

## ARTICLE / INVESTIGACIÓN

## Caracterización Química de Biofertilizantes Inoculados con Microorganismos de Montaña, en el Departamento De Copán, Honduras

### Chemical Characterization of Biofertilizers Inoculated with Mountain Microorganisms, in the Department of Copán, Honduras

Juan Manuel López Guevara, Kevin Javier Estévez Ramírez, Elena Mejía Arita, Elyn Antonieta Romero Zepeda, Francis Abel Díaz Chacón\*  
DOI. 10.21931/RB/2023.08.02.39

Universidad Nacional Autónoma de Honduras, Centro Universitario Regional de Occidente, Santa Rosa de Copán, Honduras.  
Corresponding author: [manuel.guevara@unah.edu.hn](mailto:manuel.guevara@unah.edu.hn)

**Resumen:** El estudio analizó las características químicas de diferentes tipos de biofertilizantes durante el proceso de fermentación, elaborados con diferentes sustratos orgánicos e inoculados con microorganismos de montaña, obtenidos de una zona del departamento de Copán, Honduras. Se planteó un diseño completamente al azar, cuyos tratamientos estaban constituidos por biofertilizantes formulados con microorganismos de montaña en medio líquido más diferentes sustratos orgánicos (estiércol de ganado bovino, de porcino, gallinaza y un grupo de control sin inoculación de microorganismos de montaña). Luego, se observaron y midieron las características químicas (materia orgánica, pH, conductividad eléctrica, relación carbono: nitrógeno), los macronutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio) y micronutrientes (zinc, hierro, cobre, manganeso y boro) de los biofertilizantes elaborados. El procesamiento de la información se realizó en hojas de cálculo de Excel y el programa estadístico InfoStat. Los resultados muestran que no se encontraron diferencias estadísticas entre los tratamientos en las características químicas, incluyendo los macro y micronutrientes, indicando que no hay variación entre el estiércol bovino, porcino, gallinaza y el grupo de control con respecto a los parámetros analizados. El biofertilizante no sufre variaciones en el tiempo de fermentación, aunque algunas características presentan variaciones en intervalos específicos de tiempo, pero que no indican la ocurrencia de cambios en el biofertilizante al final del tiempo de fermentación.

**Palabras clave:** Microorganismos de montaña, biofertilizantes, características químicas, macronutrientes, micronutrientes, proceso de fermentación, estiércol bovino, estiércol porcino, gallinaza.

**Abstract:** The study was focused on analyzing the chemical characteristics of different types of bio-fertilizers during the fermentation process, made with different organic substrates and inoculated with mountain microorganisms collected from a mountainous zone in the department of Copán, Honduras. A Completely Randomized Design was outlined, whose treatments were constituted by bio-fertilizers formulated with mountain microorganisms in a liquid medium plus different organic substrates (bovine, porcine and poultry manure and a control group without inoculation of mountain microorganisms). Then, chemical characteristics were analyzed and measured (organic matter, pH, electrical conductivity, carbon: nitrogen ratio), macronutrients (nitrogen, phosphorus, potassium, calcium, magnesium), and micronutrients (zinc, iron, copper, manganese and boron) of the obtained bio-fertilizers. The resulting information was processed using Excel-based worksheets and the InfoStat statistical program. The analysis results show no statistical differences among the treatments regarding the chemical features that were studied, including macro and micronutrients, indicating that there is no variation among bovine, porcine, and poultry manure and a control group concerning the parameters that have been analyzed. The analyzed biofertilizer does not suffer variation during fermentation time, even though some characteristics show variations in specific intervals of time. Still, they do not indicate the occurrence of changes in the biofertilizer during the whole fermentation time.

**Key words:** Mountain Microorganisms, bio-fertilizers, chemical characteristics, macronutrients, micronutrients, fermentation process, bovine manure, porcine manure, poultry manure.

## Introducción

Los microorganismos eficientes son una combinación de microorganismos beneficiosos constituidos por levaduras, bacterias productoras de ácido láctico, bacterias fotosintéticas y hongos de fermentación<sup>1,2</sup>. Se trata de microorganismos benéficos naturales, presentes en ecosistemas

naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros y capaces de coexistir en un cultivo líquido<sup>3</sup>. Los microorganismos de montaña (MM) se reconocen como un consorcio particular de microorganismos, compuesto principalmente por hongos y bacterias que representan habitantes natura-

**Citation:** López Guevara J M, Estévez Ramírez K J, Arita E M, Romero Zepeda E A, Díaz Chacón F A. Caracterización Química de Biofertilizantes Inoculados con Microorganismos de Montaña, en el Departamento De Copán, Honduras. *Revis Bionatura* 2023;8 (2) 39. <http://dx.doi.org/10.21931/RB/2023.08.02.39>

**Received:** 15 May 2023 / **Accepted:** 10 June 2023 / **Published:** 15 June 2023

**Publisher's Note:** Bionatura stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

**Copyright:** © 2022 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).



les de sistemas edáficos alrededor del mundo<sup>4</sup>.

La utilización de MM se ha promovido en los últimos años para la elaboración de biofertilizantes, que se definen como “productos tecnológicos elaborados con microorganismos benéficos que promueven el crecimiento de las plantas y les pueden proporcionar nutrientes”<sup>5</sup>. Los biofertilizantes contienen microorganismos provenientes de cepas eficientes que aceleran los procesos microbianos del suelo mejorando la asimilación de nutrientes por parte de las plantas<sup>6,7</sup>.

Diversos estudios se han realizado sobre la caracterización de MM en biofertilizantes<sup>8-12</sup> (y sobre la medición de efectos en cultivos<sup>1,4,8,13</sup>).

Se planteó la investigación buscando contribuir a llenar vacíos de conocimiento sobre el tema, al analizar la potencialidad de los MM y su viabilidad para la utilización en productos formulados a partir de éstos. La variabilidad de los insumos locales, la falta de definición sobre los tiempos de fermentación y almacenamiento, son aspectos que han sido percibidos en las experiencias observadas y consultadas.

El objetivo del estudio se enfocó en analizar las características químicas de biofertilizantes líquidos durante el proceso de fermentación, elaborados con diferentes sustratos orgánicos (estiércol de porcino, de bovino y gallinaza) inoculados con microorganismos de montaña, obtenidos de una zona de protección forestal en el departamento de Copán, Honduras.

