

# OBTENCIÓN Y CARACTERIZACIÓN FISCOQUÍMICA DE UN SUSTRATO NUTRITIVO HECHO A PARTIR DE CÁSCARAS DE CACAO PARA LA PRODUCCIÓN DE PLÁNTULAS DE HORTALIZAS

**José Roberto Jacobo Marroquín**

Ingeniero en Química. Docente Investigador de la Escuela de Ingeniería Química. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central. Correo: jose.jacobo@itca.edu.sv

**Alma Verónica García Barrera**

Máster en Sistemas de Calidad y Productividad. Docente Coinvestigadora de la Escuela de Ingeniería Química. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central. Correo: alma.garcia@itca.edu.sv

Recibido: 21/06/2022 - Aceptado: 1/07/2022

## Resumen

En el beneficiado del cacao se producen una gran cantidad de residuos, las mazorcas generalmente son desechadas dentro de los mismos cultivos y genera problemáticas como la proliferación de insectos y microorganismos patógenos. De estos desechos las cáscaras son las de mayor relevancia. La Escuela de Ingeniería Química de ITCA-FEPADE evaluó añadirle valor a este subproducto, incorporando desechos de cáscara de cacao en la formulación de un sustrato para el cultivo de plántulas de hortalizas. El objetivo de esta investigación fue obtener un sustrato orgánico que sirva de soporte material y nutritivo a partir de cáscaras de cacao criollo. La biomasa vegetal se caracterizó teniendo en cuenta parámetros como el porcentaje de humedad, pH, porcentaje de cenizas, contenido de potasio, nitrógeno y fósforo. Se ejecutaron pruebas comparativas de formulación del sustrato, siembra, cultivo y crecimiento de las plántulas de hortalizas de tomate y pepino, obteniendo como resultado la fórmula óptima de un sustrato y abono orgánico y el mejor medio de desarrollo. De los resultados obtenidos se concluye que, a partir de un adecuado procesamiento y aprovechamiento de las cáscaras de cacao, se puede transformar este desecho en un producto biomaterial alternativo que genera una opción de bioprospección agroindustrial. Los valores obtenidos en la caracterización fisicoquímica de las cáscaras de las mazorcas, dependen de condiciones como el tipo de suelo, variables agrometeorológicas, calidad de agua, abono y especie de la planta de cacao. El escenario de siembra condiciona el desarrollo óptimo de las plántulas; los factores como requerimiento de agua, distribución de nutrientes y estabilidad de las plántulas, se ven afectados por la relación del espacio de germinación. Como resultado de la caracterización fisicoquímica se obtuvo un pH de 5.7, cenizas 18.83%, humedad 73.56%, celulosa 21.39%, lignina 39.81%, nitrógeno total 0.02%, fósforo total 0.02% y ausencia de potasio.

## Palabras clave

Agroindustrialización, producción de cacao, biomasa, bioprospección, caracterización, plántula, sustrato, cacao, Theobroma.

## OBTAINING AND PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF A NUTRIENT SUBSTRATE MADE FROM COCOA HUSK FOR THE PRODUCTION OF VEGETABLE SEEDLINGS

## Abstract

A large amount of waste is produced in cocoa processing; the cocoa pods are generally discarded within the crops themselves and generate problems such as the proliferation of insects and pathogenic microorganisms.

Of this waste, the husks are the most relevant. The Escuela de Ingeniería Química de ITCA-FEPADE evaluated adding value to this by-product, by incorporating cocoa husk waste in the formulation of a substrate for growing vegetable seedlings. The objective of this research was to obtain an organic substrate that serves as a material and nutritional support from criollo cocoa husks. The plant biomass was characterized taking into account parameters such as moisture percentage, pH, ash percentage, potassium, nitrogen and phosphorus content. Comparative tests of substrate formulation, sowing, cultivation and growth of tomato and cucumber vegetable seedlings were carried out, obtaining as

