

ARTICULOS GENERALES

Fracciones orgánicas e inorgánicas del fósforo en suelos calcáreos de Villa Clara

Organic and inorganic phosphorus fractions in calcareous soil from Villa Clara

Edith Águila Alcántara

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Carretera a Camajuani Km 1/2, Santa Clara, Villa Clara, Cuba. CP: 54830.

E-mail: editha@uclv.edu.cu

RESUMEN. El fósforo (P) es un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas que, frecuentemente, aparece como el primer elemento limitante en muchos sistemas agrícolas. Para estudiar las transformaciones del P e identificar los efectos del tipo de suelo y del manejo agrícola en la distribución de este elemento fueron seleccionados dos suelos de Villa Clara: Pardo mullido medianamente lavado y húmico calcimórfico típico carbonatado (Hernández y otros, 2005), bajo tres usos diferentes: caña de azúcar, pastoreo y arboledas. Se empleó la metodología de fraccionamiento del P según su disponibilidad biológica de Tiessen y Moir (1993). Los resultados evidenciaron que la disponibilidad y distribución del P en las diferentes fracciones del suelo fueron influenciadas por el manejo y características del tipo de suelo. Los residuos de plantas y deyecciones de los animales incrementaron los niveles de P en las áreas de pastoreo y arboledas. En general, el suelo húmico presentó mayores contenidos de P que el pardo. Sin embargo, en todos los ecosistemas agrícolas estudiados alrededor del 60 % del P está retenido en formas no disponibles para las plantas. La fracción orgánica (Po) representa sólo un 16 % en las áreas de caña, mientras que en las de pastoreo y arboledas constituye el 38 % y 36 %, respectivamente. Aunque menor que la fracción inorgánica (Pi), Po constituye una importante fuente de P en estos suelos y puede determinar la disponibilidad del nutriente, considerando que casi todo el Pi está retenido en formas no disponibles.

Palabras clave: Fósforo, fraccionamiento de fósforo, fracciones orgánicas e inorgánicas, suelos pardos calcáreos.

ABSTRACT. Soil phosphorus (P) is an essential nutrient for plant growing, which very often appears as the main limiting element in many agricultural systems. For studying P transformations and identify the effects of soil type and land use on P distribution among the different soil P pools two soil from Villa Clara were selected: brown calcareous soil and Humus-rich calcareous soil, classified as Pardo Mullido Medianamente Lavado y Húmico Calcimórfico Típico Carbonatado, in the Cuban soil classification system (Hernández *et al.*, 2005). Three land uses were selected for this study: sugarcane, pasture, and woodland. For P fractionation was used the methodology from Tiessen and Moir (1993), based on the bioavailability of P pools. The results showed that P distribution and its availability were influenced by management and soil properties. Plant residues and manure increased P levels in pasture and woodland areas. In general, the humus-rich calcareous soil presented higher P content than the brown one. However, in all ecosystems 60% P was retained in non-available forms. The organic P (Po) fraction represented only a 16% in the sugarcane areas, but it was 38% and 36% in the pasture and woodland areas, respectively. Even much lower than the inorganic fraction (Pi), Po constitute an important P source in both soils and it can determine the availability of this nutrient, considering that most of Pi in non-available for plants.

Key words: Phosphorus, fractionary phosphorus, organic and inorganic fractionary, brown and calcareous soils.

INTRODUCCIÓN

El fósforo (P) es un nutriente esencial para el crecimiento y desarrollo de las plantas que, frecuentemente, aparece como el primer elemento limitante en muchos sistemas agrícolas.

La química del P en el suelo es compleja porque el fósforo inorgánico (Pi) puede reaccionar con el Ca, Fe y Al para formar fosfatos no solubles y el fósforo orgánico (Po) se encuentra en diferentes formas que varían en su resistencia a la degradación microbiana.

