

ARTÍCULO ORIGINAL

Aplicación de compost de residuos de flores en suelos ácidos cultivados con maíz (*Zea mays*)

Application of waste flowers compost in acid soils cultivated with corn (Zea mays)

M.Sc. Martha Constanza Daza Torres

Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente, Área de Ingeniería Agrícola y Recursos Hídricos, Cali, Valle del Cauca, Colombia.

RESUMEN. Los suelos ácidos tropicales se caracterizan por su baja fertilidad y presencia de minerales fijadores que limitan la disponibilidad de nutrientes. El presente estudio fue llevado a cabo con el propósito de estudiar la aplicación de compost de residuos de flores en propiedades químicas de un Oxisol proveniente de los Llanos Orientales colombianos y en variables agronómicas de maíz (*Zea mays*). El experimento consistió en siete tratamientos: testigo, compost, cal, fertilizante inorgánico, compost + cal, compost + fertilizante inorgánico y compost + fertilizante inorgánico + cal con tres repeticiones en un diseño de bloques completos al azar donde las propiedades químicas del suelo evaluadas fueron pH, acidez intercambiable, materia orgánica, fósforo disponible y las relaciones C/N y C/P al inicio, a la quinta y décima semana después de la siembra. También algunas propiedades agronómicas del cultivo fueron evaluadas como altura de planta, peso de masa seca y contenido foliar de nutrientes. Los resultados mostraron que al combinar el compost con el fertilizante inorgánico se obtuvieron mejores condiciones en el suelo para el desarrollo del maíz aunque a las diez semanas el suelo tendió a su estado inicial, indicando la necesidad de aplicaciones periódicas de enmiendas para sostener su productividad.

Palabras clave: oxisol, propiedades químicas, análisis foliar, fertilización.

ABSTRACT. Tropical acid soils are characterized by its low fertility and fixed minerals presence that limits nutrient availability. The present study was conducted with the purpose of studying residue flower compost application in some Oxisol chemical properties from Colombian eastern plain lands and in corn (*Zea mays*) crop agronomic variables. The experiment consisted in seven treatments: control, compost, lime, inorganic fertilizer, compost + lime, compost + inorganic fertilizer and compost + inorganic fertilizer + lime with three repetitions in a randomized block design where soil chemical properties evaluated were pH, exchangeable acidity, organic matter, available phosphorus and C/N and C/P ratios, at the beginning, the fifth and the tenth week after planting. Also, some crop agronomic properties were evaluated like plant height, dry mass weight and foliar nutrient content. Results showed that with the combination of compost with inorganic fertilizer, it is possible to obtain better soil conditions for corn crop development, although in the tenth week soil tended to its initial state, indicating the necessity of periodic applications of amendments to support its productivity.

Keywords: oxisol, chemical properties, foliar analyses, fertilization.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se han volteado las miradas hacia los Llanos Orientales Colombianos para la producción de diferentes cultivos, incluido el maíz (Forero y Romero, 2010). Sin embargo, estos suelos se caracterizan por ser altamente meteorizados, de carga variable, extremadamente ácidos, bajo contenido de bases intercambiables, presencia de arcillas de baja actividad y óxidos de hierro (Fe) y aluminio (Al) (Fernández *et al.*, 2003). Estas condiciones edáficas aumentan los costos de producción debido principalmente a la baja eficiencia en la fertilización, especialmente la fosfórica y azufrada, lo

que hace necesario la búsqueda de estrategias sostenibles que complementen la producción de cultivos en este tipo de suelos como el uso de enmiendas orgánicas (García y Gómez, 2012). Diversos estudios han encontrado que la materia orgánica (MO) favorece la disponibilidad de elementos en suelos ácidos, puesto que contribuye a disminuir la fijación de fósforo (P) por parte de óxidos de (Fe) y (Al), además de incrementar la fertilidad y reducir la acidez del mismo (Erich *et al.*, 2002).

El uso de abonos orgánicos se ha venido intensificando en cultivos a nivel comercial por ser buenos suplementos nutricio-

nales para la obtención de cosechas y por los resultados promisorios en la conservación y recuperación de suelos (Xiang *et al.*, 2012; Daza *et al.*, 2008). Varias investigaciones han mostrado aumento en la disponibilidad de nutrientes usando estiércoles compostados como gallinaza (Narvaez, 1998), lombricompost (Galindo, 2012), porquinaza (Xiang *et al.*, 2012). Otros estudios han mostrado que la combinación de fertilizantes inorgánicos junto a enmiendas orgánicas han dado mejores resultados en la disponibilidad de fosfatos (Vázquez *et al.*, 2011). Sin embargo, la mayoría de las enmiendas orgánicas utilizadas con estos fines son de procedencia animal. Son pocas las publicaciones que relacionan el uso de compost provenientes de residuos vegetales, en especial de cultivo comercial de flores, con las propiedades de suelos como los Oxisoles y características agronómicas de los cultivos, a pesar de que estos tipos de compost pueden brindar beneficios al adicionarlos a suelos de bajo pH (Gómez y Tovar, 2008; Toumpeli *et al.*, 2013).

Por otro lado, con una producción mundial anual que pasó de 831 millones de toneladas métricas en el año 2011 a 863 millones en el 2013 (International Grain Council, 2013), el maíz es usado en diferentes actividades industriales como en la farmacéutica, cosmética, alimentación humana y animal entre otras. En Colombia el área dedicada a la siembra de maíz ha ido disminuyendo debido a los bajos rendimientos y a la sustitución por cultivos más rentables (el área destinada a la siembra de maíz en el 2001 era 424 744 ha y pasó en el 2011 a 377 643 ha) (Colombia, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2012), haciendo que en los últimos años no se suplan la demanda y se vea obligado a importar el 85% del consumo nacional de países pertenecientes a Mercosur y de Estados Unidos (Colombia,

Superintendencia de industria y comercio, 2012).

