



## USO DE SOLUCIONES DE VERMICOMPOST PARA LA BIORREMEDIACIÓN DE UN SUELO ÁCIDO EN LA SIERRA DE SAN LUIS-VENEZUELA

Atacho Pierina<sup>1</sup>, Rodríguez Nectali<sup>2</sup>, Mogollón José Pastor<sup>1</sup>, Torres Duilio<sup>2</sup>, Yendis Héctor<sup>1</sup> y López Miklas<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Francisco de Miranda, Falcón. Venezuela <sup>2</sup>Universidad "Lisandro Alvarado", Lara. Venezuela [duiliorres@ucla.edu.ve](mailto:duiliorres@ucla.edu.ve)

ASA/EX -2016-06.

Recibido: 13-06-2016

Aceptado: 21-04-2017

### RESUMEN

La acidez es uno de los principales problemas de degradación de los suelos venezolanos, conllevando a una pérdida de su potencial productivo, debido a la toxicidad por aluminio y menor disponibilidad de nutrientes. Para la biorremediación de suelos ácidos de la Sierra de San Luis en el estado Falcón, se evaluaron dos soluciones de vermicomposts (URED0 y El Pozón) a concentraciones de: 50%, 75% y 100% en relación (v/v) solución de vermicompost: agua, los tratamientos fueron identificados como: URED01, 2,3 y POZ0N1,2,3, respectivamente. Los suelos se incubaron por 45 días a una temperatura de 28 °C y humedad a 80 % de capacidad de campo. Las variables químicas analizadas fueron: pH, acidez intercambiable, materia orgánica, cationes cambiabiles, saturación de bases y respiración basal. Los resultados mostraron que el pH se incrementó en todos los tratamientos con valores por encima de 4,05, lo cual fue superior a los valores iniciales de pH (3,80). La respiración basal fue significativamente más alta ( $P < 0,05$ ) en los tratamientos Pozón2 Uredo2, con 2,42 y 2,36  $\mu\text{g CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ , el vermicompost URED03 y URED02 fue el más eficiente en la reducción de la acidez intercambiable al disminuirla a valores de 1,88 y 1,87  $\text{cmol kg}^{-1}$ , respectivamente, por lo que su uso es una alternativa válida para la rehabilitación de suelos ácidos, desde el inicio de la incubación.

**Palabras Clave:** degradación de suelos, fertilidad, mejoradores orgánicos.



## USING OF VERMICOMPOST SOLUTIONS TO BIORREMEDIAION OF ACID SOIL IN SOIL IN SAN LUIS MOUNTAIN RANGE-VENEZUELA

### ABSTRACT

Acidity is one of the main problems of soil degradation in Venezuelan, leading to a loss of its productive potential, due to aluminum toxicity and reduced availability of nutrients. For bioremediation of acid soils of the Sierra de San Luis in Falcón state, two vermicompost solutions (URED0 and POZON) at various concentrations (50%, 75% and 100%) in relation (v/v) vermicompost solution: water was evaluated, treatments were named: UREDO<sup>1,2,3</sup> y POZON<sup>1,2,3</sup>, respectively Soils were incubated for 45 days at a temperature of 28 ° C and humidity at 80 % of field capacity. The chemical and biological variables were analyzed: pH, electrical conductivity exchangeable acidity, organic matter, exchangeable cations, base saturation and soil respiration. The results showed that the pH increased in all treatments with values above 4.05, which was higher than the initial pH (3.80). Basal respiration was significantly higher ( $P < 0.05$ ) in the treatments Pozón<sup>2</sup> Uredo<sup>2</sup>, with 2.42 and 2.36 mg CO<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup>, and UREDO<sup>2</sup> UREDO<sup>3</sup> vermicompost was the most efficient in reducing exchangeable acidity to decrease to values of 1.88 and 1.87 cmol kg<sup>-1</sup>, respectively, so their use is a valid alternative for the rehabilitation of acid soils, from the start of incubation.

**Keywords:** fertility, organic amendments, soil degradation.



## INTRODUCCION

La magnitud del problema de acidez de suelos en Venezuela ha sido estimada por López y Silva (2002), quienes señalan que aproximadamente un 70% de los suelos con vocación agrícola en el país presentan diversos grados de acidez. Esta situación ha motivado la búsqueda de alternativas de manejo apropiadas que conduzcan a mejorar su productividad. El problema de acidificación de suelos se presenta fundamentalmente en zonas donde la precipitación es mayor que la evapotranspiración, generándose pérdidas de los cationes alcalinos y alcalinotérreos por efectos de la lixiviación y meteorización de las arcillas, lo cual favorece la dominancia de protones y aluminio en los sitios de intercambio del suelo, induciendo a la formación de suelos con reacción ácida (Zapata, 2004). Esta problemática limita el desarrollo de los cultivos, provocando daños directos e indirectos a las plantas, que inciden sobre el crecimiento y la producción (Casierra y Aguilar, 2007). La sierra de San Luis ubicada al norte de Venezuela, se caracteriza por suelos

ubicados en ladera, en esta región predominan suelos ácidos, los cuales son originados por las constantes precipitaciones que producen lavados de los cationes básicos, por lo que iones como  $H^+$  y  $Al^{+3}$  predominan en el suelo. Diferentes estudios realizados en esta zona reportan suelos distróficos con problemas de acidez, con valores de pH entre 4,7 y 5,5, reportando igualmente valores entre 1,10 y 3,32  $Cmol\ Kg^{-1}$  de aluminio en el suelo (Mogollón *et al.* 1997, Mogollón y Martínez, 2009 y González, 2013). Otra situación importante, radica en que los suelos de estas zonas se ubican en áreas bajo régimen de protección especial, donde el uso de agroquímicos está restringido por ser áreas de gran sensibilidad ambiental, además de ser zonas productoras de agua de importancia regional para el estado Falcón. En tal sentido, las alternativas para mejorar las condiciones de acidez y fertilidad del suelo e incrementar la producción agrícola, sin contaminar este recurso, es el uso de enmiendas orgánicas.

La acidez del suelo, particularmente altas concentraciones de  $Al^{+3}$  en la rizósfera están asociadas a deficiencias nutricionales de la planta (Villarreal *et*



al. 2012), debido a la fijación del fósforo y a una menor capacidad de intercambio catiónico (Mahdi *et al.* 2012 y Tomašić *et al.* 2013), lo cual favorece la lixiviación de la mayoría de los nutrientes, por lo que la fertilidad del suelo se ve severamente afectada (Acón *et al.* 2013), lo que conlleva a la disminución de los rendimientos de la mayoría de los rubros agrícolas. El  $Al^{+3}$  es un metal tóxico y el primer síntoma de su existencia es el descenso del crecimiento en longitud de las raíces, además inhibe el alargamiento celular y la división celular (Álvarez *et al.* 2012, Li *et al.* 2015). El aluminio intercambiable a una concentración mayor de  $1 \text{ Cmol Kg}^{-1}$  de suelo, interfiere en la división celular de las raíces de la planta y esta es la razón por lo cual el sistema radicular de plantas creciendo en suelos ácidos es atrofiado y pobremente desarrollado (Álvarez *et al.* 2012).

