

Suelos y agroquímica

Efecto de organominerales en las propiedades químicas de sustratos para la producción de posturas de cafeto¹

Yusdel Ferrás-Negrín,* Alfredo Reyes-Hernández,** Carlos Alberto Bustamante-González,**** Ariany Colás-Sánchez,*** Rolando Viñals-Núñez,**** y Norlan Moran-Rodríguez****

Resumen

La investigación se hizo en un microvivero en Topes de Collantes. El objetivo fue evaluar el efecto de la combinación de abono orgánico y caliza fosfatada en las propiedades químicas de sustratos utilizados para la producción de posturas de café. Se utilizó un diseño factorial con dos testigos de referencia: normas técnicas y suelo solo. Los factores fueron: proporciones suelo-abono orgánico (3:1, 5:1 y 7:1) y dosis de caliza fosfatada (2, 4 y 6 t x ha⁻¹). A los datos se les realizó la prueba de normalidad y homogeneidad de varianza y se procesaron mediante un arreglo factorial con testigo de referencia. Las medias se compararon con la prueba de Duncan para $p \leq 0,05$ %. La utilización conjunta de los organominerales mejoraron la fertilidad de los sustratos, principalmente el contenido de fósforo disponible y la relación calcio-magnesio. El aporte de abono orgánico al suelo mejoró significativamente todos los indicadores de fertilidad del sustrato y los mejores resultados se obtuvieron con la proporción 3:1. El efecto de las dosis de caliza fosfatada, como material enmendante, estuvo dirigido principalmente al aumento de los valores de pH (H₂O y KCl), los contenidos de fósforo disponible, calcio y la relación Ca/Mg. Este efecto fue más notorio al utilizar la dosis de 6 t x ha⁻¹. Con el incremento de las dosis de caliza fosfatada existió la tendencia a disminuir los porcentajes de materia orgánica en los sustratos.

Palabras clave: abono orgánico, caliza fosfatada, fertilidad, suelo.

Abstract

The investigation was carried out in a small nursery in Topes de Collantes. The objective was to evaluate the effect of the combinations of dose of organic manure and phosphate limestone in the chemical properties of substratum used for the production of seedling coffee. A factorial design was used with two reference witness: technical norms and alone soil. The studied factors were: soil-organic manure ratio (3:1, 5:1 and 7:1) and dose of phosphate limestone (2, 4 and 6 t x ha⁻¹). To the data, was carried out the test of normality and variance homogeneity and they were processed by means of a factorial arrangement with reference witness. Were the stockings compared with the test of Duncan for $p \leq 0,05$ %. The application of the organic minerals compound improved the fertility of the substratum mainly the content of available phosphorus and the relationship calcium/magnesium. The contribution of organic manure to the soil improved all the indicators of fertility of the substratum, the best results were obtained with the proportion 3:1. The effect of the doses of phosphate limestone, it was directed mainly to the increase of the pH values (H₂O and KCl), the contents of available phosphorus, calcium and the relationship Ca/Mg, this effect went more notorious when using the dose of 6 t x ha⁻¹. With the increment of the doses of phosphate limestone the tendency existed to diminish the percentages of organic matter in the substratum.

Key words: organic manure, phosphate limestone, fertility, soil.

¹ Recibido: 6/9/2016

Aprobado: 17/11/2016

* Estación Experimental Agro-Forestal de Jibacoa, Manicaragua, Villa Clara, Cuba. yusdel@jibacoa.inaf.co.cu

** Universidad de Sancti Spiritus "José Martí Pérez," Cuba, alfredo@uniss.edu.cu

*** Centro de Investigaciones Agropecuarias. Universidad Central de Las Villas. arianycs@uclv.edu.cu

**** Estación Experimental Agro-Forestal III Frente, Santiago de Cuba. nutricion1@tercerfrente.inaf.co.cu

Introducción

El deterioro de los suelos se encuentra entre los problemas más apremiantes de la crisis alimentaria mundial. Este es mucho más acentuado y acelerado en regiones tropicales y subtropicales por la influencia de las interacciones de las características de los suelos y el clima, más las prácticas inadecuadas de manejo agrícola (Font y col., 2004).

Las razones económicas y ecológicas que se han derivado de esta problemática han motivado la importancia de buscar variantes de compuestos orgánicos (residuos de café en condiciones de montaña, cachaza, desechos animales, orinas, otros tipos de excretas, *compost*) y minerales autóctonos o naturales (roca fosfórica, caliza fosfatada, dolomita, zeolita). El uso de estas variantes aumenta la cantidad de nutrimentos en el sistema. Esto conlleva a la incorporación de más material orgánico y mayor disponibilidad de macronutrimentos como el P_2O_5 (Tandrón y col., 2005).