## Materiales y métodos

### Diseño

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con 4 tratamientos y 3 repeticiones cada uno (12 unidades experimentales), constituidos por biofertilizante multimineral inoculado con MM: más estiércol de bovino (T1), más estiércol de porcino (T2), más gallinaza (T3) y sin adición de estiércol, grupo control (C). Además, se analizó la composición química de los biofertilizantes durante el tiempo de fermentación (TF): a los 15, 30, 45, 60 y 75 días.

### Entorno

El área de recolección y fermentación de los MM, fue la zona de Cocoyagua, localizada en el departamento de Copán, en el occidente de Honduras. Es una zona montañosa y de relieve irregular, con una altitud entre 900 y 1500 msnm, una precipitación entre 1300 y 1500 mm de agua por año y una temperatura entre 20 y 30° C<sup>14</sup>.

### Intervenciones

Para la obtención de los MM en medio sólido, se realizó la limpieza y desmenuzando de la hojarasca, a la cual se adicionó salvado de trigo, melaza y agua, mezclándolos para obtener un compuesto uniforme y compactándolo dentro de un barril para empezar el proceso de fermentación por 15 días. El producto obtenido está compuesto principalmente por hongos, levaduras, bacterias fotosintéticas y ácido láctico<sup>1,2</sup>.

Para la obtención de los MM en medio líquido se colocaron los MM sólidos en sacos de manta, para luego ser sumergidos en un barril con una mezcla de melaza y agua, y se dejó en reposo protegido de la luz, el sol y la lluvia por 15 días. Luego, se elaboraron los biofertilizantes de forma separada con cada uno de los estiércoles.

El proceso de adaptó a partir de formulaciones orgánicas artesanales desarrolladas en Honduras por organizaciones de productores, como Café Orgánico Marcala<sup>15</sup>, o procesos apoyados por instituciones como Plan Trifinio<sup>12,16,17</sup>, Zamorano y el Instituto Hondureño del Café. Tales experiencias se han basado en estudios desarrollados desde 1970<sup>2,3,9,13,18</sup>.

El muestreo se realizó extrayendo una cantidad del compuesto de cada recipiente para trasladarla al laboratorio debidamente protegida. Se tomaron muestras durante el proceso de fermentación, a los 15, 30, 45, 60 y 75 días, para realizar los siguientes análisis: materia orgánica (MO), pH, conductividad eléctrica (CE), relación carbono: nitrógeno (C: N), macroelementos (nitrógeno [N], fósforo [P], potasio [K], calcio [Ca], magnesio [Mg], azufre [S]) y microelementos (zinc [Zn], hierro [Fe], cobre [Cu], manganeso [Mn], boro [B]).

Se utilizaron los siguientes métodos para análisis: 1) N: Método Kjeldahl, AOAC 2001.11; 2) P: Digestión, determinándose por colorimetría de azul de molibdeno; 3) K, Ca, Mg, S, Cu, Fe, Mn, Zn, B: Digestión, determinándose por espectrometría de absorción atómica de llama acetileno-aire (AOAC 965.09). 4) Para determinación del pH y CE, se utilizó un medidor multiparámetro (marca ORBECO). 5) Para la cuantificación de la MO: Cenizas, gravimetría.

### Análisis de datos

Se realizó utilizando hojas de cálculo de Excel y el programa estadístico InfoStat. La variación se estudió a través de un análisis de varianza (ANOVA), determinando las variaciones con niveles de significancia  $\alpha = 0.05$ . Posteriormente, se realizaron pruebas de rango post ANOVA (prueba de la diferencia honesta significativa [DHS] de Tukey, con un nivel de significancia  $\alpha = 0.05$ ), para determinar las diferencias particulares entre cada uno de los tratamientos y entre cada uno de los tiempos de fermentación.

## Resultados

### Características químicas de los biofertilizantes

En la tabla 1 se consignan las características químicas de los biofertilizantes obtenidos de los cuatro tratamientos.

En la tabla 2 se consignan las características químicas de los biofertilizantes obtenidos en función al tiempo de fermentación.

### pH

El pH obtenido entre los tratamientos es cercano al neutro, entre 5.86 (T1) y 6.19 (T2), con una media de 6.10. En el tiempo de fermentación se muestra una variación de pH desde 5.78 a los 15 días a 5.99 a los 75 días, encontrándose los niveles más altos de pH a los 45 días (6.76) mostrándose diferencias significativas al nivel de confianza de  $\alpha = 0.05$  durante el tiempo de fermentación.

### Conductividad eléctrica (CE)

El biofertilizante inoculado con MM más gallinaza (T3) presenta los valores más altos (71.9 mS/cm), mientras que el tratamiento con estiércol de bovino (T1) presenta los más bajos (65.5 mS/cm); sin embargo, no se encontraron diferencias entre los tratamientos ( $\alpha = 0.05$ ). En el tiempo de fermentación, se muestra que la conductividad eléctrica descende, de 73.13 mS/cm a los 15 días, a 65.31 mS/cm a

los 75 días (Tabla 2).

### Materia orgánica (MO)

Se muestra que el contenido de MO no difiere entre los estiércoles utilizados (3.13%). Por su parte, en el tiempo de fermentación, los valores se mantienen estables en 3.5% de MO desde los 30 días hasta el final del mismo (Figura 1).

### Relación carbono: nitrógeno (C: N)

Entre los tratamientos se presenta una media de 1.8:1 en los valores de la relación C: N, siendo el T3 el que presenta los valores más bajos (1.56:1) y el C, los valores más elevados (1.95). La relación C: N durante el tiempo de fermentación fue desde 0.98:1 a los 15 días hasta 2.0:1 a los 75 días (Fig. 2), mostrando diferencias significativas ( $\alpha = 0.05$ ) entre las medias durante el período analizado.

### Macronutrientes de los biofertilizantes

Se obtuvieron datos del contenido de macronutrientes (N, P, K, Ca, Mg y S) para el biofertilizante multimineral, cuyos resultados se presentan en la Tabla 3.

Se analizó el contenido de macronutrientes del compuesto elaborado en el tiempo de fermentación, a los 15, 30, 45, 60 y 75 días (Tabla 4).

