



ARTÍCULO DE INVESTIGACIÓN

## Efecto de la gallinaza sobre la fertilidad de un suelo cultivado con cacao (*Theobroma cacao*) en Ecuador

### Effect of poultry manure on the fertility of a soil cultivated with cocoa (*Theobroma cacao*) in Ecuador

✉ Amstrong Edison Agustín Vera Loo<sup>1\*</sup>, ✉ Luz María Martínez<sup>1\*</sup>,  
✉ Ariany Colás Sánchez<sup>2</sup>, ✉ Alfredo Reyes Hernández<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica Equinoccial sede Santo Domingo de los Tsachilas. Vía Chone km 4 ½ y Av. Italia, Ecuador

<sup>2</sup> Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuani km 5½, Santa Clara 54830, Villa Clara, Cuba

<sup>3</sup> Universidad de Sancti Spiritus "José Martí Pérez". Avenida de los Mártires # 360, Sancti Spiritus 60100, Cuba

#### INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO

Recibido: 06/01/2021

Aceptado: 07/03/2022

#### CONFLICTO DE INTERESES

No se declaran conflictos de intereses.

#### CORRESPONDENCIA

Amstrong Edison Luz María Agustín Vera  
Loo Martínez

[amstrongvera@hotmail.com](mailto:amstrongvera@hotmail.com)

[l.martinez0160@gmail.com](mailto:l.martinez0160@gmail.com)



Cu-ID: <https://cu-id.com/2153/cag062222364>

#### RESUMEN

La investigación se desarrolló en el cantón El Carmen, provincia Manabí, Ecuador. El objetivo fue evaluar el efecto de niveles de gallinaza sobre las propiedades químicas de un suelo Inceptisol dedicado a la producción de cacao fino de aroma (*Theobroma cacao* L.) con la utilización de maíz (*Zea mays* L.) como planta indicadora. Las muestras de suelo fueron tomadas en el año 2017 con un diseño completamente aleatorizado y niveles 0, 2, 4, 6 y 8 t ha<sup>-1</sup> a aplicar por macetas de 1,5 kg de suelo. Se realizaron comparaciones de las medias según la prueba de Tukey para  $p \leq 0,05$  y matriz de correlaciones de Pearson con los procesadores estadísticos SPSS, Statistics (Versión 19.0 sobre *Windows*) y STAHTGRAPHICS Plus, versión 5.0. El mejor nivel de gallinaza fue 6 t ha<sup>-1</sup> ya que en el suelo se logró el mayor valor de pH (agua) y el más bajo de acidez de cambio, la mayor relación Ca/Mg y el mayor porcentaje de materia orgánica, y en la planta los mejores contenidos foliares de nutrimentos (%), mayor relación Ca/Mg y materia seca total. Los resultados mostraron correlaciones positivas entre el porcentaje de materia orgánica, relación Ca/Mg foliar y la materia seca de las raíces, y entre los contenidos de fósforo asimilable en el suelo y la materia seca total.

**Palabras clave:** Agricultura sostenible, calidad del suelo y medio ambiente

#### ABSTRACT

The research was carried out in El Carmen canton, Manabí province, Ecuador. The objective was to evaluate the effect of levels of poultry manure on the chemical properties of an Inceptisol soil dedicated to the production of fine aroma cocoa (*Theobroma cacao* L.) with the use of corn (*Zea mays* L.) as indicator plant. Soil samples were taken in 2017 with a completely randomized design and levels 0, 2, 4, 4, 6 and 8 t ha<sup>-1</sup> to be applied per 1.5 kg pots of soil. Comparisons of means were performed according to Tukey's test for  $p \leq 0.05$  and Pearson's correlation matrix with the statistical processors SPSS, Statistics (Version 19.0 on *Windows*)

and STAHTGRAPHICS Plus, version 5.0. The best level of poultry manure was 6 t ha<sup>-1</sup> since the highest pH value (water) and the lowest acidity of change, the highest Ca/Mg ratio and the highest percentage of organic matter were achieved in the soil, and the best foliar nutrient contents (%), Ca/Mg ratio and total dry matter were achieved in the plant. The results showed positive correlations between the percentage of organic matter, foliar Ca/Mg ratio and root dry matter, and between assimilable phosphorus contents in the soil and total dry matter.

