

EFFECTO DE FERTILIZANTES ORGÁNICOS E INORGÁNICOS NATURALES SOBRE EL ALUMINIO INTERCAMBIABLE EN SUELOS ÁCIDOS CAFETALEROS*

Effect of natural organic and inorganic fertilizers on interchangeable aluminum in soils cafetaleros acids

Juan Coraspe¹ y Rafael González Lanza¹

RESUMEN

En la localidad de Santa Rosa de La Fila, municipio José Vicente de Unda, estado Portuguesa, Venezuela se estableció un ensayo con el objeto de evaluar el efecto de la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos naturales sobre el aluminio intercambiable en suelos ácidos cultivados con café. La variedad de café utilizada fue Catuaí rojo con diez años de establecida y sin la aplicación de fertilizantes químicos. La plantación se encuentra a una altura de 1018 msnm. Los abonos orgánicos utilizados fueron lombricompost, bocashi, pulpa de café descompuesta y los minerales inorgánicos cal agrícola y fosforita. Se utilizó el diseño estadístico de bloques completos al azar con tres repeticiones y seis tratamientos (T1: testigo manejo del productor, T2: pulpa de café descompuesta, T3: Lombricompost, T4: Bocashi, T5: Fosforita y T6: Cal agrícola) y tres repeticiones, para el análisis de los resultados se usó el Software Estadístico Statistix 8. Los resultados indicaron evidencias altamente significativas del efecto de los fertilizantes orgánicos e inorgánicos naturales utilizados sobre la productividad de los suelos ácidos cultivados con café. Los tratamientos Bocashi y Lombricompost propiciaron mayores rendimientos de café, que podría deberse al mayor aporte de macroelementos y microelementos esenciales. Los abonos orgánicos e inorgánicos utilizados tienen un efecto positivo sobre el aluminio intercambiable, logrando su disminución y evitando su toxicidad en los suelos ácidos cafetaleros, debido al aporte de las bases cambiables, la producción de radicales OH⁻ y la materia orgánica que actúa como agente complejante del aluminio, igualmente las enmiendas inorgánicas aumentaron el pH lo que demuestran una tendencia a disminuir la reacción ácida del suelo.

Palabras clave: lombricompost, bocashi, pulpa de café, aluminio intercambiable, cal agrícola

ABSTRACT

In the town of Santa Rosa de La Fila, José Vicente de Unda municipality, in the Portuguese state, Venezuela, a trial was established in order to evaluate the effect of the application of natural organic and inorganic fertilizers on exchangeable aluminum in acidic soils cultivated with coffee. The variety of coffee present in the studied area was Red Catuaí with ten years of establishment and without the application of chemical fertilizers. The plantation is located at an altitude of 1018 meters. The organic fertilizers used were vermicompost, bocashi, decomposed coffee pulp and the inorganic minerals agricultural lime and phosphorite. The randomized complete block statistical design was used with three repetitions and six treatments (T1: producer management control, T2: Decomposed coffee pulp, T3: Lombricompost, T4: Bocashi, T5: Phosphorite and T6: Agricultural Lime) and three repetitions; The Statistical Software (Statistix 8) was used to analyze the results. The results indicated highly significant evidence of the effect of natural organic and inorganic fertilizers used on the productivity of acid soils grown with coffee. The Bocashi and Lombricompost treatments led to higher coffee yields, which could be due to the greater contribution of essential macroelements and microelements. The organic and inorganic fertilizers used have

(*)Recibido: 05-07-2019

Aceptado: 12-11-2019

¹Programa Ciencias del Agro y del Mar, Universidad Nacional Experimental de los Llanos Occidentales "Ezequiel Zamora", Guanare, Portuguesa. Apartado 3350. E-mail: juancoraspe13@gmail.com y reglanza05@gmail.com

a positive effect on exchangeable aluminum, achieving their decrease and avoiding their toxicity in coffee acid soils due to the contribution of changeable bases, the production of OH- radicals and the organic matter that acts as a complexing agent for the aluminum, also the inorganic amendments increased the pH which demonstrates a tendency to decrease the acid reaction of the soil.