El estudio de las transformaciones del P ha sido facilitado por las extracciones secuenciales que separan P_i y P_o , y a su vez, las diferentes fracciones de ambas formas según su disponibilidad biológica. (Agbenin y Tiessen, 1994)

Las prácticas agrícolas afectan el funcionamiento de los ecosistemas. Actividades como la quema pueden inducir un incremento transitorio en los niveles de nutrientes disponibles, incluyendo el P, retenidos en la biomasa. Sin embargo, durante el tiempo de reforestación, puede conllevar a pérdidas de P por arrastre (Towsend *et al.*,

2002) Por su parte, Buehler *et al.* (2002). encontraron que las adiciones de fertilizantes inciden directamente en las fracciones disponibles de P_i , incrementando el nivel de P_i en las mismas, contrario a lo que sucede en los suelos no fertilizados, donde las fracciones de P_o tienen un rol más importante.

En este estudio se analizan las transformaciones del P en dos suelos calcáreos de Villa Clara bajo tres tipos de manejo diferentes, a fin de identificar los efectos del tipo de suelo y del manejo agrícola en la distribución del P en sus diferentes fracciones.

MATERIALES Y MÉTODOS

Los suelos seleccionados fueron: Pardo sialítico mullido medianamente lavado y húmico calcimórfico típico carbonatado (Hernández y otros, 2005). Estos fueron estudiados bajo tres tipos de manejo: caña de azúcar, pastoreo y arboledas.

El muestreo se realizó a 10 cm de profundidad siguiendo un diseño randomizado y tomando 10 muestras de cada sitio seleccionado. El número total de muestras fue 60. Los suelos fueron secados al aire y tamizados a 2 mm.

La metodología desarrollada por Tiessen y Moir (1993) fue la seleccionada para realizar el fraccionamiento del P en estos suelos (Figura 1).

La sumatoria de todas las fracciones inorgánicas y de las orgánicas, en forma independiente, permitieron obtener los valores de P_i y P_o , respectivamente. Ambas sumatorias de conjunto se consideraron P_t . Los datos fueron procesados empleando el paquete estadístico SPSS 9.0 mediante un *two-way* ANOVA para los factores manejo del suelo y tipo de suelo. Cuando se obtuvieron interacciones significativas para $P < 0,05$ se realizó un *one-way* ANOVA para cada suelo. Cuando no se reportaron interacciones significativas el *one-way* ANOVA se condujo sin diferenciar el tipo de suelo. La diferenciación de las medias se realizó utilizando el test de Fisher (FPLSD).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados evidenciaron que la disponibilidad y distribución del P en las diferentes fracciones del suelo fueron influenciadas por el manejo y características del tipo de suelo.

Los valores de P_t para todos los sitios estudiados fueron entre 503 y 875 mg.kg^{-1} (Tabla 1). En general, el suelo húmico presentó mayores contenidos de P que el pardo. El área de pastoreo del suelo húmico presentó el mayor contenido de P_t (875 mg.kg^{-1}) seguida del área de caña (759 mg.kg^{-1}) y la arboleda (746 mg.kg^{-1}) ubicadas en este mismo suelo. El suelo pardo presentó un average en P_t 34 % menos que el del suelo húmico. Sin embargo, en todos los ecosistemas agrícolas estudiados alrededor del 60 % del P_t está retenido en formas no disponibles para las plantas.

Las fracciones lábiles P_i -resina, $P_i\text{-HCO}_3$ y $P_i\text{-OH}$ también mostraron significativas diferencias entre ambos tipos de suelo. En el caso del P_i -resina esto pudo deberse a la presencia de minerales de serpentina en los suelos de la región de Santa Clara (Torrecilla, 2005). Los minerales de serpentina son ricos en óxidos de Fe (Bonifacio y Barberis, 1999) y pueden reaccionar con el P formando compuestos insolubles, lo cual decrece los niveles de P en la solución del suelo. En cuanto a los usos del suelo, las diferencias observadas demuestran que los residuos de plantas y deyecciones de los animales pueden incrementar los niveles de P disponibles en las áreas de pastoreo y arboledas. En las áreas de pastoreo las adiciones continuadas de las deyecciones animales, que constituyen enmiendas ricas en P, pueden resultar en un incremento de esta

