



CARACTERIZACIÓN FÍSICO QUÍMICA DEL BIOL-Y23 DE RESIDUOS DEL CAFÉ EN EL MUNICIPIO TERCER FRENTE

PHYSICAL-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF BIOL-Y23 OBTAINED OF COFFEE WASTE IN THE TERCER FRENTE MUNICIPALITY

Y GALÁN-MORENO^{1*}, C.H ROMÁN-JERÍ², D VILTRES-BARBÁN¹, L ARAÑÓ-LEYVA¹,
K VALDÉS-GONZÁLEZ¹, A YERO-GUEVARA¹, E VÉLEZ BRIZO³

¹Unidad Científico Tecnológica de Base Estación Experimental Agro-Forestal Tercer Frente, Santiago de Cuba, Cuba.

E-mail: adiestrado4@tercerfrente.inaf.co.cu

²Terra Nuova-Centro per la solidarietà e la cooperazione tra i popoli, Perú. E-mail: carlosroman@terranuova.org.pe

³Empresa Agro-Forestal Guamá, Santiago de Cuba, Cuba.

*Autor para correspondencia: informatico@agrogu.scu.mina.cu

RESUMEN

La disminución de los rendimientos agrícolas debido a factores edafoclimáticos y económicos ha incentivado el uso de fertilizantes orgánicos. Este estudio tuvo como objetivo caracterizar el Biol-Y23 elaborado con residuos del café en el municipio Tercer Frente, destacando su potencial como biofertilizante sostenible. El Biol-Y23 se preparó con la mezcla de pulpa de café, estiércol bovino, guano de murciélago, harina de roca caliza, ceniza vegetal, lixiviado de humus de lombriz, microorganismos nativos y agua, seguida de una fermentación anaeróbica durante 60 días. La caracterización fisicoquímica incluyó análisis de pH, conductividad eléctrica, materia orgánica, nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, sodio y otros micronutrientes mediante técnicas estándar en laboratorio. Los resultados mostraron que el Biol-Y23 presentó un pH de 4,83, adecuado para el cultivo del café, y una elevada conductividad eléctrica (14,65 dS/m). Se encontró un alto contenido de materia orgánica (13,56 g/L) y macronutrientes esenciales, como nitrógeno (584,60 mg/L), fósforo (201,80 mg/L) y potasio (1983,33 mg/L). También se observaron concentraciones destacadas de calcio y sodio, lo que evidencia su potencial para mejorar la fertilidad y salud del suelo. En conclusión, el Biol-Y23 representa una estrategia sostenible para reducir el uso de fertilizantes químicos y mejorar la calidad del suelo, promoviendo la interacción planta-microbiota y la recuperación de suelos degradados.

Palabras clave: biofertilizantes, nutrientes esenciales, agroecosistemas, sostenibilidad, microbiota

ABSTRACT

The decrease in agricultural yields due to edaphoclimatic and economic factors has encouraged the use of organic fertilizers. This study aimed to characterize Biol-Y23 made from coffee waste in the Tercer Frente municipality, highlighting its potential as a sustainable biofertilizer. Biol-Y23 was prepared by mixing coffee pulp, bovine manure, bat guano, limestone flour, plant ash, worm humus leachate, native microorganisms and water, following an anaerobic fermentation for 60 days. The physicochemical characterization included analysis of pH, electrical conductivity, organic matter, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, sodium and other micronutrients using standard laboratory techniques. The results showed that Biol-Y23 had a pH of 4.83, suitable for coffee cultivation, and a high electrical conductivity (14.65 dS/m). A high content of organic matter (13.56 g/L) and essential macronutrients such as nitrogen (584.60 mg/L), phosphorus (201.80 mg/L) and potassium (1983.33 mg/L) was found. Significant concentrations of calcium and sodium were also observed, which shows its potential to improve soil fertility and health. In conclusion, Biol-Y23 represents a sustainable strategy to reduce the use of chemical fertilizers and improve soil quality, promoting plant-microbiota interaction and the recovery of degraded soils.

Keywords: biofertilizers, essential nutrients, agroecosystems, sustainability, microbiota

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la producción y los rendimientos de los cultivos han disminuido significativamente. Esta reducción se atribuye a una combinación de factores edafoclimáticos, sociales, tecnológicos y económicos, entre otros. Por esta razón, resulta necesario buscar innovaciones que contribuyan a mejorar los rendimientos de los cultivos

mediante métodos y técnicas que restauren y aumenten la biodiversidad del agroecosistema (Gliessman, 2002). Estas innovaciones deben aprovechar los recursos locales para promover una producción sostenible de café, equilibrada con la naturaleza y que, al mismo tiempo, proporcione servicios ecológicos clave para los agroecosistemas (Viltres Barbán & Roman Jerí, 2023).

