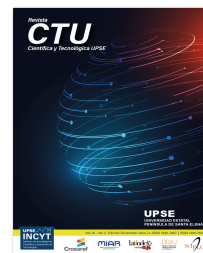


Efecto del Bioway® sobre la fertilidad de un Inceptisol cultivado con cacao (*Theobroma cacao L.*)

Effect of Bioway® on the fertility of an Inceptisol cultivated with cocoa (*Theobroma cacao L.*)



Amstrong Agustin Vera Loor¹
Alfredo Reyes Hernández²
Carlos Rafael Sebrango Rodríguez²
Yusdel Ferrás Negrín³
Verónica Andrade Yucailla⁴
Bianca María Quiroz Villarreal⁴
Ahmed Chacón Iznagal⁵
Ariany Colás Sánchez⁵

✉ <https://orcid.org/0000-0003-3152-4520>
✉ <https://orcid.org/0000-0002-0000-4592>
✉ <https://orcid.org/0000-0001-6453-1538>
✉ <https://orcid.org/0000-0001-7897-0128>
✉ <https://orcid.org/0000-0001-7909-2128>
✉ <https://orcid.org/0000-0001-8316-1640>
✉ <https://orcid.org/0000-0003-0791-166X>
✉ <https://orcid.org/0000-0002-4489-1170>

¹Universidad Tecnológica Equinoccial UTE | Quito, Pichincha - Ecuador | CP 170525

²Universidad de Sancti Spiritus “José Martí Pérez” UNISS | Sancti Spiritus - Cuba | CP 54590

³Estación Experimental Agro-Forestal, Instituto de Investigaciones Agro-Forestales INAF | Jibacoa - Cuba | CP 54590

⁴Universidad Estatal Península de Santa Elena UPSE | Santa Elena - Ecuador | CP 240350

⁵Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas UCLV | Santa Clara - Cuba | CP 50100

✉ amstrongvera@hotmail.com

<http://doi.org/10.26423/rctu.v11i2.846>

Páginas: 105- 111

Resumen

En Ecuador, el cacao es el principal rubro exportable, sin embargo, sus rendimientos son bajos. El objetivo del estudio es determinar el efecto del Bioway®, sobre las propiedades químicas de un suelo Inceptisol dedicado a la producción intensiva de cacao. Este fue conducido en el invernadero del laboratorio de suelos de la Universidad Tecnológica Equinoccial sede en Santo Domingo de los Tsachilas. En un diseño de bloques completamente al azar, con diez repeticiones, se distribuyeron cinco dosis de Bioway® (0; 2; 4; 6 y 8 t ha-1). Se utilizó el maíz amarillo (INIAP 542) como planta indicadora durante tres ciclos consecutivos de cuatro semanas por ciclo y se colectaron y analizaron muestras de suelo y planta. Los resultados muestran que los mejores indicadores de la fertilidad de suelo y el crecimiento de las plantas de maíz, se lograron con la aplicación 6 y 8 t ha-1 de Bioway®.

Palabras clave: estiércol de aves, propiedades, química, suelo.

Abstract

In Ecuador, cocoa is the main exportable crop, but yields are low. The objective of the study was to determine the effect of Bioway® on the chemical properties of an Inceptisol soil dedicated to intensive cocoa production. The study was conducted in the greenhouse belonging to the soil laboratory of the Universidad Tecnológica Equinoccial in Santo Domingo de los Tsachilas. In a completely randomized block design, with ten replications, five doses of Bioway® (0; 2; 4; 6 and 8 t ha-1) were distributed. Yellow corn (INIAP 542) was used as indicator plant during three consecutive cycles of four weeks per cycle and soil and plant samples were collected and analyzed. The results show that the best indicators of soil fertility and corn plant growth were achieved with the application of 6 and 8 t ha-1 of Bioway®.

Keywords: chemical, poultry manure, properties, soil.

Recepción: 18/10/2024 | Aprobación: 02/12/2024 | Publicación: 26/12/2024

1. Introducción

En Ecuador, el cacao (*Theobroma cacao L.*) fino y de aroma, constituye el principal rubro exportable a nivel mundial, con un aporte considerable de ingresos a la economía del país [1]. La región ocupa el tercer lugar en la exportación del grano, solo superada por Costa de Marfil y Ghana [2], sin embargo, los rendimientos promedios nacionales son bajos y alcanzan solo las 0,62 t ha⁻¹ [3], lo cual evidencia los efectos de las prácticas de manejo inadecuadas, los factores ambientales adversos y la baja fertilidad de suelo [4]. La escasa fertilidad del suelo es el principal factor biofísico que afecta a la producción de cultivos en el mundo [5]. Considerada un parámetro fundamental que determina la capacidad de crecimiento, el rendimiento y el valor nutricional de los cultivos. Los suelos de la Región Amazónica del Ecuador en su mayoría son considerados pobres en nutrientes y con un bajo potencial de retención de macro y microelementos, principalmente en nitrógeno, calcio, potasio y fósforo [6], los cuales son aportados al suelo, a través de insumos comúnmente conocidos como fertilizantes.

