FRACCIONAMIENTO DE FÓSFORO EN SUELOS CULTIVADOS CON ARROZ EN EL SISTEMA DE RIEGO DEL RÍO GUÁRICO.

Neudis Subero[1,2], Ricardo Ramírez[2], Omaira Sequera[2,3] y Julio Parra[2].
1. Facultad de Ingeniería. Universidad de Carabobo. nsubero@uc.edu.ve. 2. Instituto de Edafología.UCV. Maracay. abisam28@gmail.com.
3.Decanato de Agronomía, UCLA. Barquisimeto

RESUMEN

El fraccionamiento de fósforo en los suelos permite conocer los reservorios de inmediata, mediana y baja disponibilidad para las plantas. En este trabajo se evalúo la distribución de las fracciones de fósforo en 43 suelos, cultivados con arroz, en el Sistema de Riego del Río Guárico. Los suelos evaluados fueron fertilizados con fosfatos por períodos de tiempo entre de 5 y 50 años. Las muestras de suelos se colectaron a una profundidad de 0-20 cm y se secaron al aire. Mediante el fraccionamiento de P (Tiessen y Moir, 1993) se determinó que en más del 60 % de los suelos predominan las formas inorgánicas con más del 80 % del P total presente. Sólo en la fracción $NaHCO_3$ se encontró que el P orgánico predomina sobre el P inorgánico. En 74 % de los suelos se encontró que más de la mitad del P total esta en forma no disponible en el suelo.

Palabras claves: Fraccionamiento de fósforo, fósforo orgánico, fósforo inorgánico

INTRODUCCIÓN

Actualmente el diagnóstico del requerimiento de fósforo en el suelo, para el cultivo de arroz, se hace utilizado soluciones extractoras calibradas que extraen el fósforo disponible, pero no se conocen las formas de fósforo que puedan contribuir al fósforo disponible. Este conocimiento permitiría mejorar la eficiencia de los programas de fertilización. Mediante el fraccionamiento químico de P se obtienen las diferentes formas de P asociadas a los minerales del suelo; las cuales se extraencon diferentes reactivos para solubilizar los diferentes compuestos de P.La interpretación de las fracciones obtenidas se basa en la acción individual de los extractantes, su secuencia y su relación con las propiedades químicas y biológicas del suelo.Existen numerosos trabajos en los que se da cuenta del fraccionamiento del fósforo en suelos cultivados durante muchos años, con aplicaciones sucesivas de fertilizantes fosfatados (Hernández y Monserrat, 2005;Schmidt et al., 1996; Beck y Sánchez, 1994). En el país hay muy poca información sobre los efectos de la aplicación continua de los fosfatos y sobre la distribución y cuantificación de las fracciones orgánicas e inorgánicas de fósforo en suelos ácidos inundados. El objetivo de este trabajo fue cuantificar las formas del fósforo en los suelos cultivados con arroz y fertilizados con fosfatos por diferentes períodos de tiempo

MATERIALES Y MÉTODOS

Los suelos utilizados en este estudio pertenecen al Sistema de Riego del Río Guárico; los cuales son de origen aluvial, formados por deposición del materialde los ríos Tiznados y Guárico. Para la selección de los suelos se aplicaron encuestas en cada finca; en la cual se solicitaba los años de cultivos de arroz, el manejo que se le da al sistema suelo-planta, dosis aproximada y tipo de fertilizante fosfatado usado, forma de aplicación del fertilizante, variedad de arroz. Se seleccionaron 43 fincas cultivadas con arroz y fertilizadas con fosfatos por periodos de tiempo de 5, 10, 30, 40 y 50 años, en el Sistema de Riego del Río Guárico. En cada finca se tomó una