### Nitrógeno (N)

El contenido de N promedio entre los tratamientos fue cercano al 1%, el mismo que se mantuvo hasta el final del tiempo de fermentación. Sólo se encontró diferencias en el T3 (biofertilizante con gallinaza), que presenta un 1.17%.

### Fósforo (P)

Los valores de P son bastante bajos en todos los tratamientos, no se encontró diferencias estadísticas entre éstos. Cabe resaltar que en el tratamiento T3 (biofertilizante con gallinaza) se tuvo los niveles más bajos (0.36%).

El contenido de P en el tiempo de fermentación muestra un incremento de los valores desde 0.44% a los 15 días hasta 0.53% a los 75 días, registrándose, no obstante, una disminución en el período de los 30 a los 60 días. Las mayores diferencias estadísticas durante el tiempo de fermentación se muestran entre los 30 y los 75 días (Figura 3).

Característica analizada	T1	T2	T3	C
pH	5.86	6.19	6.10	6.18
Conductividad eléctrica (CE), mS/cm	65.5	67.13	71.9	68.3
Materia orgánica (MO), %	3.06	3.02	3.02	3.42
Relación carbono/nitrógeno (C: N)	1.90	1.80	1.56	1.95

Tabla 1. Características químicas de los biofertilizantes en los tratamientos (T).

T1: biofertilizante inoculado con MM más estiércol de bovino.

T2: biofertilizante inoculado con MM más estiércol de porcino.

T3: biofertilizante inoculado con MM más gallinaza.

C: Biofertilizante sin adición de estiércol.

Característica analizada	15	30	45	60	75
pH	5.78	5.88	6.76	6.00	5.99
Conductividad eléctrica (CE), mS/cm	73.1	69.67	65.94	66.90	65.3
Materia orgánica (MO), %	1.78	3.45	3.55	3.43	3.45
Relación carbono/nitrógeno (C: N)	0.98	1.91	2.04	2.02	2.00

Tabla 2. Características químicas de los biofertilizantes en función al tiempo de fermentación (días).

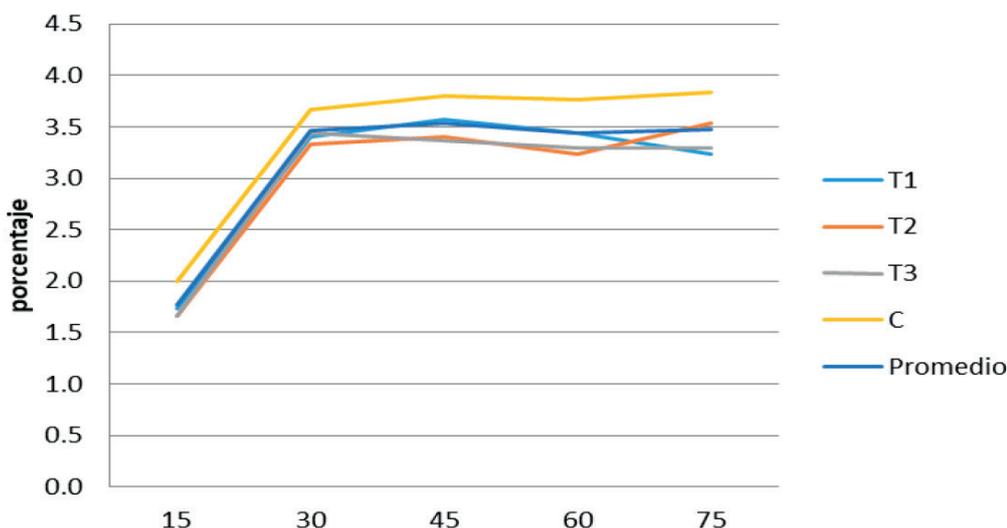
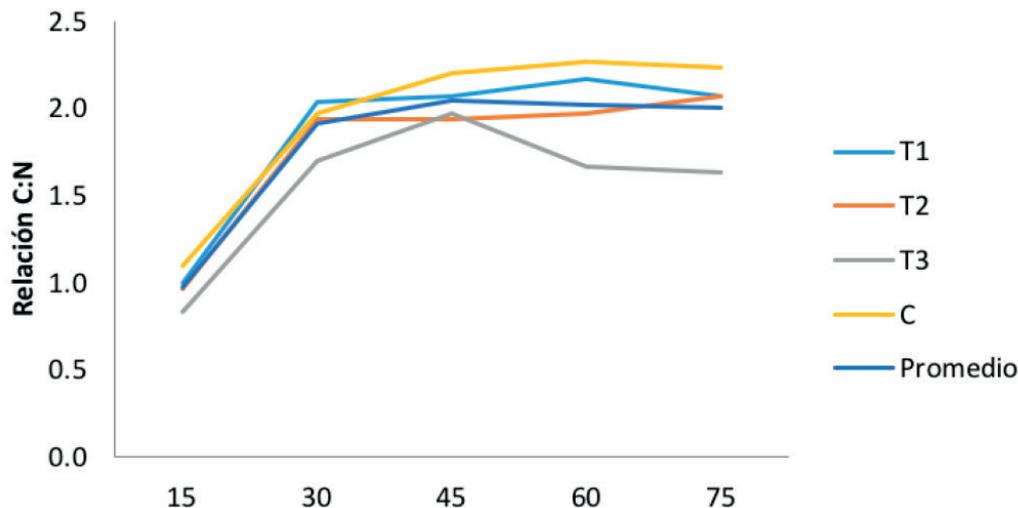


Figura 1. Materia orgánica (%) registrada en los biofertilizantes en el tiempo de fermentación (días).



