

ppi 201502ZU4659

Esta publicación científica en formato digital es
continuidad de la revista impresa

ISSN 0254 -0770 / e-ISSN 2477-9377 / Depósito legal pp 197802ZU38



REVISTA TÉCNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

Una Revista Internacional Arbitrada
que está indizada en las publicaciones
de referencia y comentarios:

- REDALYC
- REDIB
- SCIELO
- DRJI
- INDEX COPERNICUS INTERNATIONAL
- LATINDEX
- DOAJ
- REVENCYT
- CHEMICAL ABSTRACT
- MIAR
- AEROSPACE DATABASE
- CIVIL ENGINEERING ABSTRACTS
- METADEX
- COMMUNICATION ABSTRACTS
- ZENTRALBLATT MATH, ZBMATH
- ACTUALIDAD IBEROAMERICANA
- BIBLAT
- PERIODICA

UNIVERSIDAD DEL ZULIA



REVISTA TÉCNICA
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA

VOLUMEN 46

EDICIÓN CONTINUA

AÑO 2023

Dr. Ignacio Rodríguez Iturbe - Zuliano ilustre
Ingeniero civil, hidrólogo profesor universitario,
doctor honoris causa de la Universidad del Zulia,
ciudadano ejemplar con numerosos premios nacionales e internacionales.

Propiedades Fisicoquímicas de un Abono Orgánico Tipo Bocashi Preparado a partir de Cascarillas de Semillas de Cacao (*Theobroma cacao* L.)

Urdaneta, H., Pire-Sierra, M. G. , Lameda-Cuicas, E., Pire-Sierra, M. C. 

Programa de Ingeniería Agroindustrial, Decanato de Agronomía, Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado (UCLA), Barquisimeto, Venezuela.

*Autor de correspondencia: mcpirre@ucla.edu.ve

<https://doi.org/10.22209/rt.v46a18>

Recepción: 09 de octubre de 2023 | Aceptación: 14 de diciembre de 2023 | Publicación: 27 de diciembre de 2023

Resumen

La industria cacaotera genera elevados volúmenes de subproductos y residuos que pudieran tener un valor agregado, entre los que se encuentran las cascarillas de las semillas de cacao, pero que no son aprovechados y pueden generar problemas ambientales. De allí que el objetivo de esta investigación fue determinar las propiedades fisicoquímicas de un abono orgánico preparado a partir de cascarillas de cacao, usando la metodología tipo Bocashi. Inicialmente, se realizó la caracterización fisicoquímica de la cascarilla y se formularon cuatro tratamientos, con cuatro repeticiones cada uno, con diferentes proporciones de cascarilla (0, 25, 50 y 75 % p/p). Las pilas de abono formadas para el desarrollo del compostaje, fueron monitoreadas durante 15 días. El mejor tratamiento obtenido fue T₄, en el que se usó la mayor cantidad de cascarilla, registrándose la mayor concentración de nitrógeno (1,23 % p/p) y la menor relación C/N (27/1). El resto de los tratamientos mostraron contenidos de fósforo y potasio mayores, pero con elevadas relaciones C/N (de 34 a 59), indicando que el proceso de compostaje no alcanzó la estabilidad en el tiempo evaluado. Finalmente, se concluye que se puede obtener un abono orgánico a base de cascarilla de cacao, que presente características tanto físicas como químicas que puedan ser aprovechadas como enmiendas en suelos.

Palabras clave: aprovechamiento; compost; residuo agroindustrial.

Physicochemical Properties of an Organic Bocashi-type Fertilizer Prepared from Cocoa Seed Husks (*Theobroma cacao* L.)