muestra de suelo compuesta por 10 submuestras. Las muestras se colectaron a una profundidad de 0-20 cm, se secaron al aire y se tamizaron por una malla de 2 mm, el pH se midió con una relación suelo:agua 1:2,5, la textura (Bouyoucos,1962), la materia orgánica por oxidación con dicromato (Heanes, 1984); la CIC y Ca (Rhoades, 1982) por la técnica de absorción atómica. El método de fraccionamiento de fósforo en el suelo utilizado fue el desarrollado por Tiessen y Moir (1993). Los diferentes extractantes separan el fósforo del suelo de acuerdo a su labilidad, y naturaleza química como aproximaciones a las funciones que cumple respecto a la disponibilidad a las plantas (Pinochet, 2001). La fracción resina contiene el P inorgánico más lábil, de inmediata disponibilidad para las plantas.La fracción extraída con $NaHCO_3$ contiene el P inorgánico y orgánico lábil, además de P microbiano; la cual es disponible para las plantas. El NaOH 0,1 M extrae el P orgánico asociado con los ácidos húmicos y fúlvicos, así como también el P inorgánico unido a los compuestos de Fe y Al (Tiessen et al., 1983), esta fracción es poco disponible para las plantas. El HCl 1 M extrae el P inorgánico asociado al calcio, el P orgánico es poco. El HCl concentrado y caliente extrae formas de P inorgánico y orgánico estables. Finalmente, el P extraído por la digestión H_2SO_4-H_2O_2, correspondería al P que se encuentra en las formas más resistentes en el suelo y que no sería biodisponible para las plantas y/o microorganismos (Tiessen y Moir, 1993). Todos los análisis en el laboratorio se realizaron por triplicado.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los 43 suelos evaluados fueron ácidos con pH entre 3,5 y 6,9; con texturas franco, arcillosos, arcillolimoso, francoarcilloso, francolimoso y francoarcillolimoso. El contenido materia orgánica fue variable entre 1,7 y 4,0 %. La capacidad de intercambio catiónico varió entre 0,7 $cmol.kg^{-1}$ y 14 $cmol.kg^{-1}$; el 79 % de suelos presentó baja CIC: 0-10 $cmol.Kg^{-1}$ y el 44,2 % mostró valores iguales o menores a 4 $cmol.kg^{-1}$. La disponibilidad de Ca en el suelo fue en general alta. El contenido de fósforo disponible por el método Olsen estuvo entre 1 y 23 $mg.kg^{-1}$, de acuerdo a la textura y a los requerimientos del cultivo, se consideró que el 49 % de los suelos estudiados presentaron muy bajo contenido de fósforo (0-5 $mg.kg^{-1}$), el 30 % bajo contenido de P (6-12 $mg.kg^{-1}$), (López, 2008). Los promedios y la desviación estándar de los análisis de suelos se muestran en la cuadro 1.

Cuadro 1: Rangos y promedios de los análisis de los 43 suelos evaluados

	pH	MO%	Arcilla %	CIC $cmol.kg^{-1}$	Años*	Ca $mg.kg^{-1}$	Al $mg.kg^{-1}$	P Olsen $mg.kg^{-1}$
Rango	3,5-6,9	1,7-4,0	9,2-55,2	0,7-14	5-50	49-2811	2,9-38,9	1,0-23,0
Promedio	5,5	2,8	32,4	6,1	29	1204	13,1	7,7
SD	0,57	0,55	12,85	3,78	14,45	727,25	8,18	6,05

*Años de fertilización fosfatada

En el cuadro 2 se muestra el rango, promedio y desviación estándar de los resultados del fraccionamiento de fósforo inorgánico en los 43 suelos,de las diferentes fracciones se obtiene:el P en la resina con valor promedio de 1,14 $mgkg^{-1}$, el 60% de los suelos mostraron valores ≤ 0,80 $mg.kg^{-1}$; el promedio de P en bicarbonato de sodio fue 9,38 $mg.kg^{-1}$, el 60% de los suelos presentaron valores ≤ 10 $mgkg^{-1}$; el promedio de P en hidróxido de sodio fue de 50,53 $mg.kg^{-1}$, el 60% de los suelos presentaron valores ≤ 50 $mg.kg^{-1}$; el promedio de P en ácido clorhídrico

