

# CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE BIOFERMENTADOS ELABORADOS ARTESANALMENTE

## PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF HANDMADE BIOFERMENTS

Joaquín Zagoya Martínez<sup>1\*</sup>, Juventino Ocampo Mendoza<sup>1</sup>, Ignacio Ocampo Fletes<sup>1</sup>, Antonio Macías López<sup>1</sup>, Patricia De La Rosa Peñaloza<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Colegio de Postgraduados, Campus Puebla. Km. 125.5 Carretera Federal México-Puebla, Boulevard Forjadores, C.P. 72760, Puebla, Pue. (222) 285 14 42.

<sup>2</sup> Escuela de Agronomía, Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla. 21 Sur 1103 Barrio Santiago C.P. 72410, Puebla, Pue. (222) 229 94 00.

### RESUMEN

La utilización de insumos sintéticos en la agricultura ha representado el incremento de cosechas. Sin embargo, en el caso de los fertilizantes químicos, su inadecuado uso y aplicación ha generado deterioro ambiental, por lo que es importante buscar alternativas en la nutrición de cultivos. Una opción factible y ecológica son los biofermentados artesanales. El objetivo de este trabajo fue elaborar tres biofermentados y caracterizarlos en sus propiedades físico-químicas para ser utilizados en posteriores investigaciones. Se utilizó un biodigestor aeróbico y dos anaeróbicos, todos estacionarios de 200 litros. El muestreo se realizó a los 15 y 45 días después de su elaboración. Los resultados del análisis físicoquímico se encontraron entre los siguientes valores: pH de 5,09 a 6,12, conductividad eléctrica de 7,83 a 10,39 mmhos  $\text{cm}^{-1}$ . En contenido total: nitrógeno de 0,34 a 0,64%, fósforo de 28 a 127  $\text{mg L}^{-1}$ , potasio de 1651 a 1816  $\text{mg L}^{-1}$ , calcio de 752 a 1332  $\text{mg L}^{-1}$ , magnesio de 286 a 701  $\text{mg L}^{-1}$  y hierro 7,08 a 18,7  $\text{mg L}^{-1}$ . Los resultados muestran bajo contenido de nitrógeno total, sin embargo presenta valores aceptables en potasio, calcio y magnesio, lo que puede significar un complemento o sustitución a la fertilización química.

**Palabras clave:** abono líquido fermentado, biodigestión, biofertilizante, biol.

### ABSTRACT

The use of synthetic inputs in agriculture has shown increased yields. However, in the case of chemical fertilizers, improper use and application has generated environmental degradation, so it is important to seek alternatives in crop nutrition. One feasible and ecologic option are hand-crafted bioferments. The aim of this study was to develop and physicochemically characterize three bioferments for use in further research. An aerobic and two anaerobic stationary 200-liter digesters were used. Sampling was performed at 15 and 45 days after processing. The results of physicochemical analysis were found between the following values: pH 5.09 to 6.12, electrical conductivity 7.83 to 10.39 mmhos  $\text{cm}^{-1}$ . In total content: 0.34 to 0.64% nitrogen, 28 to 127  $\text{mg L}^{-1}$  phos-

phorus, 1651 to 1816  $\text{mg L}^{-1}$  potassium, 752 to 1332  $\text{mg L}^{-1}$  calcium, 286 to 701  $\text{mg L}^{-1}$  magnesium and 7.08 to 18.7  $\text{mg L}^{-1}$  iron. The results show low total nitrogen content, however has acceptable levels of potassium, calcium and magnesium, which can mean a complement or substitute to chemical fertilizers.