Key words: vermicompost, bocashi, coffee pulp, intercambiable aluminum, agricultural lime

INTRODUCCIÓN

La región de montaña ubicada al norte del estado Portuguesa perteneciente a los municipios José Vicente de Unda, Guanare, Sucre, Ospino y Araure es la principal productora de café del estado, según Ministerio del Poder Popular para Agricultura y Tierra (MPPPAT 2015). Esta región ocupa una superficie cultivada de 41.086 ha de café con una producción de 258.782 quintales, por lo que se considera a este rubro como el eje fundamental de desarrollo de esta región del cual dependen 10.480 familias.

Una de las alternativas para disminuir las condiciones de acidez y mejorar la fertilidad del suelo e incrementar la producción, sin contaminar este recurso, es utilizar la materia orgánica disponible en las fincas cafetaleras (pulpa de café descompuesta) como biofertilizante. Dentro de las condiciones edafológicas y climáticas presentes en estas zonas de montaña, el cultivo de café es el más recomendable. Con un manejo eficiente del suelo, más biofertilizantes y enmiendas naturales, se pueden corregir problemas de aluminio intercambiable y acidez, esto favorece la absorción de los nutrimentos e incrementa el rendimiento de la plantación. El hecho de encontrarse estos suelos en áreas de gran sensibilidad ambiental y donde existen nacientes de aguas de importancia local y regional, hace que esta alternativa agroecológica sea la más sustentable.

De acuerdo a investigaciones realizadas por Cenicafe (2016) en suelos ácidos cafetaleros en los departamentos de Antioquia, Colombia, han reportado que con la aplicación de abonos orgánicos (pulpa de café) y cal agrícola, hay un efecto positivo en la corrección de la acidez del suelo.

Mosquera *et al.* (2015) encontraron que en la caracterización físico-química de los abonos

orgánicos Bocashi y lombricompost hay nutrimentos suficientes para el cultivo de café en Colombia, ya que presenta valores óptimos de macroelementos, microelementos, pH, materia orgánica y aceptable valor de la relación carbono-nitrógeno.

Este trabajo fue ejecutado con la finalidad de evaluar el efecto de la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos naturales sobre el aluminio intercambiable y la producción de café en suelos ácidos cafetaleros de la zona de montaña caserío Santa Rosa de La Fila, del municipio José Vicente de Unda del estado Portuguesa.

MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se llevó a cabo en el caserío Santa Rosa de La Fila en una parcela ubicada a 30 km al noreste de Chabasquén, municipio José Vicente de Unda, estado Portuguesa, Venezuela; entre las coordenadas UTM 19 N 1.050.787 y E 405.737; a 1018 msnm. En esta parcela se tiene un lote de café de 0,50 ha de la variedad Catuaí de 10 años de edad, con una distancia de siembra de 2 m entre hileras y 1 m entre plantas, con sombra permanente de plantas de bucare y musáceas.

Diseño Experimental

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con seis tratamientos y tres repeticiones, para un total de 18 parcelas, cada una estuvo conformadas por 16 plantas en un arreglo de cuatro hileras (32 m²/parcela), de las cuales se evaluaron las cuatros plantas centrales para reducir el efecto de bordura. El ensayo contó con un total de 288 plantas y una superficie de 576 m².

Descripción de los tratamientos y materiales utilizados

T1 = Testigo (manejo tradicional del productor),
T2= pulpa de café descompuesta

T3= Lombricompost, T4= Bocaschi, T5= Fosforita y T6 = Cal agrícola.