Abstract

The cocoa industry generates high volumes of by-products and waste that could have added value, among which are cocoa seed husks, but are not used, generating environmental problems. Hence, the objective of this research was to determine the physicochemical properties of an organic fertilizer prepared from cocoa husks, using the Bocashi type methodology. Initially, the physicochemical characterization of the husk was carried out and four treatments were formulated, with four repetitions each, with different proportions of husk (0, 25, 50 and 75 % w/w). The compost piles formed were monitored for 15 days. The best treatment obtained was T₄, in which the largest amount of husk was used, recording the highest nitrogen concentration (1.23 % w/w) and the lowest C/N ratio (27/1). The rest of the treatments showed higher phosphorus and potassium contents, but with high C/N ratios (from 34 to 59), indicating that the composting process did not reach stability in the evaluated time. Finally, it is concluded that an organic fertilizer

can be obtained based on cocoa husks, which has both physical and chemical characteristics that can be used as soil amendments.

Keywords: agroindustrial waste; compost; utilization.

Propriedades Físico-Químicas de um Fertilizante Orgânico do Tipo Bocashi Preparado a partir de Casca de Sementes de Cacau (*Theobroma cacao L.*)

Resumo

A indústria do cacau gera volumes significativos de subprodutos e resíduos, como cascas de sementes de cacau, que atualmente não são utilizados e podem apresentar problemas ambientais. Portanto, esta pesquisa teve como objetivo comparar as propriedades físico-químicas de um fertilizante orgânico preparado a partir de cascas de sementes de cacau usando a metodologia Bocashi. Inicialmente, foi realizada a caracterização físico-química da casca da semente e foram formulados quatro tratamentos, cada um com quatro repetições, utilizando diferentes proporções de casca (0, 25, 50 e 75% em peso). As pilhas de compostagem formadas para o desenvolvimento do fertilizante foram monitoradas por 15 dias. O tratamento mais bem-sucedido foi o T4, que utilizou uma maior quantidade de casca, resultando na maior concentração de nitrogênio (1,23% em peso) e na menor relação C/N (27/1). Outros tratamentos apresentaram maiores teores de fósforo e potássio, mas exibiram maiores relações C/N (variando de 34 a 59), indicando instabilidade no processo de compostagem no período avaliado. Concluiu-se que é possível obter um fertilizante orgânico a partir de cascas de sementes de cacau, com atributos físicos e químicos adequados para serem utilizados como emendas de solo.

Palavras-chave: composto; resíduos agroindustriais; uso.

Introducción

En la actualidad es fundamental proveer alimentos saludables y suficientes para cubrir la necesidad de la población mundial, por lo que se debe suministrar a los suelos de producción agrícola nutrientes de fácil incorporación, que estén disponibles, que mejoren la productividad de los cultivos, y así, lograr productos agrícolas de calidad. Para conseguir esto, se necesita de un suelo fértil; es decir, que tenga propiedades químicas con disponibilidad de los macroelementos primarios (nitrógeno [N], fósforo [P] y potasio [K]), propiedades físicas (materia orgánica o carbono orgánico) y propiedades biológicas acordes a las necesidades y uso que se darán a los suelos (Ramos-Agüero y Terry-Alfonso, 2014). En este sentido, la elaboración de abonos y enmiendas orgánicas se presenta como una alternativa para mejorar la producción agrícola, debido a que aportan los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas. Particularmente, los abonos orgánicos producidos a partir de residuos agroindustriales, sirven para nutrir los suelos desde el punto de vista químico (aporte de macronutrientes), pero también desde el punto de vista físico y biológico; aunado a esto, al usar abonos orgánicos se reduce el problema causado por la incorrecta disposición de los residuos sólidos agroindustriales.

La industria del cacao genera diferentes residuos sólidos que son ricos en nutrientes, por lo que se pudiera considerar su reaprovechamiento. En la explotación cacaotera solo se aprovecha, industrial y económicamente, la semilla del fruto, la cual representa aproximadamente un 10 % p/p del peso del fruto fresco. Expertos en la fabricación de productos a base de cacao determinaron que el rendimiento de 100 kg de semillas de cacao es alrededor del 85 % p/p, su valor restante es considerado en la mayoría de los casos como desechos (cascarilla, granza, triturado y magüey). Así mismo, tomando en cuenta que la producción de cacao en el 2015 a nivel mundial fue de 4.953 miles de toneladas (ICCO, 2023) y en Venezuela de 27.222 toneladas según el último reporte de FEDEAGRO (2023), se infiere que existió un alto porcentaje de materiales orgánicos que se descartaron, en su mayoría por no tener lugar en el proceso productivo. Ante esta situación, diversas industrias cacaoteras y universidades han incentivado el desarrollo de estudios a nivel de campo, para aumentar el valor agregado de la producción de cacao. Dicho material ha sido motivo de estudio