En este sentido, el presente trabajo tiene como propósito comprender el efecto de la aplicación de un compost, proveniente de residuos de un cultivo comercial de flores, en algunas propiedades químicas de un suelo Oxisol y en variables agronómicas en plantas de maíz (*Zea mays*).

MÉTODOS

El trabajo se realizó en los invernaderos del Centro de Investigación de Tibaitatá de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Corpoica) en Mosquera Cundinamarca, situado a 2543 msnm, con temperatura máxima de 34 °C y mínima de 10 °C y humedad relativa del 70%. El suelo utilizado es clasificado como Inceptic Hapludox proveniente del centro de Investigaciones Corpoica–La Libertad el cual se encuentra ubicado en el piedemonte andino a 9°6' de latitud norte y 73°34' de longitud oeste a 320 msnm con temperatura media anual de 27 °C y humedad relativa entre el 70 y el 90%. Las muestras fueron tomadas con cilindros a una profundidad de 0,20 m. El suelo utilizado tenía pH ácido con bajos contenidos de materia orgánica (MO) y bases intercambiables. La CICE estaba 48,7% por encima de la CIC indicando la presencia de coloides de carga variable dependiente del pH como caolinita y óxidos e hidróxidos de Fe y Al (Tabla 1).

Se utilizó un compost de origen vegetal elaborado a partir de tallos y raíces de flores con un periodo de incubación de 10 semanas, el cual presentó bajos valores de MO y relación C/N; a pesar de tener el pH neutro, los valores de calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K) fueron bajos (Tabla 2).

TABLA 1. Propiedades físicas y químicas del suelo Oxisol utilizado en el experimento

Propiedad	Unidad	valor	Propiedad	Unidad	valor
Textura	-	FARa	CIC	Cmol (+) kg ⁻¹	4,51
Materia orgánica	%	2,96	CICE		2,31
pH		4,70	P disponible	mg kg ⁻¹	0,69
Al intercambiable	Cmol (+) kg ⁻¹	2,00	S disponible		6,00
Ca Intercambiable		0,12	Zn		0,50
Mg intercambiable		0,07	Mn		2,40
K intercambiable		0,05	Cu		1,10
Na intercambiable		0,07	Fe		140,00

El suelo empleado se secó al aire, se tamizó por malla de 4 mm y se colocó en bolsas de polietileno con capacidad de 2500 g, después que se realizó la mezcla previa tanto con el compost como con el fertilizante inorgánico y la cal, dando lugar a 7 tratamientos con tres repeticiones cada uno a saber: Testigo (T1), Compost en dosis de 1 280 mg/100g de suelo (T2), Cal dolomita en dosis de 160 mg/100 g de suelo (T3), Fertilización inorgánica (8,4 de urea; 19,0 Superfosfato triple y 5,1 de KCl) (T4), Compost más cal (1 280 + 160 mg/100 g de suelo respectivamente (T5), compost más fertilización inorgánica (640 + 8,4 de urea; 19,0 SPT y 5,1 de KCl mg/100 g

de suelo respectivamente) (T6) y compost más fertilización inorgánica más cal (640 + 8,4 de urea; 19,0 SPT y 5,1 de KCl +70 mg/100 g de suelo) (T7). Todas las unidades experimentales se dispusieron bajo condiciones de invernadero en un diseño de bloques completos al azar. La cal y el compost se incorporaron 15 días antes de la siembra mientras que el fertilizante inorgánico se hizo 5 días antes de la siembra.

En cada unidad experimental se sembraron 4 semillas de maíz variedad Master tolerante al Al. Una vez germinadas, se seleccionó la planta más vigorosa de cada una y se eliminaron las sobrantes. En cada muestreo, se tomó una materia del

bloque correspondiente al tratamiento para posteriormente realizar un cuarteo y tomar 200 g como muestra representativa para los análisis de laboratorio. El experimento se llevó a cabo por un periodo de 10 semanas hasta el inicio de la floración y los muestreos se realizaron a la quinta y a la décima semana después de la siembra.

TABLA 2. Características del compost proveniente de residuos de flores utilizado en el experimento

Característica	Unidad	Valor	Característica	Unidad	Valor
pH		7,0	Sodio	%	0,5
Humedad	%	34,0	Azufre	%	1,0
Materia orgánica	%	62,0	Boro	mg kg ⁻¹	72,0
Carbono	%	12,7	Hierro	mg kg ⁻¹	668,0
Nitrógeno Total	%	34,0	Cobre	mg kg ⁻¹	63,0
Fósforo	%	0,7	Zinc	mg kg ⁻¹	254,0
Potasio	%	2,6	Manganeso	mg kg ⁻¹	642,0
Magnesio	%	0,8	C/N	-	12,7
Calcio	%	11,0	Residuo fijo	%	37,71%

Las variables de respuesta al suelo fueron: pH (potenciómetro), acidez intercambiable (extracción con KCl 1 N), P disponible (Bray II), carbono orgánico (método de Walkley y Black) y las relaciones Carbono/Nitrógeno (C/N) y Carbono/Fósforo (C/P), las cuales fueron calculadas semanalmente. Igualmente se midieron características agronómicas a la planta como longitud de raíz, porcentaje de masa seca y contenidos foliares de elementos a la semana diez después de la siembra. Los análisis se realizaron siguiendo los protocolos del laboratorio de suelos de CORPOICA (Amezquita *et al.*, 1993).

El análisis estadístico consistió en la aplicación de la prueba de normalidad de Shapiro – Will y se realizó análisis de varianza con una confiabilidad del 99%. Para aquellas variables donde se encontraron diferencias significativas se realizó comparación de medias por la prueba de Tukey usando el programa SPSS Statistics estándar 20 (IBM, 2011).