Uno de los principales problemas para la producción de posturas de café en Cuba es la escasez de abonos orgánicos (Sánchez y col., 2002). Estos son portadores de nutrientes de baja concentración; por tanto, para satisfacer los requerimientos nutricionales de las plantas se necesitan grandes cantidades que en ocasiones se hacen insostenibles desde el punto de vista práctico y económico. Esto puede atenuarse con el uso de combinaciones de abonos orgánicos con minerales industriales, también conocidos como naturales, alternativos o técnicos, entre los que se encuentran las calizas fosfatadas (Calero y col., 2009).

Reyes y col. (2009) obtuvieron efectos positivos sobre las propiedades del suelo y el contenido de nutrimentos en las plantas de café por la aplicación de abonos orgánicos, minerales naturales y sus respectivas combinaciones de *compost* más caliza fosfatada y residuo del beneficio húmedo del café más caliza dolomítica.

El objetivo de este trabajo fue evaluar el efecto de la combinación del abono orgánico y la caliza fosfatada en las propiedades químicas de sustratos utilizados para la producción de posturas de café.

Materiales y métodos

La investigación se realizó en Topes de Collantes, municipio de Trinidad, provincia de Sancti Spíritus a los 21°54,733' latitud norte y 80°0,551' longitud oeste, a una altitud de 750 msnm. Para la conformación de los sustratos se utilizó un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado (Hernández y col., 1999).

Se utilizó un diseño factorial con dos testigos de referencia: Normas Técnicas y absoluto (suelo solo). Los factores en estudio fueron:

- Proporción suelo-abono orgánico (S/A.O.) (3:1, 5:1 y 7:1).
- Dosis de caliza fosfatada (C.F.) (2 t x ha⁻¹, 4 t x ha⁻¹ y 6 t x ha⁻¹).

Las dosis de 2, 4 y 6 t x ha⁻¹ de caliza fosfatada se calcularon en función del peso hectárea-surco con el uso de la metodología descrita por Fundora y col. (1995).

La distribución de los tratamientos fue completamente aleatorizado. Cada uno tuvo 36 plantas en bolsas de 14 cm de ancho por 22 cm de alto, para un total de 396 unidades experimentales.

Para conformar los sustratos se procedió primero a la mezcla de la caliza fosfatada con el suelo y posteriormente se añadió el abono orgánico según las proporciones previstas en los tratamientos.

La caliza fosfatada se caracterizó por tener alto porcentaje de óxido de calcio, lo cual justifica que puede ser usada como enmienda según los criterios de González (2009) (Tabla 1).

Tabla 1. Composición química de la caliza fosfatada (%)

SiO_2	Al_2O_3	FeO_3	MgO	CaO	P_2O_5	CO_2
9,25	4,16	3,24	0,29	85,27	3,74	42,18

El abono orgánico que se utilizó fue procedente del estiércol de caprino. Según el resultado de los análisis,

presentó parámetros adecuados para ser utilizado (Tabla 2).

Tabla 2. Composición del abono orgánico

pH en H ₂ O	CB%	M.O. %	C/N	N%	P%	K%	Ca%	Mg%
7,82	42,43	57,58	17,52	1,92	0,53	2,19	2,61	0,76

Se analizaron tres muestras de sustrato por cada tratamiento a la hora de evaluar las posturas de café cuando

estaban aptas para ser plantadas en el campo. Se les determinaron las propiedades químicas que muestra la *tabla 3*.

Tabla 3. Análisis químico realizado y metodologías utilizadas

Indicadores	Método/Solución extractiva
pH	Potenciométrico. En H ₂ O y en KCl: relación suelo-solución 1:2,5 (Comité Técnico de Normalización no. 3, 1999a)
Materia orgánica	Wakley-Black. Colorimetría. Oxidación con dicromato de potasio 1 N y ácido sulfúrico concentrado (Comité Técnico de Normalización no. 3, 1999a)
Fósforo y potasio asimilable	Oniani. Fósforo por colorimetría (NRAG 279, 1980) y potasio por fotometría de llama. Extracción con ácido sulfúrico 0,1 N, relación suelo-solución 1:2,5; 3 minutos (Comité Técnico de Normalización no. 3, 1999)
Calcio y magnesio	Solución extractiva NH ₄ (CH ₃ COO) 1 N de pH = 7. Ca y Mg: valoración EDTA (Comité Técnico de Normalización no. 3, 2000)

A los datos se les comprobaron previamente la normalidad y la homogeneidad de varianza con el uso del programa Statistica versión 8.0 en ambiente Windows (StatSoft, 2007). Los mismos se procesaron mediante un arreglo factorial con testigo de referencia con el uso del programa BIFACTRE en ambiente MS DOS.

Para la comparación de las medias se utilizó la prueba de rangos múltiples de Duncan referidos por Cochran y Cox (1990) con $p \leq 0,05$ % como criterio comparativo entre estos.

Resultados y discusión

El análisis químico del suelo utilizado para la conformación del sustrato mostró que este es de baja fertilidad (bajos contenidos de materia orgánica, fósforo y potasio disponible), así como su alta acidez (*Tabla 4*). Al aplicar el estiércol de caprino para la conformación del sustrato, disminuyó la acidez y se incrementó la fertilidad, creando condiciones propicias para el desarrollo de posturas.