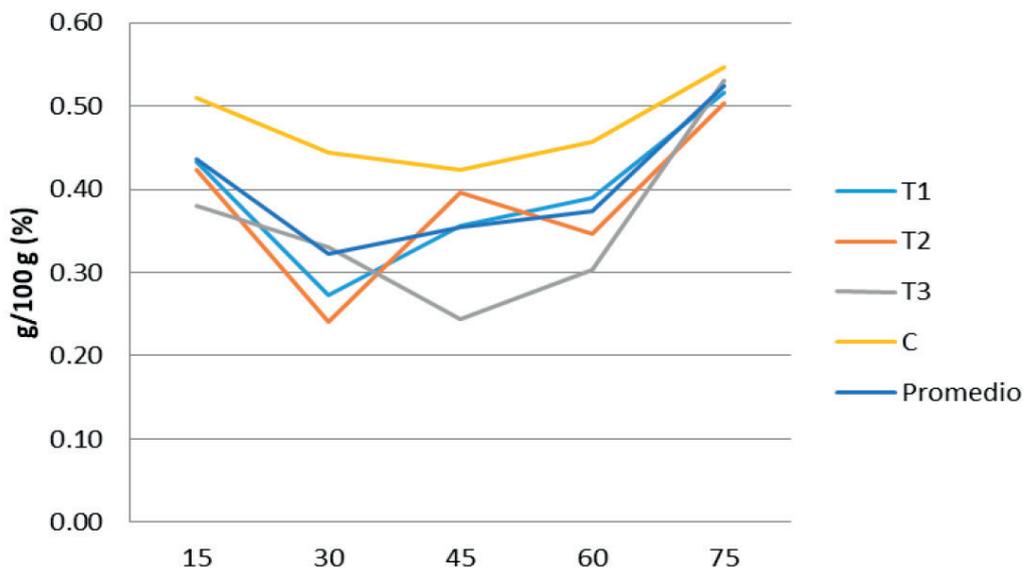
**Figura 2.** Relación C: N registrada en los biofertilizantes en el tiempo de fermentación (días).

Característica analizada	T1	T2	T3	C
Nitrógeno (N)	0.96	0.98	1.17	1.02
Fósforo (P)	0.39	0.38	0.36	0.48
Potasio (K)	1.43	1.50	1.60	1.46
Calcio (Ca)	0.68	0.56	0.51	0.68
Magnesio (Mg)	0.18	0.12	0.14	0.14
Azufre (S)	0.62	0.64	0.68	0.68

**Tabla 3.** Contenido de macronutrientes (%) de los biofertilizantes en los tratamientos (T).

Característica analizada	15	30	45	60	75
Nitrógeno (N)	1.06	1.06	1.03	1.00	1.02
Fósforo (P)	0.44	0.32	0.36	0.38	0.53
Potasio (K)	1.92	1.20	1.58	1.46	1.34
Calcio (Ca)	0.53	0.40	0.46	0.50	1.16
Magnesio (Mg)	0.08	0.09	0.24	0.20	0.13
Azufre (S)	0.77	0.59	0.48	0.47	0.97

**Tabla 4.** Contenido de macronutrientes (%) de los biofertilizantes en el tiempo de fermentación.



**Figura 3.** Contenido de fósforo (%) en los biofertilizantes durante el tiempo de fermentación (días).

### Potasio (K)

Los valores más bajos de K se registran en el T1 (1.43%) mientras que los más elevados se encontraron en el T3 (1.60%), aunque no existen diferencias estadísticas significativas entre las medias de los tratamientos.

Se muestra una disminución del potasio durante el tiempo de fermentación desde 1.92% a los 15 días hasta 1.34% a los 75 días (Fig. 4). Se observa que el decrecimiento en el contenido de K en los biofertilizantes durante el período de fermentación es más acentuado en la medición a los 30 días de fermentación.

### Calcio (Ca)

Entre los tratamientos, no se presenta variación en los valores de Ca, encontrándose entre 0.51% en el tratamiento 3 (gallinaza) y 0.68% en el tratamiento 1 (estiércol de bovino) y el control (sin estiércol).

En cuanto al tiempo de fermentación (Fig. 5), los resultados muestran valores estables en los primeros 4 momentos de medición (0.53% a los 15 días y 0.50% a los 60 días); sin embargo, la medición a los 75 días mostró un incremento de Ca hasta 1.16% con respecto a los resultados de obtenidos a los 60 días.

### Magnesio (Mg)

El T1 (estiércol bovino) muestra el promedio más alto de Mg, con 0.18%, mientras que el T2 (estiércol de porcino) muestra el más bajo (0.12%), aunque no se presentan diferencias estadísticas entre las medias de los tratamientos.

El contenido de Mg en los biofertilizantes varía durante todo el período de fermentación, mostrando valores que van desde 0.08% (a los 15 días) hasta 24% (a los 45 días).

### Azufre (S)

El contenido de S entre los tratamientos es bastante uniforme, y va desde 0.62% en el T 1 (estiércol de bovino), hasta 0.68% en el T 3 (gallinaza) y el control.

Los valores de S encontrados en el biofertilizante en el período de fermentación oscilan entre 0.77% a los 15 días y 0.97% a 75 días, sufriendo un descenso en las mediciones intermedias del tiempo de fermentación (véase Fig. 6).

### Micronutrientes de los biofertilizantes

En la tabla 5 se consigna el contenido de micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn, B) en los biofertilizantes obtenidos en los cuatro tratamientos.

Asimismo, en la tabla 6 se consigna el contenido de micronutrientes (Cu, Fe, Mn, Zn, B) obtenidos en función al tiempo de fermentación.

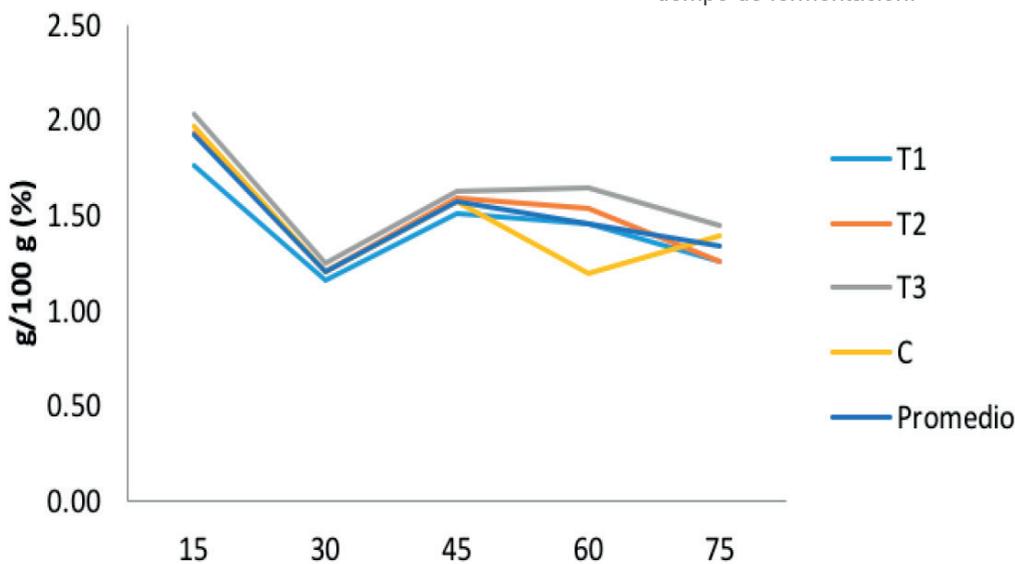


Figura 4. Contenido de potasio (%) en los biofertilizantes durante el tiempo de fermentación (días).

