

Nuevo enfoque para el diagnóstico de la necesidad de fertilizantes fosfóricos de la caña de azúcar New focus for the phosphoric fertilization of sugar cane

Nelson Arzola Pina¹, * Joaquín Machado de Armas²

1. ETICA Villa Clara-Cienfuegos, Autopista Nacional km246, Ranchuelo, Villa Clara, Cuba.

2. Fac. de Ciencias Agropecuarias. Universidad Central de Las Villas, Carr. a Camajuaní km 5 ½ Santa Clara, Villa Clara, Cuba.

E-mail: joaquinma@uclv.edu.cu; arzolapina@yahoo.es

RESUMEN. Este estudio fue realizado sobre un suelo Pardo sin Carbonatos, con el propósito de determinar la influencia del cultivo de la caña de azúcar y de diferentes manejos agrícolas sobre el contenido de algunas formas de fósforo del suelo. De acuerdo a los coeficientes de determinación (R^2) de las ecuaciones de regresión múltiple encontradas un elevado porcentaje de la variación del contenido de fósforo asimilable no podría explicarse, lo que puede derivarse de no existir un volumen de información suficiente y necesitarse de más estudios en diferentes condiciones, a pesar de ello; resulta interesante que la lluvia siempre influyo positivamente en la asimilabilidad del fósforo y generalmente también el contenido de carbono orgánico, mientras disminuyo con el aumento de la temperatura ambiente. En un futuro alguno(s) de esos factores podría ser un complemento para perfeccionar el sistema de recomendación de fertilizantes fosfóricos.

Palabras clave: fósforo, formas de fósforo, Caña de Azúcar.

ABSTRACT. This study was realized on a Brown soil without Carbonates, with the purpose of determining the influence of the cultivation of the sugar cane and of different agricultural handlings on the content in some ways of phosphorus in the soil. The R^2 for the found multiple regression equations show a high percent of the available phosphorus variation could be not explain, perhaps for not enough information and will need more experimental work in different conditions, although it is intrusting that the as available phosphorus was always greater with the rain increases and the organic carbon in a soil, while the available phosphorus decreases with the increase of temperature. In a future some of those factors it could be a complement to perfect the system of recommendation of phosphoric fertilizers.

Key words: phosphorus, phosphorus forms, Sugar cane.

INTRODUCCIÓN

El fósforo presente en forma orgánica o inorgánica en la fase sólida del suelo se mantiene en equilibrio con el de la solución del suelo, por ello cuando esta última se empobrece en fósforo, pasa este de la fase sólida a la solución del suelo. Cuando se aplican fertilizantes fosfóricos solubles $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ con vistas a enriquecer el contenido de fósforo de la solución del suelo, generalmente la mayor porción pasa a formas menos solubles, quedando retenido o fijado, haciéndose poco aprovechable por la planta. Este fenómeno varía entre los diferentes suelos y regiones en el mundo, pero donde es intenso deberán aplicarse dosis de fósforo suficientemente elevadas como para saturar los puntos de fijación de ese nutriente y mantener una concentración adecuada del mismo en la solución del suelo o emplear enmiendas que disminuyan la capacidad de fijación de fósforo. (Sánchez, 1976)

El efecto de la fertilización fosfórica, al igual que la de cualquier otro nutriente, depende, en gran medida, de la presencia e intensidad de otros factores ambientales, bióticos o de manejo agrícola presentes en la localidad. (Vanlauwe *et al*, 2006; Zingore *et al.*, 2007; van der Eijk *et al.*, 2006)

Estudiar la influencia del cultivo de la caña de azúcar y diferentes prácticas agrícolas, sobre diferentes formas de fósforo del suelo y la relación entre las reservas de fósforo del suelo, formas de materia orgánica y diferentes factores ambientales sobre la asimilabilidad del fósforo del suelo, con un nuevo enfoque más racional, similar al que se ha realizado para la fertilización nitrogenada (Ferraris y Couretot, 2009; Arzola, 2008) es la razón que ha motivado la realización de este estudio.