diluido fue de 33,05 mg.kg^{-1} y el 72 % de los suelos presentaron valores ≤ 33 mg.kg^{-1}; en ácido clorhídrico concentrado elpromediofue de 120,22 mg.kg^{-1}, 51 % de los suelos presentaron valores ≥ 120 mg.kg^{-1}; mediante la digestión con ácido sulfúrico-peróxidoel promedio fue de 81,89 mg.kg^{-1}, el 49 % de los suelos presentaron valores ≥ 82 mgkg^{-1}. Las desviaciones estándar determinadas en cada fracción indican que hay gran variabilidad entre los suelos evaluados.
El fósforo encontrado en las fracciones inorgánicas de resina y bicarbonato son parecidos al reportado por Hernández y Monserrat (2005), en suelos de sabana de Uverito.

Cuadro 2: Fracciones de fósforo inorgánico en el suelo (0-20 cm) en mg.kg^{-}1. Rango, promedio y desviación del análisis de fraccionamiento de P de los 43 suelos evaluados.

Muestra	Fósforo Inorgánico					
	R*	B*	H*	ACd*	ACc*	ASP*
Rango	0,18-12,7	3,1-24,4	15,6-113	1,8-135,4	23,5-256,3	34,5-149,68
Promedio	1,14	9,38	50,53	33,05	120,22	81,89
SD	1,94	5,51	26,51	29,86	63,32	32,45

R*: Resina, B*: Bicarbonato, H*: Hidróxido de sodio, Acd*: Ácido Clorhídrico diluído, ACc*: Ácido Clorhídrico concentrado, ASP*: Ácido Sulfúrico –Peróxido

Cuadro 3: Fracciones de fósforo orgánico en el suelo (0-20 cm) en mg.kg^{-1}. Rango, promedio y desviación estándar del análisis de fraccionamiento de P de los 43 suelos evaluados.

Muestra	Fósforo orgánico			
	B*	H*	ACd*	ACc*
Rango	0,58-30,66	15,42-87,83	0,59-46,69	0,32-29,05
Promedio	11,52	35,40	5,63	14,98
SD	6,20	14,63	6,92	7,40

B*: Bicarbonato, H*: Hidróxido de sodio, Acd*: Ácido Clorhídrico diluído, ACc*: Ácido Clorhídrico concentrado.

El cuadro 3 muestra la distribución del fósforo orgánico en las siguientes fracciones: el bicarbonato de sodio con promedio de 11,52 mg.kg^{-1}, el 70% de los suelos presentaron valores ≤ 11 mg.kg^{-1}; NaOHcon un valor promedio de 35,40 mg.kg^{-1}, el 65% de los suelos presentaron valores ≤ 35 mgkg^{-1}; HCl diluido con promedio de 5,63 mg.kg^{-1}, el 50% de los suelos presentaron valores ≤ 5 mg.kg^{-1}; HCl concentrado con promedio de 14,98 mg.kg^{-1}, el 44 % de los suelos mostraron valores ≤ 15 mg.kg^{-1}. Las desviaciones estándar determinadas en cada fracción indican que hay gran variabilidad entre los suelos evaluados.

La figura 1 muestra la distribución del P inorgánico y orgánico en las fracciones bicarbonato de sodio e hidróxido de sodio para los 43 suelos evaluados; en la fracción bicarbonato se observa que el 72 % de los suelos presentaron más de 50 % del fósforo como P orgánico; atribuido a que el P orgánico presente en esta fracción pudiera producirse por la incorporación de los restos de cosecha, los cuales son mezclados mediante batido en la etapa de preparación del suelo. El P orgánico extraídocon $NaHCO_3$ es una fracción lábil de rápida mineralización y disposición del P para el aprovechamiento de la planta y microorganismo. En la fracción de NaOH el 72% de los suelos presentó mayor contenidode P inorgánico.