Ambos factores incidieron de manera positiva en la fertilidad del sustrato; el abono orgánico incrementó los valores de todos los indicadores evaluados, mientras que la caliza fosfatada solo lo hizo para el pH y el fósforo disponible (*Tabla 4*).

Entre la proporción de suelo-abono orgánico y las dosis de caliza fosfatada no hubo interacción para el pH (H₂O y KCl) y el contenido de K₂O, y sí para la materia orgánica y el P₂O₅ (*Tabla 4*).

El pH en H₂O y KCl aumentaron cuando se incrementó la incorporación de abono orgánico y las dosis de caliza fosfatada al sustrato; los mayores valores se obtuvieron en la proporción 3:1 y 6 t x ha⁻¹ de caliza fosfatada. En el tratamiento que se tuvo presente, las indicaciones de las normas técnicas en este indicador se favoreció positivamente por la presencia solamente del abono orgánico (*Tabla 4*).

Con la incorporación de abonos orgánicos y caliza fosfatada se pueden obtener rangos de pH adecuados para el desarrollo del café. Según Díaz y col. (2008), en este cultivo su rango óptimo oscila entre 5,0 y 5,5. Hernández y col. (2006) plantearon que este intervalo se puede extender hasta 6. Cuando es mayor puede conllevar a la presencia dominante del catión calcio y resultar perjudicial al cultivo.

Esto resultados pueden explicarse por el efecto amortiguador de los abonos orgánicos en el pH del suelo (Hernández y col., 2010); además, Rivera (1999) expresó que el estiércol en los suelos ferralíticos rojos lixiviados ejerce una sensible mejora de la acidez en los primeros 25 cm de profundidad en el perfil del suelo.

Tabla 4. Efecto de los factores en los indicadores de la fertilidad de los sustratos

Factores	pH		M.O.	P ₂ O ₅	K ₂ O
	H ₂ O	KCl	(%)	(mg/100 g)	
Suelo solo	4,95 b	4,25 b	1,66 b	6,33 b	4,09 b
Normas técnicas	5,39 a	4,81 a	2,49 a	49,72 a	33,63 a
Proporción S/A.O.					
3:1	5,61 a	5,06 a	2,48 a	53,91 a	34,64 a
5:1	5,58 a	4,96 a	2,24 b	35,70 b	15,69 b
7:1	5,41 b	4,79 b	1,82 c	24,71 c	7,67 c
ES x A.O.	0,05*	0,05*	0,04*	1,43*	0,90*
Dosis de C.F.					
2	5,41 b	4,80 b	2,22	35,50 b	19,48
4	5,52 ab	4,94 ab	2,14	40,85 a	20,44
6	5,67 a	5,07 a	2,18	37,97 ab	18,08
ES x C.F.	0,05*	0,05*	0,04 ns	1,43*	0,90 ns
Valores de F					
Abonos orgánicos (A.O.)	3,93*	7,07**	73,38***	106,52***	237,81***
Dosis de caliza fosfatada (C.F.)	5,87**	6,97**	1,00 ns	3,50*	1,74 ns
Interacción A.O. x C.F.	0,25 ns	0,11 ns	3,10*	3,62*	0,46 ns
Testigos de referencia	17,63***	27,50***	39,82***	90,45***	90,26 ***
CV %	2,97	3,13	5,39	11,82	14

*, ** y ***: Medias con letras diferentes difieren significativamente para valor de $p \leq 0,05$; $p \leq 0,01$ y $p \leq 0,001$, respectivamente.

Es muy acertado el uso de la caliza fosfatada para mejorar de forma integral el suelo (Tandrón y col., 2005), lo cual lleva implícito un aumento de los valores de pH (Cairo, 2000; citado por Jiménez y Reyes, 2014). Cabrera y col. (1998) informaron que las mejores respuestas en la fertilidad del suelo Ferralítico Rojo se lograron a partir de niveles de 4 t x ha⁻¹. Cairo (1999) corroboró esta dosis, al investigar en condiciones controladas niveles entre 0 y 10 t x ha⁻¹ de este material en suelos Oscuros Plásticos.

En el contenido de K₂O asimilable, la proporción del suelo-abono orgánico ejerció un efecto significativo. Los mayores valores se obtuvieron en la proporción 3:1. Se apreció que al disminuir la proporción hasta 7:1, este indicador varió de niveles altos a bajos según la clasificación de Fundora y Yepis (2000) (Tabla 4). Rodríguez y Reyes (2011) obtuvieron en estos mismos suelos incrementos de los contenidos de potasio en un 17 y 24 % cuando incorporaron *compost* a razón de 4 t x ha⁻¹ y residuo del beneficio húmedo del café a 15 t x ha⁻¹, respectivamen-

te, en la preparación de sustratos para la producción de posturas de cafeto.