MATERIALES Y MÉTODOS

EL estudio se estableció sobre un suelo Pardo sin carbonatos (Instituto de Suelos, 1975), con la variedad de caña de azúcar Ja 60-5. Se utilizó un diseño de bloque al azar, con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos comparados fueron los siguientes:

I. Suelo desnudo (sin labrar): Todo el material vegetal se extrajo de la parcela arrancando de raíz las plantas y dejando el suelo en el área. En la parcela no se emplearon instrumentos para esta labor, realizándose el trabajo manualmente; *II. Suelo desnudo (labrado):* Se procedió igual que en el caso anterior y una vez completamente limpia la parcela se labró el suelo con la ayuda de un tridente hasta 15 cm. de profundidad; *III. Suelo plantado con caña de azúcar:* En la parcela se plantaron 3 surcos de caña de azúcar separados de los bordes a 0.50 m. por los cuatro lados, quedando 1 m. entre surcos y estos poseían cada uno 2.00 m de largo. En cada surco se colocaron 24 yemas pregerminadas a una profundidad de 25-30 cm. El riego se utilizó para garantizar el establecimiento de la población, se mantuvo la parcela libre de malas hierbas mediante labores manuales y el material vegetal permaneció en la parcela; *IV. Suelo con cachaza (100 t ha⁻¹):* Se distribuyó en la parcela lo más uniformemente posible una cantidad de cachaza equivalente a 100 t ha⁻¹. La parcela se mantuvo libre de malezas mediante labores manuales y con la cubierta de paja.

En cada parcela se tomaron 4 sub-muestras de suelo al azar, con barrena tipo holandesa no mayor de 4 cm. de diámetro, a las profundidades de 0-15 cm. y 15-30 cm. Para cada profundidad, estas conformaron una muestra compuesta. Los puntos de los cuales fueron tomadas las sub-muestras fueron rellenados con tierra de los pasillos y marcados con una varilla fina, para evitar tomar el mismo punto en otra ocasión. Se realizaron 29 muestreos de suelo en un periodo de cinco años. Las determinaciones realizadas en este experimento fueron:

-Carbono orgánico total (C.OT.): Se pesó 0,1 g de suelo seco y se colocó en un tubo de digestión al que se le añadieron 5 ml de dicromato de potasio con una concentración de 1 mol L⁻¹ y 7,5 ml de ácido sulfúrico concentrado, se mantuvo a 150°C durante 30 minutos. El carbono se determinó por valoración con sal de Mohr en presencia de ácido n-fenilntranílico como indicador. Se expresó en % de ss.

Carbono orgánico en la fracción ligera (CFL): Se pesó 250 g de suelo seco, triturado mediante un mortero y paso a un beaker de 400 ml. Se añadió agua hasta completar un volumen de 50-100 ml por encima del suelo. Se agitó y dejó en reposo hasta que todo el suelo precipitó en el fondo del recipiente. El agua con la materia sobrenadante se pasó a través de un tamiz de 0,25 mm. Esta operación se realizó de 5 - 7 veces. La materia que quedó retenida por el tamiz (fracción ligera) se secó hasta peso constante, se pesó 0,1 g y se llevó a un tubo de digestión. Se continuó igual que para el carbono orgánico total. Los resultados se expresan en % de la materia sobrenadante.

-Carbono orgánico en la fracción gruesa (CFG): El suelo que quedó en el beaker después de extraer la fracción ligera se puso a secar en estufa a 105°C hasta peso constante. Después de secado se trituró en un mortero y se pasó por un tamiz de 0,25 mm. Se pesó 0,1 g de suelo y se continuó igual que para el carbono orgánico total. Se expresa en % de ss.

-Fósforo total: Se pesó 5 g de suelo y se colocó en un tubo de digestión. Se añadió 20 ml de la mezcla de digestión H₂SO₄-Se y se llevó a un bloque de digestión por dos horas a 390°C. El contenido de fósforo se determinó colorimétricamente mediante el método del vanadomolibdofosfórico. Se expresó en % de P.

-Fósforo orgánico: El contenido de fósforo orgánico se determinó como la diferencia entre el contenido de fósforo en el suelo combustionado y no combustionado. Para obtener el fósforo combustionado se colocó 1.0 g de suelo en la mufla a 550°C durante una hora. Se expresó en mg de P g⁻¹ de suelo.

-Fósforo asimilable (Oniani): Se pesó 4 g de suelo y se le añadieron 100 mL de la solución extractiva de ácido sulfúrico de concentración molar del equivalente de 0.1 mol L⁻¹. Se agitó durante 3 minutos y se filtró. El fósforo se determinó colorimétricamente por el método del complejo fosfomolibdico utilizando cloruro estannoso como reductor. Se expresó en mg. de P₂O₅·100 g⁻¹. de suelo.

