

Efectos de abonos órgano minerales sobre las propiedades físico-químicas en un Inceptisol de la Región Central de Cuba

Effects of organic-mineral fertilizers on the physical and chemical properties in a Inceptisol of the Central Region of Cuba

Pedro Cairo Cairo^{1*}, Arnaldo Dávila Cruz², Bladimir Díaz Martín¹ y Ariany Colás Sánchez²

¹Universidad de Atacama, Centro Regional de Investigación y Desarrollo Sustentable de Atacama (CRIDESAT).

²Universidad Central Marta Abreu de las Villas, Facultad de Ciencias Agropecuarias. *Correo electrónico: pedro.cairo@uda.cl

RESUMEN

Los abonos órgano minerales pueden transformar el complejo absorbente y mejorar la calidad de los suelos con diferentes contenidos y tipos de arcillas. El trabajo se realizó en el Centro de Investigaciones Agropecuarias, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba, con el objetivo de evaluar los efectos de los abonos órgano minerales, sobre las propiedades físico-químicas de un suelo pardo mullido carbonatado. Los sustratos utilizados fueron: compost; cachaza descompuesta (1 año); humus de lombriz; zeolita (3 mm) y dolomita (0,5-1 mm). Se realizó la caracterización química y física de los nuevos sustratos obtenidos N, P, K, Ca, Mg, Mo, relación C/N, capacidad de absorción de agua y densidad aparente. Se estableció un experimento en condiciones semi-controladas con 8 tratamientos y 4 repeticiones: testigo, NPK (50-50-50 kg.ha⁻¹); 4 t.ha⁻¹ compost (RCA) + zeolita; 4 t.ha⁻¹ compost (RCA) + dolomita; 4 t.ha⁻¹ humus + zeolita; 4 t.ha⁻¹ humus + dolomita; 4 t.ha⁻¹ cachaza + zeolita; 4 t.ha⁻¹ cachaza + dolomita. Se evaluaron propiedades físicas como: permeabilidad, factor de estructura, agregados estables y plasticidad; también propiedades químicas: materia orgánica, pH, fósforo y potasio. Se utilizó el paquete de programas profesionales Statgraphics Plus 5.0 y SPSS 15.0 sobre Windows XP. Todas las combinaciones órgano minerales estudiadas mantienen las características físico-químicas del abono orgánico original y mejoran su calidad. La cachaza + zeolita y cachaza + dolomita fueron los abonos órgano minerales que mejores efectos lograron sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.

Palabras Clave: Degradación de suelo, materia orgánica, estructura del suelo.

Recibido: 25/08/15

ABSTRACT

Organo-mineral fertilizers absorbing complex can transform and improve the quality of soils with different contents and types of clays. The work was conducted at the Center for Agricultural Research, Faculty of Agricultural Sciences at the Central University "Marta Abreu" of Las Villas, Cuba, in order to assess the effects of organo-mineral fertilizers, on the physical and chemical properties in inceptisol soil. The substrates used were: compost; decomposed sugarcane filter cake (1 year); earthworm humus; zeolite (3 mm) and dolomite (0.5-1 mm). Chemical and physical characterization of new substrates obtained N, P, K, Ca, Mg, Mo, and C/N was performed; water absorption capacity and bulk density. An experiment was set up in semi-controlled with 8 treatments and 4 replicates conditions. Control without fertilizer, NPK (50-50-50 kg.ha⁻¹); 4 t.ha⁻¹ compost (RCA) + zeolite; 4 t.ha⁻¹ compost (RCA) + dolomite; humus 4 t.ha⁻¹ + zeolite; 4t.ha⁻¹ humus + dolomite; 4 t.ha⁻¹ sugarcane filter cake + zeolite; 4 t.ha⁻¹ sugarcane filter cake + dolomite. Some physical properties (permeability, factor structure, stable aggregates, plasticity) and chemical properties (organic matter, pH, phosphorus and potassium) were evaluated. Professional software package Statgraphics Plus version 5.0 and SPSS view was used. 15.0 on Windows XP. All combinations organo-mineral studied maintain the physical-chemical characteristics of the original organic fertilizer and improve its quality. The sugarcane filter cake + zeolite and sugarcane filter cake + dolomite were the organo-mineral fertilizers that achieved better effects on the physical and chemical properties of soil.