DISCUSIÓN Y RESULTADOS

No se encontraron diferencias significativas en el valor de pH a la semana 5 entre el testigo y los tratamientos con compost T2, T5, T7, ni con el fertilizante inorgánico T3 y cal T4 pero si fue significativamente diferente del tratamiento combinado de compost y fertilizante inorgánico T6, debido probablemente al valor de pH neutro del compost utilizado y a que esta combinación mejoró las condiciones de porosidad y pudo favorecer la liberación de bases intercambiables (Tabla 3). No se encontraron cambios significativos en el valor de pH al comparar la adición de compost con la cal y el fertilizante inorgánico, debido a que para este tiempo la cal no había logrado neutralizar la acidez existente ya que dependiendo de la calidad del material encalante, estos tipos de materiales necesitan hasta más de tres meses para realizar un efecto en el pH. En el caso del fertilizante inorgánico no fue notorio su efecto. A la semana 10 los valores de pH indicaron el suelo empezó

a volver a su condición de acidez natural (pH alrededor de 4,5) (Tabla 3). No se encontraron diferencias significativas entre tratamientos a excepción de T5 y T7 donde se muestra que la adición de fertilizantes químicos pueden llegar a acidificar los suelos, no sólo por las reacciones químicas acidificantes sino también por la estimulación en la toma de nutrientes por parte de las plantas que elevan las demandas y empobrecen los suelos (Zapata, 2004).

La aplicación de compost y cal disminuyeron significativamente la acidez intercambiable (AI), mientras que la aplicación del fertilizante inorgánico presentó diferencias significativas al mostrar la misma acidez del testigo (Tabla 3). El uso del compost solo o acompañado de cal o de fertilizante inorgánico no cambió significativamente la AI del suelo debido a que al aumentar el pH se fomenta la precipitación del AI ó a que algunos radicales orgánicos del compost lo acomplejen (Leguizamón y Vega, 1996). Sin embargo en la semana 10, la AI aumentó para todos los tratamientos con excepción del que combinó el compost con la cal (T5) ($P < 0,01$), acorde con lo encontrado para el pH y resaltando las condiciones ácidas de este tipo de suelos; este resultado puede atribuirse al efecto de la cal que junto al compost lograron mantener la AI en niveles bajos en comparación con los otros tratamientos, a pesar de la extracción de cationes por parte de las plantas y la acumulación de H⁺ provenientes de la materia orgánica aplicada que pudieron haberla aumentado (Orozco y Muñoz, 2012).

Con respecto al P disponible, en las semanas 5 y 10 los tratamientos que contenían fertilizante inorgánico fueron los que presentaron diferencias significativas con el resto de tratamientos (T4, T6 y T7) (Tabla 3), mostrando que no sólo basta con adicionar enmiendas que incrementen los valores de pH y que laten elementos fijadores como el aluminio, sino que es necesario aportar el elemento al suelo debido a sus bajos niveles de P disponible, para asegurar su disponibilidad y por tanto la nutrición adecuada de plantas. A la semana 10, el contenido de

P disponible fue más bajo que en la semana 5, debido al consumo por la planta de maíz y a que al reducir el poder encalante y de neutralización de la enmienda orgánica y la cal, se aumenta la fijación del elemento por parte de óxidos e hidróxidos de Fe y Al presentes en estos suelos (Leguizamón y Vega, 1996).

TABLA 3. Efecto de la aplicación de compost de residuos de flores en algunas propiedades químicas de un suelo Oxisol

Tratamientos	Semana 5				Semana 10		
	pH	AI*	P**	MO***	pH	AI	P
T1	5,30 b (3,3)	0,73 c (34)	3,3 b (5)	3,3 (7)	4,90 ab (4)	1,03 bc (24)	1,6 c (22)
T2	5,47 b (4)	0,13 a (115)	36,0 b (20)	3,2 (3)	4,67 ab (3)	1,30 c (0)	14,0 c (9)
T3	5,63 ab (5)	0,20 a (87)	4,4 b (104)	3,0 (4)	5,33 ab (13)	0,50 ab (111)	4,6 c (24)
T4	5,40 b (4)	0,63 bc (9)	627,0 a (19)	3,0 (6)	4,70 ab (2)	1,63 c (4)	177,0 ab (32)
T5	5,43 b (1)	0,27 ab (57)	28,0 b (9)	3,1 (9)	5,37 a (6)	0,23 a (89)	20,1 c (16)
T6	5,93 a (1,0)	0,27 ab (22)	643,3 a (24)	3,1 (6)	4,73 ab (1)	1,23 bc (17)	124,3 b (31)
T7	5,70 ab (2)	0,50 abc (20)	437,3 a (25)	3,1 (5)	4,50 b (2)	1,47 c (21)	230,0 a (13)

*AI= Acidez Intercambiable; **P= fósforo disponible; ***MO= materia orgánica. Los valores en paréntesis corresponden al porcentaje del coeficiente de variación. Comparación de medias (Tukey) con 99% de confianza. Tratamientos con igual letra indica que no hay diferencias significativas entre ellos.

Los valores de MO oscilaron entre 2,96 y 3,33% y 2,3 y 2,7% para las semanas 5 y 10 respectivamente sin encontrarse diferencias significativas entre tratamientos (Tabla 3). Sin embargo, es de resaltar que los tratamientos con solo compost y compost más cal (T2 y T5) presentaron los mayores porcentajes de MO por encima de 2,6, valores similares a las condiciones iniciales del suelo. Contrario a lo que sucede en zonas templadas, donde aplicaciones de enmiendas orgánicas incrementan los contenidos de MO y N en el suelo (Lima *et al.*, 2009; Ryals *et al.*, 2014), en los suelos tropicales aun no es tan claro este comportamiento y se ha visto que a texturas más finas y mayor presencia de microagregados, mejor conservación de la MO del suelo (Gentile *et al.*, 2013) y menor susceptibilidad de la enmienda orgánica al ataque microbiano (Ngo *et al.*, 2012).

