

EFFECTO DE ABONOS ORGÁNICOS SOBRE LA PRODUCTIVIDAD DEL CULTIVO DE PAPA (*Solanum tuberosum* L.) Y LAS PROPIEDADES BIOLÓGICAS DEL SUELO EN CONSTANZA, REPÚBLICA DOMINICANA

*Effect of Organic Fertilizers on Potato (*Solanum tuberosum* L.) Productivity and Soil Biological Properties in Constanza, Dominican Republic*

Elpidio Avilés Quezada¹, Ana Damaris Avilés Quezada², Melvin Mejía Alcántara³

RESUMEN

La intensificación agrícola en la región de Constanza ha provocado un deterioro progresivo de los suelos, comprometiendo la sostenibilidad de los sistemas productivos. En este estudio se evaluó el efecto de tres tipos de abonos orgánicos (compost, bocashi y vermicompost) sobre el desarrollo y la productividad del cultivo de papa (*Solanum tuberosum* L.), así como sobre las propiedades biológicas del suelo. El ensayo se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar con cinco tratamientos (testigo absoluto, compost, bocashi, vermicompost y testigo químico) y cuatro repeticiones. Se evaluaron variables de rendimiento (total y comercial), desarrollo del cultivo (altura de planta, longitud y diámetro de tubérculo) y propiedades biológicas del suelo (poblaciones microbianas y proporción de bacterias Gram negativas). Los resultados mostraron diferencias significativas ($p < 0.0001$) en todas las variables agronómicas evaluadas. El vermicompost alcanzó rendimientos similares a la fertilización química convencional y, además, modificó la estructura de la microbiota cultivable del suelo. Estos hallazgos confirman el potencial de los abonos orgánicos como alternativa viable para reducir la dependencia de insumos sintéticos y avanzar hacia sistemas hortícolas más sostenibles en la República Dominicana.

Palabras clave: papa; abonos orgánicos; vermicompost; productividad del cultivo; microbiología del suelo; agricultura regenerativa.

ABSTRACT

Agricultural intensification in the Constanza region has led to progressive soil deterioration, compromising the sustainability of production systems. This study evaluated the effect of three types of organic fertilizers (compost, bocashi, and vermicompost) on potato (*Solanum tuberosum* L.) growth and productivity, as well as on soil biological properties. The trial was established under a randomized complete block design with five treatments (absolute control, compost, bocashi, vermicompost, and chemical control) and four replications. Yield variables (total and marketable), crop development (plant height, tuber length and tuber diameter), and soil biological properties (microbial populations and the proportion of Gram-negative bacteria) were evaluated. The results showed significant differences ($p < 0.0001$) in all agronomic variables analyzed. Vermicompost achieved yields comparable to conventional chemical fertilization and also modified the structure of the culturable soil microbiota. These findings confirm the potential of organic fertilizers as a viable alternative for reducing dependence on synthetic inputs and advancing more sustainable horticultural systems in the Dominican Republic.

Keywords: potato; organic fertilizers; vermicompost; crop yield; soil microbiology; regenerative agriculture.

1 Investigador Asociado, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF); Docente e investigador, Facultad de Ciencia Agronómica y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD); Egresado, Programa de Doctorado de la Universidad Panamericana de Estudios Superiores, Michoacán, México. <https://orcid.org/0000-0002-3371-3256>. eaviles23@uasd.edu.do.

2 Investigadora asistente, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF); docente e investigadora, Facultad de Ciencias Agronómicas y Veterinarias, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD). <https://orcid.org/0009-0006-6921-5220>. aaviles96@uasd.edu.do

3 Investigador asistente, Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF). <https://orcid.org/0009-0009-8242-9364>. mmejia1008@gmail.com.

INTRODUCCIÓN

La intensificación agrícola, impulsada en gran medida por los avances tecnológicos de la Revolución Verde, ha contribuido significativamente al aumento de la producción de alimentos a nivel mundial; sin embargo, este modelo productivo también ha provocado serios efectos adversos sobre los ecosistemas agrícolas, entre ellos la degradación de los suelos, la contaminación de los recursos hídricos, la disminución de la agrobiodiversidad, la pérdida de carbono orgánico, los desequilibrios nutricionales y el deterioro de funciones ecológicas esenciales para la sostenibilidad de la agricultura (Iza et al., 2023; Parra, 2016; Mielles et al., 2024; Food and Agriculture Organization [FAO], 2024). En este contexto, el sistema agroalimentario global enfrenta una crisis que exige replantear los modelos de producción, promoviendo enfoques que no solo incrementen la productividad, sino que también garanticen la sostenibilidad ambiental, la resiliencia ecológica y la seguridad alimentaria para las generaciones presentes y futuras (Quintero, 2021).