a result the optimum formulation of a substrate and organic fertilizer and the best development medium. From the results obtained, it is concluded that, from an adequate processing and use of cocoa husks, it is possible to transform this waste into an alternative biomaterial product that generates an agroindustrial bioprospecting option. The values obtained in the physicochemical characterization of the cocoa husks depend on conditions such as soil type, agro-meteorological variables, water quality, fertilizer and cocoa plant species. The planting scenario conditions the optimal development of the seedlings; factors such as water requirement, nutrient distribution and seedling stability are affected by the germination space ratio. As a result of the physicochemical characterization, it was obtained a pH of 5.7, ash 18.83%, moisture 73.56%, cellulose 21.39%, lignin 39.81%, total nitrogen 0.02%, total phosphorus 0.02% and absence of potassium.

## Keyword

Agroindustrialization, cacao production, biomass, bioprospecting, characterization, seedling, substrate, cacao, Theobroma.

## Introducción

En la cosecha del cacao se desecha alrededor del 80% del fruto [1]. Esta cantidad de subproductos son considerados como basura orgánica. Con este proyecto de la Escuela de Ingeniería Química se busca darle valor agregado al desecho de la cáscara de la mazorca, a través de la elaboración de un sustrato que sirva de soporte material y nutritivo para plántulas de hortalizas, siendo las de prueba pepino y tomate.

Por las condiciones climáticas del país se puede producir “cacao fino de aroma”, el cual es muy valorado en Europa. Sin embargo, El Salvador tiene desafíos en el procesamiento del grano y agregar valor a toda la cadena productiva del cacao [2].

Este potencial en los subproductos del cacao ha sido detectado por los expertos del Complejo de Innovación Tecnológica y Productiva en Agroindustria CITPA; quienes vislumbran que las hortalizas podrían ser cultivadas “sin suelo”, utilizando otros sustratos que sean altamente ricos en fibra, lo cual proporcionan sostén y nutrientes para la planta [3].

Tomando en cuenta la cantidad de desechos que se producen en la cosecha y beneficiado del cacao, se tuvo como objetivo añadirle valor a estos subproductos, particularmente a la cáscara de cacao, realizando pruebas comparativas de formulación, siembra, cultivo y crecimiento, para la obtención de un material que sirva como sustrato y abono orgánico para plántulas de hortalizas. El proyecto incluyó la caracterización físico química de las cáscaras de cacao criollo.

## Desarrollo

### I. METODOLOGÍA

El cultivo del cacao produce, desde la etapa de recolección hasta la de procesamiento, una serie de desechos, 10 toneladas de desechos frescos por cada tonelada de semillas secas [4]. Al momento de la cosecha, se separa la cáscara del fruto de las semillas y la placenta o mucílago. Solo el 20 por ciento de la fruta del cacao es utilizada, por lo tanto, el otro 80 por ciento restante corresponde a los residuos, los cuales son desechados [5]. En la Tabla 1 se muestran los principales residuos vegetales generados en la cadena de valor del cacao.

Tabla 1.  
Residuos del cacao y cantidades generadas [6].

Residuos	Cantidad
Podas	20.24 t/ha
Cáscaras	90% del fruto seco
Placenta o mucílago	1.72% del fruto seco
Semillas dañadas	6 – 8% del fruto seco

Para incorporar el desecho de cacao, cáscara y mucílago, en la formulación de un sustrato nutritivo, se deben cortar las cáscaras de cacao en láminas y después realizar un troceado para obtener un tamaño de muestra más pequeña para establecer las variables fisicoquímicas de la caracterización de manera más eficiente; para esto se recomienda el análisis proximal del sustrato, donde se determinan los parámetros de pH, humedad, cenizas, grasa, fibra, lignina y celulosa [7].

El sustrato de cáscara de cacao se desinfecta a temperatura ambiente por medio de una inmersión de solución al 0.6% de carbonato de calcio durante 13 días, teniendo en cuenta

lo propuesto por Rodríguez y Jaramillo [8]. Después de esto, se acondiciona la humedad relativa al 70 - 90 %, el pH de 5.0 - 7.0 para procurar el óptimo desarrollo de las plántulas.