Recibido: 08/1/2024

Aceptado: 12/3/2024

Conflicto de Intereses: Los autores declaran no tener conflictos de intereses



Este artículo se encuentra bajo los términos de la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial (CC BY-NC 4.0).
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>



El alto costo económico y ambiental asociado a la agricultura convencional ha llevado a muchos agricultores a replantear sus formas de producción. Una alternativa viable y sostenible que se ha popularizado es el uso de desperdicios orgánicos como fertilizantes orgánicos (Moreno Reséndez et al., 2014). Este enfoque representa un cambio significativo hacia prácticas agrícolas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente.

La aplicación de fertilizantes orgánicos elaborados a partir de excretas de animales y otros desechos agrícolas contribuye a la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Estos fertilizantes mejoran la estructura y la estabilidad del suelo, al tiempo que incrementan el rendimiento de los cultivos (Gamboa, 2019). Estas características los convierten en una herramienta clave para el manejo sostenible de los suelos agrícolas.

Entre las fuentes naturales empleadas en la producción de café orgánico se destacan el guano de Islas, el compost y el Biol. El Biol es un biofertilizante que contiene precursores hormonales como el ácido indol acético y las giberelinas, además de vitaminas. Esta composición explica su impacto positivo en el crecimiento y el rendimiento de los cultivos. Las experiencias de campo han demostrado que el Biol tiene una mayor eficacia en suelos de baja fertilidad. Su elaboración se realiza de forma artesanal, y su contenido nutricional depende del material que se fermenta anaeróbicamente (Barraza et al., 2019).

El Biol es considerado un fertilizante valioso debido a su alto contenido de nitrógeno y su efecto de fertilización a corto plazo. Además, reduce la necesidad de aplicar nitrógeno mineral y fertilizantes de tipo PK (Weiland, 2010). Esto lo convierte en una alternativa eficiente y sostenible para mejorar la fertilidad del suelo en sistemas agrícolas orgánicos.

Por otro lado, los biofertilizantes son productos elaborados a partir de microorganismos que viven en el suelo en poblaciones bajas. Al incrementar estas poblaciones mediante inoculación artificial, los biofertilizantes facilitan la disponibilidad de sustancias nutritivas esenciales para las plantas. También suministran sustancias hormonales o promotoras del crecimiento, lo que mejora significativamente el desarrollo de los cultivos (Carrillo-Sosa et al., 2017).

El presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar el Biol-Y23 obtenido a partir de residuos de la industria cafetalera en el municipio Tercer Frente. Este enfoque busca destacar su potencial como biofertilizante en la mejora de la sostenibilidad de los agroecosistemas cafetaleros.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se llevó a cabo entre diciembre de 2022 y marzo de 2023 en la Estación Experimental Agro-Forestal, ubicada a 150 msnm en el municipio Tercer Frente, provincia Santiago de Cuba. El Biol se produjo con residuos de la industria cafetalera en el área de producción de bioinsumos de la

mencionada estación, se siguió la metodología propuesta por Viltres Barbán & Roman Jeri (2023).

Para su preparación, se mezclaron en un tanque de 200 L los siguientes materiales: 20 kg de pulpa fresca de café, 10 kg de estiércol fresco vacuno, 10 kg de guano de murciélago, 5 kg de harina de roca caliza, 5 kg de ceniza vegetal, 5 kg de pulpa seca de café, 20 L de lixiviado de humus de lombriz y 40 L de agua procedente del proceso de fermentación del café. Adicionalmente, se diluyeron 5 kg de melaza en 15 L de agua, solución que se incorporó al tanque de 200 L, agitándola hasta lograr homogeneidad.

Para incluir fuentes adicionales de nutrientes, se añadieron restos vegetales de diversas especies. Con el propósito de aportar potasio, se trituraron 10 kg de raquis de plátano (*Musa paradisiaca* L.), mientras que para suministrar nitrógeno, se incorporaron 4 kg de búcaro (*Erythrina poeppigiana* (Valp) O.F. Cook). Todos estos materiales se vertieron en el mismo tanque. También se adicionó 1 kg de microorganismos nativos de montaña y se completó el tanque con agua. La mezcla se agitó hasta lograr homogeneidad y se cerró herméticamente, se dejó un espacio de 20 cm entre la mezcla y la tapa para evitar la obstrucción de la salida de gases. Como trampa de gas, se conectó una manguera de 2,5 cm de diámetro desde la tapa del tanque hasta una botella con agua, lo que permitió la salida controlada del gas al exterior.

