

Extracción de almidón de cáscara de cacao *Theobroma cacao* L. como alternativa de bioprospección

Jose D. Herrera-Rengifo; Laura Villa-Prieto; Anyi C. Olaya-Cabrera; Luz S. García-Alzate*

Universidad La Gran Colombia, Facultad de Ingenierías, Grupo de Investigación Gerencia de la Tierra, Campus Ciudadela del Saber La Santa María, km 7 vía Armenia – La Tebaida.

*garciaalzluz@miugca.edu.co

Fecha recepción: octubre 15 de 2019

Fecha aceptación: julio 16 de 2020

Resumen

La composición química de la cáscara de cacao *Theobroma cacao* L. permite catalogarla como un material de difícil degradación debido a su alto contenido de lignina y celulosa, en donde este material lignocelulósico se puede utilizar en una amplia variedad de procesos industriales; sin embargo, esta cáscara generalmente es desechada dentro de los mismos cultivos y genera problemáticas como la proliferación de microorganismos patógenos. Por otra parte, el almidón es una sustancia granulada presente en diferentes matrices vegetales la cual puede usarse desde la industria alimentaria para otorgar características sensoriales y organolépticas, hasta la manufactura de papel y materiales biodegradables. El objetivo de esta investigación fue extraer el almidón presente en la cáscara de cacao. La biomasa vegetal (cáscara de cacao) se caracterizó teniendo en cuenta parámetros como pH, porcentaje de humedad, grasa y fibra, entre otros; seguido de la extracción del almidón por vía húmeda. Los resultados obtenidos a la cáscara de cacao reportaron un valor de pH $5,46 \pm 0,006$, acidez titulable $0,11 \pm 0,038$, humedad $84,35 \pm 0,02$, cenizas $8,21 \pm 0,006$, grasa $0,80 \pm 0,02$, fibra $6,80 \pm 0,01$ y la extracción de almidón reportó $12,04 \pm 0,03$. Para concluir, con el uso del residuo del cacao pueden generarse alternativas de aprovechamiento, produciendo nuevos biomateriales a partir de este subproducto, siendo esta una alternativa de bioprospección agroindustrial.

Palabras clave: Agroindustrial; Biomateriales; Bioprospección; Extracción; Residuos.

Starch extraction from cacao shell *Theobroma cacao* L. as an alternative of bioprospection

Abstract

The chemical composition of the cocoa husk *Theobroma cacao* L. allows to catalog it as material of difficult degradation, due its high lignin and cellulose content, where the lignocellulosic material can be used in a wide variety of industrial processes; however, this husk is generally discarded within the crops themselves and this husk generate problems such as the proliferation of pathogenic microorganisms. On the other hand, the starch it's a granulated substance that it's presented in different plant matrices, which can be used from the alimentary industry for grant sensorial and organoleptic characteristics, to the manufacture of paper and biodegradable materials. The objective of this research was extracting the starch present in the cocoa husk, thus determinate the possible uses of exploitation of starch, as an alternative of bioprospection. The vegetal material (cocoa husk) was characterized taking into account parameters as pH, moisture percentage, fat and fiber, among others; followed by starch extraction by wet method. The obtained results to the cocoa husk reported a value of pH 5.46 ± 0.0057 , titratable acidity 0.11 ± 0.038 , moisture 84.35 ± 0.017 , ash 8.21 ± 0.0057 , fat 0.80 ± 0.015 , fiber 6.80 ± 0.01 and the extraction of starch reports 12.04 ± 0.025 . To conclude, with the use of the cocoa waste exploitation alternatives can be generate, producing new biomaterials starting of this sub product, being this an alternative of agro-industrial bioprospection.

Keywords: *Agro-industrial; Biomaterials; Bioprospecting; Extraction; Waste.*

Extração de amido da concha de cacau *Theobroma cacao* L. como alternativa à bioprospecção

Resumo

A composição química da casca de cacau *Theobroma cacao* L. permite que ela seja classificada como um material de difícil degradação devido ao seu alto teor de lignina e celulose, onde esse material lignocelulósico pode ser usado em uma ampla variedade de processos industriais; no entanto, essa casca é geralmente descartada nas próprias culturas e gera problemas como a proliferação de microorganismos patogênicos. Por outro lado, o amido é uma substância granulada presente em diferentes matrizes vegetais que podem ser utilizadas na indústria de alimentícia para fornecer características sensoriais e organolépticas, para a fabricação de papel e materiais biodegradáveis. O objetivo desta investigação foi extrair o amido presente na casca do cacau. A biomassa vegetal (casca de cacau) foi caracterizada considerando parâmetros como pH, porcentagem de umidade, graxa e fibra, entre outros; seguido pela extração de amido por via úmida. Os resultados obtidos para a casca de cacau relataram um valor de pH de $5,46 \pm 0,0057$, acidez titulável $0,11 \pm 0,038$, umidade $84,35 \pm 0,017$, cinzas $8,21 \pm 0,0057$, graxa $0,80 \pm 0,015$, fibra $6,80 \pm 0,01$ e extração de amido relatadas $12,04 \pm 0,025$. Concluindo, com o uso de resíduo de cacau, alternativas de exploração podem ser geradas, produzindo novos biomateriais a partir desse subproduto, sendo uma alternativa de bioprospecção agroindustrial.