Fertilizante es cualquier material de origen natural o sintético (distinto de los materiales de encalado) que se aplica a los suelos o a los tejidos de las plantas para suministrar uno o más nutrientes vegetales esenciales para su crecimiento o para superar la deficiencia de nutrientes de estas. Existen muchas fuentes de fertilizantes, tanto naturales como producidos industrialmente a los que se llaman fertilizantes minerales [7]. Su consumo mundial no deja de aumentar cada año, ya que la demanda de fertilizantes inorgánicos por parte de los agricultores no deja de crecer de forma significativa. Sin embargo, con el aumento del precio de los fertilizantes inorgánicos y los efectos adversos sobre el medio ambiente y la estructura del suelo, la mejor alternativa es el uso óptimo de fertilizantes orgánicos [8].

El uso continuado de fertilizantes inorgánicos para aumentar los nutrientes del suelo puede ir acompañado a largo plazo de una reducción materia orgánica del suelo, aumento de la acidez del suelo, pérdidas por lixiviación, erosión y degradación de las propiedades físicas del suelo. Dado que estos carecen de la capacidad de mejorar las propiedades físicas del suelo, por lo que su aplicación exclusiva como mejoradores de la fertilidad resulta insostenible. La idoneidad de los fertilizantes orgánicos para mejorar la producción de los cultivos está ampliamente demostrada. En este sentido el uso de fertilizantes orgánicos u otros materiales de naturaleza orgánica tiene por objetivo reducir los problemas derivados del uso de productos químicos que pueden dañar el suelo y el medio ambiente [9]. Ha sido demostrado que los abonos orgánicos aumentan la eficiencia y reducen la necesidad de fertilizantes químicos, para mejorar la fertilidad y la salud del suelo [10]. La adición de restos de cosechas, estiércol animal y abonos verdes, tiene un efecto directo en el contenido de materia orgánica, que se traduce en el mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del mismo [11].

El estiércol de ave de corral (*Gallus domesticus*), comúnmente se denomina gallinaza y contiene más nutrientes vegetales que otros abonos, pero debe gestionarse adecuadamente para evitar la rápida pérdida de nitrógeno. En los últimos tiempos, la gallinaza ha ganado atención como fuente potencial de fertilizante orgánico, debido a su alto contenido en nutrientes y a su costo relativamente bajo. Se

ha demostrado que este material mejora la fertilidad del suelo, aumenta el rendimiento de los cultivos y mejora la calidad de los productos agrícolas [12]. Siendo una fuente orgánica excepcional que contiene un alto porcentaje de nitrógeno, fósforo, potasio y otros nutrientes esenciales, fácilmente disponibles para la absorción de las plantas en comparación con otras fuentes orgánicas [1].

La efectividad de la gallinaza no sólo se refleja en las propiedades físicas del suelo, sino también en las químicas, dentro de las que se destacan su relación carbono/nitrógeno, pH y equilibrio catiónico, estimulando los procesos de mineralización y humificación [13]. Este abono orgánico ha sido valorado como una importante fuente de fósforo para la nutrición vegetal en el mundo contemporáneo [14].

En este sentido, Cairo-Cairo *et al.* [15] probaron diferentes niveles de gallinaza como en esta investigación, en varios suelos tropicales y los resultados mostraron que tras la aplicación de 6 t ha⁻¹ del material, se lograron aumentos del pH y la materia orgánica que contribuyeron a una mayor disponibilidad de fósforo y potasio, así como mejoras en la estructura y estabilidad del suelo. Adeyemo *et al.* [16] estudiaron el efecto de diferentes niveles de gallinaza sobre dos suelos alfisoles con diferentes texturas y demostraron que los mejores resultados en materia orgánica del suelo, tasa de infiltración y rendimiento de maíz se obtuvieron con 10 t ha⁻¹ de gallinaza

Por otra parte, ha sido demostrado por Boney *et al.* [8] que la utilización de materiales orgánicos en la plantación de cacao es una práctica favorable, especialmente en la agricultura a pequeña escala. Los autores demostraron que con la aplicación de materiales orgánicos dentro de los que se destaca la gallinaza, se obtienen resultados comparables a los de los fertilizantes inorgánicos, especialmente sobre las características de los frutos, las semillas y la producción de cacao. Lo cual repercutió en la fertilidad del suelo, mediante el incremento del pH del suelo y la disponibilidad de nutrientes para las plantas durante más tiempo.