Tomando en cuenta las opciones que existen para el manejo de suelos ácidos con el uso de enmiendas, la mayoría de ellas plantean el uso de compuestos de origen mineral con diferentes formas de procesamientos y concentración del carbonato y óxido de calcio como

agente neutralizante del aluminio del suelo (López y Silva, 2002; Sadeghian, 2008). Sin embargo, existen investigaciones sobre la naturaleza y comportamiento en el suelo de compuestos orgánicos, que indican la posibilidad de su uso para el manejo de suelos ácidos, considerando la potencialidad para disminuir las concentraciones del aluminio intercambiable en el suelo (Benke *et al.*, 2010 y Larney y Angers, 2012). La recuperación de suelos ácidos con el uso de enmiendas orgánicas cuyo propósito es incrementar pH del suelo y desplazar el Al intercambiable de la rizósfera, representan una alternativa viable para ser utilizada de tal manera de favorecer la disponibilidad de los nutrientes a las plantas (Toumpeli *et al.* 2013; Daza, 2014).

Entre las enmiendas orgánicas que han sido evaluadas con este fin, el vermicompost presenta características que le confieren la posibilidad de efectuar una acción neutralizante dentro del complejo de intercambio del suelo, debido a que contienen calcio y magnesio que pueden contribuir a elevar el pH, desplazando los iones de aluminio e hidrógeno y de esta manera



disminuir la acidez intercambiable (Babou *et al.* 2007). Adicionalmente el vermicompost posee alto contenido de micro y macronutrientes, los cuales pueden ser usados en la fertilización del cultivo, así mismo aporta una gran cantidad de microorganismos benéficos que aumentan la biomasa microbiana y favorecen la resistencia de la planta al ataque de patógenos del suelo (Domínguez *et al.* 2010).

Desde hace aproximadamente una década otros productos derivados del vermicompostaje, han empezado a emplearse en la agricultura, los cuales son biofertilizantes líquidos, denominados te de humus o lixiviados de humus (Casco e Iglesias, 2005).

Los te de compost y los lixiviados, pueden ser usados como fertilizantes, debido a que contienen nutrientes en forma soluble (Ochoa *et al.*, 2009 y Albert *et al.*, 2012), además protegen a las plantas frente a patógenos y además contienen hormas promotoras del crecimiento (Borges *et al.*, 2016).

Los lixiviados de vermicompost, dependiendo de su naturaleza, pueden reducir el pH del suelo (Sere *et al.*, 2010) o aumentar el mismo (Benke *et al.*, 2010), dado estas cualidades el

mismo ha sido empleado con éxito para la restauración de suelos salinos (Mogollón *et al.*, 2016) y en la recuperación de suelos ácidos (Benke *et al.*, 2010).

El objetivo de esta investigación fue evaluar el uso de dos soluciones de vermicompost a diferentes concentraciones con el fin de recuperar la calidad de un suelo ácido de la Sierra de San Luis, estudiando el efecto sobre la reducción de la acidez intercambiable, el aumento del pH y mayor disponibilidad de nutrientes en el suelo.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Descripción sitio de estudio

El sector San Diego, está ubicado en la parte centro – oriental de la Sierra de San Luis entre las coordenadas 11°05'03'' - 11°21'30'' de latitud Norte y 69°22'30'' -69°58'48'' de longitud Oeste; políticamente pertenece al municipio Autónomo Petit del estado Falcón. Abarca una superficie de 9.068,2 ha y presenta una variación altitudinal desde los 1.000 hasta los 1.300 msnm (Mogollón y Martínez, 2009), con una temperatura promedio anual de 20 °C siendo las máximas y las mínimas de 26 °C y 17 °C, en los meses



de enero y junio respectivamente. La humedad relativa oscila entre 80 y 85 % con un volumen de precipitaciones promedios anuales de 1.100 mm. De acuerdo al material litológico aflorante y a la intensidad de los procesos de morfogénesis, predominan suelos de los

órdenes entisoles e inceptisoles, los cuales se encuentran en posición de cimas y laderas (COPLANARH, 1975). Los suelos del sector San Diego, se caracterizan por ser ácidos, con bajo contenido de nutrientes y alto contenido de aluminio intercambiable.

### Cuadro 1. Caracterización físico-química del suelo bajo estudio

CO ( g kg <sup>-1</sup> )	Nt (%)	pH	P ( mg kg <sup>-1</sup> )	Al ( cmol kg <sup>-1</sup> )	Clase textural
23,7	0,17	3,80	19,83	2,62	FA

#### Descripción del ensayo

Las muestras de suelo utilizadas en el ensayo fueron tomadas en una parcela de la Universidad Experimental Francisco de Miranda ubicada en el Sector San Diego, municipio Petit, se colectaron muestras compuestas a una profundidad de 0 – 20 cm, las cuales fueron trasladadas al laboratorio, secadas en estufa a 105 °C y tamizadas. Posteriormente los suelos fueron incubados por 45 días a una temperatura de 28 °C, para controlar las condiciones ambientales, los suelos fueron saturados con las soluciones de vermicompost a las concentraciones de 50, 75 y 100 %. Las soluciones de vermicompost, fueron preparadas a partir de los vermicompost Uredo y El Pozón, a partir del lixiviado

obtenido del vermicompostaje se prepararon las soluciones de vermicompost a las concentraciones anteriormente descritas, tomando como referencia la relación (v/v) del lixiviado y agua, durante el ensayo las condiciones de humedad se mantuvieron a 80 % de la capacidad de campo.

#### Diseño de experimento.

El diseño de experimento fue completamente al azar evaluando 2 soluciones de vermicompost, los cuales fueron denominados Uredo y Pozón, los cuales fueron preparados a 3 concentraciones: 50%, 75% y 100% partir de la dilución del lixiviado obtenido del proceso de vermicompostaje, teniendo como testigo al humedecido solo con agua. La unidad



experimental consistió en un recipiente de vidrio con 100 gramos de suelo, replicado 3 veces para un total de 21 unidades experimentales, determinando las propiedades químicas a los 15 y 45 días, después de la incubación inicial del suelo, con las soluciones de vermicompost.

### Descripción de los tratamientos

Se evaluaron dos soluciones de vermicompost, denominados Uredo y Pozón. La solución del vermicompost Uredo obtenido a través de la dilución del lixiviado obtenido de la Unidad de Reciclaje de Desechos Orgánicos (UREDOR) de la Universidad Nacional Experimental "Francisco de Miranda" (UNEFM), elaborado a partir de residuos de origen vegetal y estiércol de

caprino, mientras que las soluciones de vermicompost Pozón fueron preparadas a partir de la dilución del lixiviado obtenido de la finca del mismo nombre, localizada en el municipio Petit, estado Falcón. En el proceso de vermicompostaje, previo a la obtención de las soluciones de vermicompost, se utilizó la lombriz roja (*Eisenia foetida*) y como sustrato se utilizaron residuos de alimentos, broza de café, pseudotallos de plátano y estiércol equino, previamente precompostados 20 días y luego sometidos al vermicompostaje durante 60 días. Las características de las soluciones de vermicompost, se presentan en el cuadro 2.