En la Figura 1 se observa el comportamiento de la relación C/N durante las diez semanas después de la siembra, y se puede apreciar periodos cortos donde predominan procesos de mineralización (decrecimiento) e inmovilización (crecimiento) de la MO. En los tratamientos con compost (T2, T5, T6 y T7) se observa claramente que entre la semana 0 y 2, y entre la 4 y la 6 decrece la relación C/N indicando la mineralización de la materia orgánica mientras que las semanas 2 a la 4 y 6 a la 10 se aumentan, indicando procesos de inmovilización. Estos resultados indican que la

disponibilidad de nutrientes, cuando se aplica una enmienda orgánica sola o acompañada con fertilizante inorgánico o con cal, no es constante en el tiempo dando indicios de la dinámica de los microorganismos edáficos que determinan la disponibilidad de elementos. En los tratamientos T3 y T4 el comportamiento es diferente, puesto que se puede apreciar que a lo largo de las diez semanas predomina la mineralización lo que puede llegar a agotar la MO nativa del suelo (Khan *et al.*, 2007), aunque el efecto del fertilizante inorgánico en la MO del suelo este todavía en debate (David *et al.*, 2009).

La Figura 1 muestra el comportamiento que tuvo la relación C/P durante las diez semanas después de la siembra donde se puede apreciar que aquellos tratamientos que suministraron P (T2, T4, T5, T6 y T7) bajaron la relación, debido probablemente a la actividad microbiana y el contenido neto de P en el suelo siendo los que llevaban compost los que presentaron mayor tasa de reducción debido probablemente a procesos de mineralización que ayudan a la disponibilidad de nutrientes para las plantas (Qiu *et al.*, 2008). El tratamiento T3 que no suministró P tuvo un comportamiento similar al testigo. Se puede apreciar también que la disminución de la relación C/P fue más importante cuando se suministró una fuente de P fácilmente aprovechable (T4) que cuando se aplicó la enmienda orgánica.

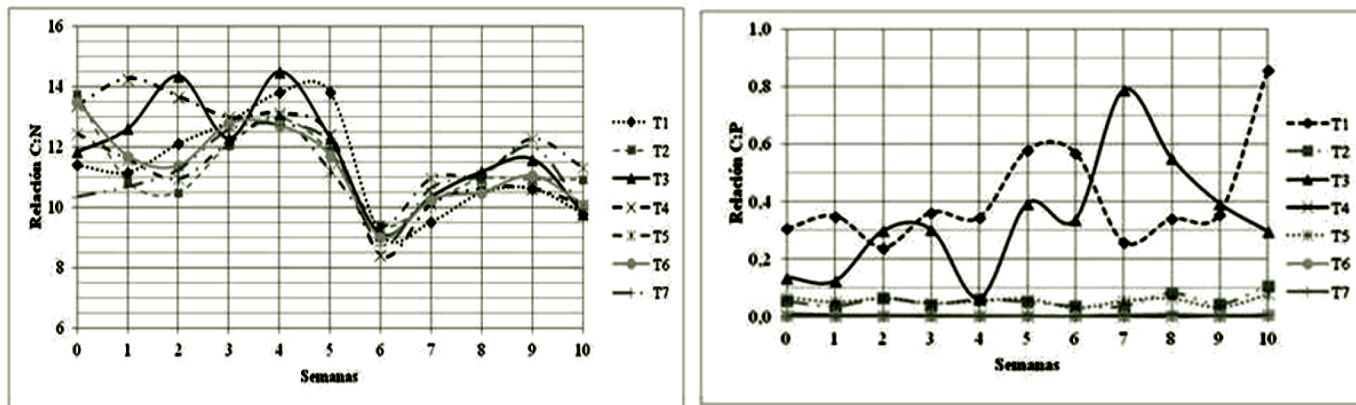


FIGURA 1. Efecto de la aplicación de compost de residuos de flores en las relación C/N y C/P de un suelo Oxisol cultivado con maíz durante las diez semanas después de la siembra.

Parámetros agronómicos de las plantas

Los tratamientos T1 y T3 fueron los que obtuvieron los valores más bajos de longitud de raíces estadísticamente diferentes de los demás tratamientos debido probablemente a la carencia de P necesario para la formación de raíces en las plantas (Tabla 4). Las aplicaciones de compost solo ó con cal y fertilizantes presentaron similares longitudes de raíces sin diferencias significativas entre ellos. Las raíces de las plantas con aplicación de fertilizante inorgánico más compost fueron significativamente más largas que aquellas con compost y la cal, donde el suministro de P fue determinante. Además es importante resaltar que la adición de enmiendas orgánicas influyen positivamente en las propiedades físicas de los suelos como la porosidad y la densidad aparente, facilitando la penetración de raíces (Gill *et al.*, 2009).

Similar comportamiento se obtuvo para la materia seca en donde los tratamientos que no suministraron macronutrientes fueron las que obtuvieron los menores pesos (T1 y T3) sin diferencias significativas con T2 y T5 (Tabla 4). El tratamiento T4 permitió el aumento de la masa seca de las plantas y aunque no se obtuvieron diferencias significativas, el mayor valor hallado fue cuando se acompañó con el compost (T6 y T7). Varios autores han reportado que la combinación de materiales orgánicos e inorgánicos muestran mejor comportamiento en el crecimiento de las plantas que cuando se aplican por separado (Huang *et al.*, 2010; Jácome *et al.*, 2013).

TABLA 4. Efecto de la aplicación de compost de residuos de flores en características agronómicas de maíz cultivado en un Oxisol a las diez semanas después de la siembra

Tratamientos	Longitud de raíz (cm)	Masa seca (g)
T1	10,5 (16) c	1,3 (31) d
T2	40,7 (16) a	9,5 (9,5) cd
T3	15,0 (20) c	2,9 (107) d
T4	31,2 (13) ab	21,5 (24) abc
T5	28,3 (2) b	13,4 (28)bcd
T6	32,5 (9) ab	29,2 (35) a
T7	33,8 (16) ab	26,3 (17) ab

Prueba de comparación de medias (Tukey) al 99% de confianza. Tratamientos con igual letra indica que no hay diferencias significativas entre ellos.