El efecto de diferentes dosis de gallinaza sobre plantas jóvenes de cacao fue estudiado por Dogbatse *et al.* [17] quienes demostraron que con la aplicación de gallinaza no se logró efecto significativo sobre el número de hojas, independientemente de la dosis o la variedad, durante todo el período del experimento. Sin embargo, con la aplicación de solo 1 t ha⁻¹ de gallinaza se mejoró significativamente la altura de la planta, el diámetro del tallo y el área foliar en varios periodos experimentales. Teniendo en cuenta lo anterior, el objetivo del estudio fue determinar el efecto de diferentes dosis de Bioway® sobre las propiedades químicas de un suelo *Inceptisol* dedicado a la producción intensiva de cacao.

2. Materiales y Métodos

El experimento fue conducido en el invernadero perteneciente al laboratorio de suelos de la Universidad Tecnológica Equinoccial sede en Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador.

Montaje del experimento y condiciones de crecimiento

El estudio consistió en un experimento en condiciones controladas, en el cual fueron utilizadas macetas con capacidad de 1,5 kg, previamente llenadas con un suelo

Inceptisol Mollic Eutrudept Ustept, Hernández *et al.* [18], según Guía Normativa Metodológica [19]. Tomado a la profundidad de 0-20 cm, de un área dedicada a la producción intensiva de cacao, ubicada en el cantón El Carmen, provincia Manabí, Ecuador a 300 m s.n.m, latitud 0° 16'11" Sur, longitud: 79° 43' 33" W y un promedio anual de precipitaciones de 2 700 mm, en el período poco lluvioso. Como planta indicadora fue utilizado el maíz amarillo (*Zea mays L.*) [6].

Los tratamientos aplicados al suelo, fueron conformados a base del abono orgánico Bioway®, comercializado por AGROLOMA - JATUNLOMA S.A., proveniente de naves de aves ponedoras. Los mismos se distribuyeron en dosis de 0 (tratamiento control, suelo bajo sistema intensivo de cacao); 2; 4; 6 y 8 t ha⁻¹ de Bioway bajo un diseño experimental completamente aleatorizado con diez réplicas por tratamiento.

El material aplicado (*Bioway*®) tiene la siguiente composición química: materia orgánica-50% (método de *Walkley y Black* [20]; pH (*H₂O*)-7,01 (método potenciométrico) y N-28,3% (método Kjeldahl [21]), *P₂O₅* - 1,65% (colorimetría), *K₂O* - 1,9% (fotometría de llama) y CaO - 33,5% (método por Solución extractiva NH₄ (*CH₃COO*) 1N de pH = 7) según Tang *et al.* [22].

Evaluaciones realizadas

La caracterización química de suelo y análisis foliar, fueron realizados en el Laboratorio de Análisis Químico Agropecuario (AGROLAB), ubicado en Santo Domingo de los Tsachilas, Ecuador.

Caracterización de las propiedades químicas de suelo

Las plantas fueron cosechadas a los 45 días después de la siembra (DDS). Las macetas se mantuvieron por aproximadamente 35 días sin plantas y con una humedad cercana al 80% de la capacidad de campo. Luego de este tiempo, el suelo contenido en las macetas fue extendido y las muestras secadas al aire y tamizadas a 0,5 mm para análisis químicos. Los cuales incluyeron el pH (*H₂O*) y pH (KCl); método potenciométrico con una relación suelo-solución 1:2,5, materia orgánica (MO%), método colorimétrico de *Walkley y Black* [21], *P₂O₅* y *K₂O* asimilables siguiendo los métodos de *Olsen* [23] y Fotometría de llama, respectivamente; acidez de cambio (*Y₂*) (Método de Valoración con solución extractiva KCl (1N), valorado posteriormente con NaOH 0,1 N, cationes intercambiables *Ca⁺²* y *Mg⁺²* por el método de espectrofotometría de absorción atómica.

Índices morfofisiológicos y producción de masa seca

Las evaluaciones a las plantas indicadoras, incluyeron la altura de la planta (AP, cm), medida desde la base de la planta (nivel del suelo) hasta la última lígula visible mediante el empleo de una regla milimetrada y el diámetro del tallo (DT, mm) determinado mediante el empleo de un pie de rey digital marca *Stainless Hardened*.