Palavras-chave: *Agroindustrial; Biomateriais; Bioprospecção; Extração; Resíduo.*

Introducción

En Colombia, la producción de cacao ha presentado un crecimiento del 6,4 % en los últimos 10 años, de esta forma pudiendo suplir las demandas de diferentes clientes internacionales [1]. El departamento de Santander es quien mayor producción de cacao tiene por año, con un 46,2 % sobre la producción nacional, seguido por Huila, Antioquia, Cundinamarca, Tolima y otros que representan el 45,4% de producción [2]. La cáscara de cacao es considerada un residuo agrícola sin ningún tipo de valor comercial, la cual es desechada. Dicha cáscara representa hasta el 74-86% del peso de la mazorca [3] y es considerada un material de difícil degradación debido a su alto contenido de lignina, este componente contiene enlaces muy fuertes que al someterse a un proceso de biodegradación natural no ceden a una fácil despolimerización [4].

Al observar los estudios realizados por Torres Leal [2], se puede observar que la cáscara de cacao puede alcanzar porcentajes de lignina hasta de 45,39%, siendo esto un alto contenido de este compuesto, que proporciona alta resistencia estructural; asimismo, se obtuvo que la cáscara de cacao contaba con un porcentaje de celulosa hasta de 27,04% y de hemicelulosa de 2,97%. La presencia de estos tres compuestos dentro de este material lo convierte en biomasa lignocelulósica, la cual se ha vuelto altamente útil para la generación de energía, debido a su bajo costo y su alto suministro.

Diversos autores han abordado los posibles usos de los materiales lignocelulósicos, en donde se han destacado procesos como obtención de fenoles, aldehídos y cetonas a partir del hidrólisis de la lignina [2], obtención de biomateriales como ácido poliláctico, biopolietileno y polihidroxialcanoatos a partir de degradaciones químicas e hidrólisis de biomasa forestal [5]; obtención de etanol a partir de fermentación de hexosas y pentosas de celulosa y hemicelulosa obtenidas de materiales como madera, trigo, maíz y cáscara de arroz [6].

El proceso de lenta degradación de la cáscara de cacao se convierte en una problemática fitosanitaria, beneficiando la proliferación de microorganismos patógenos. Por otro lado, el almidón es un polímero natural que se encuentra en diversos productos agrícolas, el cual puede utilizarse en diversos procedimientos, desde la industria alimentaria para otorgar características sensoriales y organolépticas a diferentes

alimentos, hasta la manufactura de papel y materiales biodegradables a partir de procesos químicos [7].

Por otro lado, el crecimiento en la industria plástica, quien cada día produce materiales que solo se usan una vez, los cuales se traducen en un significativo aumento de basura plástica que contamina ríos y mares y termina siendo el agente exterminador de la vida marina, generando cambios en diferentes ecosistemas y alterando la vida presente en ellos, representa una problemática seria que debe ser abordada con prontitud. Anualmente, la producción de plásticos consume cerca de 270 millones de toneladas de petróleo y gas, y produce entre 4,8 y 12,7 millones de toneladas de basura plástica [7]. Al adentrarse en los estudios realizados en los últimos años, se puede ver el crecimiento en investigaciones sobre el uso de materias primas renovables para la producción de biomateriales que dan respuestas a diferentes problemáticas, siendo estas alternativas viables de bioprospección, en donde se han desarrollado materiales a partir de ácido láctico (ácido poliláctico), también a través de la conversión biotecnológica de glucosa o xilosa para obtención polihidroxialcanoatos (PHA) y a través de polimerizaciones y conversiones bioquímicas se ha obtenido bio-polietileno [4]. Sin embargo, no todos estos materiales representan una solución a la problemática, puesto que, debido a su estructura química, en algunos de ellos no es posible un proceso de degradación, dado que es dicha estructura la que define la degradabilidad de un material, y no la materia prima de la cual proviene [8].

En este orden de ideas, la bioprospección se describe como el conjunto de técnicas encaminadas al desarrollo de alternativas innovadoras que satisfagan las necesidades humanas y que sean amigables con el medio ambiente, dando respuesta a diferentes problemáticas y haciendo uso de organismos vivos. Este estudio termina siendo una alternativa viable para lograr un modelo productivo que no genere detrimento a los ecosistemas y que permita el uso de los subproductos que se consideran desechos.