En cuanto al contenido foliar de elementos nutritivos evaluados a la semana diez se encontraron diferencias significativas entre tratamientos como se puede apreciar en la tabla 5. Los tratamientos T2, T3 y T5 obtuvieron valores de N total foliar similares al testigo, por el bajo suministro del elemento en el tratamiento.

El tratamiento T6 fue el que obtuvo los mejores resultados pero sin diferencias con T4 y T7. El compost utilizado tenía bajo contenido de P por lo que el suministro a la planta de maíz también fue bajo, presentándose deficiencias que se manifestaron en coloraciones púrpuras en las hojas en los tratamientos T1, T2, T3, y T5. Según Huang *et al.* (2012), cuando se suministra mayor cantidad de N que P se puede producir desbalances foliares limitando el crecimiento de las plantas, situación presentada con este tipo de compost. Los mayores valores de P foliar encontrados fueron para los tratamientos que llevaban fertilizantes inorgánicos (T4, T6 y T7).

Los valores encontrados en el contenido de K foliar estuvieron muy dispersos, lo que no permitió identificar diferencias entre los tratamientos. Además, las mediciones se realizaron a la semana diez, al inicio de la floración en donde la planta posiblemente no haya presentado una alta demanda de K, dado que en esta etapa conocida como V9 la planta solo ha acumulado aproximadamente el 25% del K total (Fallas *et al.*, 2011). Es importante resaltar que todos los tratamientos estuvieron por encima del testigo. En cuanto T2, el K foliar estuvo 82,5% y 68,7% por encima de T1 y T3. La combinación del compost con los diferentes materiales aumentaron sustancialmente el K foliar en 35,9%, 55,6% y 55,5% para T5, T6 y T7 respectivamente con respecto al tratamiento con solo compost.

Con relación Ca foliar, los valores más altos encontrados fueron para los tratamientos que incluyeron fertilizantes inorgánicos (T6, T7 y T4). El tratamiento T5 obtuvo un valor medio de contenido foliar de 52 mg por planta de calcio sin diferencias significativas con T4 (65,8 mg/planta) ni con T2 (30,9 mg/planta). El tratamiento con cal T3 obtuvo un valor bajo de contenido de Ca foliar sin diferencia estadística con el testigo, lo que sugiere que la asimilación de Ca podría depender de su disponibilidad en el suelo y del contenido

de nutrientes que pueda favorecer su absorción (Estrada, 2001), tal como lo muestra la Figura 2 donde se encontró alta correlación entre los contenidos de Ca y N foliar. El suministro de nutrientes NPK potencializó la absorción de Ca independiente de la presencia de cal ó de compost significativas entre ellos. El tratamiento con compost y cal T5 obtuvo un valor intermedio sin diferencias significativas con

T6 y T7 pero tampoco con el testigo. Los tratamientos T1, T2, T3 y T4 obtuvieron los valores más bajos de Mg foliar sin diferencias significativas entre ellos. Sin embargo, la aplicación del compost aumentó en 82,2% el contenido foliar de Mg con respecto al testigo y cuando se acompañó con cal, fertilizante inorgánico ó la combinación de los dos anteriores aumentó en 90,9%, 95,5% y 95,1% respectivamente.

TABLA 5. Contenido foliar de nutrientes en plantas de maíz (*Zea mays*) para los diferentes tratamientos evaluados

Tratamientos	Contenido foliar (mg/planta) [CV]								
	N	P	K	Ca	Mg	S	Cu	Fe*	Zn
T1 (testigo)	54,7d [31]	5,4b [29]	13,2a [38]	3,9d [41]	2,6b [32]	1,3a [25]	88,1d [47]	3,8c [32]	364,0a [34]
T2 (compost)	244,0bcd [26]	5,3b [28]	75,6a [53]	30,9bcd [10]	14,6b [15]	8,7a [61]	344,3bcd [46]	16,2bc [26]	3845,0a [94]
T3 (Cal)	119,0cd [90]	2,2b [234]	23,7a [100]	8,6cd [81]	8,4b [85]	3,6a [100]	154,8cd [92]	8,1c [108]	439,0a [127]
T4 (fertilizante inorgánico)	443,8abc [25]	117,8a [46]	121,0a [61]	65,8abc [43]	19,0b [13]	18,7a [77]	715,3ab [26]	71,7a [47]	1674,0a [19]
T5 (compost + cal)	378,2abcd [27]	6,3b [36]	117,9a [40]	52,6bcd [32]	28,7ab [31]	15,1a [56]	594,1abc [42]	29,5abc [25]	1414,0a [24]
T6 (compost+ fertilizante inorgánico)	643,8a [35]	130,3a [27]	170,4a [53]	96,8a [34]	58,4a [36]	19,6a [47]	875,0a [35]	55,4ab [32]	3500,0a [18]
T7 (compost+ fertilizante inorgánico+ cal)	500,5ab [30]	97,7a [29]	170,0a [34]	78,8ab [28]	53,6a [51]	41,2a [98]	525,8abcd [17]	28,2abc [12]	3026,0a [6]

*contenido en gramos. Comparación de medias por la prueba de Tukey con un nivel de significancia del 99%. Tratamientos con igual letra indica que no hay diferencias significativas entre ellos.