Key words: Degradation of soil, organic matter, soil structure.

INTRODUCCIÓN

En Cuba, el programa nacional de lucha contra la desertificación y la sequía refiere que el 76,8% del área nacional está afectada por falta de materia orgánica, erosión, compactación, acidez o exceso de sales (Cairo *et al.*, 2008). Por tales razones, resulta determinante la búsqueda de alternativas de recuperación de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo con criterio de sostenibilidad. Los estudios contemporáneos sobre abonos órgano minerales se han referido a mezcla de abonos orgánicos con fertilizantes minerales industriales (Osumah *et al.*, 2011; Eifediyi *et al.*, 2013; Adebayo *et al.*, 2014; Dania *et al.*, 2014). Sin embargo, los trabajos donde se emplea mineral natural, como: zeolita, caliza fosfatada o fosforita con abonos orgánicos, llevan implícito una mayor sostenibilidad en el agroecosistema (Colás *et al.*, 2008; Calero *et al.*, 2009).

La acumulación de desechos orgánicos producidos por la actividad humana agrícola, industrial o doméstica, causan deterioro del paisaje, contaminación del medio ambiente y problemas sanitarios (León, 2010). Se reportan numerosas experiencias de trabajos realizados utilizando minerales naturales en la recuperación de suelos tropicales (Cairo *et al.*, 2012).

Kolman y Vázquez (2001) enfatizan que el uso del abonamiento químico perturba el ecosistema y afecta los microorganismos beneficiosos en favor de patógenos y parásitos; el suministro en exceso de los abonos disminuye la concentración de otros por efecto antagónico y se producen alteraciones desfavorables en el pH. Sin embargo, existen alternativas al uso de abonos para la agricultura ecológica y estas comprenden productos como cal, ceniza de madera, roca fosfórica y cal dolomítica, entre otros. Goya (1998) demuestra que con la aplicación de 4 t.ha⁻¹ de compost + 2 t.ha⁻¹ de caliza dolomítica y caliza dolomítica sola a razón de 4 t.ha⁻¹; se logra un aumento significativo del pH y mejoramiento de la estructura de un suelo ácido.

Cabrera (1998) logró aumentos significativos en el contenido de fósforo asimilable y de la capacidad de intercambio catiónico, especialmente, en aquel tratamiento en que se combinó dolomita + compost. Cairo *et al.* (2012) en

sus investigaciones sobre este tema, concluyen que las medidas de mejoramiento del suelo más efectivas para llevar el mismo a su nivel de calidad son las que establecen combinaciones entre abonos orgánicos y minerales naturales, independientemente del contenido y tipo de arcilla. Este trabajo tiene como objetivo evaluar el efecto de los abonos órgano minerales, sobre las propiedades físico-químicas de un suelo pardo mullido carbonatado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Descripción general de la investigación

El trabajo se realizó en el Centro de Investigaciones Agropecuarias, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agropecuarias de la Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba. El suelo objeto de estudio se clasifica como pardo mullido carbonatado según Hernández *et al.* (1999). Taxonómicamente es un Inceptisol muy arcilloso con relieve ondulado a llano, bajo un régimen pluviométrico de 1300 mm anuales y situado a 22°41'33" latitud norte y 80°16'75" longitud oeste.

Elaboración y caracterización de sustratos orgánicos y órgano minerales

Los componentes de los sustratos utilizados fueron:

Compost obtenido de residuos de centros de acopio (RCA) de la industria azucarera, tamizado a 4 mm con 35% de humedad.

Cachaza descompuesta por 1 año, tamizado a 4 mm con 35% de humedad.