Bocashi, en su preparación se utilizaron los siguientes productos para obtener 250 kg. de abono: dos sacos de tierra, un saco de estiércol seco, un saco de pulpa de café, dos litros de melaza, los cuales se mezclaron y se dejó descomponer por ocho días, cubierta con un plástico negro. **Pulpa de café descompuesta**, es un material orgánico resultante del procesamiento del café que se encuentra en las parcelas de los productores del área. **Lombricompost**, fertilizante orgánico biorregulador y corrector del suelo, producido por las lombrices rojas californianas, el cual se obtuvo de productores de la zona. **Manejo tradicional del productor**, consistió en las prácticas culturales del productor sin la aplicación de abonos químicos y orgánicos. **Dosis de abonos:** a cada planta por tratamiento se le aplicó 3 kg. de compuesto orgánico, esta dosis se aplicó de acuerdo a reportes realizados por Rodríguez y Viera (2002) y Valencia (2009). La cal agrícola y la fosforita se aplicaron en una dosis de 120 gr/planta alrededor de la planta en una sola aplicación en el mes de mayo del mismo año. **Recolección de las muestras:** antes del inicio del experimento se realizó un muestreo de suelo representativo de la unidad experimental, con la finalidad de evaluar sus características físicas y químicas de acuerdo a la metodología propuesta por Osorio (2008). Estas muestras fueron llevadas al Laboratorio de La Unelllez- Guanare donde se realizó la determinación de pH, MO (%), P(ppm), K(ppm), textura, CE (ds/m), aluminio intercambiable ($\text{Cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$), Ca (ppm), Mg (ppm), Mn (ppm), Fe(ppm), Cu (ppm), de acuerdo a la metodología usada en este laboratorio: pH en agua en una relación 1:2 por potenciometría; conductividad eléctrica (CE) en una relación 1:2 por conductimetría. La materia orgánica se determinó por el método de Walkey y Black por oxidación con dicromato de potasio; el nitrógeno total (NT) por destilación por el método Kjeldahl y el fósforo por extracción por el método de Bray; potasio por Acetato de Amonio-fotometría de llama; Calcio y Magnesio Acetato de amonio pH7-Absorción Atómica; Aluminio intercambiable por cloruro de potasio 1 N; textura mediante Bouyoucos. A los seis meses se concluyó el ensayo

y se tomaron muestras representativas de suelos por tratamiento, las cuales fueron llevadas al mismo laboratorio donde se determinaron las variables físicas químicas de suelo descritas anteriormente. La interpretación de los resultados se realizó con base a los niveles de referencias señalados por González (2001). **Análisis Estadístico.** Los resultados de laboratorio de suelo fueron analizados con el Software Statistix versión 8 mediante el análisis de la varianza para una distribución completamente al azar.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Caracterización de los compuestos orgánicos y minerales utilizados

El análisis químico de los compuestos orgánicos aplicados (Bocaschi, y Lombricompost) mostró contenidos altos de los valores de pH, Materia Orgánica, Fósforo, Potasio, Calcio y Magnesio (Tabla 1). El Bocashi presentó mayor contenido de Nitrógeno total y Magnesio, el Lombricompost tiene mayor contenido de materia orgánica y de los macroelementos fósforo, calcio y potasio. Resultados que se asemejan a la caracterización química reportada por el Instituto Nacional de Innovaciones Agraria, Lima. Perú (2013) y Mosquera *et al.* (2015). Los resultados pudieron deberse a la cantidad de pulpa de café y estiércol de bovino seco ya que estos materiales suministran valores óptimos de nitrógeno.

Caracterización física y química del suelo antes de la aplicación de los tratamientos

En la Tabla 2 se aprecia que antes de la aplicación de los tratamientos, el área seleccionada para el estudio presentaba problemas de fertilidad del suelo, por tener un pH bajo, indica problemas de acidez, aluminio intercambiable alto, fósforo, potasio, calcio y manganeso bajo, estos contenidos nutricionales pueden incidir en la productividad del suelo. Estos resultados previos fueron similares a los encontrados por López *et al.* (2006) y Cenicafe (2016) donde observaron bajo valores de pH y alto contenido de aluminio intercambiable antes de aplicar abonos orgánicos y enmiendas naturales al suelo.

Tabla 1. Caracterización físico química de los fertilizantes orgánicos utilizados.

Variab	pH	CE (ds/m)	MO (%)	N (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Bo (ppm)
Tratamiento												
Bocashi	6,80	2,97	13,80	3	225	2500	3110	665	2	29	0	0,45
Lombricompost	7,40	7	18,90	1,70	424	5000	3690	225	27	19	5	0,52

Aclaratoria: la pulpa de café no se caracterizó debido a la carencia de un laboratorio especializado en la zona Centro Occidental que realice estos análisis por ser 100% material vegetal.