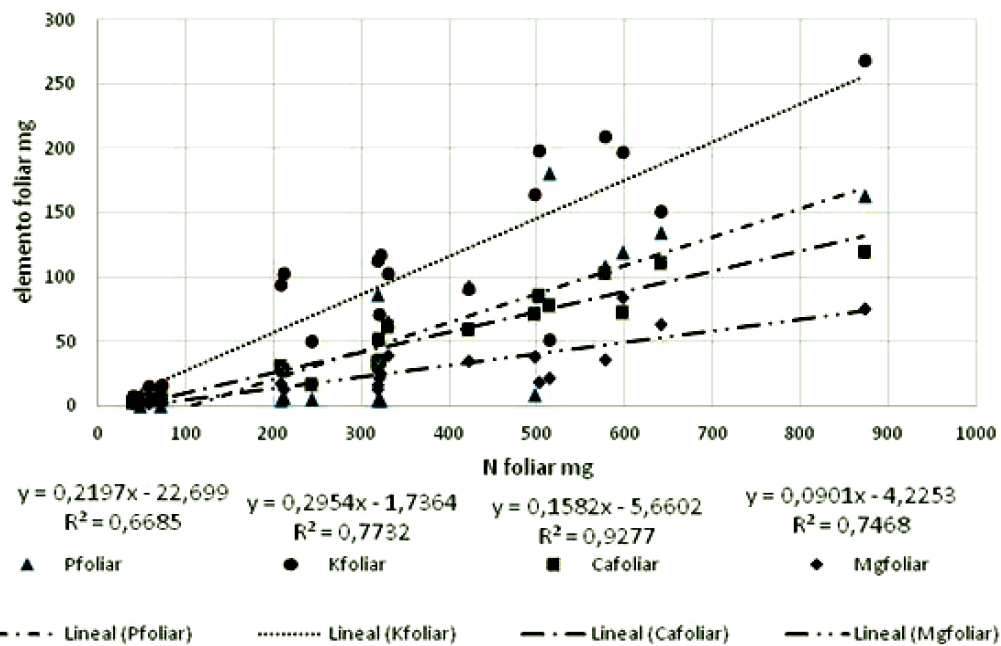


FIGURA 2. Relación entre la absorción de nitrógeno (N foliar) y la absorción de fósforo (Pfoliar), potasio (K foliar), calcio (Ca foliar) y magnesio (Mg foliar).

El tratamiento T4 tuvo 23,2% más de Mg foliar que T2 indicando que la buena nutrición probablemente ejerce influencia en la absorción de cationes como Mg y esta inversamente relacionado con el aporte de Ca y K, (Estrada 2001). La figura 2 muestra la relación directa encontrada entre el N foliar y otros cationes como el Mg indicando que la absorción de N puede favorecer la absorción de otros elementos. En el tratamiento T6 se aumentó el contenido de Mg en un 74,5% con respecto a T2 y en 67,0% con respecto a T4. De igual manera, diversos estudios han mostrado las bondades de la mezcla de fertilizantes inorgánicos con abonos o enmiendas orgánicas en favorecer la absorción de cationes como el Ca y Mg (Huang *et al.*, 2010).

Los tratamientos con cal (T3, T5 y T7) presentaron los contenidos más bajos de Cu foliar a pesar de ir acompañado con enmiendas o fertilizantes inorgánicos debido probablemente a que al aumentar el pH la disponibilidad de microelementos se hace menor. De acuerdo con Wu *et al.* (2010), el Cu disponible es inversa y significativamente correlacionado con el pH y directa y muy altamente correlacionado con la MO, el K disponible y la capacidad de intercambio catiónico (CIC). Para el Fe foliar no se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos T2, T3, T5 y T7 con el testigo. Sin embargo, T2 tuvo el 50,0% más de contenido de Fe foliar que el tratamiento con solo cal pero estuvo 52,0% y 53,3% por debajo de T5 y T7 respectivamente. A pesar de que el carbono orgánico que puede ser suministrado por el compost puede llegar a estimular la reducción del Fe y por tanto facilitar su absorción por las plantas,

no se encontró este efecto en los análisis foliares, lo que puede estar relacionado con la baja disponibilidad de P en el suelo (Liptzin y Silver, 2009). No se encontraron diferencias significativas en el contenido foliar de zinc (Zn) entre tratamientos; sin embargo, es importante destacar que los tratamientos que involucraron compost T2, T6 y T7 obtuvieron los mayores contenidos de Zn y estuvieron 90,5%, 89,6% y 88,0% por encima del testigo respectivamente ya que la aplicación de MO tiene una gran influencia en la disponibilidad de Zn en el suelo y es más significativa que incluso el mismo pH (Behera *et al.*, 2011).