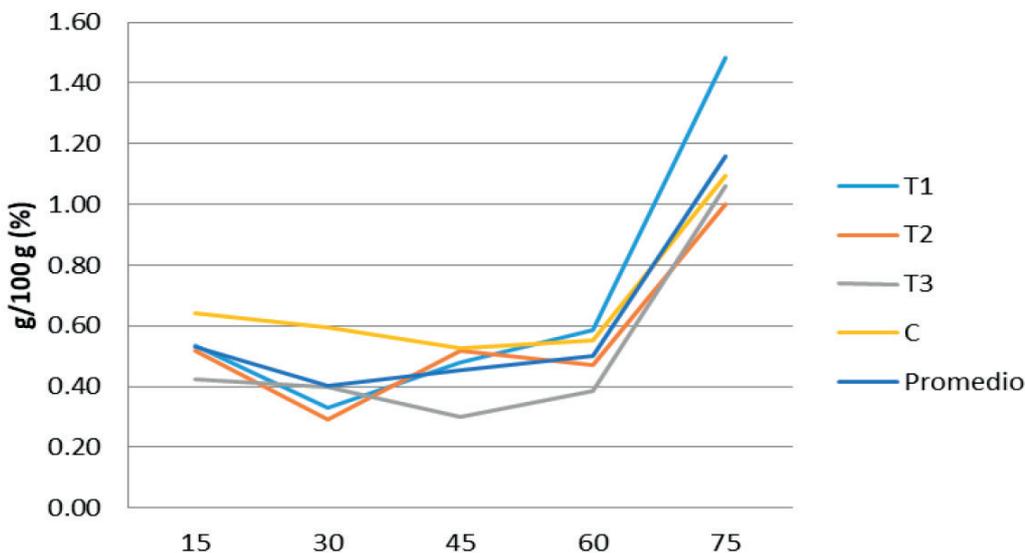


Figura 5. Contenido de calcio (%) en los biofertilizantes durante el tiempo de fermentación (días).

### Cobre (Cu)

El tratamiento 2 (estiércol de porcino) muestra los valores de Cu más bajos, de 0.1065%, mientras que en el control se encuentran los más altos, 0.1392%. En el tiempo de fermentación, los valores de Cu registrados se mantienen bastante uniformes, registrándose un 0.1265% a los 15 días, y un 0.1136% a los 75 días (Tabla 6). No existe variación estadística ( $\alpha = 0.05$ ) entre las medias entre los tratamientos, ni en el tiempo de fermentación.

### Hierro (Fe)

Los valores más bajos se encuentran en el T2 (estiércol de cerdo), con 0.0037%, mientras que los más altos se muestran en el C (control) con 0.0048%, aunque no se presenta variación entre los tratamientos.

En el tiempo de fermentación, el contenido de Fe presenta promedios de 0.0042%, con valores desde 0.0026% (a los 30 días), hasta 0.0057% (a los 60 días), observándose diferencias significativas durante el período de fermentación (Figura 7).

### Manganeso (Mn)

El T3 (gallinaza) presenta los valores más bajos de Mn (0.5043%), mientras que el control muestra los más altos (0.6028%), aunque no existe variación entre los tratamientos.

Los valores de Mn en el biofertilizante van desde 0.4680% a los 15 días y alcanzan 0.7894% a los 75 días

(Fig. 8). En general, los valores de Mn muestran una tendencia a incrementarse de manera constante a lo largo de todo el proceso de fermentación a partir de los 30 días, aunque las mayores variaciones se presentan entre los 60 y los 75 días.

### Zinc (Zn)

El T3 muestra los valores más bajos de Zn (0.2702%), mientras que el control muestra los valores más elevados (0.3429%), aunque no existen diferencias estadísticas entre los tratamientos.

El contenido de Zn se encuentra en 0.2961% a los 15 días y se eleva a 0.4155% al final del tiempo de fermentación, mostrando una tendencia creciente a partir de los 30 días, que indica variación en el contenido de Zn en el tiempo de fermentación.

### Boro (B)

En este caso, el grupo de control presenta los valores más bajos de B, con 0.2431%, mientras que el tratamiento 3 (gallinaza) muestra los valores más elevados 0.3226%, aunque no existen diferencias estadísticas de los valores de B entre los tratamientos.

El contenido de B muestra una tendencia decreciente a partir de los 30 días, en la que los valores van desde 0.33% a los 30 días, hasta 0.18% a los 75 días; lo que indica diferencias estadísticas en el contenido de B durante el período del proceso de fermentación.

Característica analizada	15	30	45	60	75
<b>Cobre (Cu)</b>	0.1265	0.0981	0.1239	0.1338	0.1136
<b>Hierro (Fe)</b>	0.0045	0.0026	0.0044	0.0057	0.0041
<b>Manganeso (Mn)</b>	0.4680	0.4513	0.5110	0.5512	0.7894
<b>Zinc (Zn)</b>	0.2961	0.2366	0.2702	0.3260	0.4155
<b>Boro (B)</b>	0.2519	0.3263	0.2831	0.2818	0.1789

Tabla 6. Contenido de micronutrientes (%) de los biofertilizantes en el tiempo de fermentación.