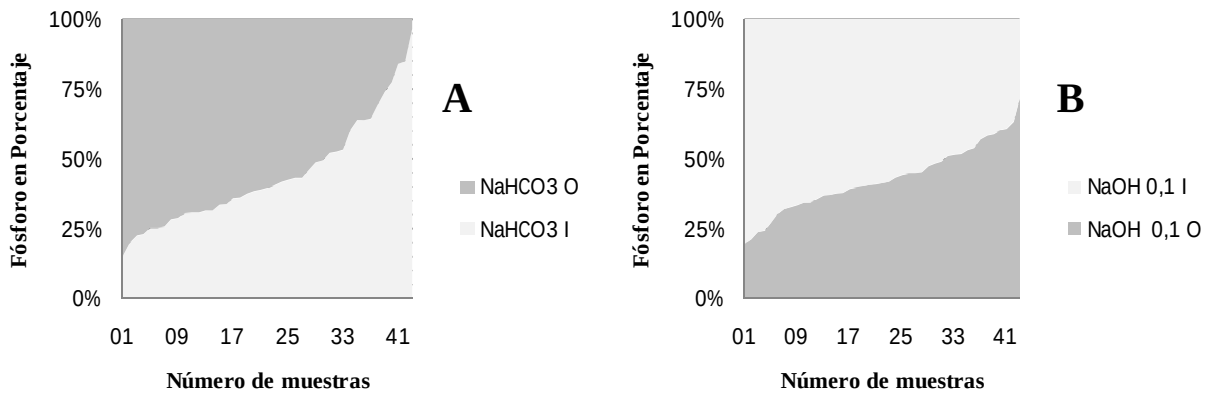

Figura 1. Distribución del fósforo inorgánico y de orgánico en: (A)Fracción extraída con $NaHCO_3$ y (B) Fracción extraída con NaOH.

La figura 2 muestra la distribución del P inorgánico y orgánico para las fracciones HCl 1M y HCl concentrado; en ambas fracciones se observa que en todos los suelos el P inorgánico se encuentra en mayor proporción, con respecto al P orgánico. En la fracción de HCl diluido el 95 % de los suelos presentó el P inorgánico por encima del 60% y en la fracción HCl concentrado el 86 % de los suelos presentaron el P inorgánico por encima del 80%.

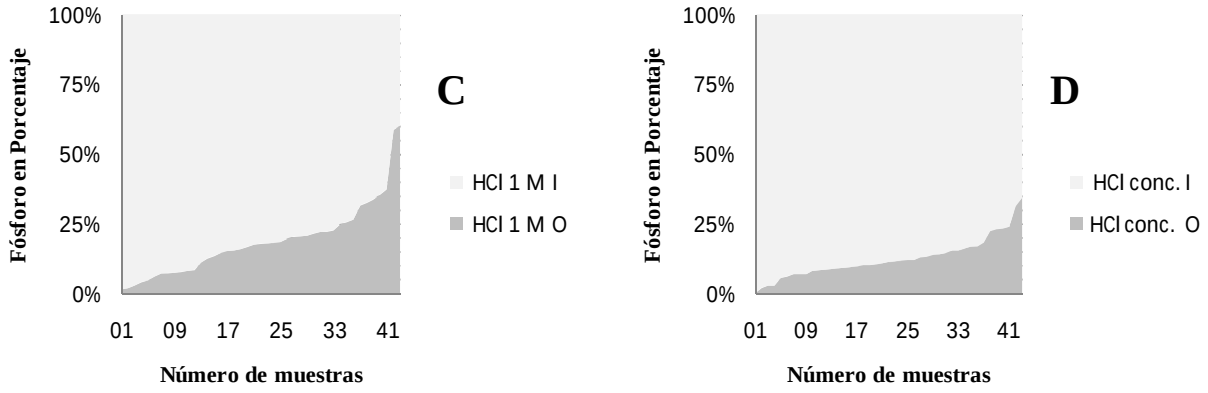

Figura 2. Distribución del fósforo inorgánico y de orgánico en: (C) Fracción extraída con HCl 1 M y (B) Fracción extraída HCl concentrado