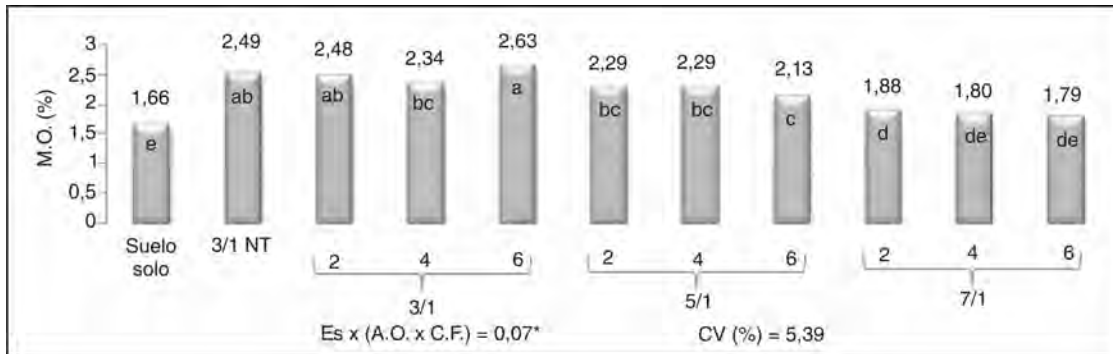
Hernández y col. (2010) expresaron que el abono orgánico incrementa los contenidos de potasio. De igual modo, Pinamonti (1998) obtuvo con el uso del *compost* como mulch aumentos del contenido del potasio de cambio en el suelo, y Fischersworing y RoBkamp (2001) en los suelos vírgenes, en los que se establecieron plantaciones de café en Colombia, mostraron que se logró mantener e incluso incrementar los contenidos de este nutrimento debido a la incorporación de mulch y abonamiento orgánico.

Las dosis de caliza fosfatada no influyeron en el incremento del contenido de potasio en las tres proporciones de abono orgánico estudiadas. Los valores de sus medias mostraron valores similares, con cierta mejoría cuando se utilizó 4 t x ha⁻¹ (Tabla 4).

Se constató que cuando se disminuyó la cantidad de abono orgánico en el sustrato, de la misma mane-

ra lo hizo el porcentaje de materia orgánica acumulada (Fig. 1), resultados que coinciden con los que informaron Fischersworing y RoBkamp (2001), al expresar que la aplicación de estos compuestos al suelo incrementan los contenidos de este indicador de fertilidad. Rodríguez y

Reyes (2011) obtuvieron en los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de Topes de Collantes incrementos de la materia orgánica al incorporar al sustrato abonos orgánicos sólidos (*compost* y residuo del benéfico húmedo del café a 4 y 15 t x ha⁻¹, respectivamente) en la fase de vivero.



* Medias con letras diferentes difieren significativamente para valor de $p \leq 0,05$.

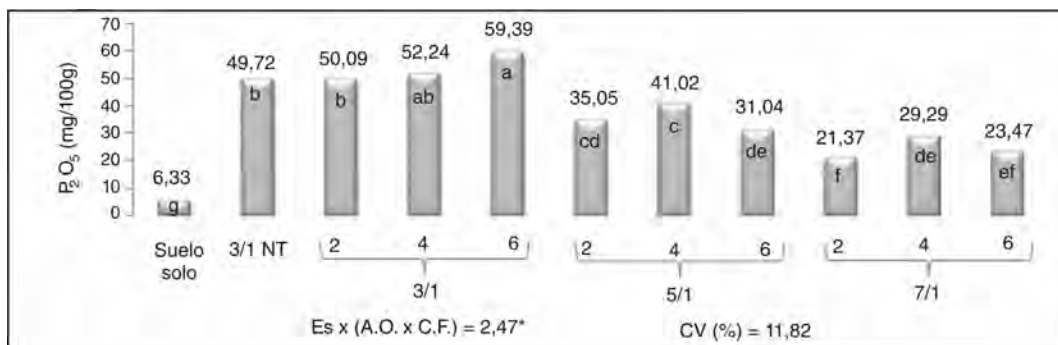
Fig. 1. Interacción de los factores en la materia orgánica de los sustratos.

La materia orgánica tuvo una tendencia a disminuir al aumentar las dosis de caliza fosfatada aplicada fundamentalmente en la proporción 5:1 y 7:1 (Fig. 1). Estos resultados pudieron estar relacionado a lo planteado por Urbano (2001), citado por Ocampo y col. (2007), al referirse que el exceso de cal puede acelerar excesivamente la transformación de la materia orgánica en el suelo. El motivo pudo estar dado por una mayor actividad de los microorganismos en el sustrato al beneficiarse por la incorporación del calcio presente en la caliza fosfatada. Esto propicia la mineralización más acelerada del abono orgánico que se incorporó al sustrato, sin permitir que esta se acumule, resultados que corroboran lo planteado por Arzola y Fundora (2008).