La agricultura regenerativa se ha propuesto como un marco de manejo orientado a restaurar funciones del suelo, mejorar la biodiversidad y fortalecer la resiliencia de los sistemas productivos. Aunque el concepto todavía carece de una definición única y universal, existe convergencia en torno a que su punto de entrada es la conservación del suelo y la recuperación de múltiples servicios ecosistémicos (Vrška, 2019; Schreefel et al., 2020). Desde esta perspectiva, el uso de enmiendas orgánicas constituye una práctica clave, porque contribuye a mejorar la estructura del suelo, la retención de agua, la disponibilidad gradual de nutrientes y la actividad biológica (Quepos, 2023).

La evidencia acumulada indica que la aplicación repetida de abonos orgánicos puede incrementar el carbono orgánico del suelo, estimular funciones biológicas, mejorar la estabilidad estructural y

sostener el rendimiento de los cultivos (Diacono Montemurro, 2010). De manera más específica, metaanálisis recientes muestran que la sustitución parcial o total de fertilizantes químicos por enmiendas orgánicas favorece la biomasa microbiana, la actividad enzimática y, en numerosos casos, mantiene o mejora la productividad agrícola (Liu et al., 2023). Asimismo, revisiones recientes destacan que compost y vermicompost contribuyen al reciclaje de nutrientes, la supresión biológica de patógenos y la disminución de la dependencia de fertilizantes sintéticos (Bhatia y Sindhu, 2024; Pantelides et al., 2023).

En el cultivo de papa, la nutrición y la fertilidad del suelo representan componentes particularmente críticos. La papa es un cultivo de alta demanda nutricional y, en sistemas orgánicos, la sincronización entre la liberación de nutrientes de las fuentes orgánicas y las necesidades del cultivo continúa siendo un reto técnico importante (Ierna & Distefano, 2024). Esta situación explica parte de la brecha de rendimiento frecuentemente observada entre sistemas convencionales y orgánicos, y justifica la evaluación de fuentes orgánicas capaces de suministrar nutrientes de forma más eficiente y compatible con la sostenibilidad del sistema.

El caso de Constanza resulta especialmente relevante. Este valle constituye una de las principales zonas hortícolas de la República Dominicana, pero el uso intensivo del suelo y prácticas de manejo inadecuadas han favorecido procesos de erosión y deterioro de la base productiva (Consejo Nacional de la Competitividad & United States Agency for International Development [USAID], 2007; Listín Diario, 2012). En este escenario, la validación local de alternativas como compost, bocashi y vermicompost es necesaria para generar evidencia aplicada sobre opciones de fertilización más sostenibles.

Con base en lo anterior, el objetivo de esta

investigación fue evaluar el efecto de tres tipos de abonos orgánicos (compost, bocashi y vermicompost) sobre el desarrollo y la productividad del cultivo de papa, así como sobre algunas propiedades biológicas del suelo, en la zona de Constanza, República Dominicana.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

La investigación se realizó en la Estación Experimental Hortícola de Constanza, perteneciente al Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF), localizada a 1 244 m s. n. m. (18°54'33.1" N; 70°44'41.9" O). El estudio se desarrolló durante un ciclo productivo de 115 días, desde la siembra hasta la cosecha. El área presenta clima templado de montaña, con temperaturas anuales entre 12 y 26 °C, precipitación promedio de 1 723 mm y suelos clasificados como vertisoles, de textura franco-arcilloso-arenosa, con 3.02 % de materia orgánica y pH 7.02.

Tabla 1.

Análisis químico de los materiales orgánicos utilizados

Material	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)	Fe (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Zn (mg/kg)
Bocashi	1.20	0.64	0.27	2.61	0.07	492.7	187.8	43.2	130.4
Compost	1.25	0.36	0.33	1.88	0.10	852.5	253.1	99.8	130.4
Vermicompost	1.35	0.34	0.28	1.56	0.09	709.7	242.3	61.6	92.3

ancho, con una distancia de 0.80 m entre surcos y 0.25 m entre plantas, para un total de 64 plantas por parcela.