El promedio de las fracciones de P alcanzaron el orden siguiente con respecto al porcentaje de P total: PiACc (31,4%)>PiASP (22,9%)>PiH (13,9%)>PoH (10,7%)>PiACd(8,2%)>PoACc (4,5%)>PoB (3,8%)>PiB (2,8%)>PoACd (1,5%)>PiR (0,3%). La figura 3 muestra que al agrupar todas las fracciones inorgánicas y todas las fracciones orgánicas para los suelos evaluados el P inorgánico está por encima del 70 % del P total; esto se podría atribuir a que la fuente de incorporación de P al suelo son los fertilizantes fosfatados. Boschetti et al. (2003) reportaron que los suelos con mayor grado de evolución, mostraron una alta proporción de fósforo no reactivo (Pi-HCl concentrado, Po-HCl concentrado y P-Residual), significando entre un 50 - 70% del P total.

En la figura 4 se puede apreciar la distribución de las fracciones de P (Ochwoh et. al., 2005), agrupadas en P soluble y lábil (extraídos con resina y bicarbonato) representan 6,90 % en

promedio del P total; P adsorbido (extraídos con NaOH y HCl 1M), formas de P asociadas al Fe, Al y Ca, representan el 35,52 % del P total, disponible a mediano plazo. Finalmente el P ocluido y residual (extraído con HCl concentrado, y con H_2SO_4-H_2O_2), que representan el 58,58% del P total.

El 81 % de los suelos evaluados mostraron que el P soluble y lábil fue inferior a 10 %. El P adsorbido fue inferior a 35 % en 48 % de los suelos. También se observó que en el 74 % de los suelos el 50 % del P total está fijado en el suelo.