**Keywords:** biodigestion, biofertilizer, biol, fermented liquid manure.

### INTRODUCCIÓN

El ser humano modificó su modo de vida al desarrollar la capacidad para cultivar alimentos. Los avances permanentes que se han dado en la agricultura (convencional), favorecieron al incremento en los rendimientos de las cosechas, a través de modificaciones genéticas en los cultivos, uso de agroquímicos y mecanización de las actividades agrícolas. Sin embargo, esta mejora en la producción ha mostrado en los últimos años el abuso de tecnologías derivadas de la revolución verde, causando daños en el medio ambiente y comprometiendo la disponibilidad de recursos naturales (suelo, agua, aire, biodiversidad y energía); esto aunado al excesivo crecimiento demográfico ha resultado en una crisis ecológica, económica y social (Altieri y Nicholls, 2000; Gliessman, 2002; Nicholls y Altieri, 2012). Al surgir los insumos sintéticos para la agricultura (fertilizantes, herbicidas, pesticidas), se creyó que podrían ser utilizados de manera indiscriminada sin que existieran efectos secundarios adversos. Sin embargo, en la actualidad se sabe que muchos de estos insumos han inducido al deterioro ambiental, tal es el caso de  $\text{NO}_3^-$  en cuerpos de agua y la eutrofización por el uso y aplicación inadecuada de fertilizantes sintéticos. Otra consecuencia es la degradación del suelo, que tiene como resultado la pérdida de fertilidad y disminución de rendimientos en cosechas (Gliessman, 2000; 2002). Por lo que es importante encontrar alternativas en la nutrición de cultivos más ecológicas, sostenibles y accesibles para los agricultores. En este caso los biofermentados al ser una fuente orgánica de nutrimentos y reguladores de crecimiento, promueven un adecuado metabolismo, estimulando el desarrollo de las plantas. Se elaboran de manera sencilla, con materiales

\*Autor para envío de correspondencia: : Joaquín Zagoya Martínez  
Correo electrónico: joaquin.zagoya@colpos.mx

existentes en la región y pueden utilizarse en diversas actividades agronómicas que necesitan de un mínimo costo. Los biofermentados son efluentes que se producen en el proceso de fermentación de materiales orgánicos como el estiércol, plantas verdes y frutos (Restrepo, 1996; 2001; 2002), que al ser aplicados al suelo y/o planta logran suplir de manera parcial o total la fertilización sintética (Armenta *et al.*, 2010). No obstante estos beneficios atribuibles a los biofermentados de elaboración artesanal, son pocas las investigaciones referentes a la estandarización de su proceso de elaboración y definición de indicadores de calidad, los cuales resultan cruciales para alcanzar más y mejores resultados en los cultivos a los que se aplican (Félix *et al.*, 2008; Ramos y Terry, 2014). Con base a lo anterior el objetivo de este trabajo fue elaborar un biofermentado aeróbico y dos anaeróbicos; y caracterizarlos en sus propiedades físicoquímicas para ser utilizados en posteriores investigaciones.

## METODOLOGÍA

El presente estudio se realizó en el municipio de San Felipe Teotlalcingo, estado de Puebla, ubicado entre 19°11'24"y 19°15'36" longitud norte, con altitud de 2500 msnm (Aguirre, 2011). El tipo de clima es C(w2), definido como templado-subhúmedo, con lluvias en verano; precipitación media anual de 1092 mm y temperatura media anual de 13,2° C (García, 1998). Para la preparación de los biofermentados, se manejaron dos biodigestores tipo Batch (fermentación anaeróbica y uno aeróbico estacionario), utilizando recipientes de plástico, con capacidad de 200 litros. Los biofermentados se elaboraron el dos de marzo de 2012, con los siguientes componentes de acuerdo con la Tabla 1, agregándolos y mezclándolos en cada uno de los recipientes hasta obtener una homogenización de los mismos. Para el caso del biofermentado aeróbico, se mezcló diariamente por un tiempo de tres minutos durante 45 días. Para disminuir alteraciones causadas por lluvia o sol durante el proceso de fermentación, los biodigestores se colocaron bajo un área techada. Se muestrearon a los 15 y 45 días después de

**Tabla 1.** Componentes y cantidades utilizados para la preparación de los biofermentados.

**Table 1.** Components and amounts used to prepare the bioferments.

| Componentes  | Biofertilizante aeróbico | Biofertilizante anaeróbico | Biofertilizante anaeróbico con leguminosa |
|--|--------------------------|----------------------------|---|
| Estiércol fresco de bovino                                     | 50 kg                    | 50 kg                      | 50 kg                                     |
| Levadura fresca  | 400 g                    | 400 g                      | 400 g                                     |
| Ceniza   | 4 kg                     | 4 kg                       | 4 kg                                      |
| Melaza   | 2 kg                     | 2 kg                       | 2 kg                                      |
| Leche  | 2 L                      | 2 L                        | 2 L                                       |
| Agua   | 144 L                    | 144 L                      | 144 L                                     |
| Leguminosa ( <i>Medicago spp.</i> ) ( <i>Medicago sativa</i> ) | -                        | -                          | 5 kg                                      |