Manejo agronómico

La preparación del suelo incluyó arado, roturado y surcado. La siembra se realizó de forma manual y se aplicó un herbicida preemergente al momento de la preparación de los surcos. El control de malezas

Materiales biológicos y tratamientos

Se utilizó el cultivo de papa *Solanum tuberosum* L. variedad Granola, establecida a campo abierto bajo riego por aspersión. Los tratamientos fueron los siguientes: T1, testigo absoluto (sin fertilización); T2, 20 t/ha de compost; T3, 20 t/ha de bocashi; T4, 20 t/ha de vermicompost; y T5, testigo relativo con fertilización química convencional (fertilizante 15-15-15-4S, a razón de 1 t/ha), de acuerdo con el manejo estándar local. Antes de la siembra se determinó la composición química de los materiales orgánicos utilizados (Tabla 1).

Diseño experimental

El ensayo se estableció bajo un diseño de bloques completos al azar, con cinco tratamientos y cuatro repeticiones, para un total de 20 unidades experimentales. Cada unidad estuvo conformada por cuatro surcos de 4 m de largo y 4.4 m de

posterior se efectuó manualmente. Asimismo, se realizaron monitoreos fitosanitarios periódicos y las aplicaciones para el manejo de plagas y enfermedades se hicieron según necesidad agronómica. La cosecha se realizó a los 115 días después de la siembra.

Variables evaluadas

Se evaluaron el rendimiento total y el rendimiento

comercial (t/ha), la altura de planta (cm), la longitud del tubérculo (cm) y el diámetro del tubérculo (cm). La altura de planta se registró mediante medición directa desde la base del tallo hasta el ápice; la longitud y el diámetro de los tubérculos se determinaron al momento de la cosecha mediante medición lineal directa. Para la evaluación biológica del suelo se cuantificaron bacterias, hongos y actinomicetos mediante dilución seriada y siembra en placa en medios selectivos, expresando los resultados como unidades formadoras de colonias (UFC) por gramo de suelo; adicionalmente, se realizó tinción de Gram como descriptor complementario de la estructura bacteriana cultivable (Mwangi, 2023).

Análisis estadístico

Los datos fueron sometidos a pruebas de normalidad y homogeneidad de varianzas. Una vez verificados los supuestos, se aplicó un análisis de varianza (ANOVA) de una vía y, cuando se detectaron diferencias significativas, se utilizó la prueba de comparación de medias de Duncan al nivel de significancia de 0.05 (Duncan, 1955; Montgomery, 2017). Los análisis se realizaron con apoyo de un paquete estadístico especializado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Productividad del cultivo

Tabla 2.

Comparación de medias para rendimiento total de papa

Tratamientos	Media (t/ha)	Grupo
T1 (Testigo absoluto)	18.7	a
T2 (Compost)	21.8	b
T3 (Bocashi)	24.7	c
T4 (Vermicompost)	27.3	d
T5 (Testigo químico)	28.4	d

Nota. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$). CV= 3.52%

El análisis de varianza mostró que la aplicación

de los distintos tipos de abonos orgánicos tuvo un efecto significativo sobre el rendimiento total y comercial del cultivo de papa ($p < 0.0001$). En términos de rendimiento total, el testigo absoluto (T1) registró la menor producción con 18.7 t/ha. En contraste, los mayores rendimientos se obtuvieron con vermicompost (T4) y fertilización química convencional (T5), con 27.3 y 28.4 t/ha, respectivamente, sin diferencias estadísticas entre ambos tratamientos (Tabla 2).

El rendimiento comercial mostró el mismo patrón. El testigo absoluto registró 12.9 t/ha, mientras que los tratamientos con vermicompost y fertilización química alcanzaron 18.9 y 19.6 t/ha, respectivamente, sin diferencias estadísticas entre sí (Tabla 3).

Tabla 3.

Comparación de medias para rendimiento comercial de papa

Tratamientos	Media (t/ha)	Grupo
T1 (Testigo absoluto)	12.9	a
T2 (Compost)	15.1	b
T3 (Bocashi)	17.1	c
T4 (Vermicompost)	18.9	d
T5 (Testigo químico)	19.6	d

Nota. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$). CV= 3.40%

Estos resultados muestran que, en las condiciones de Constanza, el vermicompost fue capaz de acercarse al desempeño productivo del manejo químico convencional. Esta respuesta es consistente con la literatura que reporta aumentos del rendimiento de la papa con el uso de vermicompost y otras fuentes orgánicas, debido a un mejor suministro de nutrientes, mayor estabilidad estructural del suelo y mejor ambiente para el crecimiento radicular (Mostofa et al., 2021; Lerna y Distefano, 2024). De manera complementaria, revisiones de largo

plazo indican que los abonos orgánicos mejoran la fertilidad física, química y biológica del suelo y pueden sostener rendimientos competitivos cuando se manejan adecuadamente (Diacono y Montemurro, 2010).