Para la inoculación, se realiza la mezcla de las semillas con diferentes formulaciones de cada uno de los sustratos en condiciones óptimas de asepsia, con la finalidad de encontrar la formulación óptima para las plántulas de las hortalizas seleccionadas. Posterior a esto, se realiza la incubación a un rango de temperatura de 24 - 28 °C y un rango de humedad relativa de 70 - 80 % para garantizar las condiciones ambientales óptimas para el crecimiento de la plántula; se llevó un monitoreo de estas variables. Terminada la etapa de incubación, los recipientes se exponen a la luz natural, para inducir la formación de la plántula, monitoreando la cantidad de luz, la humedad relativa y la temperatura [7].

Este proyecto es una investigación de tipo experimental y retrospectiva por tener como objeto de estudio la manipulación de variables experimentales bajo condiciones controladas, además de poseer un carácter exploratorio, pues se realiza con el propósito de obtener datos fieles y seguros para que sirvan de base en estudios futuros.

El desarrollo de las fases de la investigación se describe a continuación:

**1. Trabajo de campo:**

- 1.1 Recolectar los desechos, cáscaras y mucílago.
- 1.2 Transportar y almacenar desechos.

**2. Trabajo experimental:**

- 2.1 Preparación de materia prima: separación del mucílago de la cáscara, limpieza, secado y almacenamiento.
- 2.2 Pretratamiento: desinfección de la cáscara de cacao.
- 2.3 Elaboración de sustrato a escala de laboratorio: se realizaron varias formulaciones y comparaciones para encontrar la óptima, se utilizaron materias primas tales como tierra negra, musgo artificial, sustrato comercial.
- 2.4 Caracterización del sustrato: la biomasa vegetal se caracterizó con parámetros como el porcentaje de humedad (gravimetría), pH (potenciométrico), porcentaje de cenizas (incineración en mufla a 550°C), contenido de celulosa (método TAPPI T 212), contenido de lignina (TAPPI T 222), contenido de potasio (espectrofotometría de absorción atómica  $\lambda = 766.5$  nm), nitrógeno (espectrofotometría de absorción molecular  $\lambda = 460$  nm) y fósforo (espectrofotometría absorción molecular  $\lambda = 890$  nm).
- 2.5 Siembra y pruebas comparativas: se utilizaron semillas de tomate y pepino; se comparó el desarrollo y crecimiento de las plántulas en tres medios diferentes o escenarios, bandeja de germinación, almácigo y maceta mediana.

## Resultados

En la Tabla 2 se muestran los resultados de las pruebas y análisis de caracterización del desecho de la cáscara de cacao, utilizada para la formulación del sustrato.

Tabla 2.  
Resultados de la caracterización de la biomasa de cáscaras de cacao. Fuente: elaboración propia

PRUEBA	RESULTADO
pH	5.7
Cenizas	18.83%
Humedad	73.56%
Celulosa	21.39%
Lignina	39.81%
Potasio	0
Nitrógeno Total	0.02%
Fósforo Total	0.02%

En la Tabla 3 se muestran los resultados de las pruebas de comparación del porcentaje de germinación. Dentro de los diferentes escenarios de cultivo y utilizando los mismos sustratos, se muestra el escenario en el que se observó el mejor desarrollo de las plántulas, siendo el almácigo.

Tabla 3.  
Resultados de las pruebas de comparación de sustratos en almácigo. Fuente: elaboración propia

Base de sustrato	% germinación tomate	% germinación pepino
Tierra negra	75	75
Sustrato comercial	75	100
Cáscaras de cacao	100	100

## Conclusiones

- 1. La elaboración de un sustrato a partir de un adecuado procesamiento de las cáscaras de cacao es una opción factible de bioprospección agroindustrial, por ser una excelente forma de aprovechar y transformar este desecho en un biomaterial alternativo.
- 2. La composición físico química de la cáscara de cacao tales como humedad, ceniza, celulosa, lignina, nitrógeno, fósforo y potasio, están directamente relacionadas con el aporte de nutrientes del sustrato hacia las plántulas para potenciar su desarrollo.