Estos resultados no coinciden con lo obtenido en otras investigaciones. Reyes (2006) obtuvo aumento de materia

orgánica en tratamientos que no tuvieron portadores de la misma, por ejemplo, NPK y caliza fosfatada, lo cual se lo atribuyó al efecto positivo en la planta y al consiguiente mayor aporte de residuos. Rodríguez y Pérez (1999), al aplicar en condiciones controladas caliza fosfatada y caliza dolomítica en un suelo oscuro plástico, demostraron que pueden aumentar el contenido de materia orgánica.

De igual forma, la interacción de las proporciones suelo-abono orgánico 3:1 con 6 t x ha⁻¹ de caliza fosfatada fue la de mayor contribución al contenido de fósforo asimilable, que no difiere estadísticamente a cuando se utilizó 3:1 con 4 t x ha⁻¹ de caliza fosfatada. Además, se pudo apreciar que los contenidos de fósforo asimilable incrementaron a medida que aumentó el contenido de abono orgánico en el sustrato, independientemente de las dosis de caliza fosfatada aplicada (Fig. 2).



* Medias con letras diferentes difieren significativamente para valor de $p \leq 0,05$.

Fig. 2. Interacción de los factores en el contenido de P₂O₅ en los sustratos.

Con excepción del suelo, solo las demás variantes presentaron contenidos altos de fósforo asimilable según la clasificación de Fundora y Yepis (2000), suficientes para que las posturas de cafeto tengan buen desarrollo, sobre todo en la proporción 3:1 y 5:1.

Gran parte del fósforo disponible está ligado a la dinámica de la materia orgánica. Este nutrimento puede ser aportado con los abonos orgánicos y la caliza fosfatada. Estos resultados coinciden con los criterios de Vizcaíno y García (2002), al expresar que los altos contenidos de materia orgánica en los suelos pueden incidir directamente en los contenidos de fósforo.

Tales resultados coinciden con los obtenidos por González (2009), que incrementó los contenidos de fósforo asimilable a niveles considerados, adecuados para las posturas de café mediante la combinación del humus de lombriz y la dolomita. Además, Reyes (2006) apreció una mejoría mediante un cambio de categoría de evaluación del fósforo asimilable cuando se utilizaron distintas variantes con abonos orgánicos y minerales naturales en la que se incluye la caliza fosfatada.

La caliza fosfatada ejerció un efecto positivo en el incremento de los contenidos de fósforo asimilable. En la proporción 3:1 aumentaron los niveles de este nutrimento, mientras que con 5:1 y 7:1 los mejores resultados se obtuvieron con 4 t x ha^{-1} (Fig. 2).

Estos efectos pudieron estar motivados a que con la mayor adición de abono orgánico se favoreció el desarrollo de microorganismos solubilizadores del fósforo, se incrementaron los ácidos orgánicos que actúan sobre el mineral que contiene fósforo retenido e inasimilable y lo solubilizan, de forma tal que las plantas lo puedan tomar.

Martínez y col. (2003) plantearon que la materia orgánica incrementa la nutrición fosfórica de las plantas por favorecer el desarrollo de los microorganismos fosfo-solubilizadores que actúan sobre los fosfatos insolubles presentes en el suelo, y Almeida *et al.* (2007), al unir roca fosfórica con diferentes biomásas para formar *compost*, informaron que los ácidos orgánicos producidos por la biomasa liberan nutrientes, y los microorganismos actúan sobre la roca, y de esta forma el fósforo se hace asimilable.

La caliza fosfatada se puede considerar como una roca fosfórica con muy bajo contenido de P_2O_5 , menos

de un 10 %, pero una de sus funciones en el suelo es el incremento de este nutrimento (Cairo, 2000). Los resultados también pudieron estar asociados al efecto que tiene este mineral en la mejora del pH, que según Tandón y col. (2005) tiene una influencia en el incremento del fósforo asimilable con un $r^2 = 0,46^{**}$ en suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados.

Es ideal para un suelo que se dedica a la producción del café la utilización de abonos orgánicos (*compost*) enriquecidos con enmiendas ricas en fósforo, debido a que la materia orgánica es un importante reservorio de este nutrimento en los suelos, además del nitrógeno y sulfatos (Fischersworing y RoBkamp, 2001).

En los contenidos de cationes cambiables se encontró interacción de los factores estudiados para la relación Ca/Mg y no para los elementos por individual. Al analizar los factores por separados se encontró que la proporción 3:1 incrementó de forma significativa los contenidos de Ca y Mg. Estos valores disminuyeron al disminuir el abono orgánico en la conformación del sustrato.

Con el incremento de las dosis de caliza fosfatada incrementaron de forma significativa los contenidos de Ca y la relación Ca/Mg (Tabla 5).

Rivera (1999) y (Rivera, 2006) expresó que el estiércol en suelos ferralíticos rojos lixiviados tiene asociado altos aportes de nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio, y garantiza un alto porcentaje de los requerimientos del cafeto; también Reyes (2006) informó que los abonos orgánicos como es el caso del *compost* tienen un efecto positivo en el contenido de calcio.