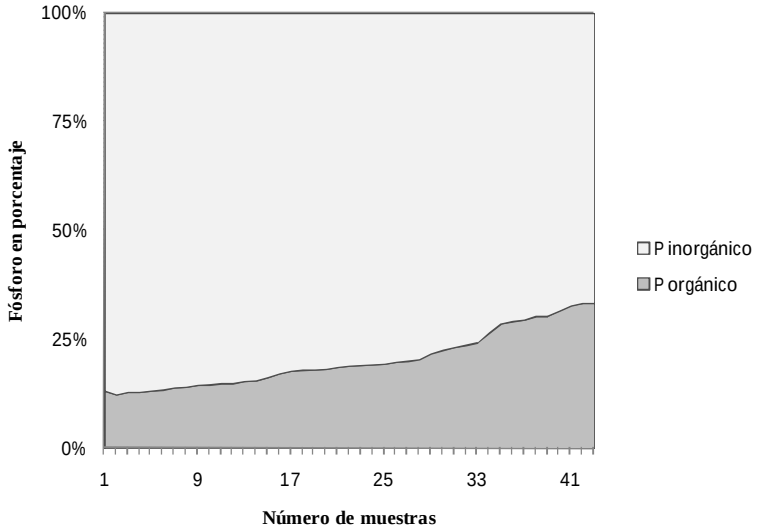

Figura 3. Distribución del P inorgánico y el orgánico en el suelo

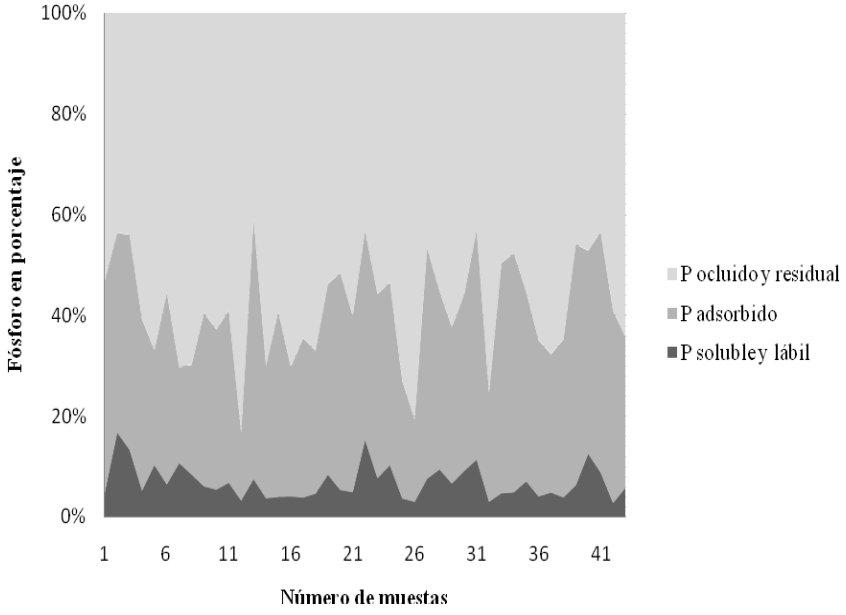

Figura 4. Asociación de las fracciones de fósforo de acuerdo a la disponibilidad para la planta (Ochwoh et al., 2005)

CONCLUSIONES

En todos los suelos evaluados del Sistema de Riego del Río Guárico predominan las formas inorgánicas de fósforo. En el 74 % de los suelos se encontró que más de la mitad del P total esta en forma no disponible en el suelo; sólo el 7,0 % del P está en forma lábil.

AGRADECIMIENTO

Este trabajo fue posible gracias al financiamiento recibido de FONACIT y a la colaboración prestada en el campo para el muestreo por la Asociación de Productores de Arroz del Sistema de Riego del Río Guárico.

BIBLIOGRAFÍA

Beck M. y Sanchez P. (1994). Soil phosphorus fraction dynamics during 18 years of cultivation on a typicpaleuult. Soil Sci. 34: 1424-1431.

Boschetti N., Quintero C., Benavidez R. y Giuffre L. (2003). Cuantificación de las fracciones orgánicas e inorgánicas de fósforo en suelos de la Mesopotamia Argentina. Ciencia del Suelo. 21 (1):1-8.

Bouyoucos G. (1962). Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. Agron. J. 54: 464-465.

Guo F., Yost R., Hue N., Evensen C. y Silva J. (2000). Changes in phosphorus fractions in soil under intensive plant growth.Soil. Sci. Soc. Am. J. 64: 1681-1689.

Heanes D. (1984). Determination of total organic-C in soil by and improved chromic acid digestion and spectrophotometric procedure: Soils Science Plant Analysis, 15:1191-1213.

Hernández-Valencia. I. y Montserrat, B. (2005). Cambios en el contenido de fósforo en el suelo superficial por la conversión de sabanas en pinares. Bioagro.17 (2):69-78.

López I., Alfonso N., Gómez N., Navas M. y Yánez P. (2008). Manual de alternativas de recomendaciones de fertilizantes para cultivos prioritarios en Venezuela. INIA. 27-31.

Ochwoh V., Claassens A. y Jager P. (2005).Chemical changes of applied and native phosphorus during incubation and distribution into different soil phosphorus pools. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 36: 535-556.

Pinochet D., Epple G. y Macdonald R. (2001). Fracciones de fósforo orgánico e inorgánico en un transecto de suelos de origen volcánico y metamórfico.R.C. SueloNutr. Veg., 1(2):58-69. ISSN 0718-2791.

Rhoades J. (Comp.). (1982). Cation Exchange Capacity. Methods Of Soil Analysis, Part 2. Chemical and MicrobiologicalProperties. Second edition. Number 9 (part 1).USA.

Schmidt J., Buol S. y Kamprath. (1996). Soil Phosphorus Dynamics During Seventeen Years of Continuous Cultivation: Fractionation Analyses. Soil. Sci. Soc. Am. J. 60: 1168-1172.

Tiessen H., Stewart B. y Moir J. (1983). Changes in organic and inorganic phosphorus composition of two grassland soils and their particle size fractions during 60-90 years of cultivation.Journal of soil science. 34: 815-823.

Tiessen H. y Moir J. (1993). Characterization of available P by sequential extraction.Soil Sampling and Methods of Analysis. Chapter 10. 75-86