Humus de lombriz obtenido a partir de cachaza, tamizado a 4 mm con 35% de humedad.

Minerales naturales (Cuadro 1): zeolita (granulometría 3 mm) y dolomita (granulometría 0,5-1 mm).

Se establecieron proporciones de mezcla de 3:1 considerando 3 partes de abonos orgánicos y 1 parte de mineral natural, resultando 6 combinaciones con nueve variantes (36 muestras). 1. cachaza; 2. cachaza + zeolita; 3. cachaza + dolomita; 4. compost (RCA); 5. compost (RCA) + zeolita; 6. compost (RCA) + dolomita; 7. humus; 8. humus + zeolita; 9. humus + dolomita.

Cuadro 1. Composición química de los minerales naturales empleados.

Material	SiO ₂ (%)	AlO ₃ (%)	F ₂ O ₃ (%)	FeO (%)	MgO (%)	CaO (%)	K ₂ O (%)
Zeolita	57,06	11,91	4,09	1,33	1,45	9,35	1,89
Dolomita	0,26	0,20	0,04	-	17,92	34,24	-

Se realizó la caracterización química y física de dichos sustratos determinándose el contenido de N, P, K, Ca, Mg, Mo; la relación Carbono/Nitrógeno (C/N), capacidad de absorción de agua y densidad aparente.

La humedad se determinó por el método gravimétrico expresado en % de humedad en base a suelo húmedo (% hbsh) y la densidad aparente por el método de los cilindros (Cairo y Fundora, 2007).

Descripción del experimento

Se estableció un experimento en condiciones semi-controladas con 8 tratamientos y 4 repeticiones, bajo un diseño experimental completamente aleatorizado: 1. Testigo; 2. NPK (50-50-50 kg.ha⁻¹); 3. 4 t.ha⁻¹ compost (RCA) + zeolita; 4. 4 t.ha⁻¹ compost (RCA) + dolomita; 5. 4 t.ha⁻¹ humus + zeolita; 6. 4 t.ha⁻¹ humus + dolomita; 7. 4 t.ha⁻¹ cachaza + zeolita. 8. 4 t.ha⁻¹ cachaza + dolomita.

El suelo fue tomado a una profundidad de 0-20 cm, secado al aire y tamizado (con tamiz de 4 mm). Posteriormente cada una de las macetas fue llenada con 1 kg del suelo recolectado. Se determinaron las cantidades de materiales orgánicos y minerales a aplicar por macetas según las proporciones establecidas. Las mismas se mantuvieron por 30 días y durante el desarrollo del experimento. Se utilizó el método gravimétrico para determinar la humedad del suelo, calculando la cantidad de agua a aplicar a las macetas para mantenerlo al 80% de la capacidad de campo.

Métodos de análisis realizados al suelo

Análisis físicos. Se determinó el coeficiente de permeabilidad (log 10K) según el método de Henin *et al.* (1958); el factor de estructura (%FE) de acuerdo con Vageler y Alten (1931);

los agregados estables (%AE) por el método de Henin *et al.* (1958).

Además, fue determinado el límite superior de plasticidad (LSP) por el método del Cono de Balancín de Vasiliev y el límite inferior de plasticidad (LIP) por el método de los rollitos de Atterberg (Atterberg, 1911), expresándose ambos en porcentaje de humedad en base a suelo seco (hbss). El índice de plasticidad se obtuvo por la diferencia numérica entre ambos límites y no tiene unidad de medida.

Análisis químicos. Se determinó el pH en H₂O y en KCL por medio de potenciómetros, en solución de suelo, proporción 1:2,5 según Jackson (1958) y para el contenido P₂O₅ y K₂O el método Oniani (1964), utilizando para ello solución extractiva de ácido sulfúrico (0,1 N). K₂O por fotometría de llama y P₂O₅ por colorimetría (Cuadro 2).