elaborarlos, recolectando 500 ml por muestra. Los análisis se realizaron en el laboratorio de química de suelos del Colegio de Postgraduados, Campus Montecillo; para determinar: pH (NOM-021-SEMARNAT-2000), conductividad eléctrica (CE) (Miller y Curtin, 2008) y el contenido total de: nitrógeno (N) (AOAC 954.04, 1990), fósforo (P) (AOAC 969.02, 1990); así como, de potasio (K), calcio (Ca), magnesio (Mg) y hierro (Fe) (NMX-AA-051-SCFI-2001). Al finalizar la evaluación de variables, se procedió a la ordenación y estudio de datos mediante análisis de varianza y separación de medias con prueba de Tukey ( $p \leq 0,05$ ) (Statistical Analysis System Inst., 2004).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Factores ambientales en la fermentación

Durante el periodo de fermentación (02 de marzo al 17 de abril de 2012), la temperatura máxima diaria, se presentó estable. Destacan los días tres y 30 de marzo con el menor valor, al registrarse 19,2 °C. En el caso de la temperatura mínima diaria, el menor registro fue el día 22 de marzo, siendo de 0,9 °C. La temperatura promedio diaria mostró variaciones relacionadas a la temperatura máxima y mínima. (Tabla 2). Soria *et al.* (2001), indican que el rango de temperatura para llevarse a cabo un proceso de fermentación adecuado está, entre 15 y 40 °C para las bacterias mesófilas, con una óptima de 35 °C; y para las bacterias termofílicas de 35 a 60 °C, con una óptima de 55 °C. Bizzozero (2006), en este mismo sentido menciona que la temperatura de 10 a 35 °C favorece la vida de los microorganismos y por consiguiente de una óptima elaboración de biofermentados. Dadas las condiciones socioeconómicas de la comunidad donde se realizó el estudio, es poco probable la disposición del biodigestor en lugares donde se controle la fluctuación de la temperatura. Con lo anterior, se puede decir que, el comportamiento de la temperatura ambiental a lo largo del periodo de fermentación influye directamente en la calidad de los biofermentados.

### pH

Los resultados del análisis físicoquímico se muestran en la Tabla 3. En pH los biofermentados estudiados estuvieron en un rango de 5,09 a 6,12 en ambos muestreos, con variaciones entre -0,02 y -0,5. Esta tendencia a disminuir concuerda con lo reportado por otros autores (Ito 2006; Suárez, 2009; Salaya, 2010), al caracterizar compuestos orgánicos fermentados producidos en forma artesanal. La diferencia de pH promedio acorde al proceso de fermentación utilizada es significativa (Tabla 4). En este sentido Garcés (2010), menciona que en el proceso aeróbico se genera dióxido de carbono, nitratos y sulfatos, entre otros compuestos; y en el anaeróbico se forman ácidos orgánicos tales como butírico, propiónico, además de metano, dióxido de carbono y ácido sulfhídrico generando un compuesto mayormente ácido. En cuanto al pH final, en el caso del biofermentado aeróbico difiere con Duque y Oña (2007), al analizar un biofermentado compuesto por estiércol y plantas bajo este mismo proceso, donde los valores encontrados fueron inferiores a cinco. Para

**Tabla 2.** Temperatura máxima, mínima y promedio diaria durante el periodo de fermentación (45 días).  
**Table 2.** Maximum, minimum and average daily temperature during the fermentation period (45 days).