**Cuadro 2. Caracterización físico-química de las soluciones de vermicompost utilizada**

Parámetros	Uredo	Pozón
pH	8,50	6,80
Conductividad Eléctrica (dS m <sup>-1</sup> ) (1:2)	5,43	2,42
Materia Orgánica (g kg <sup>-1</sup> )	248,0	325,0
Carbono Orgánico (g kg <sup>-1</sup> )	143,85	188,50
N total (g kg <sup>-1</sup> )	1,20	17,50
Relación C/N	11,87	10,77
Ca <sup>2+</sup> (Cmol kg <sup>-1</sup> )	50,01	62,50
Mg <sup>2+</sup> (Cmol kg <sup>-1</sup> )	20,25	54,25
K <sup>+</sup> (Cmol kg <sup>-1</sup> )	76,55	12,86
Na <sup>+</sup> (Cmol kg <sup>-1</sup> )	8,35	4,50
Porcentaje de Sodio Intercambiable (%)	1,41	4,10

**VARIABLES EVALUADAS**





Las variables edáficas tanto para la caracterización previa del suelo como para la evaluación posterior a la aplicación de las soluciones de vermicomposts fueron: distribución de y magnesio (Doll y Lucas, 1973), la capacidad de intercambio catiónico y acidez intercambiable (Anderson e Ingram, 1993).

Se midió también la respiración basal del para estudiar la relación entre el mejoramiento de la calidad química en suelos ácidos y la actividad biológica en el mismo, Se realizó de acuerdo al método de Alef (1995), fundamentado en la determinación del CO<sub>2</sub> liberado durante la incubación del suelo en un sistema cerrado. Para ello, se incubaron 25 gramos de suelo a 80% de la capacidad de campo, en frasco de 100 mL que contenían un vial con 10 mL de NaOH 0,1 M y se midió CO<sub>2</sub> atrapado después de incubado por 24 horas a 25 °C

#### **Análisis de los datos**

Los resultados se analizaron bajo un diseño completamente aleatorizado. El

tamaño de partículas (Bouyucos, 1936), carbono orgánico (Walkley y Black, 1934), conductividad eléctrica (Gavlak *et al.*, 2003), potasio (Pratt, 1965), calcio

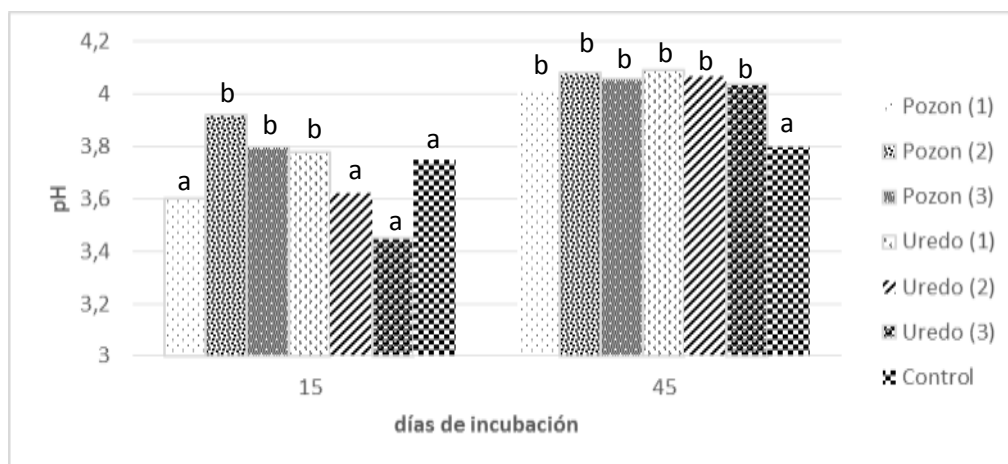
análisis estadístico fue realizado mediante un análisis de varianza (ANAVAR) pruebas de comparación de medias de TUKEY, el valor de probabilidad usado fue de (P<0,05), para el análisis estadístico, se usó el paquete estadístico Infostat, versión 1.1

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **Dinámica de las propiedades químicas en el tiempo de incubación: pH.**

Los valores de pH disminuyeron significativamente (P<0,05) a los 15 días de incubación con respecto a las condiciones iniciales, los valores más bajos correspondieron a los tratamientos Uredo<sup>2</sup>, Uredo<sup>3</sup> y Pozón<sup>1</sup> con 3,62; 3,60 y 3,45 respectivamente, luego de 45 días de incubación no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos, los valores fueron superiores a los valores iniciales del suelo (Figura 1).





**Figura 1. Cambios en el pH luego de la aplicación de mejoradores orgánicos. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). Uredo<sup>1</sup> y Pozón<sup>1</sup>: solución de vermicompost en concentración 50 % en relación (v/v); Uredo<sup>2</sup> y Pozón<sup>2</sup>: solución de vermicompost en concentración 75 % en relación (v/v) y Uredo<sup>3</sup> y Pozón<sup>3</sup>: solución de vermicompost en concentración 100 % en relación (v/v).**

La disminución del pH en los primeros 15 días de incubación se debe a la liberación de iones hidrógenos durante el proceso de mineralización del nitrógeno y nitrificación.

Mientras que el incremento del pH del suelo, es debido a las altas concentraciones de bases en forma soluble que están presente en los lixiviados, Ramírez *et al.* (2015), encontraron que aplicaciones de lixiviado en dosis alta aportó 46 kg ha<sup>-1</sup> de Ca y 4,83 kg ha<sup>-1</sup> de Na en forma soluble, por lo que aplicaciones periódicas al suelo ocasionarían una alcalinización del mismo a mediano plazo.

Daza (2014), señala que la aplicación de compost conjuntamente con abonos inorgánicos reduce considerablemente el pH del suelo; este autor atribuye estos resultados al valor de pH neutro del compost utilizado, lo cual favorece la liberación de bases intercambiables.

Ramírez *et al.* (2015), al evaluar un lixiviado de vermicompost, encontraron que el mismo presentaba un pH y  $C_e$  más elevado al compararse con el vermicompost sólido, lo cual pudiese afectar procesos fisiológicos de la planta como la germinación, pero esta tendencia de elevar el pH, debido al aporte de bases solubles ha sido usado para la recuperación de suelos ácidos,

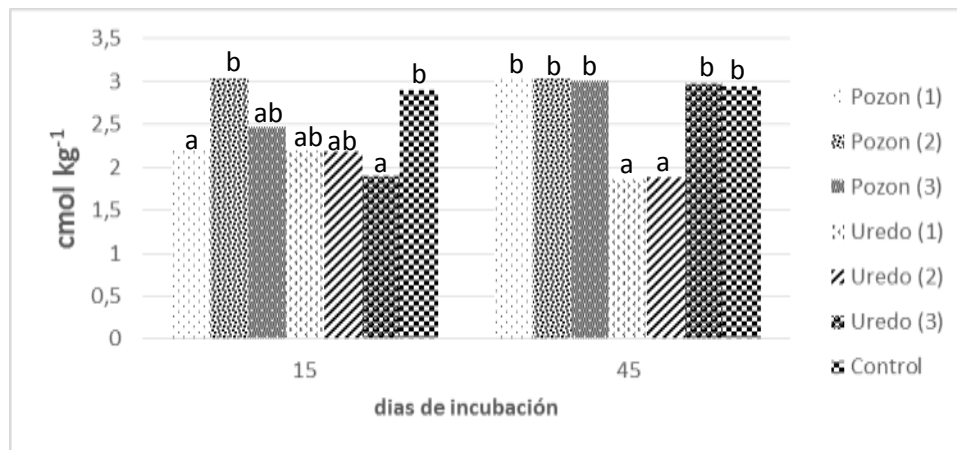


tal como lo reportaron ( Benke *et al.*, 2010 y Larney Angers, 2012)