La producción de masa seca total (MST, g) y por órgano de la planta, masa seca del tallo (MT, g); masa seca total de la raíz

(MSR, g; referida al sistema radicular); masa seca del follaje (PSF, g). Los cuales fueron determinados a partir del secado de las plantas en una estufa MERMERT con tiro forzado de aire a 65 °C, hasta obtener peso constante (aproximadamente a las 72 horas), luego fueron pesadas en una balanza analítica marca *Mettler Toledo*.

Análisis foliar del follaje

A las plantas les fue determinado los contenidos foliares expresados en (%) de N, P y K, por los métodos de *Nessler*, *Moibdo-Vanadato* fosfórico, Fotometría de llama; respectivamente y los porcentajes de Ca y Mg foliar por el método de Complexometría, según Schmidt *et al.* [13].

Procesamiento estadístico

El análisis estadístico fue realizado mediante el programa *Statgraphics Centurión* (Versión 15.2 sobre Windows). Los datos fueron sometidos a un análisis de varianza y comparación de medias mediante la prueba de Tukey HSD ($p < 0,05$) y ajustados a diferentes funciones matemáticas de las cuales se seleccionó la de mayor coeficiente de determinación.

3. Resultados y Discusión

Con la aplicación de las diferentes dosis de *Bioway*® al suelo, se lograron incrementos significativos en las propiedades químicas evaluadas (Tabla 1). Sin embargo, los mayores niveles en el pH del suelo fueron alcanzados con la aplicación de 6 t ha⁻¹ del abono orgánico, con diferencias estadísticas significativas con el tratamiento control (suelo bajo sistema intensivo de cacao), que hacen que el indicador varíe de la categoría de moderadamente a ligeramente ácido. La capacidad de los abonos orgánicos para aumentar el pH del suelo fue estudiada por *Bilong et al.* [24], quienes la relacionaron con la presencia de cationes base contenidos en estos abonos orgánicos.

El *Bioway*® activa la vida microbiana benéfica del suelo y dentro de su composición química se encuentra el Ca elemento que contribuye a alcalinizar el medio, lo cual podría explicar los incrementos alcanzados en este indicador. Otros autores afirman que los incrementos en el pH tras la aplicación de estiércol de aves, pueden estar ocasionada por factores como la disociación de productos alcalinos presentes en la composición de la dieta de los animales, las actividades metabólicas de los compuestos orgánicos y la degradación de proteínas, que libera amoníaco al medio ambiente, así como el uso de óxido de calcio (CaO) durante la desinfección de gallineros [25].

La materia orgánica de suelo juega un papel clave en la fertilidad del mismo, en el estudio con el aumento de los niveles de *Bioway*® aumentó el contenido de materia orgánica, observándose los mayores incrementos al aplicar 6 t ha⁻¹ (4,57%). Los cambios originados en este indicador tras la aplicación de compuestos orgánicos, fueron atribuidos por [15] a la capacidad que tienen los mismos de cambiar la porosidad del suelo, los agregados, el pH y la composición de la comunidad microbiana atributos distintivos del abono orgánico objeto de estudio.

Tabla 1: Efecto de los niveles de *Bioway*® sobre las propiedades químicas del suelo

Niveles (t ha ⁻¹)	pH (H ₂ O)	Materia orgánica (%)	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca ²⁺ y Mg ²⁺ (mg 100 g ⁻¹)	
					0	5,60 ^c
2	6,15 ^b	3,52 ^c	8,08 ^d	0,34 ^c	5,20 ^{cd}	1,42 ^{ab}
4	6,14 ^b	4,31 ^{ab}	13,47 ^c	0,41 ^b	5,28 ^{bc}	1,34 ^d
6	6,30 ^a	4,57 ^a	19,05 ^b	0,40 ^b	5,36 ^b	1,37 ^{cd}
8	5,77 ^c	4,18 ^b	23,10 ^a	0,51 ^a	5,44 ^a	1,44 ^a
<i>Es x</i>	0,11*	0,12*	0,12*	0,27*	0,12*	0,43*
<i>p-Valor</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey HSDa 5%. (*) 95% de significación
Leyenda: 5,6 – 6,0 pH moderadamente ácido; 6,1 – 6,5 pH ligeramente ácido

Similar respuesta del suelo a la aplicación del material, fue observada en indicadores como el P₂O₅ y K₂O asimilables, con niveles que difieren significativamente con el tratamiento control y aumentan a medida que lo hacen las dosis de *Bioway*®. Con un valor máximo correspondiente al mayor nivel (8 t ha⁻¹ de *Bioway*®) 23,10 mg 100 g⁻¹ para el fósforo y en el potasio de 0,51 mg 100 g⁻¹ superiores con respecto al control en 25,84 y 62,74% respectivamente. Similar respuesta fue obtenida por Bilong *et al.* [24] con la aplicación de diferentes abonos orgánicos, autores que atribuyeron sus resultados al incremento de los niveles de nutrientes en el suelo y la buena composición química del abono orgánico utilizado, unido a que ha sido demostrado que la aplicación de fertilizantes orgánicos aumenta el contenido de nutrientes del suelo en diferentes grados.