Las determinaciones microbiológicas se realizaron en el laboratorio de Microbiología del Centro de Investigaciones Agropecuarias (CIAP). Utilizando en

todo el método de conteo en placas con diluciones de 1g de suelo a diferentes concentraciones en medio de cultivo sólido. Hongos: Aplicando 1 ml de la dilución de concentración al medio de cultivo "Agar Rosa Bengala". Bacterias: Aplicando 1 ml de la dilución de concentración al medio de cultivo "Glicerina Peptona Agar". Actinomicetos: Aplicando 1ml de la dilución de concentración al medio de cultivo "almidón Amoniacal Agar".

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El contenido de fósforo total de la capa arable de este suelo es de alrededor de 4000-5000 kg de P ha⁻¹, por lo que, a pesar de ser la cachaza, un abono orgánico relativamente rico en fósforo (Bejottes, 1988), su efecto es comparativamente pequeño y solo se aprecia una tendencia a su aumento, respecto al resto de los tratamientos, pues los posibles errores de muestreo y del propio método analítico enmascaran su efecto positivo y ninguna disminución con el cultivo continuado de la caña de azúcar, aunque

Se comprobó la normalidad de los datos y la homogeneidad de la varianza, procediéndose entonces a realizar análisis de varianza con los datos de cada muestreo y cuando F resulto significativa, se aplico la prueba de rango múltiple de Duncan (Lerch, 1977). Los datos se ajustaron a ecuaciones de regresión múltiple, en que el fósforo asimilable represento la variable dependiente, mientras que como variables independientes se consideraron diferentes factores ambientales. Se utilizó el paquete estadístico SPSS.

dice bien sobre las reservas de fósforo para este cultivo. Esto explica que solo en contados muestreos se encontró diferencia significativa entre tratamientos (Tabla 1). De acuerdo a lo anterior, este método sería poca sensible con el propósito de diagnosticar la necesidad de fertilizantes fosfórico de la caña de azúcar, aunque resulte un complemento útil con determinados propósitos. El fósforo asimilable es sólo de unos 100 kg de P ha⁻¹, un 2 % del total, lo que se corresponde con lo explicado anteriormente.

Tabla1. Influencia de los tratamientos sobre el fósforo total del suelo en %(0-15 cm. de profundidad)

Muestreo	Desnudo sin labrar	Desnudo labrado	Caña de Azúcar	Cachaza
10	0.165 ^{va}	0.151 ^c	0.183 ^b	0.228 ^a
11	0.185 ^a	0.134 ^b	0.131 ^b	0.138 ^{ab}
14	0.165 ^b	0.165 ^b	0.183 ^a	0.183 ^a
Promedio	0,17	0,15	0.17	0.18

- a, b, c Medias con letras iguales en columnas no difieren a $p \leq 0,05$ según la prueba de Rango Múltiple de Duncan

Fósforo orgánico: A pesar de la abundancia de fósforo orgánico de la cachaza, obtenida de la sedimentación de las partículas que se encuentran en el guarapo (durante el proceso de clasificación), gran parte de las cuales son restos orgánicos de la caña de azúcar; solo ocasionalmente se detecto un efecto significativo

sobre el contenido de fósforo orgánico, siempre en la capa de 0-15 cm. de suelo, aunque siempre este fue positivo y el promedio de los muestreos también, además en los dos casos con significación su contenido duplica al tratamiento del suelo desnudo sin labrar (Tabla 2).

Tabla2. Influencia de los tratamientos sobre el fósforo orgánico del suelo en mg de P g⁻¹ de suelo

Muestreo	Desnudo sin labrar	Desnudo labrado	Caña de azúcar	Cachaza
5	0.09 ^b	0.16 ^{ab}	0.16 ^{ab}	0.31 ^a
12	0.17 ^{ab}	0.16 ^b	0.17 ^{ab}	0.21 ^a
Promedio	0.13	0.16	0.17	0.26

a, b, c Medias con letras iguales en columnas no difieren a $p \leq 0,05$ según la prueba de Rango Múltiple de Duncan

El contenido de fósforo orgánico estuvo alrededor de 300-600 kg de P ha⁻¹ (10% del total), aunque al igual que en el caso del fósforo total no es sensible para el diagnóstico de la necesidad de fertilizante fosfórico.

suelo, en las dos profundidades muestreadas. (Tablas 3 y 4)

Fósforo asimilable: La aplicación de cachaza incremento, durante todos los años de duración de este estudio los contenidos de fósforo asimilable del

Estos resultados confirman lo reportado por muchos investigadores respecto al efecto beneficioso de este abono sobre la asimilabilidad del fósforo (Alomá, 1968; Arzola, 1989). Con el cultivo de la caña de azúcar, disminuyó el contenido de fósforo asimilable, con

respecto al suelo con ó sin laboreo, lo que está en correspondencia con la utilización de la determinación del contenido de fósforo asimilable como el indicador de mayor importancia para el diagnóstico de la necesidad de fertilizante fosfórico (Black, 1968).