Tabla 2. Características del suelo previo a la aplicación de los tratamientos.

pH	Al	Ce	MO	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Zinc	Cu	Tex
Agua 1:2	Cmol(+) kg ⁻¹	dSm ⁻¹	%	ppm	ppm							
4,2	3,25	0,07	4,10	5	75	260	175	11	14	6	1	Aa

Mn: Manganeso (ppm), Zn: Zinc, (ppm), Cu Cobre (ppm), Fe: Hierro (ppm), Aa= Arcillo-arenoso

Caracterización física y química del suelo después de la aplicación de los tratamientos

En la Tabla 3 se aprecian las variables del suelo relacionadas con la fertilidad. Los valores de pH variaron de 0,2 a 0,7 unidades de pH en los tratamientos orgánicos T2 (pulpa de café), T3 (lombricompost) y T4 (bocashi), los cuales pasaron de una reacción extremadamente ácido a muy fuertemente ácido (Tabla 2), lo que concuerda con lo encontrado por López *et al.* (2006), observaron que antes del experimento el pH fue cercano a 4 (60 cm de suelo), luego de 6 meses de la aplicación de abonos orgánicos el pH osciló entre 4,80 y 5,30 para profundidad de 0-10 cm, y ligeros incrementos de 0,20 a 0,60 en las profundidades evaluadas, lo que muestra una tendencia a disminuir la reacción ácida del suelo.

Estos resultados muestran el efecto positivo que tiene la aplicación de los abonos orgánicos y las enmiendas naturales usadas, en la corrección de la acidez en los suelos ácidos cafetaleros en la zona de montaña en el municipio Unda del estado Portuguesa, Venezuela, resultados que se asemejan a los encontrados por Cenicafe (2016), en los suelos ácidos cafetaleros en el departamento de Antioquia, Colombia.

Los contenidos de materia orgánica, Fosforo, Potasio y Calcio (Tabla 3), fueron superiores en las parcelas donde se aplicaron los abonos orgánicos, lo que concuerda con Vargas y Briceño (2003) quienes encontraron incremento de

materia orgánica en suelos que fueron tratados con biofertilizantes y con los señalados por Mosquera *et al* (2015) sobre la aplicación de abonos orgánicos tipo pulpa de café, gallinaza, bocaschi y compost que elevaron el contenido de materia orgánica en el suelo.

La aplicación de cal agrícola Dolomita y la Fosforita afectaron el pH y el aluminio intercambiable, este elemento disminuyó a concentraciones cercanas a cero, evidencia la influencia de estos productos en la disminución de la acidez del suelo. Estos resultados concuerdan con los encontrados por Intagri (2017), Cenicafe (2016), Mosquera *et al.* (2015) y Matheus (2000), observaron que con la aplicación de biofertilizantes se produce aumentos en el pH y disminución del aluminio intercambiable como consecuencia del aporte de carbonatos de calcio (CaCO₃) y el efecto amortiguador de la materia orgánica.

Igualmente estos resultados coinciden con los encontrados por Cervantes *et al.* (2014), demostraron que el uso de la pulpa de café tiene un efecto positivo en los suelos ácidos cafetaleros del macizo Guamuhaya de Cuba, por liberar gran cantidad de elementos minerales contenidos en su estructura, que son retenidos por el complejo de cambio de los perfiles que propician las mejoras de las propiedades químicas de los edafones, por lo que se postulan como material alternativo viable para los suelos montañosos de la zona alta del estado Portuguesa, Venezuela.

En el análisis de la varianza (Tabla 4) se observan variaciones altamente significativas para el pH y en el contenido de MO, P, CE, Zn y significativos para Al intercambiable, Mg, Mn, y Cu, con excepción de los elementos K y Ca. Estos resultados, coinciden con lo expuesto por Rodríguez y Viera (2002), quienes indicaron que la aplicación de bioabono de pulpa de café

proveniente de vermicultivo disminuyó el contenido de aluminio e incrementó en el suelo los contenidos de fósforo, potasio, calcio y magnesio, en la zona cafetalera de El Blanco, Concordia, Olancho, Honduras. Igualmente, Mosquera *et al.* (2015) señalaron que la aplicación de materiales orgánicos produce cambios significativos sobre las propiedades químicas del suelo.