Dadas las razones anteriores, es necesario desarrollar alternativas para dar un uso a los residuos del cacao y de esta forma evitar la contaminación ambiental, desde los problemas fitosanitarios, hasta la acumulación de residuos plásticos no degradables, supliendo las necesidades de los consumidores y protegiendo el ambiente. Por ello, el objetivo de esta investigación

fue extraer almidón de los residuos agrícolas de la cáscara de cacao para así estudiar los posibles usos de aprovechamiento del almidón, como alternativa de bioprospección.

Materiales y métodos

Obtención de la biomasa vegetal

La cáscara de cacao *Theobroma cacao* L. fue suministrada de manera gratuita por parte de productores del departamento del Quindío; esta cáscara se encontraba en un estadio de madurez BBCH 77 [9], la cual fue cortada con picadora industrial PENAGOS con el fin de disminuir el tamaño de muestra. Esto se realizó en los laboratorios de la Facultad de Ingenierías Ciudadela del Saber Campus La Santa María, Universidad La Gran Colombia.

Caracterización fisicoquímica

Se llevó a cabo un análisis proximal de la biomasa vegetal, en donde se evaluaron los parámetros de potencial hidrógeno (pH), porcentaje de acidez titulable, porcentaje de humedad, grasa, fibra, cenizas, lignina y celulosa, teniendo en cuenta las siguientes normas y técnicas:

Para la determinación de pH se utilizó un potenciómetro con el método AOAC 981.12 [10], el porcentaje de acidez titulable teniendo en cuenta la metodología propuesta por la norma AOAC 939.05 [11], el porcentaje de humedad con la AOAC 20.013 [12]. El porcentaje de grasa se determinó por el método Soxhlet NTC 1142 [13] el porcentaje de fibra mediante la AOAC 962.09 [14], la determinación del contenido de cenizas se llevó a cabo empleando una mufla TERRIGENO teniendo en cuenta la norma TAPPI 211 om-85 [15]. Finalmente, se determinaron las variables

de porcentajes de lignina y celulosa, donde la determinación de lignina se llevó a cabo según lo establecido por la norma TAPPI 222 om-88 [16]; la variable de porcentaje de celulosa se realizó empleando la norma NTC 697 [17].

Extracción de almidón

Se realizó la extracción de almidón por vía húmeda, teniendo en cuenta la metodología propuesta por Acuña Pinto [18], donde se tomó la materia vegetal y se disminuyó su tamaño de partícula, para posteriormente meter estas muestras en una licuadora OSTER y realizar un licuado. Luego se pasó la muestra líquida por diferentes coladores y por último se dejó reposar durante 24 horas hasta ver la sedimentación del almidón.

Análisis estadístico

Se realizó un estudio de la significancia de las diferentes variables determinadas a la cáscara de cacao. Las variables por medir fueron pH, acidez, humedad, cenizas, fibra, grasa y almidón. Se realizó un análisis de la varianza (ANOVA), los resultados con un nivel de significancia (α) de 0,05, con el paquete estadístico STATGRAPHICS Centurión XV (Versión 15.2.05).

Resultados y discusión

En la figura 1 se muestra la obtención de la biomasa vegetal de la cáscara de cacao, donde se pueden observar diferentes fases de este material, el cual, en primera instancia se encarga de proteger los granos de cacao (figura 1 (a)). Luego estos granos son separados de la cáscara y esta es desechada (figura 1 (b)). Por último, esta biomasa vegetal es troceada para realizar el proceso de caracterización.



Figura 1. Obtención de la biomasa vegetal cáscara de cacao *Theobroma cacao* L.

Donde (a) corresponde al fruto de cacao *Theobroma cacao* L. en el cultivo; (b) biomasa vegetal cáscara de cacao y (c) troceado de cáscara de cacao.

El cacao es un tipo de cultivo originario de Centro y Suramérica, el cual crece en regiones tropicales debido a sus necesidades de calor y humedad. Colombia, debido a sus condiciones geográficas y agroecológicas cuenta con las precisas cualidades para el cultivo de cacao, en donde esto se presta para la producción de Cacao de Fino Sabor y Aroma (CFA) la cual es una variedad que debe cumplir con requerimientos de calidad y procesos de elaboración específicos para su comercialización; esto ubica a Colombia en un selecto grupo de países (Ecuador, Perú, Venezuela) que maneja el 70% de la producción mundial de CFA, lo que a su vez representa una participación del 5% del total de la producción mundial de cacao sin categorizar AMCHAM [19].