| Temperaturas |           |           |             |            |           |           |             |
|--------------|-----------|-----------|-------------|------------|-----------|-----------|-------------|
| Fecha        | Máxima °C | Mínima °C | Promedio °C | Fecha      | Máxima °C | Mínima °C | Promedio °C |
| 02/03/2012   | 24,7      | 6,4       | 14,43       | 26/03/2012 | 22,7      | 3,4       | 13,37       |
| 03/03/2012   | 26,7      | 8,4       | 16,36       | 27/03/2012 | 22,7      | 3,9       | 13,27       |
| 04/03/2012   | 19,2      | 5,8       | 11,25       | 28/03/2012 | 19,3      | 6,4       | 11,89       |
| 05/03/2012   | 23,5      | 3,1       | 12,94       | 29/03/2012 | 20,5      | 6,5       | 10,54       |
| 06/03/2012   | 22,3      | 4,6       | 12,09       | 30/03/2012 | 19,2      | 4,7       | 10,9        |
| 07/03/2012   | 22,7      | 5,4       | 13,71       | 31/03/2012 | 21,8      | 6,2       | 13,27       |
| 08/03/2012   | 25        | 6         | 15,94       | 01/04/2012 | 22,2      | 6         | 13,46       |
| 09/03/2012   | 25,1      | 7,2       | 14,7        | 02/04/2012 | 21        | 5,3       | 12,69       |
| 10/03/2012   | 22,5      | 4         | 13,62       | 03/04/2012 | 22,3      | 4,7       | 13,43       |
| 11/03/2012   | 23,5      | 6,6       | 12,76       | 04/04/2012 | 23,8      | 4,4       | 14,48       |
| 12/03/2012   | 22,5      | 7,1       | 14,26       | 05/04/2012 | 23,5      | 6,3       | 14,69       |
| 13/03/2012   | 23,6      | 6,2       | 13,87       | 06/04/2012 | 22,9      | 9,7       | 16,52       |
| 14/03/2012   | 23,8      | 2,8       | 11,54       | 07/04/2012 | 23,6      | 6,7       | 14,65       |
| 15/03/2012   | 23,5      | 4,1       | 13,32       | 08/04/2012 | 20,3      | 6         | 12,45       |
| 16/03/2012   | 22,7      | 2,3       | 12,77       | 09/04/2012 | 21,2      | 4,4       | 12,21       |
| 17/03/2012   | 22        | 4,8       | 13,92       | 10/04/2012 | 22        | 3,9       | 12,15       |
| 18/03/2012   | 20,3      | 5         | 12,46       | 11/04/2012 | 21,3      | 6,3       | 14,01       |
| 19/03/2012   | 21,6      | 5,6       | 12,7        | 12/04/2012 | 22,6      | 8,2       | 13,94       |
| 20/03/2012   | 23,1      | 1,8       | 12,78       | 13/04/2012 | 21,7      | 7,2       | 12,51       |
| 21/03/2012   | 22,2      | 1,6       | 12,73       | 14/04/2012 | 23,6      | 5,8       | 13,99       |
| 22/03/2012   | 22,2      | 0,9       | 11,8        | 15/04/2012 | 22,2      | 5,8       | 12,6        |
| 23/03/2012   | 23,5      | 3,3       | 12,56       | 16/04/2012 | 23,7      | 5,4       | 14,38       |
| 24/03/2012   | 22        | 5,8       | 13,68       | 17/04/2012 | 17,8      | 8         | 11,36       |
| 25/03/2012   | 22,3      | 3,6       | 13,59       |            |           |           |             |

Fuente:Elaboración propia con datos de UPAEP-FUPPUE-CNA ([www.climapuebla.org.mx](http://www.climapuebla.org.mx))

**Tabla 3.** Características fisicoquímicas de biofermentados.

**Table 3.** Physicochemical characteristics of bioferments.

|             | Muestra 1<br>(15 días de fermentación) |            |                            | Muestra 2<br>(45 días de fermentación) |            |                            | Variación<br>(muestra 2 - muestra 1) |            |                            |
|-------------|--|------------|----------------------------|--|------------|----------------------------|--------------------------------------|------------|----------------------------|
|             | Aeróbico                               | Anaeróbico | Anaeróbico +<br>leguminosa | Aeróbico                               | Anaeróbico | Anaeróbico +<br>leguminosa | Aeróbico                             | Anaeróbico | Anaeróbico +<br>leguminosa |
| pH          | 6,12                                   | 5,46       | 5,29                       | 6,07                                   | 5,41       | 5,09                       | -0,05                                | -0,05      | -0,2                       |
| CE*         | 9,53                                   | 7,83       | 8,09                       | 10,39                                  | 8,34       | 8,68                       | 0,86                                 | 0,51       | 0,59                       |
| Nitrógeno** | 0,63                                   | 0,64       | 0,56                       | 0,43                                   | 0,48       | 0,34                       | -0,20                                | -0,16      | -0,22                      |
| Fosforo***  | 127                                    | 48         | 60                         | 69                                     | 28         | 32                         | -58                                  | -20        | -28                        |
| Potasio***  | 1816                                   | 1689       | 1816                       | 1758                                   | 1651       | 1691                       | -58                                  | -38        | -125                       |
| Calcio***   | 1219                                   | 835        | 752                        | 1332                                   | 978        | 931                        | 113                                  | 143        | 179                        |
| Magnesio*** | 429                                    | 286        | 308                        | 701                                    | 348        | 370                        | 272                                  | 62         | 62                         |
| Fierro***   | 18,7                                   | 7,08       | 9,7                        | 13,8                                   | 8,3        | 8,2                        | -4,9                                 | 1,22       | -1,5                       |