A los 60 días, una vez que la trampa de gas dejó de burbujear, se recolectaron tres muestras del Biol. Estas se almacenaron en recipientes de un litro de capacidad, manteniéndose a una temperatura que no superó los 25 °C hasta su traslado al laboratorio para la correspondiente caracterización físico-química.

En el laboratorio de análisis de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Universidad Nacional Agraria La Molina en Perú, las muestras fueron analizadas mediante las metodologías descritas en el Manual de Métodos Estándar para el Análisis de Aguas y Aguas Residuales, 22.^a edición (American Public Health Association: APHA-AWWA-WEF, 2012). Los indicadores físicos y químicos determinados incluyeron:

- Conductividad eléctrica (C.E.) en una relación 1:2, medida en dS m^{-1} mediante la técnica de medición indirecta del contenido de sales solubles en el extracto acuoso obtenido de pasta saturada.
- Materia orgánica en solución (g L^{-1}), determinada mediante el contenido de carbono orgánico por el método de Walkley y Black citado por García & Ballesteros (2005). La estimación se realizó con la fórmula $\% \text{Corg} \times 1,724 = \% \text{Materia orgánica}$.
- pH (en agua, relación 1:2), evaluado con el método potenciométrico.
- Nitrógeno total (N, mg L^{-1}), medido por el método Kjeldahl (2022).

- Fósforo total (P, mg L⁻¹), determinado por el método del azul de molibdeno, con el método alternativo del amarillo de vanadato molibdato de potasio.
- Iones totales (K, Ca, Mg, Na, Fe, Cu, Zn, Mn) en mg L⁻¹, analizados mediante espectrofotometría de absorción atómica.
- Boro total (B, mg L⁻¹), determinado por el método colorimétrico con curcumina disuelta en ácido acético glacial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados de la caracterización fisicoquímica del Biol-Y23, obtenido a partir de los residuales del proceso de beneficio del café en las condiciones de estudio, se presentaron en el informe de análisis especial de materia orgánica. Este análisis se realizó en el laboratorio de suelos, plantas, aguas y fertilizantes de la Facultad de Agronomía de la Universidad Nacional Agraria La Molina. Los datos relevantes se encuentran resumidos en la [Tabla 1](#).

Al analizar los resultados obtenidos del Biol-Y23 producido con residuales del proceso de beneficio del café, se determinó que el pH presentó un valor de 4,83. Este resultado indica que el Biol-Y23 tiene un cierto grado de acidez, aunque se encuentra dentro del rango adecuado para su aplicación en el cultivo del café. Estudios previos, como los realizados por [Cervantes Beyra et al. \(2015\)](#), informaron que los hongos se desarrollan preferentemente en medios ácidos. Además, estos organismos son capaces de degradar compuestos orgánicos complejos como la lignina, la celulosa y los peptidoglicanos, lo que contribuye a la mineralización de dichos compuestos en el suelo y al incremento de las comunidades microbianas asociadas.

El Biol obtenido mostró una elevada concentración de materia orgánica disuelta o en suspensión. El contenido de Materia Orgánica (MO) fue de 13,56 g/L ([Tabla 1](#)). Resultados similares fueron informados por [Jara-Samaniego et al. \(2021\)](#), quienes explican que este fenómeno se debe a una mayor cantidad de partículas suspendidas en los bioles producidos de manera artesanal. Esto se atribuye a que estos bioles son separados del digestato únicamente mediante decantación y filtración a través de un lienzo fino, sin recurrir a técnicas más avanzadas que combinan la centrifugación, el prensado y el uso de filtros con diámetros de poro variables.

En cuanto a la composición del biol-Y23, destaca su alta concentración de nitrógeno, con un valor de 584,60 mg/L. Además, entre los iones presentes, algunos de ellos macronutrientes esenciales para la nutrición vegetal, se observó un contenido significativo de potasio (K⁺), con un valor de 1983,33 mg/L, así como una concentración elevada de fósforo (201,80 mg/L), nutriente crucial para el crecimiento y desarrollo estructural de las plantas ([Tabla 1](#)). Resultados similares fueron descritos por [Espinoza et al. \(2020\)](#) al analizar la composición del Biol obtenido a partir de residuos orgánicos en la Unidad Experimental de Producción de Biogás de los laboratorios de Petróleo, Gas y Energías de la Universidad Privada del Valle.