durante años para su aprovechamiento y uso tecnológico; es así como algunos autores han expuestos posibles usos de la cascarilla como materia prima en la preparación de infusiones, alimento balanceado para animales, obtención de fibra dietaria (Lozano, 2020; Sangronis *et al.*, 2014), entre otros.

Con base a lo antes expuesto, en la presente investigación se determinaron las propiedades fisicoquímicas de un abono orgánico preparado a partir de cascarillas de semillas de cacao, usando la metodología tipo Bocashi (basada en procesos fermentativos, de acuerdo a Mendivil-Lugo *et al.*, 2020). La selección de la cascarilla como fuente principal del compostaje se basó en su capacidad de aportar N, P, carbono (C) y otros micronutrientes requeridos por un cultivo; asimismo, este tipo de abono podría mejorar la actividad biológica de los suelos, acrecentar el contenido de materia orgánica y aumentar su capacidad de absorber y retener humedad.

Materiales y Métodos

Origen de la materia prima

La cascarilla de la semilla de cacao fue la materia prima principal en la elaboración del abono orgánico, que fue suministrada por una empresa venezolana que fabrica chocolates a nivel nacional e internacional, ubicada en la Zona Industrial II de Barquisimeto, estado Lara, Venezuela. El material fue aportado en sacos de aproximadamente 10 kg, para luego ser molido (molino picador marca JF modelo D250 a 4500 rpm) y almacenado en un lugar de baja humedad a temperatura ambiente (aproximadamente 25 °C), hasta el momento de su caracterización y posterior uso. Los restos vegetales, cáscaras de huevos, melaza y suero de leche fueron obtenidos en un mercado popular de la misma ciudad, y transportados al laboratorio para su homogenizado. Por su parte, el estiércol vacuno se obtuvo de una finca de ganado lechero del estado Lara.

Caracterización de la cascarilla de cacao

La caracterización de la cascarilla de cacao se realizó ser recibida en el Laboratorio de Investigación Ambiental de la UCLA. Para ello, se homogenizó mezclando los contenidos de todos los sacos y luego se tomaron de forma aleatoria submuestras que conformaron muestras compuestas representativas a las que se les realizaron los diferentes análisis. La caracterización consistió en la determinación de pH (método potenciométrico), contenido de N (método microkjeldahl), P (digestión + método del vanadato-molibdato), K (digestión + fotometría de llama), materia orgánica (incineración a 500 °C por 4 h + método gravimétrico; Page *et al.*, 1982), densidad aparente (Paneque *et al.*, 2010) y granulometría (ASTM D422-63, 1998), siguiendo los métodos estandarizados (APHA *et al.*, 2017).

Localización y preparación del terreno

El experimento se llevó a cabo en las adyacencias del Laboratorio de Investigaciones Ambientales del Programa de Ingeniería Agroindustrial de la UCLA. Previo a la instalación de las pilas de compostaje, se procedió al desmalezado del terreno y nivelación de la superficie en algunos sectores, para evitar problemas de lixiviados y erosión. Así mismo, el terreno se mantuvo aislado de ataques de animales domésticos como aves y perros. Una vez preparada la superficie se procedió a la separación por sectores, en la cual se optó por dimensionar el terreno en un sistema de 4 x 4, formando recuadros de aproximadamente 1 x 1 m, y además, una separación entre recuadros de aproximadamente 0,40 m.