Efecto del *Bioway*® sobre la composición química y crecimiento de las plantas

El efecto positivo del *Bioway*® sobre el suelo mejorado orgánicamente se refleja en la composición química de la masa foliar de las plantas (Tabla 2). Los resultados indican que la aplicación del abono orgánico mejora

significativamente los contenidos de N, P, K, Ca y Mg totales de las plantas indicadoras, lo que se refleja en su crecimiento (Tabla 3). Los mayores incrementos en los contenidos de N, P, K, Ca²⁺ y Mg²⁺ con diferencias estadísticas significativas con respecto al tratamiento control, fueron obtenidos con la aplicación de 4 t ha⁻¹ siempre superiores a los observados con la mayor dosis 8 t ha⁻¹ de *Bioway*®. Resultados que sugieren que con la aplicación de una dosis menor se pueden obtener incrementos significativos en la composición química del material vegetal.

Resultados que se corresponden con los obtenidos en los indicadores morfofisiológicos de las plantas indicadoras. Los cuales, en concordancia, aumentaron con los niveles del material orgánico aplicado desde las 4 t ha⁻¹, dosis de *Bioway*® con la que se observan los mayores incrementos estadísticamente significativos con respecto al tratamiento control en la mayoría de los indicadores, que para la altura y la materia seca son superiores en un 57,31 y 53,18% respectivamente. Estos aumentos en la altura de las plantas también podrían atribuirse al aumento del fósforo disponible observado en los suelos.

Tabla 2: Contenidos de nutrimento foliar por efecto de los niveles de *Bioway*® en el suelo.

Niveles (t ha ⁻¹)	N	P	K ⁺	Ca ²⁺ y Mg ²⁺ (%)	
				0	1,43 ^d
2	1,46 ^c	0,11 ^b	3,11 ^b	0,56 ^c	0,32 ^{bc}
4	1,70 ^a	0,17 ^a	3,29 ^a	0,85 ^a	0,45 ^a
6	1,52 ^b	0,14 ^{ab}	2,93 ^c	0,61 ^b	0,35 ^b
8	1,50 ^b	0,15 ^a	2,97 ^d	0,54 ^c	0,32 ^{bc}
<i>Es x</i>	0,35*	0,23*	0,13*	0,11*	0,04*
<i>p-Valor</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey HSDa 5%. (*) 95% de significación.

Tabla 3: Indicadores morfofisiológicos de la planta indicadora por efecto de los niveles de *Bioway*® en el suelo.

Tratamiento (t ha ⁻¹)	Altura (cm)	DT (mm)	MT	MSR	MSH y MST (g)	
					0	21,85 ^c
2	34,50 ^b	5,04 ^c	2,75 ^c	1,50 ^d	2,45 ^{bc}	6,70 ^d
4	39,75 ^a	6,54 ^a	4,00 ^a	2,75 ^{ab}	3,14 ^a	9,89 ^a
6	38,12 ^a	6,61 ^a	3,95 ^a	2,85 ^a	2,98 ^{ab}	9,23 ^a
8	38,22 ^a	5,61 ^b	3,65 ^b	2,75 ^{ab}	2,95 ^{ab}	8,70 ^b
<i>Es x</i>	0,35*	0,22*	0,15*	0,23*	0,32*	0,12*
<i>p-Valor</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Medias con letras no comunes en una misma columna difieren por Tukey HSDa 5%. (*) 95% de significación
Leyenda: DT: diámetro del tallo; MT: masa seca del tallo; MSR: masa seca de la raíz; MSH: masa seca de las hojas; MST: materia seca total

Los resultados en los indicadores de crecimiento de las plantas indicadoras mostraron que no hubo diferencia estadística significativa debido a la aplicación de diversas dosis de *Bioway*® sobre la altura, la raíz y masa seca de las hojas de las plantas indicadoras. Lo cual pudiera deberse a que los fertilizantes orgánicos tardan más en convertirse en nutrientes disponibles y ser absorbidos por las plantas y a una reacción relativamente lenta en el suelo. Como en el presente estudio [8],[17], lograron aumentos significativos en el crecimiento vegetativo de plantas de cacao al cultivarlas en un suelo enmendado con estiércol de aves de corral en comparación con el tratamiento control. Lo cual corrobora la posible utilización del abono orgánico *Bioway*® como mejorador del suelo y el cultivo.

