam, M. A., Ahamed, J. U., & Masjuki, H.H. (2012). Land availability of *Jatropha* production in Malaysia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(6), 3999-4007. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2012.03.025>
- Karaj, S., & Müller, J. (2010). Determination of physical, mechanical and chemical properties of seeds and kernels of *Jatropha curcas* L. *Industrial Crops and Products*, 32(2), 129-138. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.04.001>
- Kongkasawan, J., Nam, H., & Capareda S. C. (2016). *Jatropha* waste meal as an alternative energy source via pressurized pyrolysis: A study on temperature effects. *Energy*, 113, 631-642. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2016.07.030>
- Latimer, G. W. (2016). Official methods of analysis of AOAC International. (20<sup>th</sup> ed.). Rockville, MD, USA: AOAC International
- Lazcano-Sánchez, E., Trejo-Márquez, M. A., Vargas-Martínez, M.G., & Pascual-Bustamante, S. (2015). Contenido de fenoles, cafeína y capacidad antioxidante de granos de café verdes y tostados de diferentes estados de México. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha*, 16(2), 293-298.
- López-Giraldo, J., Cuarán-Cuarán, J. C., Arenas-García, L. V., & Flórez-Pardo, L. M. (2014). Potential uses of banana peelings: production of a bioplastic. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 1, 7-21.
- Makkar, H. P. (2016). State-of-the-art on detoxification of *Jatropha curcas* products aimed for use as animal and fish feed: A review. *Animal Feed Science and Technology*, 222, 87-99. <https://doi.org/10.1016/j.anifeeds.2016.09.013>
- Mohapatra, D., Mishra, S., & Sutar, N. (2010). Banana and its by-product utilisation: an overview. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 69, 323-329.
- Naranjo, J. M., Cardona, C. A., & Higuera, J. C. (2014). Use of residual banana for polyhydroxybutyrate (PHB) production: Case of study in an integrated biorefinery. *Waste Management*, 34(12), 2634-2640. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2014.09.007>
- Navarro-Pineda, F. S., Baz-Rodríguez, S. A., Handler, R., & Sacramento-Rivero, J. C. (2016). Advances on the processing of *Jatropha curcas* towards a whole-crop biorefinery. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 247-269. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.009>
- Nilsson, D., Pettersson, R., Thörnqvist, T., & Nylinder, M. (2016). The importance of accurate measurement of comminuted logging residues' moisture contents for small-scale forest owners. *Drewno*, 59(198), 100-110. <https://doi.org/10.12841/wood.1644-3985.149.01>
- Pérez-Hernández, L. M., Chávez-Quiroz, K., Medina-Juárez, L. A., & Gámez-Meza, N. (2013). Compuestos fenólicos, melanoidinas y actividad antioxidante de café verde y procesado de las especies *Coffea arabica* y *Coffea canephora*. *Biotechnia*, 15(1), 51-56. <https://doi.org/10.18633/bt.v15i1.136>
- Phulia, V., Sardar, P., Sahu, N. P., Fawole, F. J., Shamna, N., & Gupta, S. (2018). Substitution of soybean meal with fermented

- Jatropha* kernel meal: effect on growth performance, body composition, and metabolic enzyme activity of *Labeo rohita*. *Fish Physiology and Biochemistry*, 44, 475-487. <https://doi.org/10.1007/s10695-017-0447-z>
- Phulia, V., Sardar, P., Sahu, N. P., Shamna, N., Fawole, F. J., Gupta, S., & Gadhave, P. D. (2017). Replacement of soybean meal with fermented *Jatropha curcas* kernel meal in the diet of *Labeo rohita* fingerlings: effect on haemato-biochemical and histo-pathological parameters. *Journal of the World Aquaculture Society*, 48(4), 676-683. <https://doi.org/10.1111/jwas.12379>
- Rodríguez-Calle, R. M., Suárez-Hernández, J., & Támara-Hernández, Y. (2016). Caracterización de la torta obtenida del prensado del fruto de *Jatropha curcas*. *Pastos y Forrajes*, 39(1), 72-75.
- Sánchez-Acuña, J. C., Granados-Gómez, M. M., Navarrete-Rodríguez, L. F., Rangel-Peraza, J. G., & Bustos-Terrones, Y. A. (2018). Obtaining bioethanol through hydrolytic treatment of agro-industrial banana residues. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment*, 7(1), 60-72. <https://doi.org/10.4236/jacen.2018.71006>
- Sevilla, I. R. (2017). Chemical characterization of three lignocellulosic residues generated in the Canton Alausi region. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 20(40), 80-85.
- Singh, R. N., Vyas, D. K., Srivastava, N. S. L., & Narra, M. (2008). SPRERI experience on holistic approach to utilize all parts of *Jatropha curcas* fruit for energy. *Renewable Energy*, 33(8), 1868-1873. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2007.10.007>
- Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 52-178. [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Sluiter, A., Hames, B. D., Hyman, D., Payne, C., Ruiz, R., Scarlata, C., ... Wolfe, J. (2008a). *Determination of total solids in biomass and total dissolved solids in liquid process samples Laboratory Analytical Procedure (LAP). Technical Report NREL/TP-510-42621*. Golden, CO, USA: National Renewable Energy Laboratory.
- Sluiter, A., Hames, B., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., & Templeton, D. (2008b). *Determination of ash in biomass. Laboratory Analytical Procedure (LAP). Technical Report NREL/TP-510-42622*. Golden, CO, USA: National Renewable Energy Laboratory.
- Sluiter, A., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., & Templeton, D. (2008c). *Determination of extractives in biomass. Laboratory Analytical Procedure (LAP). Technical Report NREL/TP-510-42619*. Golden, CO, USA: National Renewable Energy Laboratory.
- Sluiter, A., Hames, B., Ruiz, R., Scarlata, C., Sluiter, J., Templeton, D., & Crocker D. (2008d). *Determination of structural carbohydrates and lignin in biomass. Laboratory Analytical Procedure (LAP). Technical Report NREL/TP-510-42618*. Golden, CO, USA: National Renewable Energy Laboratory.
- Vargas-Corredor, Y. A., & Perez-Perez, L. I. (2018). Use of agro-industrial waste in improving the quality of the environment. *Revista de la Facultad de Ciencias Básicas*, 14(1), 1-14.
- Vasco-Leal, J. F., Hernández-Rios, I., Méndez-Gallegos, S. J., Ventura-Ramos, E. J., Cuellar-Núñez, M. L., & Mosquera-Artamonov, J. D. (2017). Relation between the chemical composition of the seed and oil quality of twelve accessions of *Ricinus communis* L. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, 8(6), 1343-1356. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i6.299>
- Yeo, J., & Shahidi, F. (2015). Critical Evaluation of Changes in the ratio of Insoluble Bound to Soluble Phenolics on Antioxidant Activity of lentils during Germination. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 63(2), 379-381. <https://doi.org/10.1021/jf505632p>