**Keywords:** Sustainable agriculture, soil quality and environment

## INTRODUCCIÓN

En el cantón “El Carmen”, el plátano (*Musa sp.*) constituye la principal fuente de ingreso, seguido por el cacao (*Theobroma cacao L.*), los cuales, junto con la práctica de la ganadería bovina y la crianza porcina, hacen de la región un sector netamente agrícola en el Ecuador (MELGAR, 2005).

A pesar de los avances tecnológicos logrados en el cultivo de cacao, dirigidos fundamentalmente al mejoramiento del material vegetal, los rendimientos alcanzados están muy por debajo de su potencial, pues no existe una dosis de fertilización establecida para el cultivo en el Ecuador (Melgar, 2005), y continúan las aplicaciones de fertilizantes químicos y abonos orgánicos de forma empírica por los productores de cacao. No obstante, Espinosa (2000) concluyó que la extracción de nutrientes que realiza el cultivo cacao por cada 1000 kg de almendra seca es de 30, 8 y 40 kg de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O respectivamente. Por lo tanto, las cantidades que deben estar en el programa de fertilización deberán considerar esta extracción, independientemente de las características del suelo donde se encuentren las plantas.

Una de las alternativas para la producción cacaotera en dicho país es la gallinaza, producto considerado por Marín *et al.* (2015) como una fuente de N, P y K para el suelo que proporciona además materia orgánica, con la ventaja de que aumenta la capacidad de retención de agua, disminuye la erosión hídrica, mejora la aireación del suelo, y tiene un efecto beneficioso sobre los microorganismos. De igual manera, Escobar *et al.* (2015) han confirmado que dicho material es muy aprovechable por las plantas de interés agronómico en etapa de crecimiento, expresado en un mayor crecimiento radicular, lo que favorece una mayor absorción de los elementos nutritivos liberados por el material.

Orozco y Thienhaus (1997) investigaron el efecto del abono orgánico gallinaza sobre el crecimiento y desarrollo del cultivo de cacao en estado juvenil en tres fincas con plantaciones comerciales de 20 meses de edad, ubicadas en el municipio El Rama, Región V, Nicaragua. Durante catorce meses se realizaron cuatro aplicaciones de fertilizantes, comparando tres niveles de gallinaza (454, 908 y 1 362 g árbol<sup>-1</sup> aplicación<sup>-1</sup>) un testigo de fertilización mineral (tres aplicaciones de 100 g árbol<sup>-1</sup> de la fórmula comercial 15-15-15, más una aplicación de 100 g árbol<sup>-1</sup> de urea al 46 %) y un testigo absoluto sin aplicación. Los resultados demostraron que la aplicación de 1 362 g de gallinaza

obtuvo un efecto estadísticamente superior sobre la producción inicial del cacao y el incremento del diámetro del tallo. La aplicación de 454 g y 908 g de gallinaza resultó estadísticamente igual a la fertilización mineral. El tratamiento de fertilización presentó el menor efecto sobre el crecimiento y producción inicial del cultivo de cacao.

En la provincia Manabí, a pesar de ser la tercera productora de cacao en el país, es necesario fomentar una economía cacaotera sostenible en términos económicos, sociales y medioambientales, en aras de alentar la investigación y la aplicación de sus resultados mediante la promoción de programas de formación e información que den lugar a la transferencia de tecnologías apropiadas para el cacao (López y Segovia, 2017).

Teniendo en cuenta lo anterior, la presente investigación estuvo encaminada a evaluar el efecto de niveles de gallinaza sobre las propiedades químicas de un Inceptisol dedicado por dos años al cultivo del cacao.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El suelo utilizado en el estudio corresponde a un Inceptisol según Soil Survey Staff (2014) y MAGAP, 2012, dedicado a la producción intensiva de cacao durante dos años, ubicado a una altitud de 300 m.s.n.m, latitud 0°16'11"S, longitud: 79°43'33"W y un promedio anual de precipitaciones de 2 700 mm, finca Voluntad de Dios, sector Nueva Esperanza, comunidad El Rocío, del cantón El Carmen, provincia Manabí, en El Ecuador. El muestreo del suelo para el llenado de las macetas se realizó en los meses de noviembre y diciembre de 2017 y fueron tomadas a la profundidad de 0-20 cm, en la periferia del diámetro de la copa de las plantas, a razón de 1 kg por muestra, para un total de 70. Las mismas fueron tamizadas a 4 mm de diámetro para el llenado de las macetas con capacidad de 1,5 kg, a partir de la metodología propuesta por Cairo y Reyes (2010).