Tabla 3. Valores promedios del Al (Cmol (+) kg⁻¹), pH y CE (dSm⁻¹) MO (%), P (ppm), K (ppm), Ca (ppm), Mn (ppm), encontrados a los seis meses de aplicación de los tratamientos.

Tratamiento	Variables									
	¹ Al	pH	CE	MO	P	K	Ca	Mg	Mn	
T1	1,45 A	3,90 B	0,28 B	4,21 B	26 B	205 A	1494,70 A	181 A	32 A	
T2	0,21 B	4,70 AB	0,12 AB	5,78 A	46 A	104,40 A	1113,70 A	184 AB	37 A	
T3	0,13 B	4,13 B	4,13 B	4,34 B	31,67 B	162,67 A	1353 A	276 AB	56 A	
T4	0,35 B	4,20 B	4,20 B	4,29 B	31 B	131,60 A	1732 A	316 AB	41 A	
T5	0,06 B	4,10 B	4,10 B	4,21 B	45,67 B	193,33 A	1407 A	248 B	34 A	
T6	0,06 B	5,60 A	5,60 A	4,50 B	31,67 B	133,33 A	1988 A	364 B	31,60 A	

Letras distintas en una columna indica diferencias estadísticas entre los tratamientos (Tukey 5%).

¹Datos transformados

Tabla 4. Análisis de la varianza para los tratamientos utilizados después de seis meses.

Valores de F y su significancia												
Bloq.	2	Al ¹	pH	MO	P	K ¹	Ca ¹	Mg	Mn	CE	Cu ¹	Zn
Tratam.	5	6,12	10,26	7,04	13,60	0,27	2,38	4,22	4,83	32,67	9,38	11
(P)		0,01	0,002	0,008	0,001	0,90	0,13	0,03	0,02	0	0,003	0
Sig.		*	**	**	**	ns	ns	*	*	**	*	*
CV %		29	7,55	6,16	24	33	17,80	16,62	22	14,40	16	19

¹ Datos transformados. * Significativo. ** Altamente significativo

Se destacan los cambios importantes ($p \leq 0,01$) que evidencian el efecto de los abonos orgánicos aplicados al suelo, en el incremento de los contenidos de la materia orgánica, estos resultados explican el efecto de la materia orgánica en el suelo lo cual contribuye al aumento de la capacidad de intercambio de cationes, suministro de nutrientes al cultivo e incremento de la actividad de microorganismo que ayudan a la mineralización de los residuos orgánicos, lo cual coincide con Mosquera *et al.* (2015) y Zamora *et al.* (2008) quienes indicaron que la incorporación de abonos orgánicos, incrementa los niveles de MO y favorece los rendimientos en suelos de reacción ácida en incremento de los contenidos de nitrógeno en el

suelo, lo que estimula la micro-biota de suelo, lo cual favorece la mineralización de la MO, aumentando la liberación del nitrógeno orgánico, además de promover la actividad radical al favorecer la absorción de nutrientes, repercutiendo en una mejor fertilidad del suelo.

CONCLUSIONES

Los abonos orgánicos utilizados (Bocashi, Lombricompost y pulpa de café) tienen un efecto positivo sobre la fertilidad de los suelos. El mayor contenido de materia orgánica, fósforo, potasio, calcio y magnesio se encontró

en los tratamientos con Lombricompost y Bocashi.

Se observaron incrementos del pH y disminución del aluminio intercambiable por la aplicación de abonos orgánicos y minerales naturales después de seis meses. Esto se explican en función del aporte de las bases cambiables Ca y Mg y la producción de radicales OH⁻ producto de las reacciones químicas de los carbonatos en el suelo, que disminuye el efecto severo de la toxicidad del Al y otros iones tóxicos.

Con relación al Fósforo, los productos orgánicos utilizados y la fosforita, ejercieron un efecto positivo en el suelo, aumentando su disponibilidad después de seis meses de su aplicación.

Se evidencia que la aplicación de abonos orgánicos y minerales naturales mejoran las propiedades químicas de los suelos ácidos cafetaleros de la zona alta del estado Portuguesa.