Desarrollo del cultivo

La altura de planta, la longitud del tubérculo y el diámetro del tubérculo también fueron influenciados significativamente por los tratamientos ($p < 0.0001$).

La menor altura se observó en el testigo absoluto (50.1 cm), mientras que el mayor crecimiento se presentó en el testigo químico (65.6 cm) y en el tratamiento con vermicompost (62.2 cm). En cuanto a las dimensiones del tubérculo, los valores más bajos se registraron en el testigo absoluto (8.1 cm de longitud y 4.6 cm de diámetro), mientras que el vermicompost y la fertilización química alcanzaron los mayores promedios, sin diferencias estadísticas entre sí (Tabla 4).

Tabla 4.

Variables de desarrollo del cultivo de papa bajo diferentes tratamientos

Tratamientos	Altura planta (cm)	Longitud tubérculo (cm)	Diámetro tubérculo (cm)
T1 (Testigo absoluto)	50.1 a	8.1 a	4.6 a
T2 (Compost)	53.7 b	9.3 b	5.6 b
T3 (Bocashi)	58.0 c	10.3 c	6.4 c
T4 (Vermicompost)	62.2 d	11.2 d	7.7 d
T5 (Testigo químico)	65.6 e	11.4 d	8.0 d
Coefficiente de variación (%)	3.60	2.77	3.42

Nota. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

El comportamiento observado en las variables de desarrollo sugiere que el vermicompost favoreció una mejor expresión del crecimiento vegetativo y del llenado de los tubérculos. Este efecto puede asociarse al aporte gradual de nutrientes, a la presencia de compuestos húmicos y a condiciones más favorables para la actividad microbiana del suelo, factores que han sido relacionados con mejoras en la respuesta agronómica de distintos cultivos bajo manejo orgánico (Bhatia & Sindhu, 2024; Pantelides et al., 2023). En papa, resultados similares han sido reportados por Mostofa et al. (2021), quienes encontraron aumentos en caracteres de rendimiento y tamaño de tubérculo con niveles crecientes de vermicompost.

Propiedades biológicas del suelo

Las poblaciones microbianas cultivables también variaron entre tratamientos. El testigo químico presentó los valores absolutos más altos de bacterias, hongos y actinomicetos, mientras que los tratamientos con abonos orgánicos mostraron menores recuentos absolutos, pero una menor proporción de bacterias Gram negativas respecto a los testigos (Tabla 5).

Los valores obtenidos mediante dilución seriada y siembra en placa representan únicamente la fracción cultivable de la microbiota del suelo, por lo que deben interpretarse como indicadores parciales de la dinámica biológica y no como una estimación total de diversidad o funcionalidad microbiana (Mwangi, 2023). En ese marco, el mayor número absoluto de UFC en el tratamiento químico no

Tabla 5.*Poblaciones microbianas y porcentaje de bacterias Gram negativas en el suelo*

Tratamiento	Bacterias (UFC)	Actinomicetos (UFC)	Hongos (UFC)	Bacterias Gram negativas (%)
T1 (Testigo absoluto)	25.5 × 10 ⁶	1.0 × 10 ⁶	4.5 × 10 ⁴	28
T2 (Compost)	24.0 × 10 ⁶	0	2.1 × 10 ⁵	10
T3 (Bocashi)	17.0 × 10 ⁶	0	5.0 × 10 ⁴	10
T4 (Vermicompost)	7.5 × 10 ⁶	0	4.0 × 10 ⁴	10
T5 (Testigo químico)	148 × 10 ⁶	2.0 × 10 ⁶	1.3 × 10 ⁵	40

Nota. Letras distintas en la misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Duncan ($p \leq 0.05$).

implica, por sí solo, una mejor salud del suelo. De hecho, revisiones recientes muestran que las enmiendas orgánicas tienden a incrementar la biomasa microbiana y la funcionalidad del suelo, pero la magnitud y dirección de la respuesta dependen del tipo de residuo aplicado, de la disponibilidad de carbono, del pH y del momento de evaluación (Liu et al., 2023).