CONCLUSIONES

- El uso de compost proveniente de residuos de flores tiene gran potencialidad en el manejo de suelos ácidos al mejorar sus condiciones químicas. La combinación del compost junto al fertilizante inorgánico mejoró significativamente las propiedades del suelo como el pH, acidez intercambiable, fósforo disponible, materia orgánica y las relaciones C/N y C/P al inicio de su aplicación así como las concentraciones de elementos nutritivos en plantas de maíz a las diez semanas después de la siembra. Sin embargo, a medida que pasa el tiempo, las condiciones pedogenéticas iniciales del suelo vuelven a aparecer, lo que podría indicar la necesidad de aplicaciones periódicas de enmiendas orgánicas para mantener por más tiempo dichas condiciones y permitir sostener la productividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMEZQUITA, E., CASTILLO, L., GARCÍA, A., GONZÁLEZ, G., LORA, R., NAVAS, J., ORTÍZ, G., RAMÍREZ, M. y ROJAS, L.: *Manual de procedimientos analíticos de suelos, aguas y tejidos vegetales*, 180pp., Produmedios, Santafé de Bogotá, Colombia, 1993.
- BEHERA, S.K., SINGH, M.B., SINGH, K.N. & TODWAL, S.: "Distribution variability of total and extractable zinc in cultivated acid soils of India and their relationship with some selected soil properties", *Geoderma*, (162): 242 – 250, 2011.
- COLOMBIA, MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL: *Anuario Estadístico del sector agropecuario y pesquero 2011. Resultados evaluaciones agropecuarias Municipales. Grupo Sistemas de Información*, pp. 45–51, Bogotá, Colombia, 2012.
- COLOMBIA, SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO: *Cadena productiva del maíz. Industria de alimentos balanceados y harina de maíz*, 39pp., Bogotá, Colombia, 2012.
- DAVID, M.B., MCISAAC, G.F., DARMODY, R.G. & OMONODE, R.A.: "Long-term changes in mollisol organic carbon and nitrogen", *J. Environ. Qual.*, (38): 200–211, 2009.
- DAZA, M.C., ALVAREZ, J. y CAMACHO, J.: "Aplicación de materiales orgánicos e inorgánicos en la adsorción de fósforo en un Oxisol", *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 12 (5): 451–457, 2008.
- ERICH, M.S., FITZGERALD, C.B. & PORTER, G.A.: "The effect of organic amendments on phosphorus chemistry in a potato cropping system". *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88 (1): 79-88, 2002.
- ESTRADA, G.: "Disponibilidad de calcio, magnesio y azufre, su análisis en suelos y plantas y su interpretación", pp. 85 – 104, En: *Los elementos secundarios (Ca, Mg, S) y el silicio en la agricultura*. F Silva (ed). Sociedad Colombiana de la Ciencia del suelo, Bogotá, Colombia, 2001.
- FALLAS, R., BERTSCH, F., ECHANDI, C. y HENRÍQUEZ, C.: "Caracterización del desarrollo y absorción de nutrimentos del híbrido del maíz HC-57", *Agronomía Costarricense*, 35 (2): 36 – 47, 2011.
- FERNÁNDEZ, C., VÁZQUEZ, S. y DALURZO, H.: *Cambio de las formas de fósforo en Oxisoles con distintas dosis de fertilizantes. Comunicaciones científicas y tecnológicas. Universidad Nacional del Nordeste. Resumen A 060 [En línea] 2003, Disponible en: <http://www.unne.edu.ar/unnevieja/Web/cyt/cyt/2003/comunicaciones/05-Agrarias/A-060.pdf> [Consulta: enero 15 2014].*
- FORERO, L. y ROMERO, R.D.: *Viaje a la nueva frontera agrícola de Colombia: la altillanura, El Tiempo [En línea] Noviembre 5 2010, Disponible en: http://www.eltiempo.com/colombia/llano/ARTICULO-WEB-NEW_NOTA_INTERIOR-8297443.html [Consulta: enero 28 2014].*
- GALINDO, W.R.: *Efecto de dos dosis de abonos orgánicos en el desarrollo y un componente del rendimiento del cultivo de la soya (Glycine max (L.) Merrill), en áreas de la Universidad de Granma*, 37pp., Tesis de grado, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Universidad Técnica de Cotopaxi, Colombia, 2012.
- GARCÍA, M. y GÓMEZ, J.: *Manejo de la materia orgánica en la Orinoquía*, 39pp., Convenio SENA–Tropenbos, Bogotá, 2012.
- GENTILE, R.M., VANLAUWE, B. y SIX, J.: "Integrated Soil Fertility Management: Aggregate carbon and nitrogen stabilization in differently

- textured tropical soils”, *Soil Biology and Biochemistry*, (67): 124 – 132, 2013.
- GILL, J.S., SALE, P.W.G., PERIES, R.R. y TANG, C.: “Changes in soil physical properties and crop root growth in dense sodic subsoil following incorporation of organic amendments”, *Field Crops Research*, (114): 137–146, 2009.
- GÓMEZ, A. y TOVAR, X.: *Elaboración de un abono orgánico fermentado a partir de residuos de flores (pétalos de rosa) y su caracterización para uso en la producción de albahaca (Ocimum basilicum L.)*, 104pp., Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias, Bogotá, Colombia, 2008.
- HUANG, W., ZHOU, G., LIU, J., ZHANG, D., XU, Z. & LIU, S.: “Effects of elevated carbon dioxide and nitrogen addition on foliar stoichiometry of nitrogen and phosphorus of five tree species in subtropical model forest ecosystems”, *Environmental Pollution*, (168): 113–120, 2012.
- HUANG, S., ZHANG, W., YU, X. & HUANG, Q.: “Effects of long-term fertilization on corn productivity and its sustainability in an Ultisol of southern China”, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, (138): 44– 50, 2010.
- IBM: *SPSS Statistics estándar 20 [En línea] 2011*, Disponible en: <http://www.01.ibm.com/software/analytics/spss/products/statistics/> [Consulta: enero 28 2014].
- INTERNATIONAL GRAIN COUNCIL: *Grain Market Report. GMR 439. 7pp.*, [En línea] 2013, Disponible en: <http://www.igc.int/en/grain-update/sd.aspx?crop=Maize>. [Consulta: enero 29 2014].
- JÁCOME, R.A., PEÑARETE, W. y DAZA, M.C.: “Fertilización orgánica e inorgánica en frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) en suelo inceptisol con propiedades ándicas”, *Revista Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente*, (12): 59 – 67, 2013.
- KHAN, S.A., MULVANEY, R.L., ELLSWORTH, T.R. & BOAST, C.W.: “The myth of nitrogen fertilization for soil carbon sequestration”, *J. Environ. Qual.*, (36): 1821-1832n 2007.
- LEGUIZAMÓN, C. y VEGA, S.: “Evaluación del efecto de diferentes niveles de una enmienda orgánica en el rendimiento de algodón (*Gossypium hirsutum* L) var. Reba P- 279 y en algunas propiedades químicas de un suelo desgastado del departamento central de Paraguay”, *Investigación Agraria*, 1 (1): 27–34, 1996.
- LIMA, D., SANTOS, S., SCHERER, H. W., SCHNEIDER, R. J., DUARTE, A. C., SANTOS, E. y ESTEVES, V.: “Effects of organic and inorganic amendments on soil organic matter properties”, *Geoderma*, (150): 38–45, 2009.
- LIPTZIN, D. & SILVER, W. L.: “Effects of carbon additions on iron reduction and phosphorus availability in a humid tropical forest soil”, *Soil Biology and Biochemistry*, (41): 1696 – 1702, 2009.
- NARVÁEZ, C. y L. ROJAS: *Retención de aluminio por materiales orgánicos y efecto de estos sobre un cultivo de maíz*, 80pp., Trabajo de grado, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia, 1998.
- NGO, P. T., RUMPEL, C., DOAN, T. T. & JOUQUET, P.: “The effect of earthworms on carbon storage and soil organic matter composition in tropical soil amended with compost and vermicompost”, *Soil Biology Biochemistry*, (50): 214 – 220, 2012.
- OROZCO, R. y MUÑOZ, R.: “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, 2012.
- QUI, S., MCCOMB, A.J. & BELL, R.W.: “Ratios of C, N and P in soil water direct microbial immobilisation–mineralisation and N availability in nutrient amended sandy soils in southwestern Australia”, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, (127): 93 – 99, 2008.
- RYALS, R., KAISER, M., TORN, M., BERHE, A. A. & SILVER, W.: “Impacts of organic matter amendments on carbon and nitrogen dynamics in grassland soils”, *Soil Biology and Biochemistry*, (68): 52 –57, 2014.
- TOUMPELI, A., PAVLATOU-VE, A., KOSTOPOULOU, S., MAMOLOS, A., SIOMOS, A. & KALBURTJI, K.: “Composting *Phragmites australis* Cav. plant material and compost effects on soil and tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) growth”, *Journal of Environmental Management*, (128): 243 – 251, 2013.
- VAZQUEZ, C., MORALES, L. A., FERNÁNDEZ, C. y DALURZO, H.: “Fertilización fosfatada y fracciones de fósforo en Alfisoles, Ultisoles y Oxisoles”, *Asociación Argentina Ciencia del Suelo* 29 (2): 161 – 171, 2011.
- WU, CH., LUO, Y. & ZHANG, L.: “Variability of copper availability in paddy fields in relation to selected soil properties in southeast China”, *Geoderma*, (156): 200 – 206, 2010.
- XIANG, L. CAIXIA, D., YIREN, L. YANXIA, L. QIRONG, S. & YANGCHUN, X.: “Interactive effects from combining inorganic and organic fertilisers on phosphorus availability”, *Soil Research*, (50), 607–615, 2012.
- ZAPATA, R.: *La química de la acidez del suelo*, pp. 57–60, Ed. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia, 2004.