### Montaje del experimento y condiciones de crecimiento

El experimento se desarrolló en las proximidades del laboratorio de suelos de la Universidad Tecnológica Equinoccial sede en Santo Domingo de los Tsáchilas, El Ecuador. Los niveles evaluados fueron distribuidos en un diseño experimental completamente aleatorizado con diez réplicas. En las mismas se sembró el maíz amarillo (*Zea mays L.*) (‘INIAP 542’) como planta indicadora. Se

estudiaron diferentes niveles de gallinaza provenientes de naves de gallinas ponedoras con las siguientes características: materia orgánica-50 % (método de Wakley-Black); pH(agua)-7,01 (método potenciométrico) y N-28,3 % (método Kjeldahl),  $P_2O_5$ -1,65 % (colorimetría),  $K_2O$ -1,9 % (fotometría de llama) y CaO-33,5 % (método por Solución extractiva  $NH_4(CH_3COO)$  1N de pH=7, según [VDLUFA \(1991\)](#). El compuesto orgánico fue colectado, empacado y puesto en venta siguiendo las orientaciones de [Román et al. \(2013\)](#), y fue aplicado al suelo a razón de 0, 2, 4, 6 y 8 t ha<sup>-1</sup>, según la evaluación de la densidad aparente en g cm<sup>-3</sup>. Las condiciones de crecimiento de las plantas indicadoras fueron semicontroladas, específicamente para el riego del agua, donde todo el experimento estuvo protegido por maya negra con orificios de 2 mm para evitar la entrada de plagas y otros organismos vivos que pudieran dañar las plantas.

### Caracterización de las propiedades químicas del suelo

A los 45 días después de la germinación, el suelo contenido en las macetas fue extendido, secado al aire y tamizado a 0,5 mm. Los indicadores se evaluaron en el Laboratorio de Análisis Químico Agropecuario (AGROLAB), ubicado en Santo Domingo de los Tsachilas, El Ecuador. En el análisis químico se utilizó la [Guía Normativa Metodológica \(2000\)](#). Los pH (H<sub>2</sub>O) y pH (KCl) a partir del método potenciométrico con una relación suelo-solución 1:2,5, la materia orgánica (M.O. %) por el método colorimétrico de Walkley y Black. Para el  $P_2O_5$  y  $K_2O$  asimilables en mg 100 g<sup>-1</sup> se utilizaron los métodos de Olsen modificado y Fotometría de llama, respectivamente. La acidez de cambio (Y<sub>c</sub>) en cmol<sup>(+)</sup> kg<sup>-1</sup> por el método de valoración con solución extractiva KCl (1N) y NaOH 0,1 N y para los cationes intercambiables Ca<sup>+2</sup> y Mg<sup>+2</sup> en cmol<sup>(+)</sup> kg<sup>-1</sup> se usó la espectrofotometría de absorción atómica.

### Índices morfofisiológicos y producción de materia seca

Las evaluaciones a las tres plantas indicadoras por maceta (réplicas), fueron realizadas a los 45 después de la siembra (DDS). Dentro de los indicadores se incluyó la altura de la planta en cm (AP), medida desde la base (nivel del suelo) hasta la última lígula visible con una regla milimetrada. El diámetro del tallo en mm (DT) fue determinado con un pie de rey digital (STAINLESS HARDENED).

La producción de materia seca total (MST), peso seco tallo (PST), peso seco raíz (PSR) y peso seco del follaje (PSF) (g) 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 72 h), luego fueron pesadas en una balanza analítica (METTLER TOLEDO).