### Acidez intercambiable

La aplicación de vermicompost redujo significativamente ( $P < 0,05$ ), la acidez intercambiable ( $Al^{3+} + H^+$ ) durante el periodo de incubación. A los 15 días de incubación los valores más bajos de  $Al^{3+} + H^+$  se encontraron en los

tratamientos Pozón<sup>1</sup> y Uredo<sup>3</sup> con 2,18 y 1,9  $cmol\ kg^{-1}$  respectivamente, mientras que a los 45 días de incubación los valores más bajos de incubación se observaron en los tratamientos Uredo<sup>1</sup> y Uredo<sup>2</sup> con valores de 1,86 y 1,88  $cmol\ kg^{-1}$  (Figura 2).



**Figura 2. Cambios en la acidez intercambiable después de 45 días de incubación. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). Uredo<sup>1</sup> y Pozón<sup>1</sup>: solución de vermicompost en concentración 50 % en relación (v/v); Uredo<sup>2</sup> y Pozón<sup>2</sup>: solución de vermicompost en concentración 75 % en relación (v/v) y Uredo<sup>3</sup> y Pozón<sup>3</sup>: solución de vermicompost en concentración 100 % en relación (v/v).**

Los resultados fueron similares a los reportados por Daza (2014), quien encontró una disminución considerable de la acidez intercambiable debido a que al aumentar el pH se fomenta la precipitación del  $Al^{3+}$  o se acompleja con algunos radicales orgánicos del compost.

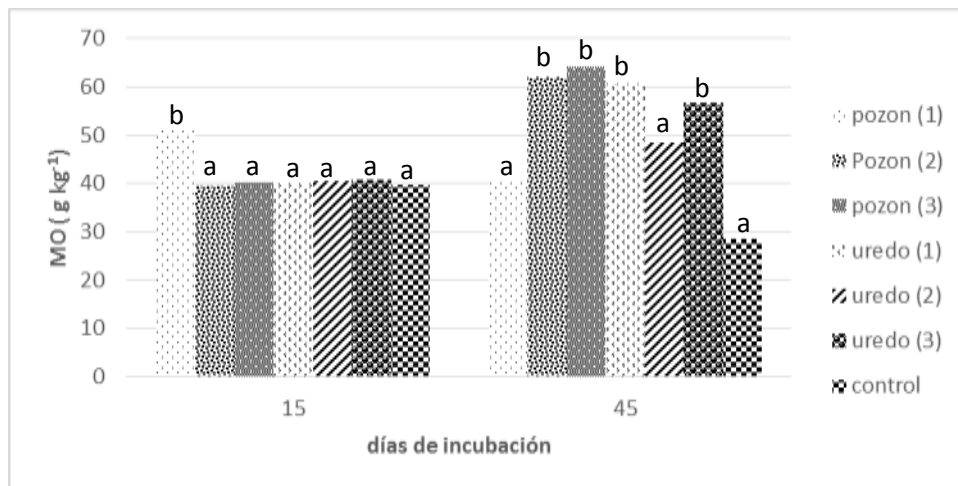
Duran y Henríquez (2010) señalan que la disminución del aluminio intercambiable es debido a aporte cationes básicos como el Ca, Mg, K que desplazan al aluminio de la micela coloidal, lo que mejora la capacidad buffer del suelo y su efecto en la disminución de la acidez y aumento en el pH del mismo (Babou *et al.* 2007)



Sin embargo, a largo plazo se puede elevar la acidez del suelo producto de la acumulación de  $H^+$  provenientes de la materia orgánica aplicada (Orozco y Muñoz, 2012). Este comportamiento fue observado en los tratamientos Pozón<sup>1</sup>, Pozón<sup>2</sup>, Pozón<sup>3</sup> y Uredo<sup>3</sup>, donde la acidez intercambiable a los 45 días de incubación fue más alta en comparación a la encontrada a los 15 días de incubación.

### Materia orgánica

La aplicación de soluciones de vermicompost, incremento los niveles de materia orgánica en suelo, a los 15 días de incubación los valores de materia orgánica, fueron significativamente más altos ( $P < 0,05$ ) en el tratamiento Pozón<sup>1</sup> con  $50,90 \text{ g kg}^{-1}$ , el cual fue superior a los reportados inicialmente en el suelo, para el día 45 los valores más altos fueron observados en los tratamientos Pozón<sup>2</sup>, Pozón<sup>3</sup> y Uredo<sup>1</sup> con 62,1, 64,2 y  $60,8 \text{ g kg}^{-1}$  respectivamente (Figura 3).



**Figura 3.** Cambios en el contenido de materia orgánica después 45 días de incubación luego de la aplicación de los mejoradores orgánicos. Letras diferentes indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). Uredo<sup>1</sup> y Pozón<sup>1</sup>: solución de vermicompost en concentración 50 % en relación (v/v); Uredo<sup>2</sup> y Pozón<sup>2</sup>: solución de vermicompost en concentración 75 % en relación (v/v) y Uredo<sup>3</sup> y Pozón<sup>3</sup>: solución de vermicompost en concentración 100 % en relación (v/v).

Los resultados son similares a los reportados por Mogollón *et al.* (2016) y Torres *et al.* (2015) quienes encontraron incrementos en el contenido de materia orgánica luego de 30 días de incubación

del suelo con soluciones de vermicompost, extractos de cactáceas y polímeros orgánicos. Las soluciones de vermicompost presenta un tipo de materia orgánica que contiene una



fracción estable que favorece la mineralización de la MOS, suministra nutrientes al suelo y permite la acumulación de carbono en el suelo a través de su incorporación en las sustancias húmicas (Contreras *et al.* 2014).