\*mmhos cm<sup>-1</sup>\*\* total en porcentaje (%) \*\*\* total en mg L<sup>-1</sup>

**Tabla 4.** Análisis de varianza en características físicoquímicas de biofermentados.**Table 4.** Analysis of variance in bioferments physicochemical characteristics.

|                                      | Aeróbico | Anaeróbico | Anaeróbico +<br>leguminosa |
|--------------------------------------|----------|------------|----------------------------|
| pH                                   | 6,095a   | 5,435b     | 5,19b                      |
| CE (mmhoscm <sup>-1</sup> )          | 9,96a    | 8,085a     | 8,385a                     |
| Nitrógeno total (%)                  | 0,53a    | 0,56a      | 0,45a                      |
| Fosforo total (mg L <sup>-1</sup> )  | 98a      | 38a        | 46a                        |
| Potasio total (mg L <sup>-1</sup> )  | 1787a    | 1670a      | 1753,5a                    |
| Calcio total (mg L <sup>-1</sup> )   | 1275,5a  | 906,5a     | 841,5a                     |
| Magnesio total (mg L <sup>-1</sup> ) | 565a     | 317a       | 339a                       |
| Fierro total (mg L <sup>-1</sup> )   | 16,25a   | 7,69a      | 8,95a                      |

Valores con la misma letra dentro de filas, son estadísticamente iguales con base a la prueba de Tukey ( $P \leq 0.05$ ).

Los valores de los biofermentados anaeróbicos coincide con lo encontrado por Suárez (2009) y Alejandro (2012), al caracterizar este tipo de compuestos en sus diferentes estudios. Saña (1999) citado por Blanco (2011), indica que el rango óptimo de pH para la biodigestión aeróbica, se encuentra entre seis y ocho, esto para posibilitar el desarrollo amplio y variado de microorganismos, por lo que se puede decir que el biofermentado aeróbico elaborado en este estudio se encuentra en un rango aceptable. McCarty (1964) citado por Soria *et al.* (2001), menciona que el rango óptimo de pH para lograr una mayor eficiencia de la biodigestión en sistemas anaeróbicos, se encuentra entre 6,6 y 7,6 ya que al mantener este rango, es un indicador de que está operando correctamente. En este sentido Ito (2006), señala que el tipo de ingredientes utilizados y la cantidad de oxígeno presente influyen directamente en el comportamiento del pH.

### Conductividad eléctrica

En conductividad eléctrica (CE) los biofermentados se encontraron en un rango de 7,83 a 10,39 mmhos cm<sup>-1</sup> en ambos muestreos. No existieron diferencias significativas entre ellos. Presentaron una tendencia creciente durante el periodo estudiado, con variaciones entre 0,51 y 0,89 mmhos cm<sup>-1</sup>. Este comportamiento coincide con lo reportado por Ito (2006) y Suárez (2009), donde evaluaron biofertilizantes artesanales hasta los 45 días de fermentación. En el caso de los valores finales difiere con lo encontrado por otros autores (Soria *et al.* 2001; Duque y Oña 2007 Robalino, 2011;), esto a consecuencia del tipo de ingredientes y proporciones utilizadas. Molina (2002) y Segura (2002) citados por Ito (2006), mencionan que la CE de una solución está directamente relacionada con el total de sólidos disueltos en forma de iones; y cuanto más alto es el valor de los mismos mayor es la CE de dicha solución. Por otra parte, el pH influye en la solubilidad de los productos que se mezclan y en la disponibilidad de los nutrimentos para ser absorbidos por las hojas; las condiciones ideales de absorción de nutrimentos se dan cuando el

valor del pH se mantiene en un rango ligeramente ácido (5,5 a 6,5), mientras que cuando se dan condiciones moderadas o altas de basicidad se forman precipitados. Con lo anterior, se puede decir, que existe cierta correlación entre el pH y la CE, ya que al disminuir el primero, el segundo se incrementa (Ito, 2006).