### Análisis foliar

Los análisis foliares se realizaron en el Laboratorio de Análisis Químico Agropecuario (AGROLAB), ubicado en Santo Domingo de los Tsachilas, El Ecuador. A las tres plantas por réplicas se les determinaron los contenidos foliares de N, P y K (%), por los métodos de Nessler, Moibdo-Vanadato fosfórico, y fotometría de llama, respectivamente, y los porcentajes de Ca y Mg foliar por el método de Complejometría, según [Silva y Capa \(2014\)](#).

### Procesamiento estadístico

Se realizaron comparaciones de las medias según la prueba de Tukey para  $p \leq 0,05$  y matriz de correlaciones de Pearson con los procesadores estadísticos IBM. SPSS. Statistics (Versión 19.0 sobre Windows) y STAHTGRAPHICS Plus, versión 5.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El efecto de los niveles de gallinaza sobre los indicadores químicos evaluados ([Tabla 1](#)), evidencia las diferencias entre ellos en dependencia de las dosis aplicadas. En este sentido, los mayores aumentos del pH con respecto al control, fueron obtenidos con la aplicación de 6 t ha<sup>-1</sup>, lográndose que el indicador cambie de la categoría de ligeramente ácido (5,60) a neutro (6,55), con diferencias estadísticas entre ambos niveles, resultado que corrobora lo expuesto por [Nieto y González \(2018\)](#), al considerar la gallinaza como una alternativa ideal por su contribución al desarrollo normal de los cultivos y recuperación de los suelos altamente degradados.

Las diferencias en el pH han sido previamente atribuidas a las diferencias en la dinámica de la materia orgánica del suelo. Coincidentemente, los mayores incrementos en porcentaje fueron observados en los niveles 6 y 4 t ha<sup>-1</sup> de la gallinaza con respecto al control, sin diferencias estadísticas ni numéricas entre ellos, con un incremento de hasta el 4,31 % (de bajo a mediano porcentaje). Con 8 t ha<sup>-1</sup> de gallinaza, el porcentaje fue de 3,65, resultado que corrobora los estudios desarrollados por [Barreto \(2019\)](#) y [Choudhury et al. \(2020\)](#), al expresar que el exceso de materia orgánica y nutrientes puede ocasionar una disminución del oxígeno en el medio (hasta anaerobiosis), dificultando la mineralización del nitrógeno.

Los contenidos de fósforo y potasio asimilables aumentaron con respecto al control por el incremento de los niveles de gallinaza aplicados al suelo. Los mayores valores se observaron en las 8 t ha<sup>-1</sup> de gallinaza, donde los niveles de fósforo y potasio asimilables alcanzaron los 28,29 mg 100 g<sup>-1</sup> (alto contenido) y 0,55 mg 100 g<sup>-1</sup> (bajo contenido), respectivamente, mostrando diferencias estadísticas significativas con el resto de los niveles evaluados. Para el

caso específico del potasio asimilable, los resultados obtenidos con el nivel 6 t ha<sup>-1</sup> fueron similares y sin diferencias estadísticas entre ambas dosis.

A diferencia del resto de los indicadores, el efecto de los niveles de gallinaza en el suelo sobre la acidez del mismo no fue tan marcado, ya que solo el nivel 6 t ha<sup>-1</sup> mostró diferencias estadísticas significativas con el resto, incluyendo el control.

La influencia positiva de la gallinaza sobre los indicadores de la fertilidad del suelo estudiados, corrobora lo planteado por Kobierski *et al.* (2017), quienes han reportado el efecto significativamente positivo de esta sobre el contenido de fósforo y potasio asimilables por las plantas.

En correspondencia con el resto de los indicadores químicos, los incrementos en el contenido de calcio y magnesio en el suelo, así como la relación entre ambos, están en correspondencia con los niveles de gallinaza aplicados (Tabla 2), lo que evidencia el efecto positivo del material en la fertilidad de este.