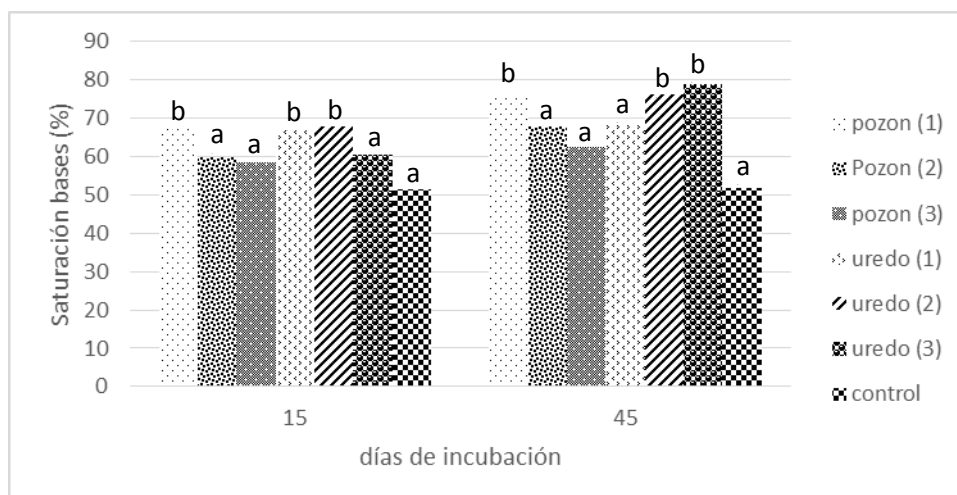
Andreau *et al.* (2012) señalan que la aplicación de abonos orgánicos al suelo, contribuye a mejorar la condición física y mantener el balance de materia orgánica en suelos degradados, entre otros beneficios. El uso de enmiendas orgánicas constituye una práctica de manejo fundamental en la rehabilitación de la capacidad productiva de suelos degradados. La adición de soluciones de vermicompost, además de incrementar los niveles de materia orgánica del suelo, favorece el incremento de la actividad y cantidad de la biomasa microbiana del suelo (Tejada *et al.* 2010; Mogollón *et al.* 2016).

La disminución de la acidez en los suelos está asociada a incrementos de cationes básicos, los cuales sustituyen al  $Al^{3+}$  y el  $H^+$  de la micela coloidal. Se ha

reportado que la aplicación de enmiendas orgánicas tipo vermicompost favorece el incremento de las bases cambiables del suelo, lo cual se podría considerar como un indicativo de buena calidad de este tipo de materiales como fertilizantes orgánicos (Contreras *et al.* 2008). De tal manera que la reducción de los niveles de  $Al^{3+}$  intercambiable en los suelos tratados con el vermicompost puede estar relacionada a los altos niveles de calcio ( $Ca^{2+}$ ) y magnesio ( $Mg^{2+}$ ) que presentan este tipo de enmiendas (Mahmoud y Ibrahim, 2012).

#### **Saturación con bases**

A los 15 días de incubación la saturación con bases fue superior ( $P < 0,05$ ) en los tratamientos Pozón<sup>1</sup>, Uredo<sup>1</sup> y Uredo<sup>2</sup> con 66,60; 66,85 y 67,96 % respectivamente, a los 45 días de incubación se observó un incremento considerable en la saturación con bases, los valores más altos se observaron en los tratamientos Pozon<sup>1</sup>, Uredo<sup>2</sup> y Uredo<sup>3</sup> con 76,12, 76,38 y 78,34 % (Figura 4)



**Figura 4. Cambios en el contenido de porcentaje de saturación de bases después de 45 días de incubación posterior a la aplicación de los mejoradores orgánicos. Letras indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). Uredo<sup>1</sup> y Pozón<sup>1</sup>: solución de vermicompost en concentración 50 % en relación (v/v); Uredo<sup>2</sup> y Pozón<sup>2</sup>: solución de vermicompost en concentración 75 % en relación (v/v) y Uredo<sup>3</sup> y Pozón<sup>3</sup>: solución de vermicompost en concentración 100 % en relación (v/v).**

El incremento en la saturación de bases es consecuencia de la liberación de los cationes provenientes de los mejoradores orgánicos y la materia orgánica presente en el suelo. La mayor saturación con base se reflejó en un mayor contenido de calcio y magnesio en el suelo. Las altas concentraciones de calcio conseguidas en las soluciones de vermicompost es producto del metabolismo de la lombriz roja californiana, la cual posee una estructura llamada glándula de Morren, que es capaz de secretar carbonato cálcico y producir una digestión alcalina, por lo que es de esperar altos valores de calcio intercambiable ( $\text{Ca}^{2+}$ )

en el humus de lombriz (Acosta *et al.* 2013). También se ha reportado que los vermicompost suministran niveles adecuados de magnesio que garantizarían una suplencia adecuada de este nutriente a las plantas (Contreras *et al.* 2014).

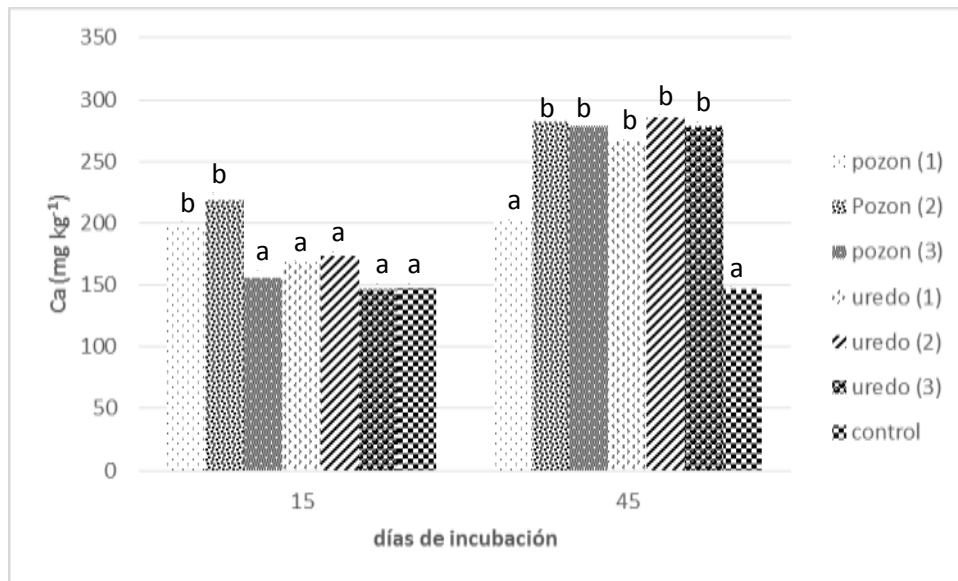
A los 15 días de incubación el contenido de calcio fue más alto ( $P < 0,05$ ) en los tratamientos pozon<sup>1</sup> y pozon<sup>2</sup> con 196 y 218  $\text{mg kg}^{-1}$ ; para el día 45 los valores de calcio fueron más altos en los tratamientos pozon<sup>2</sup>, pozon<sup>3</sup>, uredo<sup>2</sup> y uredo<sup>3</sup> con 282, 278, 286 y 280  $\text{mg kg}^{-1}$  respectivamente, estos valores fueron estadísticamente





superiores a los observados a los 15 días

de incubación (Figura 5).