Preparación del sustrato para el compostaje

Se realizaron cuatro tratamientos (T) o formulaciones (Tabla 1), con cuatro repeticiones cada uno, en las que se combinaron cinco componentes diferentes (cascarilla de cacao, estiércol vacuno, cáscara de huevo, residuos vegetales y melaza disuelta en suero de leche).

Tabla 1. Matriz experimental con los tratamientos aplicados durante esta investigación.

Componente	Tratamiento 1 (T1)	Tratamiento 2 (T2)	Tratamiento 3 (T3)	Tratamiento 4 (T4)
Cascarilla de cacao (Cc, %)	0	25	50	75
Estiércol vacuno (%)	20	20	20	20
Cáscara de huevo (%)	2	2	2	2
Residuos vegetales (Rv, %)	78	53	28	3
*Melaza (ml)	120	120	120	120
Relación Cc/Rv	0	0,47	1,79	25
Peso total de la pila (kg)	15	15	15	15

*Disuelta en suero de leche (1 parte melaza : en 3,6 partes de suero de leche).

El procedimiento seguido para la conformación de las pilas de abono, fue tomado de Ramos-Agüero y Terry-Alfonso (2014), y Mendivil-Lugo *et al.* (2020), según: i) colocar los componentes en capas uno sobre el otro formando un montículo (pila); ii) mezclar el montículo hasta obtener una masa homogénea; iii) medir el contenido de humedad de cada pila, en caso de ser inferior al 50 % p/v se agregar agua hasta alcanzar la humedad óptima; iv) cubrir con un plástico el montículo para mantener la temperatura; v) airear cada una de las pilas con una frecuencia interdiaria. Las propiedades fisicoquímicas de las pilas de abono fueron analizadas al inicio, durante el proceso de compostaje y al final (producto compostado). Como variables de control del proceso de compostaje se midió la humedad (método gravimétrico), conductividad eléctrica y temperatura.

Análisis estadístico

Los resultados de las variables medidas fueron analizados mediante un diseño completamente al azar, que incluyó cuatro tratamientos con cuatro repeticiones cada uno, para un total de 16 unidades experimentales. Se realizó un análisis de varianza (ANOVA), seguido de una prueba de separación de medias de Tukey ($p \leq 0,05$). Estos análisis se ejecutaron usando el programa estadístico Statistix 8.0.

Resultados y Discusión

Caracterización de la cascarilla de la semilla de cacao

En la Tabla 2 se presentan los resultados de la caracterización física de la cascarilla de la semilla de cacao, antes y después de ser molida. Esta comparación permitió decidir con cuál de las dos formas convenía trabajar en el proceso de compostaje. La forma molida presentó densidad aparente y granulometría más acordes con lo requerido, ya que se ha descrito en experiencias con residuos agroindustriales que la velocidad del proceso se duplica al moler el material, porque el desmenuzamiento facilita el ataque de los microorganismos (Bueno-Márquez *et al.*, 2008). Sin embargo, es importante un equilibrio entre partículas pequeñas y grandes para que también se garantice el intercambio de gases (ingreso de oxígeno y salida de dióxido de carbono), propio del proceso de degradación biológica.

Tabla 2. Características físicas de la cascarilla de la semilla de cacao.

Muestra	Densidad aparente (g/cm ³)	Granulometría
Cascarilla sin moler	0,2148	94,20 % > 1,000 mm
		1,000 mm > 4,68 % > 0,212 mm
		0,212 mm > 0,36 % > 0,150 mm
		0,150 mm > 0,40 % > 0,106 mm
		0,20 % < 0,106 mm
Cascarilla molida	0,5007	49,12 % > 1,000 mm
		1,000 mm > 41,44 % > 0,212 mm
		0,212 mm > 3,12 % > 0,150 mm
		0,150 mm > 4,92 % > 0,106 mm
		1,24 % < 0,106 mm

En cuanto a las características químicas, en la Tabla 3 se puede apreciar que la cascarilla presentó un carácter ligeramente ácido ($4,84 \pm 0,12$ unidades de pH), con un alto contenido de materia orgánica, P, así como de un aporte medio de N y K. La relación C/N fue cercana al límite superior sugerido por Bohórquez-Santana (2019) (entre 25 y 35 %) para que se retenga la mayor parte de C y N, debido a que los microorganismos utilizan generalmente 30 partes de C por cada parte de N.