El mayor incremento en el contenido de calcio y magnesio se obtuvo con las aplicaciones de 6 y 8 t ha<sup>-1</sup> de

gallinaza, respectivamente, alcanzando los 5,49 y 1,53 cmol<sup>(+)</sup> kg<sup>-1</sup>, con diferencias estadísticas y numéricas con el resto de los niveles. Para el magnesio lo fue con la dosis de 8 t ha<sup>-1</sup>, que difiere del resto de las cantidades aplicadas. En cambio, se apreció que con 6 t ha<sup>-1</sup> se logra la mayor relación entre ambos (4,18), dado por el efecto depresor de dicho nivel sobre el contenido de magnesio en el suelo, que difiere estadísticamente del resto dentro de la misma categoría de evaluación (adecuada).

Al analizar el efecto de los niveles de gallinaza sobre la concentración de nutrientes en la planta (Tabla 3), expresados en porciento de la masa foliar, se corrobora la influencia positiva en aquellos donde fue aplicada al suelo, con diferencias estadísticas significativas con respecto al control. Los mayores porcentajes estuvieron asociados a las dosis superiores a las 4 t ha<sup>-1</sup>, solo en el porcentaje de magnesio foliar, el mayor acumulado se logró con la dosis de 2 t ha<sup>-1</sup>.

La correlación significativa entre la materia orgánica y la relación Ca/Mg foliar ( $r=0,91^{**}$ ) (Figura 1), demuestra que con el aumento del porcentaje de materia orgánica del suelo

**Tabla 1.** Efecto de los niveles de gallinaza sobre las propiedades químicas del suelo

Niveles (t ha <sup>-1</sup> )	pH (H <sub>2</sub> O)	M.O.	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	(Y <sub>2</sub> )
		(%)	(mg 100 g <sup>-1</sup> )		(cmol <sup>(+)</sup> kg <sup>-1</sup> )
0	5,60 d	3,28 d	5,97 e	0,32 c	0,15 a
2	6,09 c	4,05 b	10,59 d	0,32 c	0,13 a
4	6,26 b	4,31 a	15,97 c	0,39 b	0,13 a
6	6,55 a	4,31 a	23,67 b	0,52 a	0,09 b
8	6,04 c	3,65 c	28,29 a	0,55 a	0,13 a
<b>ES (x)</b>	0,015*	0,012*	0,012*	0,013*	0,011*
<b>p-Valor</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,003

Medias seguidas por la misma letra en la columna no difieren entre sí para la prueba de Tukey a 5 %

(\*) 95% de significación. MO) materia orgánica; Y<sub>2</sub>) acidez de cambio

**Tabla 2.** Efecto de los niveles de gallinaza sobre los contenidos de calcio y magnesio en el suelo y su relación

Niveles (t ha <sup>-1</sup> )	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Ca/Mg
	(cmol <sup>(+)</sup> kg <sup>-1</sup> )		
0	5,07 d	1,40 c	3,61 c
2	5,14 c	1,48 b	3,47 d
4	5,40 b	1,41 c	3,82 b
6	5,49 a	1,31 d	4,18 a
8	5,37 b	1,53 a	3,50 d
<b>ES (x)</b>	0,012*	0,014*	0,027*
<b>p-Valor</b>	0,000	0,000	0,000

Medias seguidas por la misma letra en la columna no difieren entre sí para la prueba de Tukey a 5 %

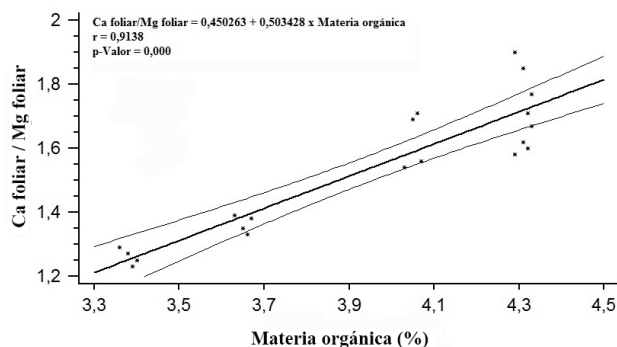
(\*) 95% de significación

se incrementa también la relación Ca/Mg en la planta indicadora.

El efecto de los niveles de gallinaza sobre los indicadores morfológicos de las plantas (Tabla 4), fue similar al obtenido en el resto de los anteriormente estudiados. Los mayores incrementos con respecto a 0 t ha<sup>-1</sup> en índices como la altura de las plantas, peso seco del tallo y diámetro del tallo se lograron con la aplicación de 8 t ha<sup>-1</sup> de gallinaza, en este último, sin diferencias estadísticas significativas con el nivel 6 t ha<sup>-1</sup>.