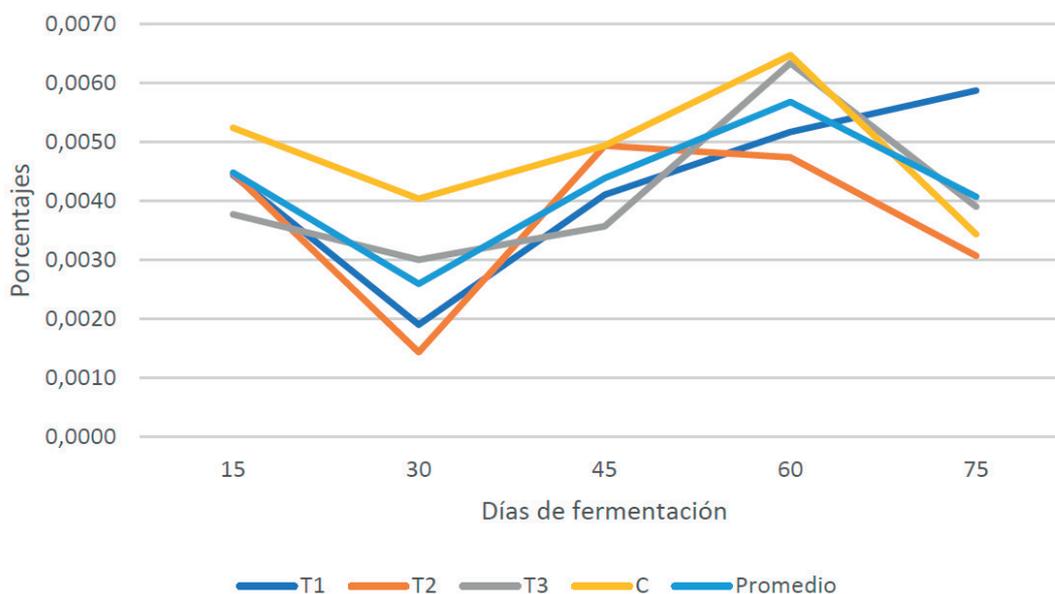


Figura 6. Contenido de azufre (%) en los biofertilizantes durante el tiempo de fermentación (días).

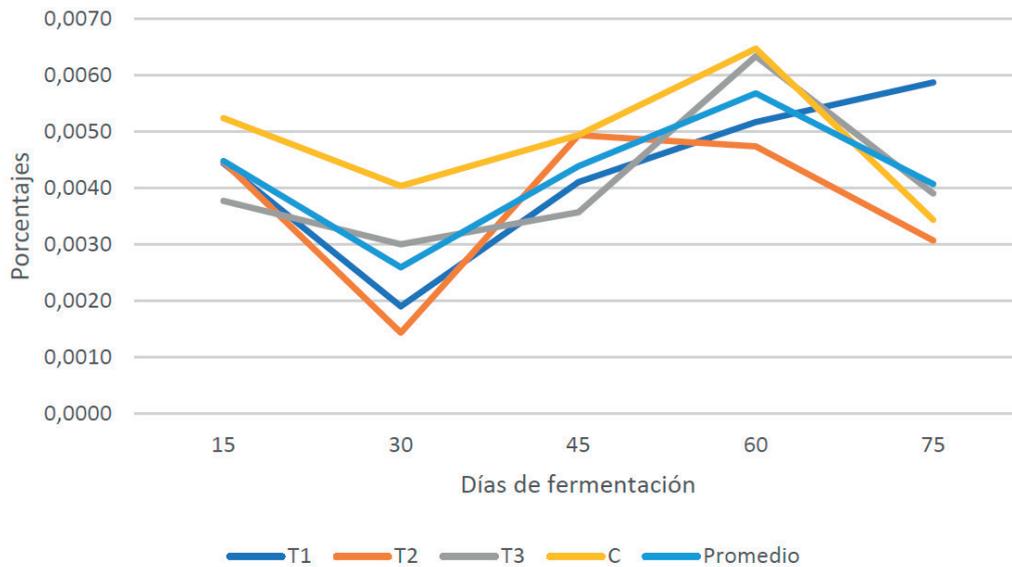


Figura 7. Contenido de hierro (%) en los biofertilizantes en el tiempo de fermentación (días).

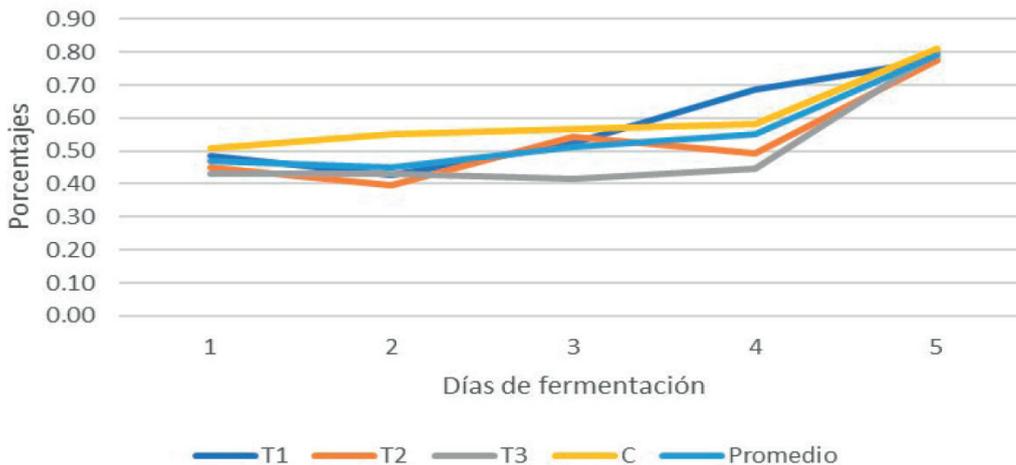


Figura 8. Contenido de manganeso (%) en los biofertilizantes en el tiempo de fermentación (días).

## Discusión

Los valores de CE (65.31 mS/cm) son muy altos, en relación a otros estudios cotejados (Zagoya et al, 2015; Pérez et al, 2017), quienes reportan valores que fluctúan entre 8 y 23 mS/cm; lo que indica que los biofertilizantes caracterizados son extremadamente salinos, con altos niveles de sólidos disueltos en forma de iones, lo que podría dificultar el manejo de la fertilización y causar problemas de toxicidad en las plantas<sup>11,19</sup>.