Respecto a la distribución porcentual de bacterias Gram positivas y Gram negativas por tratamiento. Se evidenció un claro predominio de las bacterias Gram positivas en todos los tratamientos, con valores que oscilaron entre 60 y 90 %. Los tratamientos T2, T3 y T4 alcanzaron la mayor proporción de bacterias Gram positivas (90 %), mientras que T5 registró el valor más bajo (60 %). En contraste, las bacterias Gram negativas mostraron menores porcentajes, variando entre 10 y 40 %, siendo T5 el tratamiento con la mayor proporción de este grupo bacteriano. En conjunto, estos resultados indican que los tratamientos evaluados favorecieron principalmente la presencia de bacterias Gram positivas, aunque T5 reflejó una comunidad microbiana relativamente más balanceada entre ambos tipos.

La menor proporción de bacterias Gram negativas observada en los tratamientos con compost, bocashi y vermicompost debe interpretarse con cautela. La tinción de Gram ofrece una aproximación

gruesa a cambios estructurales en la comunidad bacteriana, pero no permite identificar por sí misma organismos benéficos o patógenos. Además, dentro de las bacterias Gram negativas del suelo pueden encontrarse tanto grupos potencialmente patogénicos como microorganismos con funciones favorables para el agroecosistema (Fanin et al., 2019; Cruz et al., 2021). En consecuencia, los resultados sugieren que los abonos orgánicos modificaron la estructura de la microbiota cultivable del suelo, pero esa respuesta debería complementarse en futuros estudios con análisis moleculares, actividad enzimática y cuantificación de carbono orgánico.

En conjunto, los resultados de rendimiento y desarrollo del cultivo indican que el vermicompost constituye una alternativa promisoriosa para reducir la dependencia de insumos sintéticos sin penalizar la productividad en un sistema hortícola intensivo. Este hallazgo es coherente con el enfoque de agricultura regenerativa, que prioriza la recuperación de la funcionalidad del suelo y la provisión de servicios ecosistémicos como base para sistemas agrícolas más resilientes (FAO, 2015; Schreefel et al., 2020).

CONCLUSIÓN

La investigación demostró que la aplicación de abonos orgánicos, especialmente vermicompost, mejoró significativamente la productividad y el

desarrollo del cultivo de papa en Constanza. El vermicompost alcanzó rendimientos total y comercial comparables con la fertilización química convencional, lo que evidencia su potencial como alternativa viable en sistemas hortícolas intensivos.

En términos biológicos, los tratamientos orgánicos modificaron la estructura de la microbiota cultivable del suelo y redujeron la proporción de bacterias Gram negativas respecto a los testigos; no obstante, esta respuesta debe interpretarse como un indicador parcial, ya que los métodos de cultivo no capturan toda la complejidad de la comunidad microbiana del suelo.

Desde una perspectiva aplicada, los resultados respaldan el uso de abonos orgánicos como herramienta para avanzar hacia sistemas de producción más sostenibles y coherentes con los principios de la agricultura regenerativa en la República Dominicana. Se recomienda ampliar esta línea de investigación con evaluaciones de varios ciclos productivos, análisis económicos y herramientas de biología molecular que permitan profundizar en la dinámica de carbono, la funcionalidad microbiana y la resiliencia del suelo.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Instituto Dominicano de Investigaciones Agropecuarias y Forestales (IDIAF) por el apoyo logístico brindado durante la ejecución del estudio, así como a los productores de Constanza por su colaboración en el desarrollo de la investigación.

Se reconoce el financiamiento del Fondo Nacional de Innovación y Desarrollo Científico y Tecnológico (FONDOCYT), a través del proyecto 2022-2D6-017, "Implementación de prácticas de agricultura regenerativa para mejorar los suelos dedicados a la producción intensiva de hortalizas en la zona de Constanza".

Asimismo, se agradece el apoyo del Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIA) de la Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD), de la Universidad Centro Panamericano de Estudios Superiores (UNICEPES) y del personal técnico que colaboró en las labores de campo y laboratorio.

BIBLIOGRAFÍA

- Bhatia, T., & Sindhu, S. S. (2024). Sustainable management of organic agricultural wastes: Contributions in nutrients availability, pollution mitigation and crop production. *Discover Agriculture*, 2, Article 130. <https://doi.org/10.1007/s44279-024-00147-7>
- Consejo Nacional de la Competitividad, & United States Agency for International Development. (2007). Plan de ordenamiento territorial del municipio de Constanza para el clúster ecoturístico de La Vega.
- Cruz, D., Cisneros, R., Benítez, Á., Zúñiga-Sarango, W., Peña, J., Fernández, H., & Jaramillo, A. (2021). Gram-negative bacteria from organic and conventional agriculture in the hydrographic basin of Loja: Quality or pathogen reservoir? *Agronomy*, 11(11), 2362. <https://doi.org/10.3390/agronomy11112362>
- Diacono, M., & Montemurro, F. (2010). Long-term effects of organic amendments on soil fertility. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 401-422. <https://doi.org/10.1051/agro/2009040>
- Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*, 11(1), 1-42. <https://doi.org/10.2307/3001478>.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2015). Healthy soils are the basis for healthy food production. FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2024). The State of Food and