**Figura 5. Cambios en el contenido de calcio después de 45 días de incubación posterior a la aplicación de los mejoradores orgánicos. Letras indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). Uredo<sup>1</sup> y Pozón<sup>1</sup>: solución de vermicompost en concentración 50 % en relación (v/v); Uredo<sup>2</sup> y Pozón<sup>2</sup>: solución de vermicompost en concentración 75 % en relación (v/v) y Uredo<sup>3</sup> y Pozón<sup>3</sup>: solución de vermicompost en concentración 100 % en relación (v/v).**

El incremento de calcio es resultado de la mineralización del material orgánico incorporado al suelo, estos resultados son similares a los reportados por Bastardo *et al.* (2014) quien al incorporar un vermicompost a partir de bagacillo de caña obtuvo incrementos de 30% de calcio, luego de tres años de aplicación de residuos; similarmente Wade y Sánchez (1983) lograron incrementar el  $\text{Ca}^{+2}$  intercambiable y disminuir el  $\text{Al}^{+3}$  intercambiable, así como la saturación con  $\text{Al}^{+3}$ , luego de la aplicación de enmiendas orgánicas. Entre las

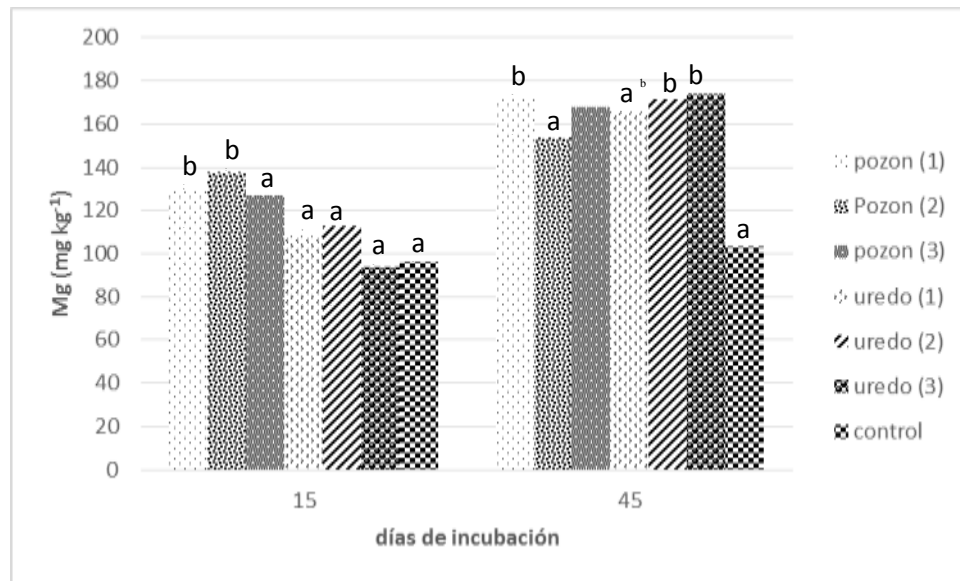
enmiendas orgánicas asociadas a incrementos en el contenido de calcio en el suelo, se encuentran el estiércol de caprino.

La disponibilidad de magnesio también está relacionada a la aplicación de vermicompost. A los 15 días de incubación los valores más altos ( $P < 0,05$ ) fueron encontrados en los tratamientos Pozón<sup>1</sup> y Pozón<sup>2</sup> con valores de 130,8 y 138,0  $\text{mg kg}^{-1}$  respectivamente, a los 45 días de incubación los valores más altos fueron observados en los tratamientos pozon<sup>1</sup>,



uredo<sup>2</sup> y uredo<sup>3</sup> con 171,6 165,6 y 172,4

mg kg<sup>-1</sup> (Figura 6).



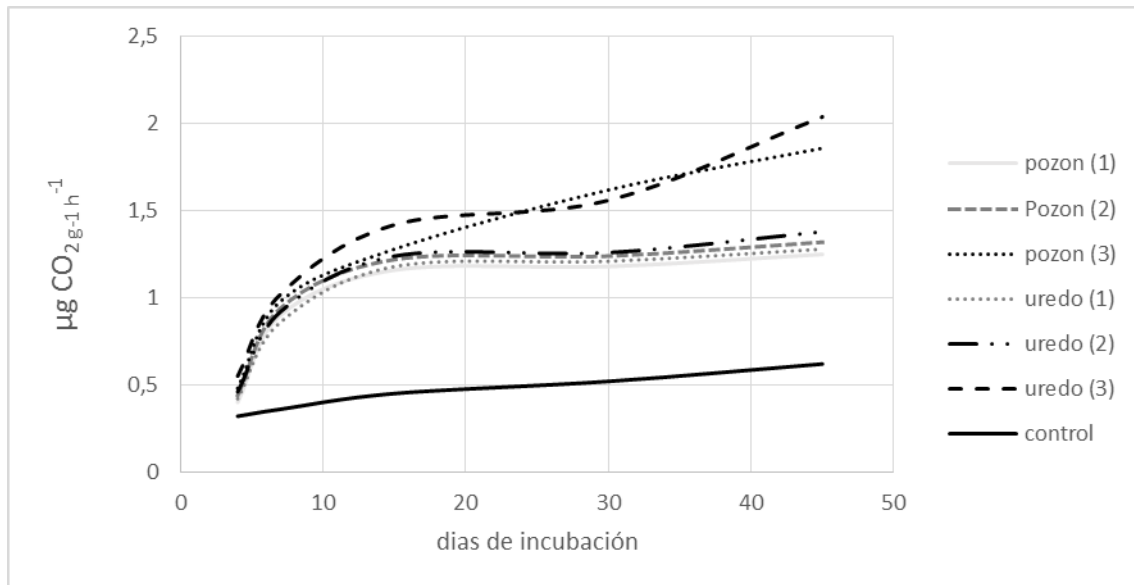
**Figura 6. Cambios en el contenido de magnesio después de 45 días de incubación posterior a la aplicación de los mejoradores orgánicos. Letras indican diferencias significativas ( $P < 0,05$ ). Uredo<sup>1</sup> y Pozón<sup>1</sup>: solución de vermicompost en concentración 50 % en relación (v/v); Uredo<sup>2</sup> y Pozón<sup>2</sup>: solución de vermicompost en concentración 75 % en relación (v/v) y Uredo<sup>3</sup> y Pozón<sup>3</sup>: solución de vermicompost en concentración 100 % en relación (v/v).**

La respiración basal es una variable asociada con la actividad biológica integral del suelo, lo que permite aseverar que la incorporación de vermicompost al suelo, además de incrementar la actividad biológica de éste, ayuda a mejorar los niveles nutricionales del suelo, mejorando al mismo tiempo la actividad metabólica

de los microorganismos (Mogollón *et al.* 2001).

A partir de los 10 días de incubación se observó un incremento significativo de la respiración basal, los valores más altos fueron encontrados en los tratamientos Pozón<sup>3</sup> y Uredo<sup>3</sup> (Figura 7).