Tabla 3. Características químicas de la cascarilla de la semilla de cacao (media \pm desviación estándar, n= 5).

pH	Contenido (% p/p)					Relación C/N
	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)	Materia orgánica	Carbono (C)	
4,84	1,46	0,70	2,00	92,360	53,570	36,690
$\pm 0,12$	$\pm 0,03$	$\pm 0,04$	$\pm 0,11$	$\pm 0,005$	$\pm 0,003$	$\pm 0,005$

Evolución del proceso de compostaje

Temperatura: la variación de la temperatura durante el proceso de descomposición fue similar entre los tratamientos probados (Figura 1a), alcanzándose los mayores registros entre los días 4 y 5 de haberse iniciado la degradación. Posterior a estos días, se observó la disminución gradual de la temperatura hasta estabilizarse entorno a la temperatura ambiente. Las mayores temperaturas alcanzadas ocurrieron en T2, T3 y T4, sin diferencias estadísticas entre ellos ($p > 0,05$), pero significativamente superiores a T1 ($p \leq 0,05$). En T2 y T3 se desarrolló la degradación orgánica a temperaturas termofílicas, manteniéndose por al menos 48 h, mientras que en T4 se mantuvieron estas condiciones por tiempo más prolongado (≈ 144 h), favoreciéndose de esta manera la eliminación de microorganismos patógenos. En T1 no se alcanzaron las condiciones termofílicas, desarrollándose todo el proceso a temperaturas inferiores de 40 °C, que fue el pico máximo alcanzado en el día 4 de tratamiento.

pH: durante el proceso de compostaje el pH tuvo un comportamiento similar en los cuatro tratamientos probados (Figura 1b), con valores ligeramente ácidos hasta el día 3, para aumentar posteriormente a niveles de neutralidad y ligeramente alcalinos hasta el día 9. En T2 y T3 se observó una tendencia a disminuir, mientras que en T4 se mantuvo ligeramente alcalino y en T1 tendió a aumentar. Este parámetro mostró una correspondencia con el comportamiento de la temperatura durante el proceso de degradación, debido a que se observó que al iniciarse la fase termófila (>45 °C) alrededor del día 4, ocurrió un aumento del pH que puede relacionarse con la acción de los microorganismos sobre el N, transformando una parte a amoníaco, por lo que el pH del medio se incrementa a valores alcalinos (Román *et al.*, 2013).

Humedad: la humedad de las pilas (Figura 1c), de manera general, estuvo en el rango requerido para el proceso de compostaje (Bohórquez-Santana, 2019), oscilando entre 45 y 70 %. Particularmente, en T4, que presentaba el mayor porcentaje de cascarilla, develó los valores de humedad más estables, pudiendo estar asociado a las propiedades de absorción y retención de agua que tiene la cascarilla, tal como lo afirmó Tapia (2015), lo que ayuda a mantener la humedad en el material durante su degradación. En T1 se registraron los mayores contenidos de agua durante todo el período estudiado, que pudo estar asociado al volumen de agua extra incorporado por los residuos vegetales y el estiércol fresco utilizado, de acuerdo con la Tabla 1. El mantenimiento de la humedad dentro de los rangos óptimos permite el desarrollo de los microorganismos responsables de la biodegradación de la materia orgánica para la producción de un abono orgánico estabilizado. Para todos los tratamientos se obtuvo que a partir del día 8, la humedad comenzó a disminuir, debido a que casi la totalidad del proceso termofílico había terminado y el consumo de materia orgánica había disminuido; por tanto, se entiende que el proceso de compostaje estaba llegando a su final (Mendivil-Lugo *et al.*, 2020).