- Agriculture 2024: Value-driven transformation of agrifood systems. FAO. <https://doi.org/10.4060/cd2616en>.
- Fanin, N., Kardol, P., Farrell, M., Nilsson, M.-C., Gundale, M. J., & Wardle, D. A. (2019). The ratio of Gram-positive to Gram-negative bacterial PLFA markers as an indicator of carbon availability in organic soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 128, 111-114. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.10.010>.
- Iza, S. P. I., Mejía, C. R. M., y Beltrán, L. J. C. (2023). La alimentación y revolución verde. In *Antropología alimentaria* (pp. 162-174). (en línea) Editorial Grupo AEA.
- Listín Diario. (2012, mayo 11). Constanza es el mayor proveedor de vegetales. <https://listindiario.com/economia/2012/05/11/232010>.
- Ierna, A., & Distefano, M. (2024). Crop nutrition and soil fertility management in organic potato production systems. *Horticulturae*, 10(8), 886. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10080886>
- Liu, W., Yang, Z., Ye, Q., Peng, Z., Zhu, S., Chen, H., Liu, D., Li, Y., Deng, L., Shu, X., & Huang, H. (2023). Positive effects of organic amendments on soil microbes and their functionality in agroecosystems. *Plants*, 12(22), 3790. <https://doi.org/10.3390/plants12223790>.
- Mieles-Giler, J. W., Guerrero-Calero, J. M., Moran-González, M. R., y Zapata-Velasco, M. L. (2024). Evaluación de la degradación ambiental en hábitats Naturales. (en línea) *Journal of Economic and Social Science Research*, 4(3), 65-88. <https://economicsocialresearch.com/index.php/home/article/view/121>
- Montgomery, D. C. (2017). *Design and analysis of experiments* (9th ed.). Wiley.
- Mostofa, M., Roy, T. S., & Chakraborty, R. (2021). Yield and yield contributing attributes of potato as influenced by vermicompost and seed tuber size. *SAARC Journal of Agriculture*, 19(1), 71-79. <https://doi.org/10.3329/sja.v19i1.54779>
- Mwangi, L. (2023). Method for isolation and enumeration of bacteria and fungi (SOP 003). CIFOR-ICRAF / World Agroforestry Centre.
- Parra, L. (2016). Impacto de la revolución verde en los sistemas agroecológicos. (en línea). *Revista de Ciencias Ambientales*, 50(2), 45-58. <https://comunicacion-cientifica.com/doi/cc227/227-01.pdf>
- Pantelides, I. S., Stringlis, I. A., Finkel, O. M., & Mercado-Blanco, J. (2023). Editorial: Organic amendments: Microbial communities and their role in plant fitness and disease suppression. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1213092. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1213092>.
- Quepos, E. (2023). Estudio comparativo de indicadores físicos, químicos y microbiológicos de calidad de suelo en plantaciones de palma aceitera con uso de enmiendas orgánicas y manejo convencional. (en línea). Doctoral dissertation, Universidad de Costa Rica. https://www.kerwa.ucr.ac.cr/items/dc8e0484-a6fe-4420-994a-266357626_81c
- Quintero, A. (2021). La agricultura regenerativa como alternativa para la conservación de los suelos degradados a causa del sistema agroindustrial. (en línea). Tesis de especialización, Universidad de Antioquia]. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/entities/publication/4d960bc1-a097-43ca-874d-52b37d91d3c0>
- Schreefel, L., Schulte, R. P. O., de Boer, I. J. M., Pas Schrijver, A., & van Zanten, H. H. E. (2020). Regenerative agriculture - the soil is the base. *Global Food Security*, 26, 100404. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2020.100404>.
- Vrska, I. P. I. (2019). Agricultura regenerativa y el problema de la sustentabilidad. (en línea). *Revista Textual*, 74, 5185. <https://bibliotecadigital.udea.edu.co/entities/publication/4d960bc1-a097-43ca->

[874d52b37 d91d3c0.](#)

Artículo recibido en: 30 de marzo del 2026

Aceptado en: 21 de abril del 2026