**Figura 7. Dinámica de la respiración edáfica durante 45 días de incubación luego de la aplicación de los mejoradores orgánicos. Uredo<sup>1</sup> y Pozón<sup>1</sup>: solución de vermicompost en concentración 50 % en relación (v/v); Uredo<sup>2</sup> y Pozón<sup>2</sup>: solución de vermicompost en concentración 75 % en relación (v/v) y Uredo<sup>3</sup> y Pozón<sup>3</sup>: solución de vermicompost en concentración 100 % en relación (v/v).**

El incremento de la respiración en los suelos con aplicación de soluciones de vermicompost, está asociada a los aportes de materia orgánica fundamentalmente de tipo lábil, que favorece la actividad microbiana (Ramírez *et al.* 2015)

El mejoramiento de la calidad química en suelos ácidos, está relacionada a una mayor actividad biológica en el suelo. Se ha reportado en la literatura que la actividad biológica del suelo, expresada a través del cociente metabólico ( $qCO_2$ ) se ve afectada en la medida que incrementan los valores de aluminio intercambiable, haciéndose más alto el

valor de  $qCO_2$ , lo cual implica la existencia de un estrés edáfico producto de la saturación con  $Al^{3+}$  del complejo de cambio (Mogollón y Martínez, 2009).

Aunque los lixiviados mineralizan rápidamente la materia orgánica, desde el punto de vista práctico, esto puede derivar en pérdidas por lixiviación, especialmente en suelos arenosos, perdiendo los nutrientes que pudieron ser usados por la planta (Celis *et al.* 2013).

Mientras que la materia orgánica del vermicompost, aunque de lenta descomposición, genera materia



orgánica más estable, existiendo una degradación lenta, pero continua de la materia orgánica, lo cual contribuye al mejoramiento de las propiedades físicas y químicas del suelo (Isaza *et al.* 2009).

Los resultados encontrados, destacan la importancia de la utilización de lixiviado de vermicompost para la recuperación de suelos ácidos, aprovechando, los altos valores de sales y bases solubles, que en otras condiciones edafoclimáticas, pudiesen conllevar a la salinización del suelo a mediano y largo plazo, además estos abonos ofrecen fuente de materia orgánica de fácil mineralización, aumentando la disponibilidad de nutrientes para las plantas.

### CONCLUSIONES

La solución de vermicompost Uredo redujo la acidez intercambiable del suelo, por lo que su uso es factible para mejorar la calidad de suelos con limitaciones por acidez.

Luego de 45 días de incubación todas las soluciones de vermicompost, vermicompost aumentaron el pH del suelo, con relación a las condiciones iniciales, no obstante, los valores

obtenidos aún están por debajo de 4,5, por lo que se observa la presencia de aluminio intercambiable en la solución del suelo., por lo que es necesario evaluar el comportamiento del suelo durante periodo mayores de incubación, además de probar otros tipos y formas de aplicación de los vermicompost.

Las soluciones de vermicompost Pozón<sup>3</sup> y Uredo<sup>3</sup>, aumentaron la actividad biológica del suelo, lo cual pudo estar asociado a la mineralización de la materia orgánica del suelo, liberando bases cambiables, que pueden contribuir a elevar el pH del suelo y desplazar el aluminio de la micela coloidal.

### REFERENCIAS

- Acón, J., Alpízar, L., Wing, C., Jones, R. 2013. Percolación y lixiviación de nutrimentos en suelos bananeros al este del río reventazón, Costa Rica. *Agronomía Mesoamericana*, 24(2): 329-336.
- Acosta, C., Solí, O., Villegas, O. Cardoso, L. 2013. Precomposteo de residuos orgánicos y su efecto en la dinámica poblacional de *Eisenia foetida*. *Agronomía Costarricense* 37(1): 127-139.
- Anderson, J. 1982. Soil respiration. In: Page, A.L, R.H. Miller (Eds.). *Methods of Soil Analysis, Part*



- 2, Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Madison, WI. p. 831-871.
- Anderson, J., Ingram, J. 1993. Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF). Handbook of Methods. C.A.B. International. 171 p.
- Andreau, R., Gelati, P., Provaza, D., Bennardi, D., Fernández, D., Vásquez, M. 2012. Degradación física y química de dos suelos del cordón hortícola platense. Alternativas de tratamiento. Ciencia del Suelo (Argentina) 30:107-117.
- Alef, K., Nannipieri, P. 1995. Methods in applied soil microbiology and biochemistry. 340 p.
- Albert, N., Nazaire, K., Hartmut, K. 2012. The relative effects of compost and non-aerated compost tea in reducing disease symptoms and improving tuberization of *Solanum tuberosum* in the field. Int. J. Agric Res rev (2):504-512.
- Álvarez, I., Escobar, R., Sánchez, P., Risueño, M. 2012. Efectos del aluminio en la división y el alargamiento celular en plántulas de arroz (*Oryza sativa* L.). Cultivos Tropicales, 33(1): 35-40.
- Babou, O; Shiow, T; Zeng, Y. 2007. Relationship between compost pH buffer capacity and P content on P availability in a virgin Ultisol. Soil Science 172:56-68.
- Bastardo, L., Sánchez, R., Marcó, L., Ríos, Y., Segura, Y., Torres, G. 2014. Vermicompost enriquecido en calcio obtenido a partir de la ceniza de bagacillo de caña de azúcar y comportamiento biológico de *Eisenia fétida*. Rev. Fac. Agron. (LUZ). 2014, Supl. 1: 138-150.
- Benke, M. B., Hao, X., O'Donovan, J. T., Clayton, G. W., Lupwayi, N. Z., Caffyn, P. and Hall, M. 2010. Livestock manure improves acid soil productivity under a cold northern Alberta climate. Can. J. Soil Sci. 90: 685-697.
- Borges, J., León M., Marturet, E., Barrios, M. 2016. Biostimulación en estaca de morera (*Morus alba* L.) mediante extractos vegetales. Bioagro 28 (3):215-219.
- Casco, C., Iglesias, M. 2005. Producción de biofertilizantes líquidos a base de lombricomposteo. Resumen: A-063. Comunicaciones Científicas y Tecnológicas 2005. Cátedra de Microbiología Agrícola - Facultad de Ciencias Agrarias. Universidad Nacional del Nordeste. UNNE. Argentina.
- Casierra, F y Aguilar, O. 2007. Estrés por aluminio en plantas: reacciones en el suelo, síntomas en vegetales y posibilidades de corrección. Una Revisión. *Revista Colombiana de ciencias hortícolas*. 1:246-257.
- Celis, J., Sandoval, M., Martínez, B., Quezada, C. 2013. Effect of organic and mineral amendments upon soil respiration and microbial