El contenido de materia orgánica se analizó por el método colorimétrico de Walkley y Black (1934), con base en la oxidación con dicromato de potasio y ácido sulfúrico concentrado (Cuadro 2).

Procesamiento estadístico. Se utilizó el paquete de programas profesionales Statgraphics Plus 5.0 y SPSS 15.0 sobre Windows XP. Se realizó análisis de varianza de clasificación simple para las variables que diferenciaban los tratamientos, previa comprobación de los supuestos de base, complementándose con una comparación de medias mediante la prueba de Tukey.

RESULTADO Y DISCUSIÓN

Caracterización química y física de abonos orgánicos y órgano minerales

El Cuadro 3 muestra que el uso de los minerales zeolita y dolomita en las proporciones estudiadas con abonos orgánicos (humus de

Cuadro 2. Métodos de análisis empleados en la caracterización de los residuos orgánicos.

Indicadores	Método de análisis	Referencia
N (%)	Nessler	Ríos <i>et al.</i> (1982)
P (%)	Molibdo-vanadato fosfórico	Ríos <i>et al.</i> (1982)
K (%)	Fotometría de llama	Ríos <i>et al.</i> (1982)
Ca (%)	Complexometría	Ríos <i>et al.</i> (1982)
Mg (%)	Complexometría	Ríos <i>et al.</i> (1982)
Materia orgánica (%)	Walkley-Black	Comité técnico de normalización N°3
Relación C/N	Cálculo a partir del porcentaje de materia orgánica y del porcentaje de nitrógeno	Comité técnico de normalización N°3

Cuadro 3. Algunas características químicas de los sustratos empleados.

Trat.	Sustratos	pH	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
1	Cachaza	8,2a	3,11bc	2,00a	0,41bc	1,56d	2,08b
2	Cachaza + zeolita	8,4a	2,15e	1,20d	0,23d	10,42b	1,85c
3	Cachaza + dolomita	8,2a	2,51d	1,85b	0,41bc	3,24c	0,80e
4	Compost (RCA)	7,5c	4,00a	0,28f	0,62a	1,18c	1,56d
5	Compost (RCA) + zeolita	7,5c	3,60ab	0,26f	0,56a	0,76f	1,58d
6	Compost (RCA) + dolomita	8,0ab	1,88f	0,19f	0,36c	12,94a	2,08b
7	Humus	7,4c	2,38d	1,80b	0,45b	0,2g	2,11b
8	Humus + zeolita	7,7bc	2,08e	0,66e	0,25d	0,08g	2,11b
9	Humus + dolomita	8,2a	2,81c	1,65c	0,39bc	10,12b	5,52a
	EE (±)	0,09	0,11	0,03	0,02	0,07	0,01

Medias con letras diferentes en la misma columna difieren por Tukey ($P < 0,05$); RCA: residuo del centro de acopio; EE: error experimental.

lombriz, compost y cachaza) no producen cambios sustanciales en los valores absolutos de los indicadores químicos, aunque presenta diferencias estadísticas. La mezcla de abono orgánico con dolomita no se comporta de la misma manera que con la zeolita. La dolomita enriquece el sustrato órgano mineral en Ca y Mg por lo que también incrementa el pH con resultados significativos. Es destacable que los contenidos de N no alcanzan valores inferiores

a 2%, a excepción de la variante compost + dolomita, estando el resto de los sustratos en el rango de un abono orgánico de calidad, a pesar de haber incorporado una sustancia mineral. (Lausega 2013), Páez (2006) y Dávila (2007) refieren la importancia de la zeolita en la producción de fertilizantes órgano minerales y orgánicos, aludiendo que esta mejora la calidad agrícola y comercial del compost sin efectuar cambios en las propiedades químicas del mismo.

Vázquez (2003) combinó la dolomita con materiales orgánicos y obtuvo resultados significativos en las propiedades físicas y químicas de los suelos oscuros plásticos.