Conductividad eléctrica: se observó que en el primer día de tratamiento la conductividad de T3 y T4 en comparación con T1 y T2 fue diferente significativamente ($p \leq 0,05$), con valores que iban de $4,075$ a $9,225$ $\mu\text{S}/\text{cm}$, respectivamente (Figura 1d), lo que pudo deberse al porcentaje de cascarilla de cacao contenida en los tratamientos, indicando que la parte soluble de este residuo industrial aportó sales minerales a la mezcla inicial. Posteriormente, se observó que la conductividad eléctrica disminuyó para todos los tratamientos. Particularmente, en T4, los valores

coincidieron con los reportados por Coronado (2017), quien elaboró un abono orgánico tipo Bocashi con una conductividad eléctrica media de 2,54 $\mu\text{S}/\text{cm}$ en 15 días de tratamiento.

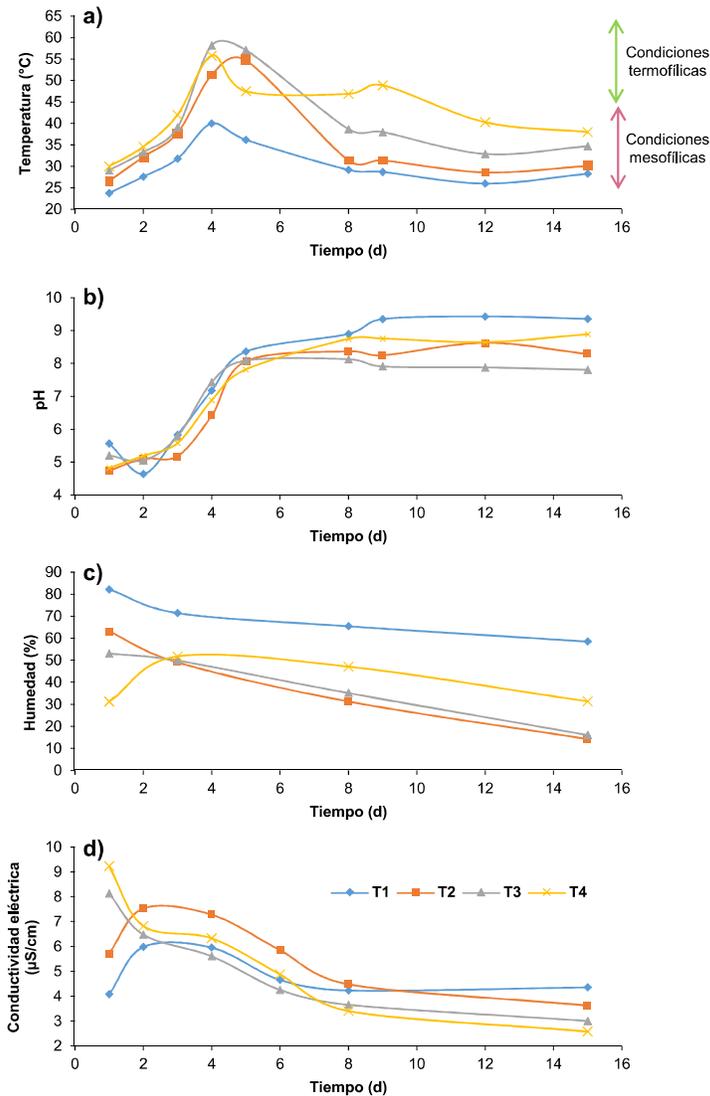


Figura 1. Comportamiento de las propiedades fisicoquímicas durante el proceso de compostaje. a) Temperatura, b) pH, c) Humedad, d) Conductividad eléctrica.