El efecto de las dosis de caliza fosfatada en el incremento de los contenidos de calcio (Tabla 5), está relacionado con la presencia de este elemento en la composición del mineral (85,27 % de CaO). Reyes (2006), al añadir caliza fosfatada mezclada con el *compost*, incrementó los contenidos de calcio. Sin embargo, este mineral aporta poco Mg (0,29 % de MgO); de ahí su poca influencia en el incremento de este elemento al obtener valores similares en las tres dosis utilizadas.

En la proporción 3:1 de suelo-abono orgánico del factorial se observaron valores de calcio cercanos a su límite crítico para el cultivo de café (Tabla 5). Valencia (1998) aconseja no aplicar cal si el Ca está por encima de los $4,0 \text{ cmol}^{(+)}\text{kg}^{-1}$.

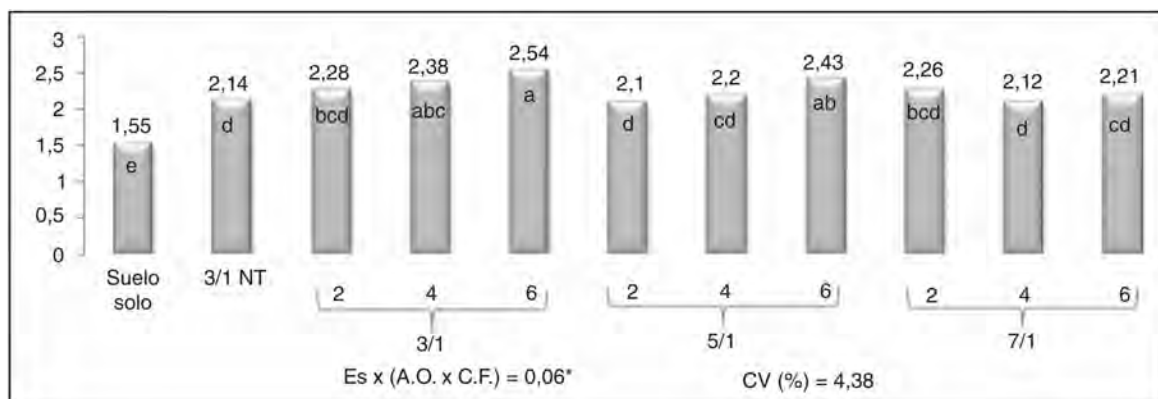
Tabla 5. Efecto de los factores en el contenido de calcio, magnesio y su respectiva relación en los sustratos

Factores	Ca	Mg	Ca/Mg
Testigos	(cmol ⁽⁺⁾ kg ⁻¹)		
Suelo solo	2,16 b	1,40 b	1,55 b
Normas técnicas	3,66 a	1,71 a	2,14 a
Proporción S/A.O.			
3:1	3,98 a	1,65 a	2,40 a
5:1	3,40 b	1,52 b	2,24 b
7:1	3,30 b	1,48 b	2,20 b
ES x A.O.	0,08*	0,02*	0,03*
Dosis de C.F.			
2	3,46 b	1,56	2,21 b
4	3,44 b	1,54	2,24 b
6	3,78 a	1,56	2,39 a
ES x C.F.	0,08*	0,02 ns	0,03*
	Valores de F		
Abonos orgánicos (A.O.)	20,55***	24,44***	10,94***
Dosis de caliza fosfatada (C.F.)	5,63*	0,72 ns	9,11**
Interacción A.O. x C.F.	1,32 ns	1,03 ns	3,66*
Testigos de referencia	45,90***	24,87***	78,80***
CV %	7,10	3,50	4,38

*, ** y *** Medias con letras diferentes difieren significativamente para valor de $p \leq 0,05$; $p \leq 0,01$ y $p \leq 0,001$, respectivamente.

Los valores de las medias en la interacción entre los factores de la relación Ca/Mg reflejan una mayor efectividad con la proporción 3:1 más 6 t x ha⁻¹ de

caliza fosfatada, que no difiere estadísticamente de los tratamientos 3:1 más 4 t x ha⁻¹ y 5:1 más 6 t x ha⁻¹ (Fig. 3).



* Medias con letras diferentes difieren significativamente para valor de $p \leq 0,05$.

Fig. 3. Interacción de los factores en la relación Ca/Mg de los sustratos.

La variante donde estuvo presente el suelo solo fue la única que presentó valores bajos en la relación Ca/Mg (menor de 2), los demás estuvieron en rangos medios considerados como óptimos (2-6) según la clasificación de Martín (2012) (Fig. 3). Esta relación debe mantenerse cercana a tres para evitar desbalances nutricionales que puedan afectar el desarrollo normal de los cultivos (Blanco, 2003). Hernández y col. (2006) al citar a Rivera (1998) estiman que la relación Ca/Mg más adecuada para el café es entre 2-6.

La aplicación conjunta de la caliza fosfatada y el abono orgánico favorecieron la relación Ca/Mg. El incremento de las dosis de este mineral mejoró este indicador en la proporción 3:1 y 5:1, con 7:1 los valores medios de las tres dosis fueron similares (Fig. 3).