Cairo *et al.* (2001) demostraron que tanto las combinaciones de abonos minerales y orgánicos aplicadas al suelo, así como la mezcla para conformar un abono órgano mineral, tenían suficiente carga de nutrientes y de efectividad biológica que se traducían en mejoras del suelo e incremento de los rendimientos de la caña de azúcar.

Los sustratos órgano minerales mantienen una buena capacidad de retención de humedad, por encima de 50%, y densidades que oscilan entre 0,48 a 0,72 g.cm⁻³ (Cuadro 4), estando estos rangos entre los óptimos (Lausega, 2013). Dávila (2007) realizó un estudio de las propiedades físicas de los sustratos órgano minerales y señala que la capacidad de retención de agua y la densidad aparente dependen de las propiedades de los sustratos que se combinen

(materia orgánica-mineral), lo que se destaca en la combinación dolomita-materia orgánica.

Las combinaciones de zeolita con compost y humus no muestran cambios significativos desde el punto de vista estadístico con el abono orgánico original en los indicadores físico-químicos (densidad aparente, % materia orgánica, % carbono y relación C/N); esto explica el papel de la zeolita en su función como reguladora de los procesos biológicos y del equilibrio físico-químico de los sustratos (Ippolito *et al.*, 2011).

La relación C/N se mantiene baja por el grado de descomposición alcanzada en todos los sustratos (Cuadro 4). Calero *et al.* (2009), señalan que la relación C/N es una de las características más importantes de un abono órgano mineral. De su valor depende la velocidad de descomposición cuando se aplica al suelo, la mineralización de nitrógeno y la competencia entre los microorganismos del suelo y las plantas por ese elemento, así como el aprovechamiento del carbono de la materia orgánica.

Cuadro 4. Características físicas y químicas de sustratos órgano minerales.

Trat.	Sustratos y combinaciones	Capacidad de absorción de agua (% hbsh)	Densidad aparente (g.cm ⁻³)	Materia orgánica (%)	Carbono (%)	Relación C/N
1	Cachaza	68,20a	0,45e	42,25b	24,51b	7,95c
2	Cachaza + zeolita	54,09f	0,48de	40,45bc	23,46bc	10,95a
3	Cachaza + dolomita	48,16g	0,55cd	32,81e	13,81e	7,68c
4	Compost (RCA)	61,30c	0,58bc	48,60a	28,19a	7,06c
5	Compost (RCA) + zeolita	56,18e	0,62bc	47,07a	27,31a	7,60c
6	Compost (RCA) + dolomita	59,83d	0,73a	18,00g	10,44g	5,57d
7	Humus	64,20b	0,50de	38,95cd	22,55cd	9,51b
8	Humus + zeolita	55,44ef	0,49de	37,15d	21,55d	10,35ab
9	Humus + dolomita	60,74cd	0,64b	21,36f	12,39f	4,41d
	EE (±)	0,29	0,02	0,48	0,28	0,28

Medias con letras diferentes en la misma columna difieren por Tukey (P<0,05). % hbsh: porcentaje humedad base de suelo húmedo; EE: error experimental.

Efecto de los abonos órgano minerales sobre las propiedades físicas y químicas del suelo

El uso de abonos órgano minerales en condiciones semi-controladas, evidencia la respuesta significativa que se obtiene desde el punto de vista físico, así como químico, en las propiedades del suelo cuando se comparan dichos abonos con el testigo y el NPK (Cuadros 5 y 6).

Calero *et al.* (2009), en estudios realizados con abonos órgano minerales, evaluando la actividad biológica, resaltan que la caliza fosfatada con humus de lombriz, estiércol vacuno y estiércol porcino, en las proporciones y dosis estudiadas, estimulan la actividad microbiológica del suelo y favorecen los procesos microbiológicos asociados a la mineralización del nitrógeno orgánico. Si se comparan los resultados con cualquiera de las combinaciones órgano minerales se puede comprobar que en general tienen efectos similares sobre el suelo, a

excepción de cachaza + zeolita y cachaza + dolomita.