La cáscara de cacao llega a representar hasta el 86% del peso del fruto; sin embargo, autores como [20] han reportado valores hasta del 90%, el cual se evidencia en la figura 1 (b) donde se muestran las mazorcas residuales del descocote de cacao, las cuales son consideradas un desecho; lo que representa una problemática a nivel ambiental debido a que el volumen de residuos genera problemas fitosanitarios, como la moniliasis. Este es un hongo que afecta el fruto del árbol de cacao; dicho hongo requiere de agua libre para su desarrollo, donde esta puede ser encontrada dentro de los residuos de cáscara cacao, puesto que estos cuentan con una forma cónica y allí se almacena el agua de las precipitaciones. Esa agua es utilizada

por el hongo para su crecimiento y desarrollo, y así afecta la producción del cultivo en donde se pueden alcanzar pérdidas de cosecha hasta del 80%, como lo establece Jaimes *et al.* [21]. De esta forma, lo que iniciaba como una problemática a nivel ambiental, comienza a tornarse en una problemática a nivel económico para los productores, en donde estos pueden tener pérdidas significativas en el cultivo y de esta forma ver afectado su capital, lo cual puede repercutir en el detrimento del desarrollo económico de una región que se dedique a las actividades cacaoteras.

Al igual, estas cáscaras son un foco para el desarrollo de *Phytophthora spp.*, que causa significativas pérdidas económicas en las actividades cacaoteras, y puede ser una fuente de olores indeseados [22]. La acumulación de estos residuos puede ayudar a la proliferación de insectos transmisores de enfermedades peligrosas para el ser humano [2]. Por esta razón es necesario realizar un manejo adecuado de los desechos; sin embargo, los residuos generados en el cultivo de cacao no cuentan con un manejo acertado, y a partir de esto se generan diferentes problemáticas. Finalmente, la figura 1 (c) muestra el troceado de la cáscara de cacao con reducción de tamaño para realizar con mucha más facilidad el proceso de caracterización fisicoquímica y posteriores usos. Los resultados de la caracterización fisicoquímica realizada a la cáscara de cacao *Theobroma cacao* L. se muestra en la tabla 1.

Tabla 1. Caracterización fisicoquímica de cáscara de cacao *Theobroma cacao* L.

PARÁMETRO	CÁSCARA ±DS
Potencial de hidrógeno (pH)	5,46±0,0057
Acidez titulable (%)	0,11±0,038
Humedad (%)	84,35±0,017
Grasa (% bs)	0,80±0,015
Fibra (% bs)	6,80±0,01
Cenizas (%)	8,21±0,0057
Lignina (%)	45,23±0,184
Celulosa (%)	30,70±0,753

n=3; bs= base seca; %= porcentaje; ±DS= Desviación estándar

Como se puede observar, el pH reportó un valor ligeramente ácido, con un valor de 5,46±0,0057, el cual fue un resultado similar al obtenido por [20] quienes reportaron un pH de 6,20 en muestras de cáscara de cacao variedad CCN-51; lo cual indica que las muestras utilizadas por estos autores

poseían un pH ligeramente más alcalino o básico; en donde según lo estudiado por Lopez Hernandez [23] es probable que esta diferencia se haya presentado debido a que las muestras utilizadas en esta investigación se encontraban en un grado de fermentación más avanzado que las muestras

utilizadas por Villamizar *et al.* [20], puesto que mientras mayor sea el estado de fermentación en el cacao, mayor será la acidez del pH. Sin embargo, la diferencia entre el pH de dos muestras se puede presentar por diferentes razones, que pueden estar ligadas a las condiciones del cultivo hasta las formas de manejo de poscosecha que se le dio a la biomasa vegetal.

El porcentaje de acidez total titulable fue de $0,11 \pm 0,038$, el cual es un resultado similar al reportado por Vivanco *et al.* [24]. Ellos realizaron una caracterización fisicoquímica de la cáscara de cacao de variedad nacional ecuatoriana, para la cual reportaron un valor de 0,14% en esta variables. La diferencia en los resultados posiblemente puede estar ligada al uso de diferentes variedades de materia prima y por esta razón se presenta un contraste entre ambas muestras analizadas, además de la forma de desarrollo del fruto y por ende de sus características químicas. Sin embargo, estos mismos autores realizaron una caracterización fisicoquímica para la variedad CCN-51, y reportaron un valor de 0,11%, siendo este el mismo resultado obtenido en esta investigación; al igual se puede inferir que las condiciones en las que fue cultivado el cacao utilizado por Vivanco *et al.* [24] son similares a las condiciones dadas para el cultivo del cacao utilizado en este proceso investigativo, puesto que el utilizar la misma variedad de cacao no es una razón concluyente para obtener los mismos resultados.