Cada uno de los aspectos requeridos para lograr sincronizar el suministro de fósforo por el suelo con la demanda por el cultivo, persigue amentar la eficiencia de la fertilización fosfórica (Ramírez et al., 2004) y será tratado por separado.

1.Demanda:

A partir de un estudio de dinámica de extracción de nutrientes en caña del azúcar fue posible calcular la extracción de fósforo que por cada t de caña producida realiza toda la porción de la planta de caña de azúcar sobre el suelo (cogollo, tallo, hojas secas). De predecirse el rendimiento agrícola (t de caña. ha⁻¹), puede calcularse la extracción de fósforo (kg de P ha⁻¹), que realiza la plantación de caña del azúcar, para lo cual bastará multiplicar el rendimiento esperado en t de caña. ha⁻¹ por la extracción encontrada por t de caña producida.

2.Suministro:

En correspondencia con las variaciones encontradas en la población microbiana del suelo, los contenidos de fósforo asimilable fluctúan en el tiempo, lo que puede explicarse por modificarse la intensidad del proceso de mineralización en función de las variaciones que ocurren con los componentes del clima, en particular la lluvia y la temperatura, también la solubilización de las reservas de fosfatos inorgánicos esta influenciando por esas variables. El contenido de fósforo asimilable del suelo (Variable dependiente, Y), ha estado en función en cada tratamiento (Variables independientes, X) de: fósforo orgánico (Porg), fósforo total (Ptotal), carbono orgánico (Corg), fracción ligera de carbono (Cfl), fracción gruesa de carbono (Cfg), temperatura media (Tmed) y lluvia total 5 días antes del muestreo (LLt) lo que sugiere que, las reservas de fósforo del suelo, el contenido y forma de la materia orgánica del suelo y las condiciones ambientales juegan un papel en la asimilabilidad del fósforo (Tabla 6).

Tabla3. Influencia de los tratamientos sobre el contenido de fósforo asimilable de suelo en mg. de P₂O₅.100 g⁻¹ de suelo (0-15cm)

Muestreo	Desnudo sin labrar	Desnudo labrado	Caña de azúcar	Cachaza
3	11.42 ^b	8.52 ^c	19.80 ^a	20.60 ^a
4	9.16 ^b	7.80 ^c	6.32 ^b	13.13 ^a
5	9.29 ^b	8.05 ^c	5.70 ^d	12.39 ^a
6	8.42 ^b	7.68 ^b	8.30 ^b	12.20 ^a
7	7.80 ^b	6.07 ^c	4.70 ^d	11.02 ^a
8	8.55 ^b	8.67 ^b	5.70 ^c	12.26 ^a
9	7.18 ^b	6.69 ^b	10.65 ^a	11.15 ^a
10	8.67 ^{ab}	8.42 ^{ab}	6.93 ^b	10.90 ^a
11	7.24 ^b	7.12 ^b	7.87 ^b	11.52 ^a
12	8.29 ^{ab}	9.29 ^{ab}	6.44 ^b	13.12 ^a
14	8.05 ^{ab}	6.44 ^b	7.18 ^b	12.39 ^a
15	8.30 ^a	8.18 ^a	5.08 ^b	9.04 ^a
16	8.17 ^b	7.06 ^b	5.20 ^c	11.15 ^a
17	8.67 ^b	6.07 ^c	5.70 ^c	10.78 ^a
19	8.05 ^a	6.80 ^b	3.78 ^c	8.18 ^a
20	8.18 ^b	7.80 ^{bc}	5.20 ^d	11.39 ^a
21	7.07 ^b	6.07 ^b	4.46 ^c	10.28 ^a
22	10.90 ^b	8.05 ^c	6.56 ^d	13.62 ^a
23	7.30 ^b	6.93 ^b	5.95 ^c	12.14 ^a
Promedio	8.46	7.46	6.87	11.96

a, b, c Medias con letras iguales en columnas no difieren a p ≤ 0,05 según la prueba de Rango Múltiple de Duncan

Población microbiana: Entre los tratamientos existe diferencia significativa en la población de microorganismos del suelo, tanto en la época de lluvia como en la de seca, lo que demuestra que el manejo agrícola influye en la vida del suelo, por otra parte,

principalmente el número de bacterias es mayor en el período lluvioso (Tabla 5). Estas diferencias pueden afectar un proceso importante para la nutrición fosfórica del cultivo como es la mineralización o la inmovilización del fósforo orgánico.