Según Calero *et al.* (2009), el empleo de fertilizantes órgano minerales puede ser una alternativa eficaz para incrementar el rendimiento agrícola y proteger los recursos edáficos de los agroecosistemas. Se ha demostrado que el uso de abonos órgano minerales es efectivo en suelos de diferentes tipos de arcilla y contenido (Colás *et al.*, 2004, 2006 y 2008; Cairo *et al.*, 2012; Osumah *et al.*, 2011; Adebayo *et al.*, 2014). En el Cuadro 6, se indica el efecto de los abonos órgano minerales sobre el fósforo y potasio asimilable, pasando de la categoría de mediano a alto o muy alto (Fundora y Yepis, 2000). Cairo *et al.* (2012) demostraron que el empleo de abonos órgano minerales, pueden sustituir más de un 50% de los fertilizantes de importación dejando un efecto residual en el suelo. La combinación o mezcla de órgano minerales que mejor respuesta indican sobre las propiedades físico-químicas del suelo son cachaza + zeolita y cachaza + dolomita, lo cual está muy en

Cuadro 5. Efecto de los abonos órgano minerales sobre las propiedades físicas del suelo.

Tratamientos	FE (%)	AE (%)	Perm (log 10k)	LSP (% hbss)	LIP (% hbss)	IP
1. Testigo	54,19d	50,68c	1,91c	62,26a	31,58d	30,68a
2. NPK (50-50-50 kg.ha ⁻¹)	54,80d	52,46c	1,87c	61,72ab	30,53d	31,19a
3. 4 t.ha ⁻¹ Compost (RCA) + zeolita	69,94c	60,99b	2,00b	59,56bcd	42,06abc	17,50b
4. 4 t.ha ⁻¹ Compost (RCA) + dolomita	72,70b	64,32a	2,10a	60,29abc	43,09ab	17,20bc
5. 4 t.ha ⁻¹ Humus + zeolita	73,10ab	62,61ab	2,06ab	58,67cd	43,60a	15,07bcd
6. 4 t.ha ⁻¹ Humus + dolomita	73,06ab	63,66a	2,09a	57,29d	40,86bc	16,43bc
7. 4 t.ha ⁻¹ Cachaza + zeolita	73,91ab	64,25a	2,07ab	54,01e	40,13c	13,86cd
8. 4 t.ha ⁻¹ Cachaza + dolomita	74,77a	64,59a	2,12a	53,46e	41,72abc	11,74d
EE(±)	0,43	0,52	0,01	0,31	0,50	0,74

Medias con letras diferentes en una misma columna difieren por Tukey (P<0,05). FE: factor de estructura; AE: agregados estables; Perm: permeabilidad; % hbss: porcentaje humedad base de suelo seco; LSP: límite superior de plasticidad; LIP: límite inferior de plasticidad; IP: índice de plasticidad; EE: error experimental.

Cuadro 6. Efecto de los abonos órgano-minerales sobre las propiedades químicas del suelo.

Tratamientos	pH		MO (%)	P ₂ O ₅ (mg.100g ⁻¹)	K ₂ O (mg.100g ⁻¹)
	(KCL)	(H ₂ O)			
1. Testigo	5,60b	7,15b	1,98b	9,11b	12,88f
2. NPK (50-50-50 kg.ha ⁻¹)	5,62b	7,10b	2,10b	11,52ab	15,80f
3. 4 t.ha ⁻¹ Compost (RCA) + zeolita	6,57a	7,67a	3,02a	12,39a	17,77ef
4. 4 t.ha ⁻¹ Compost (RCA) + dolomita	6,64a	7,77a	3,00a	13,81a	18,77de
5. 4 t.ha ⁻¹ Humus + zeolita	6,77a	7,81a	3,09a	13,36a	19,92cd
6. 4 t.ha ⁻¹ Humus + dolomita	6,70a	7,70a	3,02a	11,27ab	21,39bc
7. 4 t.ha ⁻¹ Cachaza + zeolita	6,77a	7,82a	2,99a	13,89a	23,38ab
8. 4 t.ha ⁻¹ Cachaza + dolomita	6,70a	7,77a	3,10a	13,07a	23,65a
EE (±)	0,06	0,09	0,05	0,68	0,06