Al analizar el resultado obtenido en el contenido de humedad, este revela que la muestra cuenta con un alto porcentaje de agua en su estructura $84,35 \pm 0,017$, lo cual es un resultado similar al reportado por Campos *et al.* [25] quienes realizaron una caracterización fisicoquímica para determinar los posibles usos de la cáscara de cacao dentro de la industria alimentaria y no alimentaria a nivel agroindustrial, utilizando esta materia prima para la extracción de compuestos aromáticos o agentes texturizantes hasta la industria cosmética y farmacológica con el uso de extracto de cáscara de cacao para el tratamiento de arrugas. El alto porcentaje de humedad en su estructura, y el contenido diverso de sustratos como los azúcares presentes en la celulosa por Malin *et al.* [5] la cáscara de cacao resulta ser un medio adecuado para el desarrollo de los microorganismos, que ocasionan contaminación de los cultivos de cacao y fuentes hídricas cercanas.

Por otro lado, los resultados obtenidos para las variables de grasa $0,08 \pm 0,015$ y fibra $6,80 \pm 0,01$

fueron significativamente diferentes con los obtenidos por Vriesmann [26] quienes realizaron una determinación de la composición y porcentaje de pectinas solubles presentes en la cáscara de cacao, obteniendo un porcentaje de 1,5% y para fibra un resultado del 9,6%. Se piensa que la diferencia generada entre los resultados se dio debido posiblemente a las diferencias en el estadio de madurez entre las muestras. Según la escala que mide el desarrollo fenológico de los frutos, la muestra utilizada en este proceso se encontraba en una etapa BBCH 77, en la cual aún no se presenta el desarrollo completo de todas las características del fruto y por esta razón los resultados fueron menores a los obtenidos por los autores mencionados anteriormente.

El valor obtenido de cenizas fue de $8,21 \pm 0,0057$ el cual es un valor discrepante con el resultado reportado por Vivanco *et al.* [24] quienes encontraron un porcentaje del 5,14%; sin embargo, al comparar con autores como Cardona *et al.* [27] quienes utilizaron la cáscara de cacao para realizar una tabla nutricional para alimentación de animales, se encuentra que hay mayores similitudes, en donde estos autores obtuvieron un resultado de 7,9%; al igual Sangronis *et al.* [28] utilizaron la cáscara de cacao como materia prima para elaboración de infusiones y reportaron un 8,09% de cenizas presentes.

Finalmente, los porcentajes de lignina y celulosa reportaron valores de $45,23 \pm 0,184$ y $30,70 \pm 0,753$, respectivamente; se observa que el porcentaje de lignina fue superior al de celulosa, lo que indica que este material es fuerte en su estructura química y de difícil despolimerización, dado que la lignina otorga alta resistencia a los enlaces, lo que dificulta el acceso a la celulosa. Al igual, el porcentaje obtenido para celulosa resulta ser mayor en relación con otros materiales de origen vegetal, puesto que al comparar con estudios como el realizado por Gonzales *et al.* [29] se evidencia que materiales como la cáscara de naranja cuenta con un valor de 16,2% de celulosa en su estructura, siendo esto un porcentaje significativamente menor al encontrado en la cáscara de cacao. Por otro lado, en el proceso de obtención de la celulosa se puede ver reducido este valor debido posiblemente al uso de ácido sulfúrico, lo que provoca que la celulosa se degrade en azúcares. Al comparar estos resultados con los obtenidos por Torres Leal [2] se observa que los resultados son similares para ambas determinaciones, los autores obtuvieron un porcentaje de lignina

hasta del 45,39%, mientras que para la celulosa reportaron valores hasta del 27,04%, en donde estos realizaron una caracterización de la biomasa lignocelulósica para obtención de etanol por vía fermentativa. La similitud presentada se encuentra ligada a que en el estudio realizado por Torres Leal [2], las materias fueron colectadas en el departamento del Santander, el cual cuenta con condiciones similares a las que presenta el departamento del Quindío.

Debido a las características químicas de la estructura de este material presentadas en la tabla 1 y al limitado uso de los residuos productos del descocote del cacao, su proceso de biodegradación o incorporación al suelo se hace más difícil, y de esta forma no se presenta un fenómeno de degradación normal; por el contrario, se presenta un proceso de proliferación de diversos microorganismos, lo que genera problemáticas ambientales y fitosanitarias. Teniendo en cuenta las variables químicas, se puede establecer un posible uso de esta biomasa vegetal, como lo es la extracción de almidón por vía húmeda; esto debido a que el almidón puede ser empleado en una gran gama de procesos agroindustriales [7] y finalmente, determinar la factibilidad de usar este compuesto dentro de una alternativa de bioprospección agroindustrial.