Tabla 4. Influencia de los tratamientos sobre el contenido de fósforo asimilable del suelo mg. de P₂O₅.100 g⁻¹ de suelo (15-30 cm.)

Muestreo	Desnudo sin labrar	Desnudo labrado	Caña de azúcar	Cachaza
3	10.11 ^b	8.96 ^{bc}	7.95 ^c	20.67 ^a
4	10.28 ^b	8.42 ^c	6.32 ^d	12.39 ^a
5	9.66 ^c	11.77 ^d	6.81 ^d	15.36 ^a
6	10.53 ^a	6.81 ^c	6.44 ^c	9.90 ^b
7	6.07 ^c	12.01 ^a	5.70 ^c	8.55 ^b
8	7.68 ^c	12.26 ^a	5.20 ^d	9.41 ^d
9	8.67 ^b	6.69 ^c	5.95 ^c	11.64 ^a
11	7.55 ^b	7.68 ^b	6.93 ^b	11.27 ^a
15	7.80 ^c	8.79 ^b	4.33 ^d	10.53 ^a
17	7.30 ^b	7.06 ^b	4.95 ^c	9.16 ^a
19	7.43 ^b	8.17 ^{ab}	4.58 ^c	9.29 ^a
23	8.42 ^a	9.16 ^a	3.84 ^b	8.92 ^a
Promedio	8.46	8.98	5.75	11.42

a, b, c Medias con letras iguales en columnas no difieren a $p \leq 0,05$ según la prueba de Rango Múltiple de Duncan

Tabla 5. Influencia de las variaciones estacionales en las de poblaciones de microorganismos del suelo (Killson)

Poblaciones	Tratamientos (lluvia)				
	I	II	III	IV	Promedio
Bacterias × 10 ⁶ g. de suelo	100,4ab	111,6 a	98,4ab	85,7b	99,03
Hongos × 10 ⁴ g de suelo	29,9a	34,7a	73,8a	24,2b	30,1
Actinomicetos × 10 ⁶ g de suelo	49,6b	34,6c	63,3a	42,7bc	47,6
(Seca)					
Bacterias × 10 ⁶ g. de suelo	42,9c	79,3a	53,9b	57,2b	58,3
Hongos × 10 ⁴ g de suelo	29,5b	31,4b	30,6b	37,3a	32,2
Actinomicetos × 10 ⁵ g de suelo	64,9a	55,0ab	58,6ab	54,3b	58,2

a, b, c Medias con letras iguales en columnas no difieren a $p \leq 0,05$ según la prueba de Rango Múltiple de Duncan

Tabla6. Variación del contenido de fósforo asimilable del suelo (Y, variable dependiente) en función de algunos factores (variables independientes, X) en las ecuación de regresión múltiple

Tratamiento	R ²	Const	Variables Independientes (X)
1.(Suelo desnudo sin labrar)	0.45	19.39	Porg, Ptotal, Corg ,Cfl,Cfg, Tmed, LLt
2.(Suelo labrado)	0.11	10.39	
3.(Caña de azúcar)	0.81	50.30	
4.(Cachaza)	0.48	19.10	

Resulta interesante que la lluvia siempre influyó positivamente en la asimilabilidad del fósforo y generalmente también el contenido de carbono orgánico, mientras que, con el aumento de la temperatura disminuyo su asimilabilidad. Los resultados mencionados indican por una parte, que aún se esta comenzando en estos estudios y que se requiere de numerosas investigaciones futuras, por otra parte, sugieren que probablemente la introducción de alguno de estos indicadores podría ser de utilidad para perfeccionar el sistema de diagnóstico de la necesidad de fertilizante fosfórica de la caña de azúcar. Sincronismo entre suministro y demanda:

De establecerse modelos que permitan conocer con suficiente precisión el suministro de fósforo asimilable del suelo, probablemente podrían modificarse en el sentido deseado los factores que influyen en ese proceso y hacerse coincidir dicho suministro con la demanda de fósforo del cultivo, lo que significaría emplear el mínimo de fertilización fosfórica para obtener los mayores beneficios productivos y económicos y a su vez la menor contaminación ambiental.