Nutrientes: las concentraciones de nutrientes al final del proceso de compostaje, se presentan en la Figura 2. Estos valores estuvieron dentro de los rangos obtenidos por Altamirano-Flores y Cabrera-Carranza (2006) y por Bohórquez-Santana (2019), quienes indicaron que los nutrientes deben oscilar entre 0,4 - 3,5 % p/p de N, 0,3 - 3,5 % p/p de P y 0,5 - 1,8 % p/p de K para comercializar un abono orgánico. De esta manera, todos los tratamientos del presente estudio cumplieron con el contenido nutricional recomendado para su clasificación como abonos orgánicos. El tratamiento que mostró las concentraciones de nutrientes más equilibradas fue T4, en el que se usó la mayor cantidad de cascarilla de semilla de cacao, lográndose obtener los mayores niveles de N con relación a los otros tratamientos ($p \leq 0,05$); además, el K estuvo en concentraciones medias, pero significativamente superiores a los tratamientos T2 y T3 ($p > 0,05$). De igual manera, la concentración de P fue estadísticamente inferior a la obtenida en los otros tratamientos ($p \leq 0,05$), pero al compararla con otros abonos orgánicos, su magnitud fue importante, ya que se corresponde con los valores reportados en otros estudios, por ejemplo entre 0,19 y 0,40 % (Ramos-Agüero y Terry-Alfonso, 2014). El contenido nutricional en T4, aunado a la menor conductividad eléctrica residual y capacidad de mantener la humedad en la mezcla durante el compostaje, hacen que se seleccione como la mejor de las formulaciones probadas para el manejo de la cascarilla de la semilla de cacao, debido a que presentó el aporte nutricional más balanceado desde el

punto de vista agronómico y agroindustrial, siendo la mejor opción para el manejo de este residuo del sector cacaotero, debido a que en su formulación se usó la mayor proporción de cascarilla (75 %).

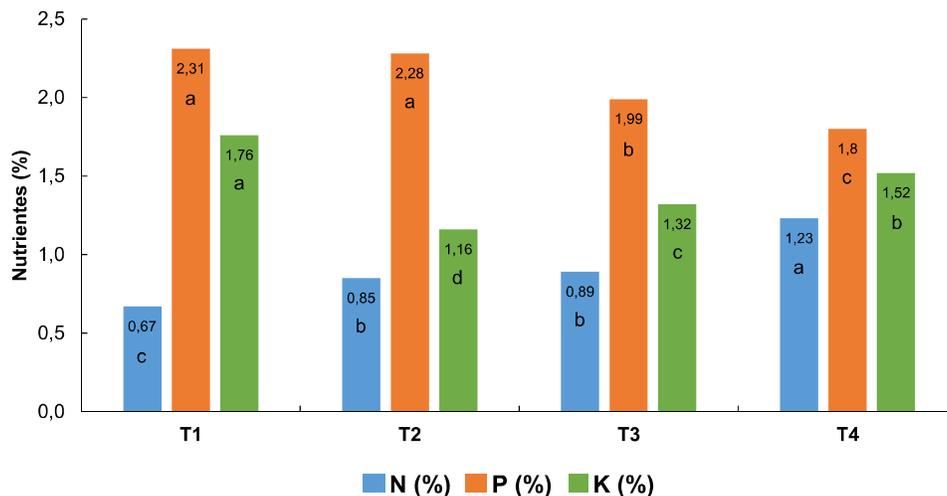


Figura 2. Comparación en el contenido de nutrientes de los tratamientos probados. Letras diferentes entre una misma variable representan diferencias estadísticas significativas ($p \leq 0,05$), según prueba de Tukey.

Conclusiones

La metodología de compostaje mediante la técnica Bocashi permitió obtener un producto con concentraciones de N, P y K adecuadas para ser clasificado como abono orgánico. Se demostró que la cascarilla de la semilla de cacao es una materia prima con características idóneas para el proceso de compostaje. La mejor formulación para el abono orgánico tipo Bocashi fue T4 con una proporción del 75 % p/p de cascarilla de cacao, debido a que presentó la mayor cantidad de variables analizadas dentro de los rangos recomendados para su estabilización en el tiempo monitoreado (15 días), siendo además la que permitió el aprovechamiento de la mayor cantidad del residuo agroindustrial de la industria cacaotera.