Por otra parte, indicadores como el peso seco de la raíz, peso seco del follaje y la materia seca total, evidenciaron los mayores índices con la aplicación de 6 t ha<sup>-1</sup>, en su mayoría con diferencias estadísticas y numéricas con el resto de los niveles. Estos resultados corroboran lo logrado por Quiñones (2017), al resaltar que la gallinaza puede contribuir a incrementar la producción agrícola, mejorar la productividad y calidad nutricional de los cultivos e incrementar el contenido de nutrientes de estos.

La correlación existente entre el porcentaje de materia orgánica y el peso seco de las raíces de las plantas indicadoras, con  $r=0,80^{**}$  (99 % de significación) (Figura 2),



**Figura 1.** Relación entre el porcentaje de materia orgánica y la relación Ca/Mg foliar

reconoce el efecto positivo que ejerce la misma sobre el crecimiento de las plantas y evidencia como a medida que aumentan los porcentajes de materia orgánica, se incrementa el peso seco de la raíz con un alto grado de significación. En tal sentido, Cajamarca *et al.* (2018) han expresado que este material tiene grandes ventajas para incrementar la producción de los cultivos, entre las más

**Tabla 3.** Efecto de los niveles de gallinaza sobre el porcentaje de nutrientes en el follaje

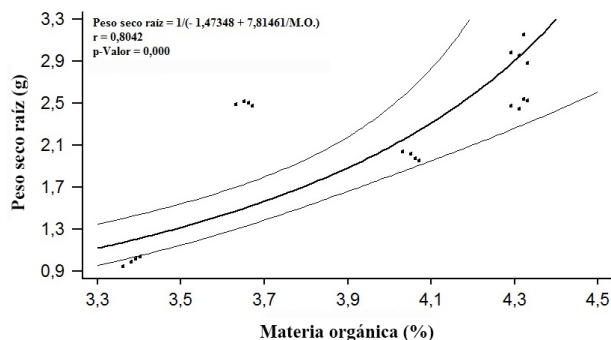
Niveles (t ha <sup>-1</sup> )	N	P	K	Ca	Mg
	(%)				
0	1,10 e	0,01 d	2,75 c	0,38 c	0,30 bc
2	1,26 c	0,10 c	2,95 b	0,59 a	0,36 a
4	1,70 a	0,11 bc	2,93 b	0,47 b	0,29 c
6	1,30 b	0,14 ab	2,97 ab	0,60 a	0,33 ab
8	1,17 d	0,16 a	3,00 a	0,37 c	0,27 c
<b>ES (x)</b>	0,012*	0,010*	0,012*	0,014*	0,011*
<b>p-Valor</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Medias seguidas por la misma letra en la columna no difieren entre sí para la prueba de Tukey a 5 %. (\*) 95% de significación

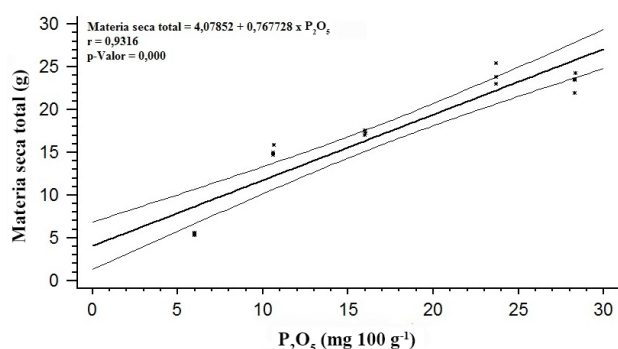
**Tabla 4.** Indicadores morfológicos de las plantas indicadoras a los 45 días de concluida la experiencia