CONCLUSIONES

1. Los métodos de fósforo total y fósforo orgánico han mostrado poca sensibilidad para detectar los

cambios originados por la aplicación de cachaza, el cultivo de la caña de azúcar, el laboreo o el barbecho del suelo, ello sugiere, que estos métodos solo podrían ser un complemento en determinados casos para diagnosticar la necesidad de fertilizantes fosfóricos de la caña de azúcar.

2. El cultivo de la caña de azúcar ha ocasionado en apenas cinco años, disminución en el contenido de fósforo asimilable del suelo, el que debe ser restituido mediante la aplicación de fertilizantes fosfóricos para evitar el agotamiento de las reservas de este nutriente y la disminución de los rendimientos del cultivo.

3. El contenido de fósforo asimilable del suelo disminuye con el cultivo de la caña de azúcar y aumento con la aplicación de cachaza, lo que evidencia, por una parte, el efecto de esos tratamientos sobre la asimilabilidad del fósforo, mientras que por otra parte, con ello se confirma lo acertado de utilizar esta determinación como uno de los indicadores principales para el diagnóstico de la necesidad de fertilizante fosfórico de la caña de azúcar.

4. Un elevado porcentaje de la variación del contenido de fósforo asimilable del suelo generalmente no pudo explicarse mediante el coeficiente de determinación (R^2) de las ecuaciones de regresión múltiple, en que el fósforo asimilable estuvo en función de los contenidos de fósforo total, fósforo orgánico, formas de la materia orgánica, temperatura y lluvia. En un futuro alguno(s) de esos factores podría ser un complemento para perfeccionar el sistema de recomendación de fertilizantes fosfóricos.

5. El contenido de fósforo asimilable del suelo fluctuó al variar la lluvia y la temperatura, lo que sugiere que la sola determinación del contenido de fósforo asimilable del suelo, sin tener en consideración variables climáticas podría no ser suficiente para diagnosticar la necesidad de fertilizantes fosfóricos.

BIBLIOGRAFÍA

1. Alomá, J.: La cachaza como fertilizante de la caña de azúcar. Serie Caña de azúcar 10. ACC, 1968.

2. Arzola, N.: Aprovechamiento de residuos de origen orgánico en la agricultura. Curso de post grado importado en el ISACA. Ciego de Ávila, 1989.

3. Arzola, N. y Pablo, P.: Nuevo enfoque para el diagnóstico de la necesidad de fertilizantes

nitrogenados en caña de azúcar. Revista Cuba&Caña N° 1,2008:17-23pp.

4. Bejottes, M.: Composición mineral de la cachaza. Ciencias de la Agricultura No34 – 35(1988):15- 153 pag.

5. Black, C. A.: Soil Plant Relationships. Second Edition. New York. (1968):729 pp.

6. Ferraris, G. N. y Lucrecia A. Couretot. : Predicción de la respuesta a nitrógeno en maíz utilizando el medidor de clorofila N-Tester proyecto regional agrícola, cerban. Área de Desarrollo Rural INTA EEA Pergamino. 2009.

7. Instituto de Suelos: Segunda Clasificación Genética de los Suelos de Cuba. Acad. Cien. Cuba, Serie Suelos 23, (1975): 36pp.

8. Lerch, G.: La experimentación en las Ciencias Biológicas y Agrícolas. Edit. Ciencia y Técnica. La Habana. 1977.

9. Sánchez, P.A.: Properties and management of soils in the tropics. Ed. John Wiley and sons, New York, (1976): 618 pp.

10. Vanlauwe, B.; Tittonell, P.; Mukulama, J.: Within-farm soil fertility gradients effect response of maize to fertilizer application in western Kenya Nut. Cycl. Agroecosyst. 76(2006):171-182pp.

11. van der Eijk, D.; Janssen, B.H. ; Oenema, O. : Initial and residual effects of fertilizer phosphorus on soil phosphorus and maize yields on phosphorusfixing soils. A case study in south-west Kenya. Agr. Ecosyst. Environ. 116(1–2). (2006): 104–120pp.

12. Zingore, S.; Murwira, H.K.; Delve, R.J.; Giller, K.E.: Influence of nutrient management strategies on variability of soil fertility, crop yields and nutrient balances on smallholder farms in Zimbabwe. Agric. Ecosyst. Environ. 119(2007):112-126pp.

Recibido: 07/06/2012

Aceptado: 11/04/2013