Las Figuras 1 y 2 ilustran las estrechas relaciones entre la materia orgánica con la masa seca total y el diámetro del tallo de las plantas de maíz con R² de 0,96*** y 0,84*** respectivamente. Lo cual demuestra que ambos indicadores

de las plantas, dependieron fuertemente de esta propiedad de suelo y de su efecto integral sobre el mismo, unido a la posible utilidad práctica que para cuantificar la calidad del suelo pudiera tener la respuesta del cultivo a la aplicación del abono orgánico.

La aplicación del *Bioway*® al suelo incrementó significativamente los niveles de materia orgánica del mismo (Tabla 1). La estrecha relación entre este indicador con los indicadores morfofisiológicos de las plantas demuestra como a medida que aumenta la materia orgánica, aumentan también los indicadores de las plantas, lo cual confirma la importancia de la materia orgánica como sumidero de nutrientes para los suelos y para la mejora y estabilización de las propiedades del suelo [19], lo que se traduce en una mayor eficiencia de los cultivos. Los resultados obtenidos, revelaron que la adición de estiércol orgánico, como el avícola, es esencial para estabilizar el suelo frente a la degradación [17].

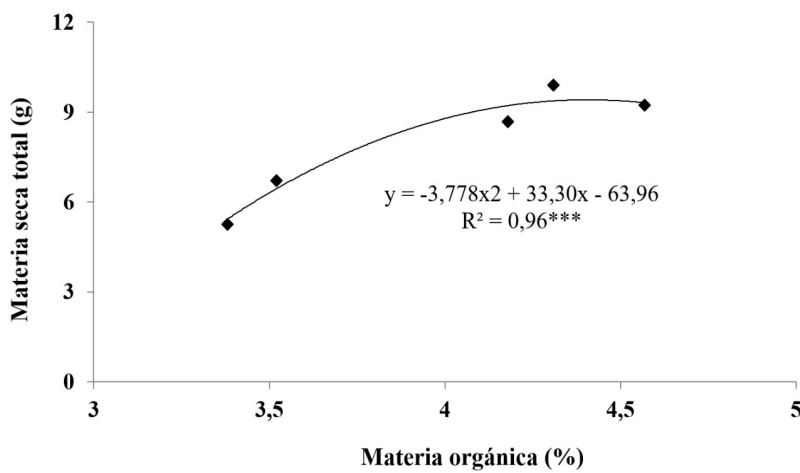


Figura 1. Relación entre la materia orgánica y la masa seca total.

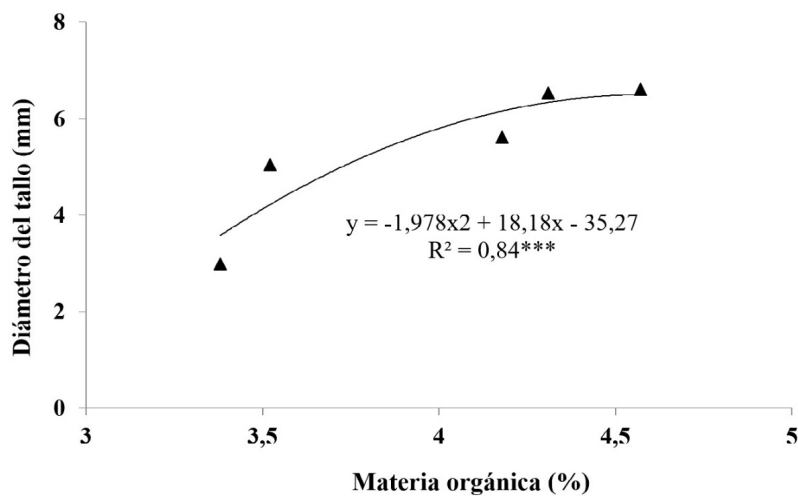


Figura 2. Relación entre la materia orgánica y el diámetro del tallo.

4. Conclusiones

El estudio demuestra que con la aplicación del *Bioway*® al suelo se lograron aumentos del pH y de la materia orgánica que contribuyeron a una mayor disponibilidad de fósforo y potasio. Lo que resulta en un aumento significativo de los indicadores morfofisiológicos de las plantas siendo las mejores dosis 4; 6 y 8 t ha⁻¹.