Los valores de la relación C:N son bajos (1.8:1) en comparación con los cotejados de otros biofertilizantes (Soto y Meléndez, 2004) y los parámetros referenciales señalados por autores como Vásquez (2008) y Garro (2016), lo que podría indicar la presencia de alto contenido de N amoniacal, por el aporte de estiércoles adicionados a la mezcla (Garro, 2016)<sup>8,20,21</sup>. El ajuste de los volúmenes de estiércoles, y la adición de materiales con un mayor contenido de C podría ser una medida para incrementar la relación C: N hasta niveles óptimos, al incrementar la presencia de C y a la vez, a reducir pérdidas de N en forma de amoníaco a la atmósfera.

Los valores de N (1%), P (0.4%) y K (1.5%) se mues-

tran similares a los de otros biofertilizantes artesanales. En el N, otros estudios reportan registros entre 0.4 a 0.7% (Araya, 2010), hasta de 2.6% (Vásquez, 2008)<sup>13,8</sup>. Soto y Meléndez, (2004) definen rangos óptimos para el P en biofermentos, entre 0.15 y 1.15%<sup>20</sup>. En el K, diferentes investigaciones muestran variaciones desde 0.08% hasta 1.61%<sup>11,13,18</sup> (Araya, 2010; Zagoya et al, 2015; Pacheco et al, 2017).

El Ca y el Mg presentan valores altos (0.61% y 0.15% respectivamente), con respecto a los registros de otros estudios, probablemente por la adición de insumos utilizados en la elaboración de la fase orgánica y mineral<sup>9,11,18,22</sup>.

Los valores de micronutrientes del biofertilizante son semejantes con respecto a los obtenidos en estudios como el de Pacheco et al (2017) y Zagoya et al (2015), y mayores a los obtenidos en otros estudios (Suárez, 2009; Araya, 2010). Podría indicarse que, entre las características del biofertilizante estudiado se encuentra el aporte de micronutrientes para la nutrición vegetal<sup>9,11,13,18</sup>.

Aunque los porcentajes de NPK son bajos comparados con fertilizantes foliares comerciales, que reportan porcentajes mayores concentraciones de estos nutrientes, los biofertilizantes analizados podrían ser importantes como complemento de la fertilización granular, por su aporte en

macronutrientes secundarios (Ca, Mg y S) y micronutrientes<sup>23</sup>.

Los biofertilizantes elaborados artesanalmente, presentan una gran heterogeneidad en las concentraciones de nutrientes y otros parámetros químicos entre diferentes biofertilizantes estudiados, dependiendo de factores, como los insumos utilizados, "el tipo de digestor y el proceso anaeróbico"<sup>10</sup> (Warnars y Oppenoorth, 2014). En el caso de los estiércoles, las variaciones dependen de factores como especie, edad y alimentación del animal, así como del manejo del estiércol previo a ser utilizado (Barbazán, del Pino, Moltini, Hernández y Rodríguez, 2011).

La influencia de los microorganismos sobre el contenido de nutrientes del biofertilizante es, a su vez, muy diversa. Las interacciones tanto benéficas como antagónicas entre los microorganismos de un biofertilizante pueden afectar las concentraciones de nutrientes<sup>25</sup>. Suárez, (2009), citando a Matsuzaki, (2001), establece que el contenido de N decrece por la alta actividad microbiana y el consumo por bacterias y otros organismos que lo necesitan para la formación de biomasa<sup>9</sup>. Algunos hongos filamentosos y bacterias tienen la capacidad de solubilizar compuestos ricos en P que no está disponible para las plantas<sup>26</sup>. Varias enzimas, liberan P soluble a partir de compuestos orgánicos en el suelo<sup>27</sup>. Diversos estudios han evaluado la capacidad solubilizadora de K por parte de microorganismos<sup>28</sup>.

Entre las debilidades atribuidas a los biofertilizantes, en particular los que utilizan MM, está la aplicación de métodos no estandarizados en su elaboración y la falta de definición de indicadores de calidad<sup>11,13</sup>. Se requiere trabajar en la elaboración de formulaciones homogéneas y estables, en las que se demuestre su efectividad, tanto en la planta como en el suelo<sup>9,13</sup>.

El estudio genera elementos que pueden servir para estudios posteriores: efectos de biofertilizantes en cultivos específicos; formulaciones para etapas específicas de cultivos; aislamiento de microorganismos específicos; interacciones entre microorganismos y de estos con factores fisicoquímicos. Aspectos encontrados en el estudio señalan puntos críticos de los insumos en la elaboración de los biofertilizantes a fin de lograr el ajuste de factores como el pH, la CE, la relación C: N y las concentraciones de nutrientes.

## Conclusiones

Los biofertilizantes analizados no presentan diferencias estadísticas entre sus tratamientos, es decir, entre los estiércoles analizados, ni en sus características químicas ni en sus contenidos de nutrientes, exceptuando en el contenido de nitrógeno.

Los biofertilizantes analizados presentan diferencias estadísticas durante el tiempo de fermentación, en sus características químicas y en la mayoría de sus contenidos de nutrientes evaluados (exceptuando en el N y el Cu).

Los valores de los macronutrientes primarios (NPK) son bajos en los biofertilizantes analizados. No obstante, debe considerarse que el énfasis de la fertilización foliar no está en suplir estos macronutrientes, ya que las hojas solo son capaces de absorber cantidades relativamente pequeñas de nutrientes en relación a la demanda de las plantas.

Los valores de los micronutrientes en el biofertilizante representan un buen aporte de nutrientes, considerando que son elementos requeridos en cantidades muy pequeñas por las plantas, y que pueden ser absorbidos por vía

foliar.

Los valores de CE y relación C: N requieren especial atención en los biofertilizantes analizados, ya que mientras la CE está muy por encima, la relación C: N está por debajo de los parámetros aceptables de otros biofertilizantes.

## Agradecimientos

A la Coordinación Regional de Investigación Científica del CUROC, por todo el apoyo en la ejecución de la investigación. A la Dirección de Investigación Científica de la UNAH, por el apoyo para el desarrollo del estudio a través de la beca de investigación y la asesoría brindada.