Los abonos orgánicos bocashi, y lombricompost son una alternativa ecológica viable de adquisición local, que mejoran los suelos ácidos cultivados con café en dosis de 1 a 2 kg por planta, presenta respuesta favorable en el suelo y la planta, después de los seis meses de su aplicación.

REFERENCIAS

- CENICAFE. 2016. La acidez en el suelo una limitante común para la producción. Avances Técnicos [Boletín en línea] En: <https://www.cenicafe.org/es/publications/AVT466.pdf> [febrero de 2017].
- Cervantes, R., Castro, I., Cabrera, J. y Fernández, D. 2014. Efecto de la pulpa de caféto (*Coffea arabica* L) variedad arábica sobre propiedades químicas de tres suelos del macizo montañoso Guamuhaya. Revista Ciencia y Técnicas Agropecuarias (San José de las Lajas) 23 (3): 1-9. [Revista en línea].
- En: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci-arttext&pid=S2071-00542014000300003> [febrero de 2018].
- González-Lanza, R. 2001. Interpretación de Análisis de suelos. Sub proyecto Edafología II Unellez- Guanare. 10 p.
- Instituto Nacional de Innovaciones Agrarias. Lima, Perú. 2013. Manual de Lombricultura [Documento en línea]. En: <https://www.google.com/search?asociación+nacional+de+La+lombricultura+lima+p> [febrero de 2017].
- INTAGRI (Instituto para las innovaciones Tecnológicas en la Agricultura). 2017. Ventajas del Uso de Roca Fosfórica en la Agricultura. Serie Suelos. Núm. 30. Artículos Técnicos de INTAGRI. México. 3 p. En: <https://www.intagri.com/articulos/suelos/ventajas-del-uso-de-roca-fosforica-en-la-agricultura> [febrero de 2017].
- López, M., Alfonso, N., Florentino, A. y Pérez, M. 2006. Dinámica del fósforo y reducción del aluminio intercambiable en un Ultisol sometido a manejo conservacionista [artículo en línea]. En: http://cielo.org.ve/cielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-2006000400009&lng=pt&nrm=iso. ISSN 0378-1844 [julio de 2016].
- Mosquera, A., Melo, M., Quiroga, D., Avedaño, D. y Marahona, M. 2015. Evaluación de fertilización orgánica en caféto (*Coffea arabica*) con pequeños productores de Santander, Colombia [Revista en línea]. En: <http://revista.unicordoba.edu.co/index.php/temasagrarios/article/view/894/1098> [enero de 2019].
- Matheus, L. 2000. Evaluación Agronómica del uso de un Biofertilizante en el cultivo de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Maestría. UNELLEZ, Guanare. 128 p.

Ministerio del Poder Popular Para la Agricultura y Tierra. Unidad Estatal Portuguesa. 2015. Anuario Estadístico. pp 20-35.

Osorio, N. 2008. Muestreo de suelo. Universidad Nacional de Colombia. Medellin. [Publicaciones en línea]. En: <http://www.unalmed.edu.co/~esgeocien/documentos/muestreo.pdf> [junio 2009].

Rodríguez, R. y Viera, C. 2002. Bioabono de pulpa de café. [Publicacion en línea]. En: <http://www.pasolac.org.ni/files/publicaciones1175041790IHcafe.pdf>. [junio 2016].

Vargas, M. y Briceño, C. 2003. Efecto de la incorporación de desechos agrícolas biodegradados sobre algunas características químicas de un Alfisol de piedemonte andino. Revista de Ciencia y Tecnología 21: 124-134.

Valencia, F. 2009. Residuos de la producción Cafetera para la producción y usos como abonos orgánicos. CENICAFE. [documento en línea]. En www.ucentral.edu.co/.../taller%20abonos%20org%E1nicos.pdf. [julio 2016].

Zamora, F., Túa., D., Torres., D. 2008. Evaluación de cinco fuentes orgánicas sobre el desarrollo vegetativo y rendimiento del cultivo de papa. Agronomía Tropical 58(3). [Revista en línea]. En: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0002-192X2008000300004 [marzo 2016].