En relación con la conductividad eléctrica del producto, esta fue alta, alcanzó un valor de 14,65 dS/m. Dicho valor supera los informados por [Espinoza et al. \(2020\)](#), en quienes observaron rangos de conductividad eléctrica que oscilaron entre 0,05 dS/m y 0,25 dS/m al caracterizar bioles derivados de residuos orgánicos.

Respecto a otros iones presentes (Na⁺, Mg²⁺ y Ca²⁺), se encontró un contenido elevado de sodio (Na⁺) con un valor de 134,17 mg/L y de calcio (Ca²⁺) con 2790,0 mg/L, ambos superiores a los informados por [Pérez Méndez et al. \(2017\)](#) en bioles elaborados a partir de estiércol bovino. Por su parte, el magnesio (Mg²⁺) presentó un valor similar (268,33 mg/L) al informado en estudios previos ([Tabla 1](#)).

Aunque no existen valores de referencia estandarizados para determinar la calidad de los bioles, se sabe que su composición varía según los sustratos de origen, los parámetros operativos de digestión y el método utilizado para la separación sólido-líquida. Este último factor es determinante para las concentraciones de macro y micronutrientes, como lo señalan [Akhlar et al. \(2017\)](#). Por ello, resulta esencial estandarizar los procedimientos de obtención, caracterizar cada tipo de Biol y validar su calidad para garantizar su eficacia.

El aprovechamiento adecuado de los residuos permite reducir significativamente el uso de fertilizantes químicos en los cultivos. Además, representa una alternativa viable para mejorar la calidad del suelo, al ser un producto amigable con el medioambiente. Estudios similares realizados por [Martin \(2023\)](#) en las comunidades La Estrellita y Tepeyac, en el municipio de San Ramón, Matagalpa, informaron que la aplicación directa de biol en las plantas fortalece el equilibrio

Tabla 1. Resultados de la caracterización físico química del Biol (media de 3 muestras)

pH	CE		Sólidos totales	M.O.	N	P	K	Ca	Mg	Na
					mg L ⁻¹					
4.83	14.65		24.93	13.56	584.60	201.80	1983.33	2790.0	268.33	134.17
Fe	Cu	Zn	Mn	B						
20.03	0.59	0.67	9.42	1.12						

nutricional. Esto se logra mediante la interacción de ácidos orgánicos, hormonas de crecimiento, antibióticos, vitaminas, minerales, enzimas, coenzimas, carbohidratos y azúcares complejas que establecen relaciones biológicas, químicas, físicas y energéticas entre las plantas y la microbiota del suelo.

A los biofertilizantes se les atribuye la capacidad de mantener el equilibrio físico, químico y biológico del sistema planta-suelo. Esto contribuye a preservar la fertilidad del suelo, con el suministro de nutrientes en niveles óptimos para sostener la productividad de los cultivos y mejorar las utilidades de los agricultores (Hazarika et al., 2015). Además, las comunidades microbianas asociadas a los biofertilizantes promueven la salud de las plantas, ayudándolas a resistir condiciones adversas como la salinidad, sequedad y acidez del suelo (Smith et al., 2017). Por último, los efectos sinérgicos de los microorganismos facilitan la biorremediación de suelos contaminados por prácticas agrícolas intensivas, contribuyen al mejoramiento de los cultivos y permiten la restauración de suelos degradados (Seufert et al., 2012).

CONCLUSIONES

El Biol-Y23 presenta una elevada concentración de materia orgánica y nutrientes esenciales como nitrógeno, potasio y fósforo. Estos resultados evidencian su potencial como fertilizante orgánico, ya que aporta componentes clave para la nutrición y el desarrollo vegetal, especialmente en cultivos como el café.

El pH del Biol-Y23 (4,83) indica un grado de acidez adecuado para el cultivo del café, lo que favorece el desarrollo de microorganismos como hongos, los cuales contribuyen a la mineralización de compuestos orgánicos. Asimismo, la alta conductividad eléctrica y las concentraciones elevadas de calcio y sodio destacan su riqueza en minerales esenciales para el equilibrio nutricional del suelo.

La producción de Biol a partir de residuos del beneficio del café demuestra ser una estrategia sostenible que reduce la dependencia de fertilizantes químicos, mejora la calidad del suelo y fomenta un manejo ambientalmente responsable de los desechos agrícolas. Además, su uso promueve la interacción entre la planta y la microbiota del suelo, lo que mejora la salud de los cultivos y favorece la recuperación de suelos degradados.