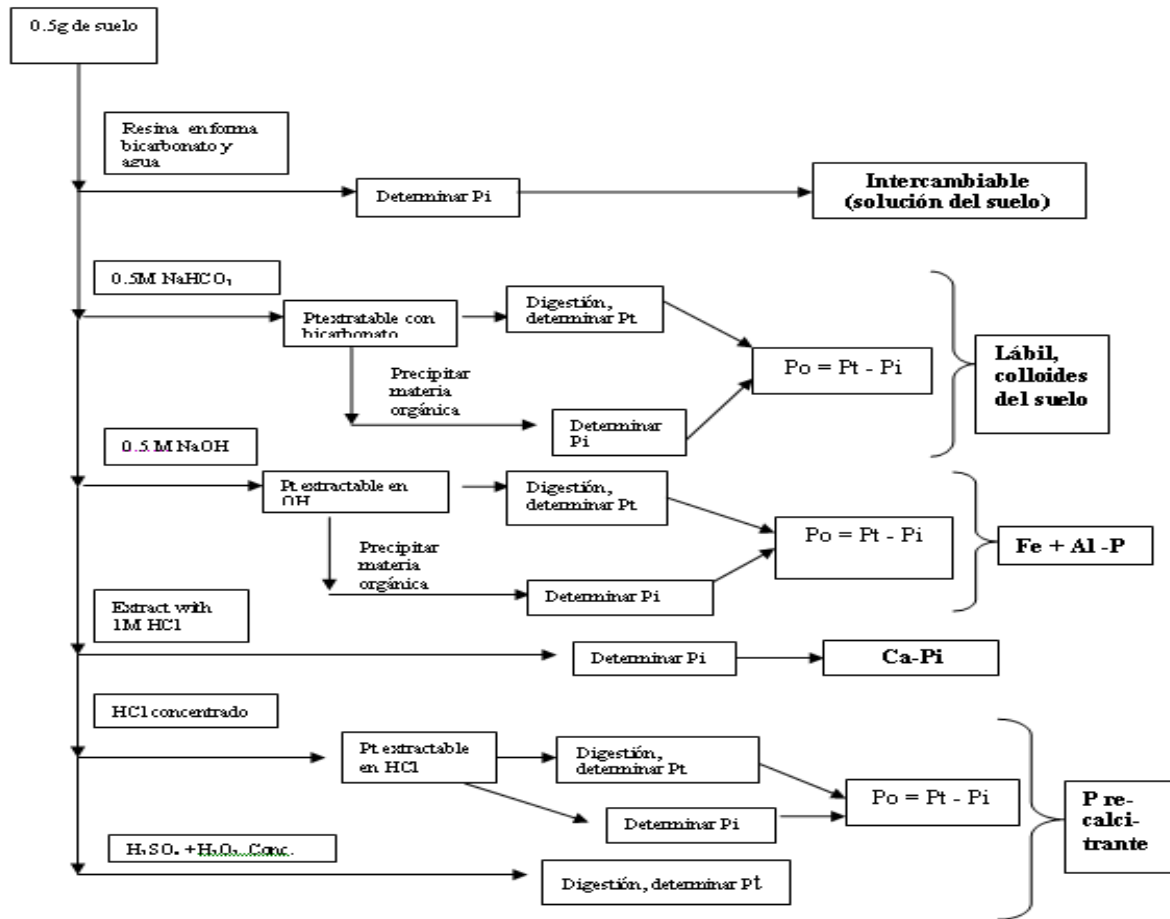


Figura 1. Diagrama de la extracción secuencial según metodología de Tiessen y Moir (1993)

Tabla 1. Distribución de las fracciones del fósforo en suelos calcáreos de Villa Clara

Uso del suelo (U)	Tipo de suelo (T)	Pi-resina	Pi-HCO ₃	Pi-OH	Pi-1MHCl	Pi-HClc	P-residue	ΣPi	ΣPo	ΣPt
-----mg kg ⁻¹ -----										
Caña de azúcar	Húmico	15	26	29	216	30	250	566	193	759
	Pardo	19	11	42	52	14	236	373	161	534
Pasto	Húmico	37	26	43	272	32	267	677	198	875
	Pardo	11	9	26	143	7	224	419	120	539
Arboleda	Húmico	24	21	37	200	6	222	516	230	746
	Pardo	32	12	34	45	15	221	359	143	503
FPLSD	Húmico	2	ns	2	20	4	19	26	15	35
	Pardo	1	1	3	4	2	ns	14	11	ns
Interacción UxT		0.000	0.005	0.000	ns	0.000	0.000	0.001	0.002	0.004