Niveles (t ha <sup>-1</sup> )	AP	DT	PST	PSR	PSF	MST
	(cm)	(mm)	(g)			
0	18,50 d	4,43 d	2,00 e	1,00 d	2,50 <sup>d</sup>	5,50 e
2	35,25 c	5,75 c	8,00 d	2,00 c	5,07 <sup>c</sup>	15,07 d
4	37,70 bc	7,15 b	9,00 c	2,50 b	5,77 <sup>c</sup>	17,27 c
6	38,87 b	7,67 a	11,00 b	3,00 a	10,06 <sup>a</sup>	24,06 a
8	44,72 a	7,92 a	13,00 a	2,50 b	7,85 <sup>b</sup>	23,35 a
<b>ES (x)</b>	0,346*	0,949*	0,10*	0,042*	0,454*	0,484*
<b>p-Valor</b>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Los valores representan el promedio de tres plantas por réplicas. Medias seguidas por la misma letra en la columna no difieren entre sí para la prueba de Tukey a 5 %. (\*) 95% de significación. AP) altura de la planta; DT) diámetro del tallo; PST) peso seco tallo; PSR) peso seco raíz; PSF) peso seco del follaje; MST) materia seca total



**Figura 2.** Relación entre el porcentaje de materia orgánica y el peso seco de la raíz de la planta indicadora



**Figura 3.** Relación entre el contenido de fósforo asimilable y la materia seca total de la planta indicadora

importantes están el aporte de nutrientes como N, P y K, y el incremento de la materia orgánica del suelo.

La correlación positiva entre el fósforo asimilable y la materia seca total ( $r=0,93^{**}$ ) (Figura 3), establece la estrecha relación entre ambos. En investigaciones similares se demostró que el crecimiento de las plantas es atribuido al incremento del fósforo asimilable en el suelo (Soremi *et al.*, 2017). Es destacable que, Timsina (2018) demostró que el aumento en los indicadores de las plantas luego de la aplicación de gallinaza, debe ser asociado con el aporte de macronutrientes al suelo por el abono orgánico.

## CONCLUSIONES

El mejor nivel de gallinaza fue  $6 \text{ t ha}^{-1}$ , ya que en el suelo se logró el mayor valor de pH (agua) y el más bajo de acidez de cambio, la mayor relación Ca/Mg y el mayor porcentaje de materia orgánica, y en la planta los mejores contenidos foliares de nutrientes, mayor relación Ca/Mg y materia seca total. Los resultados muestran correlaciones positivas entre el porcentaje de materia orgánica, relación Ca/Mg foliar y la materia seca de las raíces, y entre los contenidos de fósforo asimilable en el suelo y la materia seca total.

## CONTRIBUCIÓN DE LOS AUTORES

**Amstrong Edison Agustín Vera Looor:** Extracción de muestras de suelo para el montaje del experimento, mezcla con el compuesto orgánico, siembra de la planta indicadora, traslado de muestras hacia el laboratorio de suelos para la recepción de los datos y redacción de las versiones de artículo para enviar a revista.

**Luz María Martínez:** Encargada del análisis químico en el laboratorio de las muestras de suelo y foliares.

**Ariany Colás Sánchez:** Verificación de los datos para conformar documento para publicación de artículo.

**Alfredo Reyes Hernández:** Contribuyó la extracción de muestras de suelo para el montaje del experimento, mezcla con el compuesto orgánico, siembra de la planta indicadora, procesamiento estadístico de los datos y revisión de las versiones de artículo para enviar a revista.

## BIBLIOGRAFÍA

- BARRETO, S. I. 2019. El enfoque de producciones más limpias en la práctica laboral del Ingeniero Químico. *Transformación*, 15 (2), 124-138.
- CAIRO, P. y REYES, A. 2010. *Edafología Práctica*. La Habana: Félix Varela. 149 p.
- CAJAMARCA, D. I., ALMEIDA, L. E. H. y DÍAZ, N. I. G. 2018. Evaluación del plan de administración ambiental para la granja avícola dos hermanos. *INNOVA Research Journal*, 3 (10.1): 42-54.
- CHOUDHURY, A., FELTON, G., MOYLE, J., *et al.* 2020. Fluidized bed combustion of poultry litter at farm-scale: Environmental impacts using a life cycle approach. *Journal of Cleaner Production*, 276: 124231.
- ESCOBAR, N., MORA, J. y ROMERO, N. 2015. Respuesta agronómica de *Zea mays* L., y *Phaseolus vulgaris* L. a la fertilización con compost. *Revista Luna Azul*, 37 (37): 18-29.
- ESPINOSA, J. 2000. Manejo de nutrientes en agricultura por sitios específico en cultivos tropicales. *En: British Sulphur Publishing. (Ed.). Memorias de 11<sup>th</sup> Fertilizer Latin America International Conference*. Cancún, México, pp. 13-22.
- GUÍA NORMATIVA METODOLÓGICA. 2000. *Análisis físico y químico del suelo en la Cartografía Edafológica*. Instituto Nacional de Estadística y Geográfica e Informática (INEGI), Quito, Ecuador.