3. Los valores obtenidos en la caracterización de las cáscaras de las mazorcas de cacao, dependen de condiciones como el tipo de suelo, variables agrometeorológicas, calidad de agua, abono y especie de la planta.
4. El tamaño de partícula es un factor que influye en la efectividad de la cáscara del cacao en el sustrato como soporte material y nutritivo de las plántulas; un tamaño muy fino dificulta la absorción de los nutrientes y condiciona al sustrato a tener características más secas.
5. El escenario de siembra condiciona el desarrollo óptimo de las plántulas, factores como requerimiento de agua, distribución de nutrientes y estabilidad de la plántula, se ven afectados por la relación del espacio de germinación, área de desarrollo y profundidad de siembra.

## Recomendaciones

- a. Se deben tomar en cuenta modificaciones en los métodos para el procesamiento efectivo de las cáscaras de cacao, a fin de obtener una mezcla más uniforme y homogénea tal y como se presentan los abonos comerciales.
- b. Realizar un estudio comparativo de sustratos para plántulas a partir de la cáscara de los tres tipos de cacao que se cultivan en nuestro país.
- c. Otros subproductos obtenidos del beneficiado del cacao podrían ser considerados en la formulación de otros biomateriales, por ejemplo, la cascarilla de la semilla, para buscar más alternativas de valor agregado.

## Referencias

[1] S. N. Guanja Molina y W.N. Espinoza Espinoza, "Estudio y aprovechamiento de los residuos del cacao de la compañía Nestlé como estrategia comercial" tesis, Facultad de Ciencias Administrativas, Univ. Guayaquil, 2018 [En línea]. Disponible en : <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/29775> [Accedido: 17 may-2022]

[2] P. E. E. Hernández Méndez, "Agroindustrialización del

cacao como estrategia de desarrollo económico local : caso de estudio: municipio de San Pedro Nonualco." Tesis, Fac. Ciencias Económicas, Univ. El Salvador, 2019 [En línea]. Disponible en <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/19744/>. [Accedido: 17 may-2022]

[3] N. Parra, M. Henríquez y S. Villanueva, "Utilización de los subproductos del cultivo y procesamiento del cacao" tesis, Fac. Ing., Univ. Central de Venezuela,» [En línea]. Disponible en: <http://www.ing.ucv.ve/jifi2018/documentos/ambiente/AIS003.pdf>. [Accedido: 16 may-2022]

[4] O. Crescente y M. Acosta, «Aprovechamiento de los desechos de cacao (Theobroma cacao L.),» Venezuela, 2016.

[5] S. Loyo, «Exportación de cáscaras, películas y demás residuos de cacao hacia Perú.,» Ecuador, 2015.

[6] D. H. Lock Navarro, «Potencial energético de los residuos de la cadena de valor del cacao (Theobroma cacao) en la región Madre de Dios,» Perú, 2018.

[7] J. E. Ortiz, Y. Mejía, D.E. González, L.S. García-Alzate y X. Sifuentes-Wchima, «Alternativa de biorremediación a partir de residuos de cacao en la obtención de hongos Pleurotus ostreatus con la implementación de un análisis multicriterio,» Revista ION, vol. 33, n° 1, pp. 67-77, 2020. [En línea] Disponible en: <https://doi.org/10.18273/revion.v33n1-2020007>. [Accedido: 16 may-2022]

[8] N. Rodríguez V. y C. Jaramillo L. «Cultivo de hongos comestibles del género Pleurotus sobre residuos agrícolas de la zona cafetera,» Caldas : CENICAFÉ, 2004 [En línea]. Disponible en: <https://biblioteca.cenicafe.org/handle/10778/582>. [Accedido: 16 may-2022]