BIBLIOGRAFÍA

- Akhlar, A., Battimelli, A., Torrijos, M., & Carrere, H. (2017). Comprehensive characterization of the liquid fraction of digestates from full-scale anaerobic co-digestion. *Waste management*, 59, 118-128. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X16306638>
- Barraza, B. S., Ovalle, Ó., & Peña, E. (2019). Producción y caracterización de bioestimulantes para la producción agrícola a partir de residuos locales. *ANFEI Digital*, 11. <https://anfei.mx/revista/index.php/revista/article/view/550>
- Carrillo-Sosa, Y., Terry-Alfonso, E., Ruiz-Padrón, J., Villegas, M. E., & Delgado, G. (2017). Efecto del LEBAME en la germinación de semillas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos Tropicales*, 38(3), 30-35. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0258-59362017000300004&script=sci_arttext
- Cervantes Beyra, R., Castro-Lizazo, I., Mesa Pérez, M. A., Ocampo Ramírez, A., Fernández Valdés, D., & Fernández Valdés, D. (2015). Efecto de la pulpa de *Coffea arabica* L. sobre la microflora de tres unidades de suelos. *Revista de protección vegetal*, 30(2), 115-122. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1010-27522015000200005&script=sci_arttext
- Espinoza, J. P., Apaza, C., & Luizaga, I. (2020). Caracterización y Análisis para la Aplicación de Biol Obtenido a Partir de Residuos Orgánicos en la Unidad Experimental de Producción de Biogás en los Laboratorios de Petróleo, Gas y Energías de la Universidad Privada del Valle. *Journal Boliviano de Ciencias*, 16(48), 50-65. <https://doi.org/10.52428/20758944.v16i48.347>
- Gamboa, P. (2019). *Aplicación de biol mediante la técnica en ferdin en el crecimiento de Coffea arabica L. variedad Catuai, en Satipo*. <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/7286>
- García, J., & Ballesteros, M. I. (2005). Evaluación de parámetros de calidad para la determinación de carbono orgánico en suelos. *Revista colombiana de Química*, 34(2), 201-209. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-28042005000200009&script=sci_arttext
- Gliessman, S. (2002). *Procesos ecológicos en agricultura sostenible*. Agroecología. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE).
- Hazarika, T. K., Bhattacharyya, R. K., & Nautiyal, B. P. (2015). Growth Parameters, Leaf Characteristics and Nutrient Status of Banana as Influenced by Organics, Biofertilizers and Bioagents. *Journal of Plant Nutrition*, 38(8), 1275-1288. <https://doi.org/10.1080/01904167.2014.957399>
- Jara-Samaniego, J., Gallegos, J., & Cruz, A. (2021). Elaboración y caracterización de bioles de residuos orgánicos. *InterSedes*, 22(45), 189-203. <https://doi.org/10.15517/isucr.v22i45.46013>
- Kjeldahl, J. (2022). *Validación del método Kjeldahl para determinación del contenido de proteína en harinas y derivados de cereales de origen andino (quinua y amaranto)* [MsC Thesis, Tesis de maestría en Gestión integral de laboratorio de química]. <https://dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/56481>

- Martin, F. (2023). *La Fertilización en la Agricultura Ecológica*. Agroinformacion. <https://agroinformacion.com/2023/>
- Moreno Reséndez, A., Rodríguez Dimas, N., Reyes Carrillo, J. L., Márquez-Quiroz, C., & Reyes González, J. (2014). Comportamiento del chile Húngaro (*Capsicum annuum*) en mezclas de vermicompost-arena bajo condiciones protegidas. *Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional de Cuyo*, 46(2), 97-111. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1853-86652014000200008&script=sci_arttext
- Pérez Méndez, M., Peña, E. P., Hechemendía, S. A. L., Yero, Y. B., & Hernández, A. H. (2017). Producción de biol y determinación de sus características físico-químicas. *Ojeando la Agenda*, 48, 6. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6105592>
- Seufert, V., Ramankutty, N., & Foley, J. A. (2012). Comparing the yields of organic and conventional agriculture. *Nature*, 485(7397), 229-232. <https://www.nature.com/articles/nature11069%C2%A0%C2%A0>
- Smith, D. L., Gravel, V., & Yergeau, E. (2017). Signaling in the Phytomicrobiome. *Frontiers in Plant Science*, 8, 611. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpls.2017.00611/full>
- Viltres Barbán, D., & Roman Jerí, C. H. (2023). Manual de Innovaciones Agroecológicas. En *Proyecto MásCafé-Cuba* (p. 51). Instituto de Investigaciones Agro-Forestales (INAF), Agencia Italiana de Cooperación para el Desarrollo (AICS), UCTB Estación Experimental Tercer Frente.
- Weiland, P. (2010). Biogas production: Current state and perspectives. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(4), 849-860. <https://doi.org/10.1007/s00253-009-2246-7>