Financiamiento: La investigación fue autofinanciada por el doctorando.

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

Contribución de autor/es: Bajo los lineamientos CRediT (Taxonomía de Roles de Contribuyente), los autores dan fe de las contribuciones realizadas al trabajo de investigación, que se detallan:

Amstrong Vera: visualización, supervisión, recursos, análisis, conducción, curación de datos, metodología y conceptualización. Alfredo Reyes: revisión, análisis de datos. Carlos Sebrango: validación, conducción de la investigación. Yusdel Ferrás: redacción, curación de datos. Verónica Andrade: software, análisis de datos, metodología. Ahmed Chacón: administración, adquisición de financiación, conceptualización. Ariany Colás: revisión, administración, adquisición de financiación, análisis, conducción, curación de datos, metodología y conceptualización.

5. Referencias

- ISMAEL, FÁTIMA; NDAYIRAGIJE, ALEXIS; FANGUEIRO, DAVID. New fertilizer strategies combining manure and urea for improved rice growth in Mozambique. *Agronomy* [online]. 2021, vol. 11, n.º 4, pág. 783. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/4/783>.
- DURUIGBO, CYRIL; OBIEFUNA, J. C.; ONWEREMADU, E. U. Effect of poultry manure rates on soil acidity in an ultisol. *International Journal of Soil Science* [online]. 2007, vol. 2, n.º 2, págs. 154-158. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4395/11/4/783>.
- SILVA, ROMINA DE LOS ÁNGELES Y CAPA, EDWIN DANIEL. Establecimiento y validación de metodologías para el análisis de nitrógeno, fósforo y potasio en tejidos vegetales foliares. [Online]. 2014, vol. 117. Disponible en: <https://dspace.utpl.edu.ec/handle/123456789/9073>.
- GARCÍA-BRIONES, ANA R.; PICO-PICO, BRYAN F.; JAIMEZ, RAMÓN. La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción. *Revista Digital Novasineria* [online]. 2021, vol. 4, n.º 2, págs. 152-172. Disponible en: <https://novasineria.unach.edu.ec/index.php/novasineria/article/view/261>.
- LILIANE, TANDZI NGOUNE; CHARLES, MUTENGWA SHELTON. La cadena de producción del Cacao en Ecuador: Resiliencia en los diferentes actores de la producción. *Agronomy-climate change food security* [online]. 2020, pág. 9. Disponible en: <https://www.intechopen.com/chapters/70658>.
- HOOVER, NATASHA L; YEOW, JI; ANN, LEIGH; KANWAR, RAMESHWAR S. Long-term impact of poultry manure on crop yield, soil and water quality, and crop revenue. *Journal of Environmental Management* [online]. 2019, vol. 252, pág. 109582. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301479719313003>.
- JOTE, CHALI ABATE. The impacts of using inorganic chemical fertilizers on the environment and human health. *Organic Medicinal Chem Intl J* [online]. 2023, vol. 13, n.º 3, pág. 555864. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/376601166_The_Impacts_of_Using_Inorganic_Chemical_Fertilizers_on_the_Environment_and_Human_Health.
- BONEY, MUDA; AZWAN, AWANG; HAYA, RAMBA; DANDAN MOHD. Effects of Organic and Inorganic Fertilizers on Soil Chemical Properties and the Production of Cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Madai, Kunak, Sabah. *Journal of Bangladesh Agricultural University* [online]. 2020, vol. 18, págs. 811-815. Disponible en: <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.5555/20203589553>.
- KASIM, NAVIN; MUSTARI, KAHAR. Effect of the application of chicken manure compost tea on the growth of certified cocoa (*Theobroma cacao* L.) seedlings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* [online]. 2021, pág. 042050. Disponible en: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/807/4/042050/pdf>.
- MUSHTAQ, MARYAM; MUHAMMAD KHALID IQBAL; AZEEM KHALID; KHAN, RAFED. Humification of poultry waste and rice husk using additives and its application. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* [online]. 2019, vol. 8, págs. 15-22. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s40093-018-0224-8>.
- PANGARIBUAN, DARWIN H.; SARNO, SARNO. Effects of chicken compost and KCl fertilizer on growth, yield, post-harvest quality of sweet corn and soil health. *Agrivita* [online]. 2020, vol. 42, n.º 1, págs. 131-142. Disponible