Medias con letras diferentes en la misma columna difieren por Tukey (P<0,05). MO: materia orgánica; EE: error experimental.

correspondencia con la composición química de dichos sustratos. Estos resultados demuestran la significativa contribución que pueden hacer el empleo de abonos órgano minerales en el impacto económico y ambiental.

CONCLUSIONES

Todas las combinaciones órgano minerales estudiadas mantienen las características físico-químicas del abono orgánico original y mejoran su calidad.

Los abonos órgano minerales lograron efectos significativos sobre el estado estructural y consistencia del suelo, demostrando que estos incrementan el pH, materia orgánica y K₂O asimilable.

La cachaza + zeolita y cachaza + dolomita fueron los abonos órgano minerales que mejores efectos lograron sobre las propiedades físicas y químicas del suelo.

LITERATURA CITADA

- Adebayo, J., A. Adebayo and O. Abiodun. 2014. Efficacy of organomineral fertilizer and un-amended compost on the growth and yield of watermelon (*Citrullus lanatus* Thumb) in Ilorin Southern Guinea Savanna zone of Nigeria. *Int J Recycl Org Waste Agricult.* 3:121-125.
- Atterberg, A. 1911. Die Plastizität der Tone. *Internationale Mitteilungen für Bodenkunde.* 1:10-43.
- Cabrera, M. 1998. Estudio de la aplicación de diferentes fuentes minerales y compost en un suelo ferralítico rojo. Informe Trabajo Temático Productivo #119. Sector II Empresa Geominera del Centro. pp. 46-52.
- Cairo, P., A. Dávila, A. Colas, A. Reyes y B. Díaz. 2012. Uso alternativo de mejoradores de suelo, con énfasis en la materia orgánica y evaluación de indicadores de sostenibilidad (calidad de suelo). Informe final del Proyecto Ramal de la Agricultura. 102 p.