Recibido: 13 de febrero 2014.

Aprobado: 20 de junio de 2014.

Martha Constanza Daza Torres, Universidad del Valle, Escuela de Ingeniería de Recursos Naturales y del Ambiente. Área de Ingeniería Agrícola y Recursos Hídricos. Calle 13 N° 100 – 00 Cali Valle del Cauca Colombia, Correo electrónico: martha.daza@correounivalle.edu.co

REVISTA CIENCIAS TÉCNICAS AGROPECUARIAS

Relación de los árbitros que contribuyeron con la *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias* en los artículos publicados en el Vol. 23. No.3. 2014

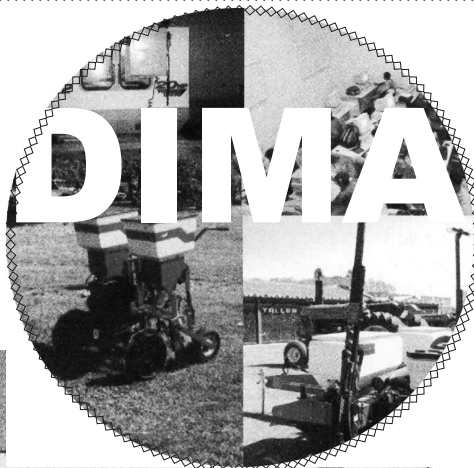
Relação de Consultores que contribuíram com a *Revista de Ciências Técnicas Agrícolas* nos Artigos Publicados no Vol. 23. No. 3. 2014

Relationship of the Referees that contributed with the *Journal of Agricultural Technical Sciences* in the articles published in the Vol. 23. No. 3. 2014

- Dr.C. Greco Cid Lazo, IAgric
- Dr.C. Maximino Díaz Álvarez, CEMA
- Dr.C. Carmen E. Duarte Díaz, IAgric
- Dr.C. Armando García de la F., UNAH
- Dr.C. Annia García Pereira, UNAH
- Dr.C. Samuel García Silva, UACH
- Dr.C. Benjamin Gaskins E., UDG,
- Dr.C. Roberto González Valdés, UNAH
- Dr.C. Pablo Hdez. Alfonso, UNAH
- Dr.C. Antihus Hernández G., UNAH
- Dr.C. Mario Herrera Prat, MES
- Dr.C. Miguel Herrera Suárez, UCLV
- Dr.C. Ciro Iglesias Coronel, CEMA
- Dr.C. Gilberto López Canteñs, UACH
- Dr.C. Teresa López Seijas, IAgric
- Dr.C. Oscar Llanes Guerra, UNAH
- Dr.Cs. Arturo Martínez Rguez., CEMA
- Dr.C. Marcial Méndez Fdez., IAgric
- Dr.C. Alexander Miranda C., INCA
- Dr.C. Albi Mujica Cervantes, UNICA
- Dr.C. Pedro Paneque Rondón, UNAH
- Dr.C. Luciano Pérez Sobrevilla, UACH
- Dr.C. Miguel Rodríguez Orozco, UCLV
- Dr.C. Liudmila Shkiliova, UNAH



**UNIVERSIDAD
AUTÓNOMA
CHAPINGO**



**Departamento de
Ingeniería Mecánica
Agrícola**

ING. MARCO ANTONIO ROJAS MARTÍNEZ
Director

DR. GILBERTO LÓPEZ CANTEÑS
Subdirector Académico

M.I. BONIFACIO GAONA
Subdirector de Investigación

DR. © FRANCISCO MUÑOZ GÓMEZ
Subdirector Administrativo



INFORMACIÓN

Departamento de Ingeniería Mecánica Agrícola, Universidad Autónoma Chapingo, Edo. de México
Tel.: 01 595 95 215 00 Ext. 1678, 1679, 1680, 1681 y Tel./fax: (595) 95 281 16
E-mail: dirdimauach@yahoo.com.mx