Dentro de cada columna las diferencias son significativas para aquellos cuyas diferencias son mayores que FPLSD cuando UxT es significativa. Siglas ns significan que no hay diferencias.

fracción, así como de otras fracciones lábiles, tanto inorgánicas como orgánicas (Iyamuremye *et al.*, 1996). Por otra parte, en muchos ecosistemas tropicales, el reciclaje de las gramíneas en los prados puede reemplazar el rol de la hojarasca como mecanismo predominante para el reciclaje de los nutrientes (Markewitz *et al.*, 2004). El efecto positivo de coberturas permanentes, ya sean de

arboledas o pastos, sobre los niveles de Pi-resina ha sido reportado en la literatura (Günter y Lehmann, 2000; Lehmann *et al.*, 2001; Markewitz *et al.*, 2004). Los árboles son considerados especialmente adecuados para condiciones de bajos ingresos de P al sistema suelo porque tanto la hojarasca como los residuos vegetales de las podas elevan la disponibilidad del P a través de la

mineralización de estos materiales (Lehmann *et al.*, 2001). La mineralización de estas fuentes de Po, así como deyecciones o residuos de plantas, pueden incrementar los niveles de Pi en la solución del suelo. (Tiessen and Moir, 1993)

En el caso del P-HCO₃ no hubo diferencias entre los tres usos del suelo húmico. En el suelo pardo esta fracción varió según el uso del suelo, siendo mayor en la arboleda. Resaltan en este caso los altos niveles de P-HCO₃ en las áreas de caña. Saleque *et al.* (2004) explican que esta fracción puede incrementarse como resultado de la aplicación de fertilizantes orgánicos e inorgánicos, así como de la combinación de ambos tipos.

La fracción P-OH en estos suelos representó sólo una pequeña porción. Esta fracción tiende a acumularse en suelos con altos contenidos de óxidos de Fe y Al (Guo *et al.*, 2000), pero estos suelos son calcáreos por lo que los carbonatos de Mg y Ca prevalecen sobre los demás minerales del suelo. Sin embargo, el área de caña del suelo pardo presenta un notable incremento en esta fracción. Buehler *et al.* (2002) reportaron que esta fracción puede enriquecerse con las adiciones de fertilizantes. Damodar *et al.* (1999) explican que el incremento de P tanto en las fracciones P-HCO₃ como en P-OH está dado por adiciones de fertilizantes que exceden las necesidades de los cultivos. Este P en exceso inhibe la actividad de la enzima fosforilasa y, por tanto, la mineralización.

Las demás fracciones inorgánicas no disponibles fueron influenciadas por el tipo de suelo y el manejo de estos sistemas, pero en todos los sitios estas fracciones agruparon alrededor del 60 % del Pt.

La fracción orgánica (Po) representó un average del 27 % en ambos suelos, siendo sólo un 16 % en las áreas de caña, mientras que en las de pastoreo y arboledas constituye el 38 % y 36 %, respectivamente. Aunque menor que la fracción inorgánica (Pi), estos resultados son mayores que los reportados en otras áreas tropicales donde se muestran niveles menores al 5 % del Pt (Agbenin y Tiessen, 1994; Guo *et al.*, 2000). La fracción Po constituye una importante fuente de P en estos suelos y puede determinar la disponibilidad del nutriente, considerando que casi todo el Pi está retenido en

formas no disponibles. El P retenido en esta fracción puede ser mineralizado a Pi por simple autólisis o fosforilación enzimática pasando a ser disponible para las plantas (Cross and Schlesinger, 2001). Aunque en estos ambientes calcáreos el ciclo del P es dominado por factores geo-químicos, en los suelos donde la disponibilidad de P es baja Po constituye una fuente importante de nutrientes para las plantas. (Bünemann *et al.*, 2004)