- KOBIERSKI, M., BARTKOWIAK, A. and LEMANOWICZ, J. 2017. Impact of poultry manure fertilization on chemical and biochemical properties of soils. *Plant Soil Environment*, 63 (12): 558-563.
- LÓPEZ, A. y SEGOVIA, D. 2017. *Producción y Comercialización de Cacao Fino de Aroma en el Ecuador*. Versión Pública, Ecuador, 34 p.
- MAGAP. 2012. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca. Provincia de Manabí mapa de suelos-taxonomía. Disponible en: <http://geoportal.magap.gob.ec>. Consultado 23/05/2015.
- MARÍN-BATISTA, J. D., CASTRO, L. y ESCALANTE, H. 2015. Efecto de la carga orgánica de la gallinaza de jaula en el potencial de biometanización. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 17 (1): 18-23.
- MELGAR, R. 2005. Nuevos productos de fertilizantes. Principales conceptos e información presentada en el Taller Internacional de Fertilizante de eficiencia Mejorada. Frankfurt, Alemania. Disponible en: [http://www/fertilizando.com/articulos/Nuevos Fertilizantes.asp](http://www/fertilizando.com/articulos/Nuevos_Fertilizantes.asp). Consultado 23/05/2015.
- NIETO, A. y GONZÁLEZ, A. 2018. Destino sostenible de los residuos generados en las plantas de beneficio avícola. *AiBi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, 6 (1): 11-22.
- OROZCO, M. y THIENHAUS, S. 1997. Efecto de la gallinaza en plantaciones de cacao (*Theobroma cacao* L.) en desarrollo. *Agronomía Mesoamericana*, 8 (1): 81-92.
- QUIÑONES, A. T. A. 2017. Producción de biogás para el desarrollo sustentable: experiencias en municipios cubanos. Disponible en: <http://revista.congresouniversidad.cu/index.php/rcu/article>. Consultado 2/02/2022.
- ROMÁN, P., MARTÍNEZ, M. y PANTOJA, A. 2013. *Manual de compostaje del Agricultor. Experiencia en América Latina*. Oficina Regional para América Latina y el Caribe, FAO. Santiago de Chile, 112 p.
- SILVA, R. Á. y CAPA, E. D. 2014. *Establecimiento y validación de metodologías para el análisis de nitrógeno, fósforo y potasio en tejidos vegetales foliares*. Universidad Técnica y Particular de Loja, Ecuador, 117 p.
- SOIL SURVEY STAFF. 2014. *Claves para la Taxonomía de los Suelos, 12<sup>ma</sup> edición*. Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. Servicio de Conservación de Recursos Naturales, 410 p.
- SOREMI, A. O., ADETUNJI, M. T., ADEJUYIGBE, C., et al. 2017. Effects of poultry manure on some soil chemical properties and nutrient bioavailability to soybean. *Journal of Agriculture and Ecology Research International*, 11 (3): 1-10.
- TIMSINA, J. 2018. Can organic sources of nutrients increase crop yields to meet global food demand? *Agronomy*, 8 (10): 214.
- VDLUFA (Association of German Agricultural Analytic and Research Institutes). 1991. *Methods Book I "Soil Analysis" (1st-6th supplement delivery), 4th edn*. VDLUFA-Verlag, Darmstadt.



Artículo de libre acceso bajo los términos de una Licencia Creative Commons AtribuciónNoComercial-SinDerivar 4.0 Internacional. Se permite, sin restricciones, el uso, distribución, traducción y reproducción del documento, siempre que la obra sea debidamente citada.