### Nitrógeno total

En el caso de nitrógeno total, los resultados se encontraron en un rango de 0,34 y 0,64% con una variación entre muestreos de -0,16 y -0,22%. En cuanto al porcentaje final obtenido no existió diferencia significativa entre los biofermentados elaborados. La tendencia fue decreciente, lo que coincide con lo reportado por otros autores (Soria *et al* 2001; Ito 2006; Suárez, 2009; Salaya, 2010), al caracterizar biofertilizantes artesanales en sus diferentes estudios. El comportamiento a disminuir se debe a la conversión de una forma a otra de N, que es realizada por la actividad microbiana. El término de nitrógeno amoniacal, es utilizado para referirse a las especies de ión amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y amoniaco (NH<sub>3</sub>). Ambas formas existen en equilibrio entre sí, preponderando una u otra según el pH del medio. La pérdida de nitrógeno se debe a su transformación en formas gaseosas (desnitrificación). Factores tales como la temperatura pueden acelerar o retardar estos procesos (Vassallo, 2008; Salaya, 2010).

### Fosforo total

El fosforo total se encontró en el rango de 28 a 127 mg L<sup>-1</sup>, con una variación en muestreos de -20 y -58 mg L<sup>-1</sup>. En cuanto al contenido final no existió diferencia significativa entre los biofermentados en estudio. La tendencia fue a disminuir, lo que coincide con otros autores (Soria *et al* 2001; Ito 2006; Suárez, 2009; Salaya, 2010), donde mencionan que este comportamiento es causa principalmente de la actividad microbiológica al utilizar este elemento dentro de su metabolismo. En este sentido Ito (2006), menciona que la cantidad de estiércol y melaza utilizada está directamente relacionada al contenido de fosforo presente en el biofermentado.

### Potasio total

El potasio total se encontró en un rango de 1651 y 1816 mg L<sup>-1</sup>. En cuanto al contenido final no existió diferencia significativa entre los biofermentados. Se presentó una tendencia ligeramente descendente entre ambos muestreos, con variaciones de -38 y -125 mg L<sup>-1</sup>, dicho comportamiento concuerda con lo encontrado por Suárez (2009), donde menciona que la actividad microbiológica influye en este comportamiento. Los resultados se encuentran en el rango reportado por otros autores (Soria *et al.*, 2001; Tarigo *et al.* 2004; Duque y Oña 2007). En este sentido Ito (2006), encontró una correlación directa entre el contenido de melaza utilizada y el contenido de potasio.

### Calcio total

El calcio total se encontró en el rango de 752 y 1332 mg L<sup>-1</sup>, con variaciones de 113 a 179 mg L<sup>-1</sup>. La tendencia fue

ascendente entre ambos muestreos, este comportamiento coincide con lo reportado por Suárez (2009), donde menciona que a partir del día 20 de fermentación no existen diferencias significativas en los contenidos de este elemento. En cuanto al valor final, los biofermentados en estudio, no presentaron diferencia significativa entre ellos, lo que concuerda con lo reportado por Ito (2006) y Suárez (2009), al obtener valores dentro de este rango, sin embargo difieren con lo reportado por Duque y Oña (2007), esto debido al tipo de ingredientes y cantidades utilizadas. En este sentido Ito (2006), señala que la cantidad de estiércol y melaza utilizada influyen directamente en el contenido de calcio.

### Magnesio total

En magnesio total, los biofermentados presentaron valores en el rango de 286 y 701 mg L<sup>-1</sup>, con una tendencia creciente entre ambos muestreos, y variaciones de 62 a 272 mg L<sup>-1</sup>. Este comportamiento concuerda con lo encontrado por Suárez (2009). No existieron diferencias significativas en cuanto al contenido de este elemento entre los biofermentados en estudio. En cuanto al contenido final se encuentra en el rango reportado por otros autores (Tarigo et al. 2004; Ito, 2006; Suárez, 2009), pero difieren con Duque y Oña (2007), posiblemente por los materiales y cantidades utilizados para su preparación. En este sentido Ito (2006), encontró que el contenido de magnesio depende directamente de la cantidad de estiércol y melaza utilizada.