- biomass in a saline-sodic soil. *Ciencia e investigación Agraria* 40: 571-580.
- Bouyoucos, G. 1936. Directions for making mechanical analysis of soils by the hydrometer method. *Soil Sci.* 4: 225 – 228.
- Contreras, J., Rojas, J., Acevedo, I., Adams, M. 2014. Caracterización de las propiedades físicas y bioquímicas del vermicompost de pergamino de café y estiércol de bovino. *Rev. Fac. Agron. (LUZ)*. 31:489-501.
- Contreras, F., Paolini, J., Rivero, C. 2008. Caracterización de enmiendas orgánicas usadas en suelos de los Andes Venezolanos. *Venezuelos*. 16:16-22.
- COPLANARH. 1975. Inventario nacional de tierras. Regiones: Nor-occidental, Centro-occidental y Central. Vol. I. Caracas, Venezuela. 493 p.
- Daza, M. 2014. Aplicación de compost de residuos de flores en suelos ácidos cultivados con maíz (*Zea mays*). *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(3):22-30.
- Domínguez, J., Gómez-Brandón, M., Lazcano, C. 2010. Propiedades bioplaguicidas del vermicompost. *Acta Zoológica Mexicana*. 26:373-383.
- González, Karla., Rodríguez, M., Trejo, L., García, L., Sánchez, J. 2013. Efluente y té de vermicompost en la producción de hortalizas de hoja en sistema NFT. *Interciencia* 38: 863-869
- Isaza, M., Pérez, J., Laines, G., Castañón, I. 2009. Comparación de dos técnicas de aireación en la degradación de la materia orgánica. *Universidad y Ciencia* 25: 233-243.
- Larney, F., Angers, D. 2012. The role of organic amendments in soil reclamation: a review. *Canadian Journal of Soil Science*, 92(1), 19-38.
- Li, M., Qin, R., Jiang, W., Liu, D. 2015. Efectos citogenéticos del aluminio en células del meristemo de la raíz de *Helianthus annuus* L. *Botanical Sciences*, 93(1): 15-22.
- Doll, E., Lucas, R. 1973. Testing soil for potassium, calcium and magnesium. In Walsh, L.; J. Beaton (Eds) *Soil Testing and Plant Analysis*. American Society of Wisconsin, Soil Science Society of America. Agronomy/Soil Science Society of America. Madison, EUA. pp. 133-152.
- Durán, L., Henríquez, C. 2010. El vermicompost: su efecto en algunas propiedades del suelo y la respuesta en planta. *Agronomía mesoamericana*, 21(1): 85-93.
- Gavlak, R., Horneck, D., Miller, R., Kotuby, J. 2003. *Soil, Plant and Water Reference Methods for the Western Region*. 2da ed. WCC-103 Pub. Colorado State University, Fort Collins. EUA. pp. 37-47.



- Infostat. 2002. InfoStat. Ver. 1.1. Grupo InfoStat. Fac. Ciencias Agrícolas. Universidad Nacional de Córdoba. Córdoba, Argentina.
- López, I y Silva, M. 2002. Sistema de experto para recomendaciones de cal en los suelos de Venezuela. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Maracay. 47 p. (Serie D, N° 3).
- Mahmoud, E y Ibrahim, M. 2012. Effect of vermicompost and its mixtures with water treatment residual on soil chemical properties and barley growth. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 12:431-440.
- Miller, R., Kissel, D. 2010. Comparison of soil pH methods on soils of North America. *Soil Sci. Am.* 74(1): 310-316.
- Mogollón, J.P., Tremont, O., Rodríguez, N. 2001. Efecto del uso de un vermicompost sobre las propiedades biológicas y químicas de suelos degradados por sales. *Venezuelos.* 9:48-57.
- Mogollón J.P., García-Miragaya, J., Sánchez, L., Chacón, N., Araujo, J. 1997. Nitrógeno potencialmente disponible en suelos de cafetales bajo diferentes árboles de sombra. *Agronomía Tropical.* 47:87-102.
- Mogollón J.P y Martínez, A. 2009. Variación de la actividad biológica del suelo en un transecto altitudinal de la Sierra de San Luis estado Falcón. *Agronomía Tropical.* 59 (4):469-479.
- Mogollón, J.P., Martínez, A., Torres, D. 2016. Efecto de la aplicación de un vermicompost en las propiedades biológicas de un suelo salino-sódico del semiárido venezolano. *Bioagro.* 28:29-38.
- Agronomía Tropical.* 59:469-479.
- Ochoa, E., Figueroa, U., Cano, P., Preciado, P., Moreno, A., Rodríguez, N. 2009. Té de composta como fertilizante orgánico en la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en invernadero. *Revista Chapingo. Serie Horticultura,* 15(3):245-250.
- Orozco, R., Muñoz, R. 2012 Efecto de abonos orgánicos en las propiedades químicas del suelo y el rendimiento de la mora (*Rubus adenotrichus*) en dos zonas agroecológicas de Costa Rica", *Tecnología en Marcha,* 25 (1): 16 – 31.
- Pratt, P. 1951. Potassium removal from Iowa soils by greenhouse and laboratory procedures. *Soil Science of America* 72: 107-117.
- Ramírez, M., Chávez, M., Mejía, J. 2015. Evaluación de un vermicompost y lixiviados en *Solidago x hybrida*, y mineralización de C orgánico en incubaciones aerobias. 2015. *Revista internacional de botánica experimental* 84:397-406.



- Sadeghian, S. 2008. Fertilidad del suelo y nutrición del café en Colombia: guía práctica. (S. Marín, Ed.) *CENICAFE*, *Boletín Técnico* 32, p 43.
- Sere, G., Schwartz, C., Ouvrard, S., Renat, J.-C., Watteau, F., Villemin, G. and Morel, J. L. 2010. Early pedogenic evolution of constructed Technosols. *J. Soils Sediments* 10: 1246-1254.
- Sheraz, Mahdi, Talat, M., Hussain, H., Latief, A. 2012. Soil Phosphorus Fixation Chemistry and Role of Phosphate Solubilizing Bacteria in Enhancing its Efficiency for Sustainable Cropping-A review. *Journal of pure and applied microbiology* 64 (4): 1-7
- Tejada, M., Gómez, I., Hernández, T., García, C. 2010. Utilization of vermicomposts in soil restoration: Effects on soil biological properties. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 74:525-532.
- Torres, D., Mogollón, J.P., Lázaro, Y., González, M., López, M., Yendis, H. 2015. Uso de acondicionadores orgánicos y biopolímeros para biorremediación de suelos salino-sódicos de la llanura de Coro, Falcón, Venezuela. *Rev. Unell. Cienc. Tec.* 33:36-45.
- Tomašić, M., Zgorelec, Ž., Jurišić, A., Kisic, I. 2013. Cation Exchange Capacity of Dominant Soil Types in the Republic of Croatia. *Journal of Central European Agriculture*, 14(3):94-98.
- Toumpeli, A., Pavlatou-Ve, A., Kostopouloub, S., Mamolos, A., Siomos, A., Kalburtji, K. 2013. Composting *Phragmites australis* Cav. plant material and compost effects on soil and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) growth", *Journal of Environmental Management* (128): 243 – 251.
- Villarreal-Núñez, J. E., García-Espino, R. A. (2012). Monitoreo de cambios en la fertilidad de suelos por medio de análisis de laboratorio. *Agronomía Mesoamericana*, 23(2), 301-309.
- Walkley, A y A. Black .1934. An examination of the method for determination soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration meted soil. *sci* 37: 29-38.
- Wade, M. Sánchez, A. 1983. Mulching and green manure applications for continuous crop production in the Amazon basin. *Agron. J.* 75(1):39-45.
- Zapata, R. 2004. *Química de la acidez del suelo*. Medellín: Universidad Nacional de Colombia. 20



Universidad Centroccidental "Lisandro Alvarado"  
Decanato de Agronomía  
Programa de Ingeniería Agroindustrial  
Revista Científica A.S.A  
ISSN: 2343-6115 Depósito Legal No ppl201302LA4406