El porcentaje del almidón por vía húmeda realizado a la biomasa vegetal de cáscara de cacao, se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Porcentaje de almidón de la biomasa vegetal

Parámetro	Cáscara de cacao ±DS
Almidón (% bh)	12,04±0,025

n=3; bh= base húmeda; %= porcentaje; ±DS= Desviación estándar

La extracción de almidón de la cáscara se llevó a cabo siguiendo el proceso utilizado por Acuña Pinto [18], para obtención de almidón de ñame. El porcentaje de almidón obtenido fue más alto al encontrado por Adamafio *et al.* [30], quienes obtuvieron un resultado de 2,73% de almidón en la cáscara de cacao al realizar una determinación de la composición bioquímica y de la degradabilidad *in vitro* de este material. La significativa diferencia presente en las muestras puede estar ligada al proceso de degradación de almidón en frutas al alcanzar grados de madurez avanzada y así obtener un bajo porcentaje de almidón presente en la muestra [31]. A medida que el proceso de

madurez fisiológica avanza, el fruto realiza un proceso de hidrólisis de almidón para así convertir esta molécula en azúcares y poder desarrollar mejor sus sabores dulces. Mientras el fruto se madura en el árbol, el contenido de almidón y su firmeza disminuyen, y simultáneamente aumenta el contenido de sólidos solubles [32].

Al comparar el porcentaje de almidón presente en la muestra de esta investigación, con el porcentaje presente en una muestra de cáscara de banano (*Musa paradisiaca*) reportado por Cárdenas Freire [33] el cual obtuvo valores hasta de 42,63% se evidencia que en la cáscara de cacao no hay un alto contenido de almidón como en otros alimentos o residuos; sin embargo, estos rendimientos de almidón se pueden utilizar fácilmente para la producción de algún tipo de biomaterial, tal como lo realizó De los Angeles [34] quien obtuvo almidón de malanga para elaboración de biopolímeros, obteniendo porcentajes de almidón hasta del 22,6%. Sin embargo, Cárdenas Freire [33] realizó extracción de almidón de los residuos de banano para la elaboración de un biopolímero, en donde este reporta haber obtenido mayores rendimientos de extracción de almidón al realizar este proceso por vía seca y compararlo con los resultados obtenidos en la extracción por vía húmeda. Esto indica que es probable registrar un aumento en la obtención del almidón presente en las muestras de cacao al realizar este procedimiento por vía seca, lo cual podría ser una alternativa viable para aplicar dentro de este proceso investigativo y de esta forma poder obtener mayores rendimientos del porcentaje de almidón extraído y así facilitar los procesos de las alternativas de bioprospección que se pueden desarrollar.

Al observar los resultados de obtención de almidón de cáscara de cacao, se puede profundizar en los estudios que se han realizado a partir del uso de almidón para la manufactura de biopolímeros. Se resaltan estudios como el llevado a cabo por Arboleda *et al.* [35], en donde estos autores obtuvieron una película flexible a partir de almidón termoplástico de yuca y ácido poliláctico. De esta forma se puede observar que autores ya han abordado las posibilidades de obtención de plásticos a partir del almidón presente en diversas matrices vegetales. Al igual, como lo muestra Jimenez *et al.* [36], las propiedades fisicoquímicas de las películas obtenidas a partir de almidón pueden ser variables, lo que depende directamente de los compuestos añadidos para la obtención de la película, la cual puede ser biodegradable

y comestible, los procesos para la obtención de este tipo de materiales se pueden ejecutar de formas sencillas dentro de la industria, generando así mayores oportunidades para la obtención de materiales de bajo precio y alta calidad a base de materias primas renovables y biodegradables en el ambiente.

Al observar los resultados de esta investigación, se encuentra que es posible llevar a cabo diferentes propuestas para aprovechar estos residuos, puesto que la cáscara de cacao reportaron valores de pH de $5,46 \pm 0,0057$, porcentaje de humedad, cenizas y fibra de $84,35 \pm 0,017$, $8,21 \pm 0,0057$ y $6,80 \pm 0,01$, respectivamente; además de la obtención de almidón en un porcentaje del $12,04 \pm 0,025$; con esto puede indicarse posiblemente una alternativa factible de aprovechamiento de esta materia prima, que resulta ser de muy bajo costo y que otorga vida útil a un material vegetal que es considerado un desecho agrícola; el cual, debido a su manejo desacertado genera problemáticas a nivel ambiental, social y económico.