- Cairo, P., J. Machado de Armas, B. Díaz, A. Colás, A. Reyes, P. Torres, A. Dávila, O. Rodríguez, I. Abreu y R. Jiménez. 2008. Evaluación de la degradación de los suelos de la región central de Cuba (ene-mar / 2008). *Centro Agrícola*. 35(1):17-21.
- Cairo, P., M. Carvajal, J. Machado de Armas y B. Díaz. 2001. Efecto de diferentes métodos de mejoramiento sobre la fertilidad de los suelos degradados dedicados al cultivo de la caña de azúcar. *Centro Azúcar*. 2:37-42.
- Cairo, P. y O. Fundora. 2007. *Edafología*. Empresa Editorial Poligráfica Félix Varela. La Habana Cuba. ISBN: 978-959-07-0599-1. 460 p.
- Calero, B., M. Rodríguez, A. Morales, F. Martínez y L. Morejón. 2009. Biodegradabilidad de la mezcla de caliza fosfatada con abonos orgánicos en un suelo ácido. *Cultivos Tropicales, Cuba*. 30(3):5-9.
- Colás, A., B. Díaz-Martín, P. Cairo y J. Machado de Armas. 2004. Efecto de la aplicación de dosis mínimas de abonos orgánicos y minerales naturales sobre el estado estructural del suelo pardo con carbonatos medianamente lavado (Inceptisol). *Centro Agrícola, Cuba*. 31:3-4.
- Colás, A., B. Díaz-Martín, P. Cairo y J. Machado de Armas. 2006. Uso alternativo de abonos órgano-minerales en suelos ferralíticos rojos compactados. *Centro Agrícola, Cuba*. 33:3.
- Colás A., P. Cairo, J. Machado y Y. Ruiz. 2008. Análisis Multivariado de las propiedades de un suelo Ferralítico Rojo (Oxisol), como base para la selección de indicadores de calidad. *Centro Agrícola, Cuba*. 35(3):17-23.
- Dania, S., P. Akpansubi and O. Eghagara. 2014. Comparative Effects of Different Fertilizer Sources on the Growth and Nutrient Content of Moringa (*Moringa oleifera* Lam) Seedling in a Greenhouse Trial. *Adv. Agricult.* 2014:1-6.
- Dávila, A. 2007. Elaboración de compost con Residuos de Centro de Acopio (RCA), y su evaluación Alternativa como abono órgano-mineral. Tesis presentada en opción al título académico de máster en Agricultura Sostenible. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba. 78 p.
- Eifediyi, E., K. Mohammed and S. Remison. 2013. Influence of Organomineral fertilizer (OMF) on the performance of Jute Mallow (*Corchorous olitorius*) in NORTH CENTRAL NIGERIA. *Nigerian Journal of Agriculture, Food and Environment*. 9(3):54-58.
- Fundora, O. y O. Yepis. 2000. Ahorro de fertilizantes en empresas de cultivos varios y disminución de la contaminación ambiental. XIII Fórum Municipal de Ciencia y Técnica. Santa Clara, Cuba. 12 p.
- Goya, S. 1998. Propuesta para mejoramiento de la fertilidad de los suelos en el municipio Manicaragua. Tesis presentada en opción al título académico de máster en Agricultura Sostenible, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Santa Clara, Cuba. 79 p.
- Henin, S., G. Monnier, S. Henin et A. Combeau. 1958. Method pour l'étude de la stabilité structurale des sols. *Ann. Agron.* 1:73-92.
- Hernández, A., J. Pérez, D. Bosch y L. Rivero. 1999. Nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. *Agrinfor*. La Habana. 64 p.
- Ippolito, J., D. Tarkalson and G. Lehrs. 2011. Zeolite Soil Application Method Affects Inorganic Nitrogen, Moisture, and Corn Growth. *Soil Science*. 176(3):36-42.
- Jackson, M. L. 1958. Hydrogen activity determination for soils. *Soil chemical analysis*. Ed. Prentice Hall, inc. Englewood Cliffs, N.J. pp. 38-56.
- Kolman, E. y D. Vázquez. 2001. Manual de agricultura ecológica. Programa agroecológico campesino a campesino. Asociación Nacional de Agricultores Pequeños (ANAP). Villa Clara, Cuba. pp. 12-59.
- Lausega, O. 2013. Evaluación de diferentes sustratos para la producción de lombricomposta de acuerdo a norma Mexicana NMX- FF-109-SCFI-2008.

- Tesis de Diploma, Centro Universitario. Querétaro, México. 64 p.
- León, U. 2010. Alternativas para la utilización de estiércol porcino en la agricultura. Tesis en opción al título de máster en Agricultura Sostenible. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba. 84 p.
- Osumah, A., H. Tijani, E. Thomas, N. Taiwo, E. Eguagie and T. Modupeola. 2011. Effects of NPK (15:15:15) and organo-mineral fertilizer on Growth, Yield and Post-Planting Soil Chemical Properties under Degraded Alfisol Planted to Pepper. *Nig. J. Soil & Env. Res.* 9:44-48.
- Páez, O. 2006. La zeolita el mineral del universo. Disponible en línea: www.eluniverso.com [Dic. 12, 2007].
- Vageler, P. and F. Alten. 1931. Boden des nils und Gash Zf. *Pflanzenernh-Dungung. Boden I. Mitteilung. A.* 21:47-57.
- Vázquez, R. 2003. Estudios sobre la efectividad de la dolomita en el mejoramiento de los suelos Oscuros Plásticos. Tesis en opción al título de máster en Agricultura Sostenible. Facultad de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Cuba. 78 p.
- Walkley, A. and I. A. Black. 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sc.* 37:29-38.