### Fierro total

El Fierro total se encontró entre 7,08 y 18,7 mg L<sup>-1</sup>, con una tendencia a disminuir en los biofermentados aeróbico y anaeróbico más leguminosa en ambos muestreos, con variaciones de -1,50 a -4,90 mg L<sup>-1</sup>. Comportamiento similar a lo encontrado por Suárez (2009). Para el caso del biofermentado anaeróbico su contenido se encontró entre 7,08 y 8,30 mg L<sup>-1</sup>, con una tendencia creciente y una variación de 1,22 mg L<sup>-1</sup>, lo que difiere con Suárez (2009). En cuanto a los contenidos finales no existieron diferencias significativas entre los biofermentados. Los resultados encontrados difieren con lo reportado por otros autores (Soria et al. 2001; Tarigo et al. 2004; Duque y Oña, 2007; Suárez, 2009), señalando que el contenido de este elemento depende directamente del tipo y cantidad de ingredientes utilizado.

## CONCLUSIONES

Los biofermentados estudiados presentan bajo contenido de nitrógeno total, sin embargo muestra valores aceptables en potasio, calcio y magnesio, lo que puede significar un complemento o sustitución a la fertilización química. Procurar mantener condiciones óptimas de temperatura, así como la utilización de ingredientes adecuados tanto en calidad y cantidad resulta fundamental para la obtención de un buen producto. Por otra parte es evidente la falta de información científica y especialidad en biofermentados, por lo que se recomienda continuar e incrementar el conocimiento con otras investigaciones.

## REFERENCIAS

- AOAC 954.04. Association of Official Analytical Chemist. 1990. Official methods of analysis: agricultural chemicals; contaminants; drugs. Volume 1. 15 edition. USA. 17-18 pp.
- AOAC 969.02. Association of Official Analytical Chemist. 1990. Official methods of analysis: agricultural chemicals; contaminants; drugs. Volume 1. 15 edition. USA. 13-14 pp.
- Aguirre R, E. 2011. Plan municipal de desarrollo 2011-2014 Ayuntamiento de San Felipe Teotiltzingo, Puebla. México. 1-47 pp.
- Alejandro G, A. O. 2012. Utilización de un biofertilizante líquido en maíz (*Zea mays* L.) bajo condiciones de trópico húmedo. Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados Campus Tabasco. México. 43-56 pp.
- Altieri, M. A. y C. Nicholls. 2000. Agroecología: Teoría y práctica para una agricultura sustentable. PNUMA. México. 113-123 pp.
- Armenta B, A. D., C. García G., J. R. Camacho B., J., M. Á. Apodaca S., L. Gerardo M., y E. Nava P. 2010. Biofertilizantes en el desarrollo agrícola de México. Ra Ximhai. 6: 51-56 pp.
- Bizzozero, F. 2006. Biofertilizantes nutriendo cultivos sanos. Centro Uruguayo de Tecnologías Apropriadas. Uruguay. 36 p.
- Blanco C, D. 2011. Tratamiento biológico aerobio - anaerobio - aerobio de residuos ganaderos para la obtención de Biogás y compost. Tesis doctoral. Universidad de León. España. 26 pp.
- Duque G, G. C., y L. A. Oña E. 2007. Respuesta del cultivo de pimiento (*Capsicum annum*), a dos biofertilizantes de preparación artesanal aplicados con cuatro dosis, en la granja experimental E.C.A.A. Tesis de licenciatura. Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Ecuador. 88 pp.
- Félix H, J. A., R. R. Sañudo T., G. E. Rojo M., R. Martínez R., V. Olalde P. 2008. Importancia de los abonos orgánicos. Ra Ximhai. 4(1). 57-67 pp.
- Garcés H, H. M. 2010. Comparación de la calidad y efectos de lixiviados obtenidos a partir de raquis de banano (*musa acuminata*) y plátano (*musa balbisiana*) mediante transformación aeróbica y anaeróbica en condiciones de invernadero. Tesis de licenciatura. Escuela Politécnica del Litoral. Ecuador. 8-18 pp.
- García, E. 1998. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO). "Climas" Clasificación de Koppen, modificado por García, Escala 1:1000000. México.
- Gliessman, S. R. 2000. Agroecosistem sustainability developing practical strategies. CRC Press. Boca Raton FL, USA. 210 p.
- Gliessman, S. R. 2002. Agroecología: procesos ecológicos en agricultura sostenible. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Turrialba, Costa Rica. 3-12; 303-306 pp.
- Ito, S. 2006. Caracterización y evaluación de los factores que determinan la calidad nutricional e inocuidad en la producción de fertilizantes orgánicos fermentados. Tesis de maestría. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Costa Rica. 24-69 pp.
- Miller, J. J. and Curtin, D. 2008. Electrical Conductivity and Soluble Ions in Carter, M. R. and Gregorich, E. G. Soil Sampling and Methods of Analysis. Second Edition. Canadian Society of Soil Science. En línea: [http://www.planta.cn/forum/files\\_planta/methods\\_of\\_analysis\\_212.pdf](http://www.planta.cn/forum/files_planta/methods_of_analysis_212.pdf). Consultado: Abril 2013.