Así el uso de estos desechos se traduce en la utilización de una materia prima económica, en donde se pueden desarrollar alternativas como por ejemplo la producción de un biomaterial a partir de la hidrólisis ácida del almidón y la adición de un plastificante. Al igual, la cáscara de cacao al ser un material lignocelulósico cuenta con una amplia variedad de alternativas de uso; diversos autores han dado diferentes propuestas como la obtención de azúcares de este material para realizar fermentados y a partir de esto obtener ácido poliláctico (PLA), el cual es un polímero biodegradable, lo que permite proporcionar una alternativa de bioprospección a partir del uso de esta biomasa vegetal, desarrollándose formulaciones innovadoras que satisfagan las necesidades humanas y que sean amigables con el medio ambiente, dando respuesta a las problemáticas presentadas por los volúmenes de estos residuos, logrando un modelo productivo que no genere detrimento a los ecosistemas.

Conclusión

La caracterización fisicoquímica realizada a la cáscara de cacao arrojó un valor de pH de $5,46 \pm 0,0057$, porcentaje de humedad, cenizas, grasa y fibra de $84,35 \pm 0,017$, $8,21 \pm 0,0057$, $0,80 \pm 0,015$ y $6,80 \pm 0,01$, respectivamente; además de la obtención de almidón en un porcentaje del $12,04 \pm 0,025$; esos resultados indican el posible uso

de este subproducto para la realización de diversas propuestas dentro del ámbito de bioprospección agroindustrial, generando biomateriales y demás productos a partir de esta materia prima de bajo costo, innovando desde los procesos de manejo de estos desechos agrícolas y así evitando focos de contaminación y proliferación de microorganismos, generando posibles respuestas a problemáticas que afectan a nivel social, ambiental y económico para los productores cacaoteros y la población en general.

Referencias bibliográficas

- [1] Gonzales Bell A. Producción de cacao evidencia un crecimiento promedio de 6,48% en los últimos 10 años (sitio en internet). AGRONEGOCIOS. Disponible en: <https://www.agronegocios.co/agricultura/produccion-de-cacao-evidencia-un-crecimiento-promedio-de-648-en-los-ultimos-10-anos-2813684>.
- [2] Torres Leal YJ, Caracterización de biomasa lignocelulósica (*Theobroma cacao* L.) para su uso en la obtención de etanol por vía fermentativa (tesis). Bucaramanga, Colombia: Universidad Santo Tomás, 2016.
- [3] Villamizar Jaimes AR, López Giraldo LJ. Cáscara de cacao fuente de polifenoles y fibra: simulación de una planta piloto para su extracción. Respuestas. 2017;22(1):75-83.
- [4] Cortes Ortiz WG. Materiales lignocelulosicos como fuente de biocombustibles y productos químicos. T. ESUFA. 2011;16:41-46.
- [5] Malin B, Vallejos M, Tanase Opedal M, Area MC, Chinga-Carrasco G. Lignocellulosics as sustainable resources for production of bioplastics - A review J. Cleaner P. 2017;162:646-664.
- [6] Cortes Ortiz WG. Tratamientos Aplicables a Materiales Lignocelulósicos para la obtención de etanol y productos Químicos. Revista de Tecnología. 2014;13(1):39-44.
- [7] Meza Ramos PN. Elaboración de bioplásticos a partir de almidón residual obtenido de peladoras de papa y determinación de su biodegradabilidad a nivel de laboratorio (Tesis). Lima, Perú: Universidad Nacional Agraria La Molina; 2016.
- [8] Zhou H. Physico-chemical Properties of Bioplastics and its Application for Fresh-cut Fruits Packaging (tesis doctoral). Hokkaido, Japón: Universidad de Hokkaido; 2016.
- [9] Niemenak N, Cilas C, Rohsius C, Bleiholder