En los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados de Topes de Collantes, además de la aplicación inicial de abonos orgánicos es importante la utilización de enmiendas calcáreas de forma sistemática para mantener contenidos adecuados de Ca y Mg, y alternar las fuentes enmendantes para evitar desequilibrios en la relación Ca/Mg (Rivera, 2006).

Conclusiones

- La utilización conjunta de la caliza fosfatada y el estiércol caprino mejoraron la fertilidad del sustrato, principalmente el contenido de fósforo disponible y la relación calcio/magnesio.
- El aporte de abono orgánico al suelo mejoró significativamente todos los indicadores de fertilidad del sustrato evaluados. Los resultados más notorios se obtuvieron con la proporción 3:1.
- El efecto de las dosis de caliza fosfatada como material enmendante aumentó los valores de pH (H₂O y KCl), los contenidos de fósforo asimilable, calcio y la relación Ca/Mg. Este efecto fue más evidente al utilizar la dosis de 6 t x ha⁻¹.
- Con el incremento de las dosis de caliza fosfatada existió la tendencia a disminuir los porcentajes de materia orgánica en los sustratos.

Bibliografía

Almeida De, E.; Pereira, F. y R. Ralich: Polvo de roca para revitalizar suelos en el sur de Brasil, *Leisa*, 22(4): 31-33, 2007.

Arzola, N. y O. Fundora: *Manejo de suelos, fertilizantes y enmiendas en armonía con la conservación del entorno*. CETAS. *Lecturas de suelo*, 244 Pp., 2008.

Blanco, J. O.: Manejo integral de suelos con énfasis en el cultivo del arroz. Proyecto (PRONATTA) Capacitación Tecnológica Integral dirigida a los pequeños productores y asistentes técnicos del sistema de producción arroz del Departamento Norte de Santander. Impresión y Encuadernación OFFSET LA OPINIÓN S.A. Impreso en Colombia, 126 Pp., 2003.

Cabrera, M. T.; Espinosa, G. y B. Cubrias: Comportamiento de la dolomita y fosforita en cuanto al rendimiento de la habichuela Cantón, en condiciones de organopónico (*Trabajo temático productivo* no. 119). Santa Clara, Cuba. Empresa Geominera del Centro. 1998.

Cairo, P.: Estudio de niveles de aplicación de la dolomita y su interacción con fertilizantes y abonos orgánicos. En: *Proyecto Investigación*. Santa Clara, Cuba: CIAP-UCLV. 1999.

Cairo, P.: Alternativas para el mejoramiento de los suelos para el cultivo de la caña, *Agricultura Orgánica*, 14(2): 23-25, 2000.

Calero, B.; Mirelys Rodríguez; Amalia Morales; Martínez, F. y L. Morejón: Biodegradabilidad de mezclas de caliza fosfatada con abonos orgánicos en un suelo ácido, *Cultivos Tropicales*, 30(3): 5-9, 2009.

Cochran, W y G. Cox: *Diseños experimentales*. México, Ed. Trellas. 132, 135, 1990.

Comité Técnico de Normalización no. 3: Calidad del suelo. Determinación de las formas móviles de fósforo y potasio. *Norma cubana*, 52:12 Pp., 1999.

Comité Técnico de Normalización no. 3: Calidad del suelo. Determinación del pH. *Norma cubana ISO 10390*: 11 Pp., 1999a.

Comité Técnico de Normalización no. 3. Calidad del suelo. Determinación de la capacidad de intercambio catiónico y de los cationes del suelo. *Norma cubana 65*: 10 Pp., 2000.

Díaz, Carolina; Sadeghiany, S. y Carmen Soledad Morales: Cambios químicos ocasionados por enclamiento y uso de lombrinaza en la etapa de almácigo de café, *Cenicafé*, 59(4): 295-309, 2008.

Fischersworing, Beatriz y R. RoBkamp: *Guía para la caficultura ecológica*. Ed. López. 3ra. ed. actualizada, 153 Pp., 2001.

Font, L.; Chaveli, P.; Calero, B.; Muñiz, O.; Curbelo, R.; González, M. y J. O. Marrero: Calidad del suelo y sostenibilidad agrícola. Métodos de estimación, *Centro Agrícola*, 31(1-2):111-113, 2004.