- Nicholls, C. I. y M. A. Altieri. 2012. Modelos ecológicos y resilientes de producción agrícola para el siglo XXI. *Agroecología*. 6:28-37 pp.
- NMX-AA-051-SCFI-2001. Norma Mexicana para el análisis de agua - determinación de metales por absorción atómica en aguas naturales, potables, residuales y residuales tratadas - método de prueba. En línea: <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Noticias/NMX-AA-051-SCFI-2001.pdf>. Consultado: Abril 2013.
- NOM-021-SEMARNAT-2000. Norma Oficial Mexicana que establece las especificaciones de fertilidad, salinidad y clasificación de suelos, estudio, muestreo y análisis. En línea: <http://www.profepa.gob.mx/innovaportal/file/3335/1/NOM-021-SEMARNAT-2000.pdf>. Consultado: Abril 2013.
- Ramos A, D. y E. Terry A. 2014. Generalidades de los abonos orgánicos: importancia del bocashi como alternativa nutricional para suelos y plantas. *Cultivos Tropicales*. (35)4. 52-59 pp.
- Restrepo R, J 1996. Abonos orgánicos fermentados: experiencia de agricultores en centro América y Brasil. Editorial aportes corporación educativa para el desarrollo costarricense, Organización Internacional del Trabajo OIT. Costa Rica. 51 p.
- Restrepo R, J. 2001. Elaboración de abonos orgánicos fermentados y biofertilizantes foliares. Experiencia con agricultores de Mesoamérica y Brasil. Instituto Interamericano de cooperación para la agricultura. Costa Rica. 155 p.
- Restrepo R, J. 2002. Biofertilizantes preparados y fermentados a base de mierda de vaca; preguntas directas, respuestas prácticas. Fundación Juquira Candiru. Colombia. 105 p.
- Robalino R, H. S., 2011. Evaluación de la actividad biológica y nutricional del Biol en diferentes formulaciones y la respuesta a su aplicación en cultivos de arroz (*Oriza sativa*) y maíz (*Zea mays*), en Guayas. Tesis de maestría. Escuela superior politécnica del litoral. Ecuador. En línea: <http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/16917/3/Tesis%20H.Robalino%20Final%20PMBA%20julio%202011.pdf>. Consultado: Abril 2013.
- Salaya D, J. 2010. Elaboración artesanal de dos abonos líquidos fermentados y su efectividad en la producción de plántulas de chile habanero. Tesis de Maestría. Producción agroalimentaria en el trópico. Colegio de Postgraduados. Campus Tabasco. 52-59 pp.
- Soria F, M. J., R. Ferrera C., J. Etchevers B., G. Alcántar G., J. Trinidad S., L. Borges G., y G. Pereyda P. 2001. Producción de biofertilizantes mediante biodigestión de excreta líquida de cerdo. *Terra* 19:353-362.
- Suárez S, D. M. 2009. Caracterización de un compuesto orgánico producido en forma artesanal por pequeños agricultores en el departamento del magdalena. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Colombia. En línea: <http://www.bdigital.unal.edu.co/1721/1/8106008.2009.pdf>. Consultado: Marzo 2013.
- Statistical Analysis System Institute Inc. 2004. SAS/STAT 9.0. User's guide. Cary, NC: SAS.
- Tarigo, A., C. Repetto. y D. Acosta. 2004. Evaluación agronómica de biofertilizantes en la producción de lechuga (*lactuca sativa*) a campo. Tesis de licenciatura. Universidad de la República. Uruguay. En línea: <http://www.ceuta.org.uy/files/Biofertilizantes.pdf> Consultado: Noviembre de 2012.
- Vassallo, C. 2008. Manual para el manejo de efluentes de tambo. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. Uruguay. 25-35 pp.