- en: <http://repository.lppm.unila.ac.id/21928/>.
12. JANSSON, JANET K Y HOFMOCKEL, KIRSTEN S. Soil Microbiomes and Climate Change. *Nature Reviews Microbiology* [online]. 2020, n.º 18, págs. 35-46. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41579-019-0265-7>.
 13. SCHMIDT, FABIANA; KNOBLAUCH, RONALDIR. Extended use of poultry manure as a nutrient source for flood-irrigated rice crop. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* [online]. 2020, vol. 55, e00708. Disponible en: <https://www.scienceopen.com/document?vid=7d6d143f-43dc-48ae-95a1-0cb402d0d0b0>.
 14. RIVERA, RODOLFO MARIN, CHAGNES, ALEXANDRE, CATHELINÉAU, MICHEL Y BOIRON, MARIE-CHRISTINE. Conditioning of poultry manure ash for subsequent phosphorous separation and assessment for a process design. *Sustainable Materials and Technologies* [online]. 2022, vol. 31, e00377. Disponible en: <https://hal.univ-lorraine.fr/hal-03489461>.
 15. CAIRO-CAIRO, PEDRO; DIAZ-MARTIN, BLADIMIR; MACHADO-DE-ARMAS, JOAQUIN; RODRIGUEZ-LOPEZ, ORALIA. Effects of poultry manure on structure and some indicators of fertility in tropical soils. *Archives of Agronomy and Soil Science* [online]. 2023, vol. 69, n.º 13, págs. 2692-2702. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/03650340.2023.2171020>.
 16. ADEYEMO, ADEBAYO J.; AKINGBOLA, OMOWUNMI O.; OJENIYI, STEPHEN O. Effects of poultry manure on soil infiltration, organic matter contents and maize performance on two contrasting degraded alfisols in southwestern Nigeria. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* [online]. 2019, vol. 8, págs. 73-80. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40093-019-0273-7>.
 17. DOGBATSE, JEROME AGBESI; ARTHUR, ALFRED; AWUDZI, GODFRED KWEKU; QUAYE, AMOS. Effects of Organic and Inorganic Fertilizers on Growth and Nutrient Uptake by Young Cacao (*Theobroma cacao* L.) *Journal of Sustainable Development* [online]. 2020, vol. 17. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2021/5516928>.
 18. HERNÁNDEZ, ALBERTO; PÉREZ, J; BOSCH, D; CASTRO. Clasificación de los suelos de Cuba [Classification of Cuban soils]. [Online]. 2015, pág. 93.
 19. GUÍA NORMATIVA METODOLÓGICA. Análisis físico y químico del suelo en la Cartografía Edafológica. [Online]. 2000.
 20. WALKLEY, A.; BLACK, I. A. Estimation of soil organic carbon by the chromic acid digestion method. *Soil Sci* [online]. 1947, vol. 63, págs. 251-264.
 21. KJELDAHL, C. A new method for the determination of nitrogen in organic matter. *Z Anal Chem* [online]. 1883, vol. 22, pág. 366.
 22. TANG, CHONG; JINGSONG, YANG; WENPING, XIE; RONGJIANG, YAO Y XIANGPING, WANG. Effect of biochar application on soil fertility, nitrogen use efficiency and balance in coastal salt-affected soil under barley–maize rotation. *Sustainability* [online]. 2023, vol. 15, n.º 4, pág. 2893. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2071-1050/15/4/2893>.
 23. OLSEN, S.R. AND SOMMERS, L.E. Phosphorus. In: Page, A.L., Ed., *Methods of Soil Analysis Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, American Society of Agronomy, Soil Science Society of America, Madison. [Online]. 1982, págs. 403-430.
 24. BILONG, ELOIGERVAIS; ABOSSOLO-ANGUE, MONIQUE; TATANAH, LAWRENCE; DÉSIÉ, BIENVENU. Organic manures and inorganic fertilizers effects on soil properties and economic analysis under cassava cultivation in the southern Cameroon. *Scientific Reports* [online]. 2022, vol. 12, n.º 1, pág. 20598. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41598-022-17991-6>.
 25. WIDOWATI, SUTOYO; KARAMINA, H.; FIKRINDA, W. Soil amendment impact to soil organic matter and physical properties on the three soil types after second corn cultivation. *AIMS Agriculture and food* [online]. 2020, vol. 5, n.º 1, págs. 150-169. Disponible en: <https://www.aimspress.com/article/10.3934/agrfood.2020.1.150>.



Artículo de **libre acceso** bajo los términos de una **Licencia Creative Commons Reconocimiento – NoComercial – CompartirIgual 4.0 Internacional**. Se permite que otros remezcLEN, adapten y construyan a partir de su obra sin fines comerciales, siempre y cuando se otorgue la oportuna autoría y además licencien sus nuevas creaciones bajo los mismos términos.