También agradecemos las gestiones realizadas por el Dr. Elías García Urquía quien fungió como jefe del Departamento de Gestión de la Investigación para la Innovación Tecnológica (INNOVATEC) de la Dirección de Investigación Científica, Humanística y Tecnológica (DICHT) de la UNAH.

## Referencias bibliográficas

1. Toalombo Iza, Rita Maribel. Evaluación de microorganismos eficientes autóctonos aplicados en el cultivo de cebolla blanca (*Allium fistulosum*). (Tesis de Licenciatura). Ceballos, Ecuador: Universidad Técnica de Ambato. 2012.
2. Acosta, H. Microorganismos eficientes de montaña: evaluación de su potencial bajo manejo agroecológico de tomate en Costa Rica. Tesis de maestría. Turrialba, C. R.: CATIE. 2012.
3. Higa, T. y Parr, J. (s. f.). Microorganismos benéficos y efectivos para una agricultura y medio ambiente sostenibles. Beltsville, Maryland: Centro Internacional de Investigación de Agricultura Natural.
4. Umaña, S., Rodríguez, K. y Rojas, C. ¿Funcionan realmente los microorganismos de montaña (MM) como una estrategia de biofertilización? Revista de Ciencias Ambientales. 2017, 51 (2), 133 – 144. DOI:<http://dx.doi.org/10.15359/rca.51-2.7>
5. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación [SAGARPA]. Manual teórico práctico. Los biofertilizantes y su uso en la agricultura. México, D. F.: SAGARPA-COFUPRO-UNAM. 2013.
6. Pontificia Universidad Javeriana. Tecnologías relacionadas con biofertilizantes. Boletín Tecnológico. Bogotá, Colombia: Superintendencia de Industria y Comercio. 2014.
7. Aguado, G. Uso de microorganismos como biofertilizantes. En: G. Aguado (Ed.). Introducción al uso y manejo de los biofertilizantes en la agricultura (pp. 35-78). Mexico: INIFAP/SAGARPA. 2012.
8. Vásquez Proaño, Diego. Producción y evaluación de cuatro tipos de bioabonos como alternativa biotecnológica de uso de residuos orgánicos para la fertilización de pastos. (Tesis de Licenciatura). Riobamba, Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. 2008.
9. Suárez Segura, Diomara Margarita. Caracterización de un compuesto orgánico producido en forma artesanal por pequeños agricultores en el departamento del Magdalena. (Tesis de Maestría). Santa Marta, Colombia: Universidad Nacional de Colombia. 2009.
10. Warnars, L. y Oppenoorth, H. El biol: el fertilizante supremo. Estudio sobre el biol, sus usos y resultados. Países Bajos: Hivos. 2014.
11. Zagoya, J., Ocampo, J., Ocampo, I., Macías, A., y de la Rosa, P. Caracterización fisicoquímica de biofermentados elaborados artesanalmente. Revista de Ciencias Biológicas y de la Salud, 2015, 18 (1): 14-19.
12. Zeballos Heredia, María Fernanda. Caracterización de microorganismos de montaña (MM) en biofertilizantes artesanales. (Tesis de Licenciatura). Zamorano, Honduras: EAP. 2017.

13. Araya Alpízar, Fernando. Producción y caracterización de bi-oles para su uso en el cultivo de banano (*Musa Sp*), Río Frío, Sarapiquí, Heredia, Costa Rica. (Tesis de Licenciatura). Cartago, C. R.: ITCR. 2010.
14. Consejo Intermunicipal Higuato. Plan de desarrollo municipal de Dolores, Copán. Dolores, Copán: Municipalidad de Dolores Copán. 2018.
15. Café Orgánico Marcala S. A. (COMSA). Manual de biotecnologías orgánicas. Marcala, Honduras: BID-OMIN. 2016.
16. Suchini, J. Innovaciones agroecológicas para una producción agropecuaria sostenible en la región del Trifinio. Turrialba, C. R.: CATIE. 2012.
17. Instituto Hondureño del Café. Cartilla 8: Fertilización de los cafetales. Tegucigalpa, Honduras: BID-OMIN, SNV. 2016.
18. Pacheco, F., Borrero, G. y Villalobos, M. Evaluación de la calidad bioquímica resultante de biofermentos agrícolas para uso de familias productoras orgánicas. Cartago, C. R.: Red de Coordinación en Biodiversidad. 2017.
19. Pérez, M., Peña, E., Lago, S., Batista, Y. y Hechavarría, A. (s. f.). Producción de biol y determinación de sus características físico-químicas. La Habana: Universidad de Las Tunas.
20. Soto, G. y Meléndez, G. Cómo medir la calidad de los abonos orgánicos. Manejo Integrado de Plagas y Agroecología (Costa Rica), 2004, 72, 91-97.
21. Garro, J. El suelo y los abonos orgánicos. San José, Costa Rica: INTA. 2016.
22. Ormeño, M., Ovalle, A., Terán, N. y Rey, J. Evaluación de diferentes abonos orgánicos en el desarrollo de plantas de guayaba y calidad de los suelos en vivero. *Agronomía Tropical*, 2013, 63 (1-2): 73-84.
23. Grupo DISAGRO S. A. Foliar. Disponible en: <https://www.disagro.com/uso/foliar>
24. Barbazán, M., del Pino, A., Moltini, C., Hernández, J., y Rodríguez, J. Caracterización de materiales orgánicos aplicados en sistemas agrícolas intensivos de Uruguay. *Agrociencia Uruguay*, 2011, 15 (1) 82-92.
25. Frioni, L. Microbiología: básica, ambiental y agrícola. Montevideo, Uruguay: Universidad de la República. 2006.
26. Ferrera, R. y Alarcón, A. La microbiología del suelo en la agricultura sostenible. *Ciencia Ergo Sum*, 2001, 8 (2) 174 – 183.
27. Sarabia, M., Madrigal, R., Martínez, M., y Carreón, Y. Plantas, hongos micorrízicos y bacterias: su compleja red de interacciones. *Biológicas*, 2010, 12 (1), 65–71.
28. Restrepo, S., Pineda, E., Ríos, L. Mecanismos de acción de hongos y bacterias empleados como biofertilizantes en suelos agrícolas: una revisión sistemática. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria*, 2017, 18(2), 335-351. DOI: <http://dx.doi.org/10.21930/>