- H, Meier U, Lieberei R. Phenological growth stages of cacao plants (*Theobroma* sp.): codification and description according to the BBCH scale. *Ann Appl Biol.* 2010;156:13-24.
- [10] Norma AOAC. Método General de Codex para determinación del pH. 981.12. Budapest; 2012.
- [11] Norma AOAC. Official methods of Analysis. Determinación de Acidez titulable. 939.05 USA: AOAC international; 2000.
- [12] Norma AOAC. Determinación de humedad en plantas. 20.013. USA: AOAC International; 1980.
- [13] Norma NTC. Determinación del contenido de grasa. Colombia: ICONTEC; 1976.
- [14] Norma AOAC. Método Oficial, 962.09Fiber (Crude) in Animal Feed and Pet Food. USA: AOAC International; 2000.
- [15] Norma TAPPI T 211 om-02. Ash in wood, pulp, paper and paperboard: Combustion at 525°C. USA: TAPPI; 2006.
- [16] Norma TAPPI. TAPPI T22, Acid-insoluble lignin in wood and pulp. USA: TAPPI; 2002.
- [17] Norma NTC. Pulpas para papel. Método para determinar las células, alfa, beta y gama. Colombia: ICONTEC; 1973.
- [18] Acuña Pinto HM. Extracción, caracterización y aplicación de almidón de ñame variedad blanco (*Dioscorea trifida*) originario de la región amazónica colombiana para la elaboración de productos horneados (Tesis). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia; 2012
- [19] AMCHAM. Cacao: una apuesta colombiana al mercado internacional. Bogotá, Colombia; 2014.
- [20] Villamizar Jaimes YL, Rodríguez Guerrero JS, Leon Castrillo LC. Caracterización fisicoquímica, microbiológica y funcional de harina de cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L.) Variedad CCN-51. Cuaderno activa. 2016;9:65-75.
- [21] Jaimes Suarez Y, Aranzazu F. Manejo de las enfermedades del cacao (*Theobroma cacao* L) en Colombia, con énfasis en monilia (Moniliophthororeri). Bogotá: Produmedios; 2010.
- [22] Barazarte H, Sangronis E, Unai E. La cáscara de cacao (*Theobroma cacao* L): Una posible fuente comercial de pectinas. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición.* 2008;58(1):64-70.
- [23] López Hernández MdP. Efecto del estado de madurez de materiales de cacao sobre la calidad final del grano en los valles interandinos secos (Tesis). Bogotá, Colombia: Universidad Nacional de Colombia; 2018.
- [24] Vivanco Carpio E, Matute Castro L, Campo Fernandez M. Caracterización fisicoquímica de la cascarilla de *Theobroma cacao* L., variedades Nacional y CCN-51. *Conference Proceedings UTMACH.* 2017;2(1):213-222.
- [25] Campos Vega R, Nieto Figueroa KH, Oomah BD. Cocoa (*Theobroma cacao* L.) pod husk: Renewable source of bioactive compounds. *TIFS&T.* 2018;81:172-184.
- [26] Vriesmann LC, Dias de Mello Castanho Amboni R, de Oliveira Petkowicz CL. Cacao pod husks (*Theobroma cacao* L.): Composition and hot-water-soluble pectins. *Ind. Crops and Products.* 2011;34:1173-1181.
- [27] Cardona M, Sorza J, Posada S, Carmona J, Ayala S, Álvarez O. Establecimiento de una base de datos para la elaboración de tablas de contenido nutricional de alimentos para animales. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias.* 2002;15(2):240-246
- [28] Sangronis E, Soto MJ, Valero Y, Buscema I. Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición Alan.* 2014;64(2):123-130.
- [29] Gonzales Velandia KD, Daza Rey D, Caballero Amado PA, Matínez Gonzales C. Evaluación de las propiedades físicas y químicas de residuos sólidos orgánicos a emplearse en la elaboración de papel. *Luna Azul.* 2016;43:499-517.
- [30] Adamafio NA, Afeke IK, Wepeba J, Ali EK, Quaye FO. Biochemical composition and *in vitro* digestibility of cocoa (*Theobroma cacao*) pod husk, cassava (*Manihot esculenta*) peel and Plantain (*Musa paradisiaca*) peel. *Ghana J. Sci.* 2004;44:29-38.
- [31] Cárdenas Cornel WG, Vélez de la Rocha R, Siller Cepeda JH, Osuna Enciso T, Muy Rangel MD, Sañudo Barajas JA. Cambios en la composición de almidón, pectinas y hemicelulosas durante la maduración de mango. *Chapingo Horticultura.* 2010;18(1):5-19.
- [32] Arpaia ML, Mitcham E, Cantwell de Trejo M, Reid M, Crisoto C, Suslow T, *et al.* Madurez, maduración y relaciones de calidad de la fruta. Estados Unidos: Universidad De California; Postharvest Technology Center; 2016.
- [33] Cárdenas Freire MA. Extracción de almidón a

- partir de residuos de banano (*Musa paradisiaca*) para la elaboración de un biopolímero (Tesis). Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana, Sede Cuenca; 2018.
- [34] De los Angeles Rosales A. Obtención de biopolímero plástico a partir del almidón de malanga (*Colocasia esculenta*), por el método de polimerización por condensación en el laboratorio 110 de la UNAN-Managua (Tesis). Managua, Nicaragua: UNAN-Managua; 2016.
- [35] Arboleda GA, Montila CE, Villada HS, Varona GA. Obtaining a Flexible Film Elaborated from Cassava Thermoplastic Starch and Polylactic Acid. Int Jour of Poly Sci. 2015;2015:1-9.
- [36] Jimenez A, Fabra MJ, Talens P, Chiralt A. Edible and Biodegradable Starch Films: A Review. Food And Bioprocess Technology. 2012;5(6):2058-2076.