- Fundora, O.; Arzola, N. y J. Machado: *Los suelos ácidos, calcáreos y halomórficos, y la nutrición vegetal. Enmiendas químicas. Agroquímica*. Ed. Pueblo y Educación. 37-63 Pp., 1995.
- Fundora, O. y Olga Yepis: Ahorro de fertilizantes y prevención de la contaminación ambiental, En: *Forum Provincial de Ciencia y Técnica* (Villa Clara), Santa Clara, Cuba, 2000.
- González, C.: "Efectos de la combinación de la dolomita y la materia orgánica en la producción de posturas de café" [inédito]. Tesis de candidatura. Universidad de Cienfuegos "Carlos Rafael Rodríguez" Centro de Estudios para la Transformación Agraria Sostenible (CE-TAS), 2009.
- Hernández, A.; Cabrera, A.; Ascanio, M.; Marisol Morales; Rivero, L.; Martín, N.; Baisre, J. y E. Frómeta: *Nueva versión de Clasificación de los Suelos de Cuba*, Instituto de Suelos, Ministerio de la Agricultura, La Habana, Cuba, 64 Pp., 1999.
- Hernández, A.; Vantour, A.; Marisol Morales y Enma Fuentes: *Suelos dedicados al café en café en Cuba* En: R. Rivera y Soto, F. (eds.) *El cultivo del café en Cuba. Investigaciones y Resultados*. 36-72 Pp., 2006.
- Hernández, Ofelia Adriana; Dámaris Leopoldina Ojeda; López, J. C. y Ana María Arrás: Abonos orgánicos y su efecto en las propiedades físicas químicas y biológicas del suelo, *Tecnociencia Chihuahua*, 4(1): 1-6, 2010.
- Jiménez, J. y A. Reyes: "Evaluación de fuentes de calcio combinado con estiércol caprino sobre las propiedades de un suelo Ferralítico Rojo Lixiviado de Topes de Collantes" [inédito]. Tesis de candidatura, Universidad de Sancti Spíritus "José Martí Pérez", 2014.
- Martín, N. J.: Tabla de interpretación de análisis de suelo, Universidad Agraria de La Habana, Facultad de Agronomía, Departamento de Producción Vegetal, 20 Pp., 2012.
- Martínez, F.; Calero, B. J.; Vargas, R. N. y L. Rovesti: *Lombricultura. Manual Práctico*, La Habana, 99 Pp., 2003.
- Ocampo, J.; Chavarriaga, W. y N. Ceballos: Valoración de tres fuentes de calcio en suelos ácidos de la granja Tesorito y la respuesta en producción para el cultivo de la arveja, *Agronomía*, 15(2): 7-15, 2007.
- Pinamonti, F.: Compost mulch effects on soil fertility, nutritional status and performance of grapevine, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51, 239-248, 1998.
- Reyes, A.: "Indicadores de calidad de la producción agrícola del recurso suelo en áreas cafetaleras de Topes de Collantes" [inédito]. Tesis de candidatura, INCA, La Habana, 2006.
- Reyes, A.; Cairo, P.; Machado de Armas, J.; Fundora, O.; Reyes, J.; Ana Belkis Manes y V. Valero: Efecto de abonos orgánicos y minerales naturales sobre las propiedades del suelo, el contenido de nutrimentos de la planta y el rendimiento de café oro, *Centro Agrícola*, 36(3): 21-27, 2009.
- Rivera, R.: *Nutrición y fertilización del Coffea arabica en Cuba*. Capítulo VI. En: *El Cultivo del Cafeto en Cuba. Investigaciones y Resultados*. INCA. La Habana. 368 Pp., 1999.
- Rivera, R. A.: *Nutrición y fertilización de Coffea arabica en Cuba*. En: R. Rivera y F. Soto (eds.) *El cultivo del café en Cuba. Investigaciones y Resultados*, 243-244 Pp., 2006.
- Rodríguez, E. y A. Reyes: "Evaluación de alternativas órgano-minerales en condiciones de vivero de café (*Coffea arabica* L.), variedad Villalobo" [inédito]. Tesis de candidatura, Universidad de Sancti Spíritus "José Martí", Facultad Agropecuaria de Montaña del Escambray, 2011.
- Rodríguez, D. y L. Pérez: "Efecto integral de minerales y compost en suelos Oscuros Plásticos" [inédito]. Tesis de candidatura, UCLV, Santa Clara, Cuba, 1999.
- Sánchez, C.; Rivera, R.; Bustamante, C.; Pérez, C.; Cupull, R.; González, C.; Ferrer, M. e Yraida Delgado: Efecto de diferentes especies de abonos verdes en interacción con hongos micorrizógenos sobre el desarrollo de las posturas de cafetos en un suelo Pardo Geyzoso, *Café Cacao*, 3(2): 65-67, 2002.
- StatSoft, Inc.: *Statistica (data analysis software system)*, version 8.0. www.statsoft.com. 2007.
- Tandrón, Issel; Cairo, P.; Reyes, A.; Torres, P.; Jiménez, R.; Oralia Rodríguez e Inés Abreu: Relaciones entre propiedades físicas y químicas en suelos Ferralíticos Rojos de montaña bajo condiciones de experimento de abonos orgánicos y minerales naturales, *Centro Agrícola*, 32(3): 75-82, 2005.
- Valencia, V.: *Manual de nutrición y fertilización del café*, Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS), Quito, Ecuador, 61Pp., 1998.
- Vizcaino, C. y M. García: Efecto de la aplicación de yeso y de yeso + caliza en las formas de aluminio extraíble de unos suelos ácidos, *Edafología*, 7(3): 227-239, 2002.