Agradecimiento

Esta investigación recibió el reconocimiento institucional del Consejo de Desarrollo Científico, Humanístico y Tecnológico de la Universidad Centroccidental Lisandro Alvarado, UCLA/CDCHT (proyecto 1172-RAG-2019).

Referencias Bibliográficas

Altamirano Flores, M., Cabrera Carranza, C. (2006). Estudio comparativo para la elaboración de compost por técnica manual. *Revista del Instituto de Investigación de la Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 9(17), 75-84.

APHA, AWWA, WEF. (2017). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. 23rd edition. Washington: American Public Health Association (APHA).

ASTM D422-63. (1998). *Standard test method for particle-size analysis of soils*. Philadelphia: American Society for Testing and Materials (ASTM).

Bohórquez-Santana, W. (2019). *El proceso de compostaje*. Primera edición. Bogotá: Ediciones Unisalle.

- Bueno-Márquez, P., Díaz-Blanco, M., Cabrera-Capitán, F. (2008). *Factores que afectan al proceso de compostaje* [en línea] disponible en: <https://digital.csic.es/handle/10261/20837> [consulta: 22 diciembre 2023].
- Coronado, D. (2017). *Incidencia del Biol y Bocashi en la recuperación de la fertilidad y endofauna de suelos agrícolas degradados de la parroquia Mariano Acosta-Imbabura*. Tesis de grado. Ibarra: Universidad Técnica del Norte.
- FEDEAGRO. (2023). *Producción (volumen) por rubros, subsectores y grupos* [en línea] disponible en: <https://fedeaagro.org/estadisticas-agricolas/produccion-agropecuaria/produccion/> [consulta: 17 diciembre 2023].
- ICCO. (2023). *Informe anual 2022/2023* [en línea] disponible en: https://www.icco.org/wp-content/uploads/Production_QBCS-XLIX-No.-4.pdf [consulta: 17 diciembre 2023].
- Lozano, M. S. (2020). *Utilización de los subproductos del beneficio del cacao: una revisión*. Bogotá: Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
- Mendivil-Lugo, C., Nava-Pérez, E., Armenta-Bojórquez, A., Ruelas-Ayala, R., Félix-Herrán, J. (2020). Elaboración de un abono orgánico tipo Bocashi y su evaluación en la germinación y crecimiento del rábano. *Biotechnia*, 22(1), 17-23.
- Page, A., Miller, R., Keeney, D. (1982). *Methods of soil analysis, Part 2: chemical and microbiological properties*. Madison: American Society of Agronomy.
- Paneque, V., Calaña, J., Calderón, M., Borges, Y., Hernández, T., Caruncho, M. (2010). *Manual de técnicas analíticas para análisis de suelo, foliar, abonos orgánicos y fertilizantes químicos*. La Habana: Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA).
- Ramos-Agüero, D., Terry-Alfonso, E. (2014). Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del Bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*, 35(4), 52-59
- Román, P., Martínez, M., Pantoja, A. (2013). *Manual de compostaje del agricultor*. Santiago de Chile: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO).
- Sangronis, E., Soto, M., Valero, Y., Buscema, I. (2014). Cascarilla de cacao venezolano como materia prima de infusiones. *Archivos Latinoamericanos de Nutrición*, 64(2), 123-130.
- Tapia, C. (2015). *Aprovechamiento de residuos agroindustriales, cascarilla de cacao (*Theobroma cacao* L.) variedad arriba y CCN51 para la elaboración de una infusión*. Tesis de grado. Ambato: Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.



UNIVERSIDAD
DEL ZULIA

REVISTA TECNICA

DE LA FACULTAD DE INGENIERIA
UNIVERSIDAD DEL ZULIA

Volumen 46. Año 2023, Edición continua _____

*Esta revista fue editada en formato digital y publicada
en diciembre 2023, por el **Fondo Editorial Serbiluz,**
Universidad del Zulia. Maracaibo-Venezuela*

www.luz.edu.ve
www.serbi.luz.edu.ve
www.produccioncientificaluz.org