BIBLIOGRAFÍA

1. Agbenin, J. O. and H. Tiessen: "Phosphorus transformations in a toposequence of Lithosols and Cambisols from semi-arid northeastern Brazil". *Geoderma*, 62: 342-362, 1994.
2. Bonifacio, E. and E. Barberis: "Phosphorus dynamics during pedogenesis on serpentine". *Soil Science*. 164 (12): 960-968, 1999.
3. Buehler, S; A. Oberson; I. M. Rao; D. K. Friesen and E. Frossard: "Sequential extraction of a ³³P-labeled Oxisol under contrasting agricultural systems, *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 868-877, 2002.
4. Bünemann, E. K.; F. Steinebrunner; P. C. Smithson; E. Frossard and A. Oberson: "Phosphorus dynamics in a highly weathered soil as revealed by isotopic labeling techniques". *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 1645-1655, 2004.
5. Cross, A. F. and W. H. Schlesinger: "Biological and geochemical controls on phosphorus fractions in semiarid soils", *Biogeochemistry* 52: 155-172, 2001.
6. Damodar Reddy, D.; A. Subba Rao and P. N. Takkar. "Effects of repeated manure and fertilizer phosphorus additions on soil phosphorus dynamics under soybean-wheat rotation", *Biol. Fertil. Soils* 28:150-155, 1999.
7. Günther, D. and J. Lehmann: Soil phosphorus properties and management for perennial crops in the central Amazon. German-Brazilian Workshop on Neotropical Ecosystems-Achievements and prospects of cooperative research (Proceedings) CD-ROM (Code 0339991), 2000.
8. Guo, F; R. S. Yost; NV. Hue; C. I. Evensen and J. A. Silva: "Changes in phosphorus fractions in soils under intensive plant growth, *Soil Sci. Am. J.* 64: 1681-1689, 2000.

9. Hernández, A.; M. O. Ascanio; Marisol Morales y A. Cabrera: Correlación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba con las clasificaciones internacionales y nacionales: una herramienta útil para la investigación, docencia y producción agropecuaria, 62 pp., 2005.

10. Iyamuremye, F.; R. P. Dick and J. Baham: "Organic amendments and phosphorus dynamics: II. Distribution of soil phosphorus fractions". *Soil Sci.* 161 (7): 436-443, 1996.

11. Lehmann, J.; M. da Silva Cravo; J. L. Vasconcelos de Macedo; A. Moreira and G. Schroth: "Phosphorus management for perennial crops in central Amazonian upland soils". *Plant and Soil*, 237: 309-319, 2001.

12. Markewitz, D.; E. Davidson; P. Moutinho and D. Nepstad: "Nutrient loss and redistribution after forest clearing on highly weathered soil in Amazonia". *Ecological Applications*, 14 (4): 177-199, Supplement, 2004.

13. Saleque, M.A.; U.A. Naher; A. Islam; A.B.M.B.U. Pathan; A.T.M.S. Hossain and C.A. Meisner: "Inorganic and organic phosphorus fertilizer effects on the phosphorus fractionation in wetland rice soils". *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 1635-1644, 2004.

14. Tiessen, H. and J. O. Moir: Characterization of available P by sequential extraction, in Carter MR (ed) *Soil sampling and methods of analysis* (special publication of the Canadian Society of Soil Science). Lewis, Boca Ratón, pp. 75-86, 1993.

15. Torrecilla, Y.: Caracterización mesológica del núcleo serpentínico del Jardín Botánico de Villa Clara: una contribución a su recuperación, Trabajo de Diploma para obtener el título de Ingeniero Agrónomo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central de Las Villas, 2005.

16. Townsend, A. R.; G. P. Asner; C. C. Cleveland; M. E. Lefter and M. M. C. Bustamante: "Unexpected changes in soils dynamics along pasture chronosequences in the humid tropics". *Journal of Geophysical Research*. Vol. 107, N° D20, 8067, doi: 10.1029/2001JD000650, 2002.

Recibido: 12/noviembre/2008

Aceptado: 15/febrero/2009