DISPONIBILIDAD DE FOSFORO BAJO DIFERENTE USO Y MANEJO DE UN OXISOL DE LA ALTILLANURA COLOMBIANA

Availability of phosphorus under different use and management of a Colombian Oxisol Altillanura

G. Borrero[1], A. Castro[1], J.E. Baquero[2], N. Asakawa[1], O. Arguello[2], J.H Bernal[2], O. Gallo[2], N. Marín[1], I.M. Rao[1].

[1.] Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT
[2.] Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria, CORPOICA

Correo Electrónico: g.a.borrero@cgiar.org

RESUMEN

Determinar y comprender el efecto de prácticas de producción agrícola sobre la disponibilidad del fósforo (P) para las plantas contribuye a mejorar la eficiencia en su nutrición, especialmente en suelos donde la fijación del P es alta como en los Oxisoles de la Altillanura plana Colombiana. En 2013 se evaluó el impacto que el uso y manejo que cultivos y pasturas de 2 años, pudieran tener sobre la distribución y magnitud de reservorios de P, usando una metodología de fraccionamiento secuencial en el perfil del suelo. Cultivos transitorios con alta fertilización de P aumenta considerablemente el contenido de *Pi disponible* en los primeros 10 cm del suelo y los resultados sugieren que pasturas mantiene mayor contenido de Po moderadamente disponible que cultivos transitorios.

ABSTRACT

Phosphorus (P) is a major yield- limiting nutrient, especially on highly weathered soils. To improve P use efficiency, there is need to improve our understanding on the effects of agricultural management practices on soil P dynamics. In this study we sought to understand soil P dynamics and the magnitude of P reservoirs in Oxisols located in the flat Altillanura region of Colombia. The sequential P fractionation method was used. Our results show that soils under annual crops which received high amounts of P fertilizer had high amounts of available P (inorganic) in the first 10 cm of soil. On the other hand, P (organic), which was moderately available in the annual crops, was observed to be high in soils under pasture.

INTRODUCCIÓN

La Altillanura plana Colombiana viene siendo cambiado por grandes áreas con cultivos agrícolas perennes y transitorios, cuyo establecimiento se hace con manejos específicos de preparación de suelo, aplicación de fertilizantes y correctivos de acidez. El suelo de esta región, primordialmente Oxisol, se caracteriza por su acidez y baja fertilidad (Sanchez, 1981). El P es uno de los nutrientes limitantes en la producción del cultivo principalmente en suelos degradados de los trópicos (Rao *et al*., 1999), debido a su baja movilidad y alta fijación con Al, Fe, Ca en el suelo (Shen *et al*., 2011). La aplicación de fertilizantes o la práctica agrícola de dejar los residuos de cultivo como cobertura o incorporarlos, son fuentes de entrada del P en suelo, pero en este ecosistema solamente 20% del total de P suministrado con el fertilizante es recuperado por los cultivos (Friesen *et al*., 1997). El P que entra al suelo va a estar desde formas de iones disueltos hasta compuestos muy estables, haciendo parte de un gran compartimiento formado por P inorgánico (Pi) y P orgánico (Po) que varían en cantidades y grados de disponibilidad y mineralización (Schmidt *et al*., 1996). Por lo tanto para entender cómo los cultivos y los manejos pueden

intervenir en el estado nutricional del suelo en relación al P, es importante conocer estos diferentes reservorios o depósitos y no solamente determinar su contenido total.
La limitación del P en el suelo no se relaciona tanto con el P total (Pt) presente, pero sí con el bajo contenido de P en la forma fácilmente disponible (Araujo *et al*., 2004).
El método de fraccionamiento secuencial (Hedley *et al*., 1982) permite dar una idea comparativa de la habilidad de las plantas para extraer el P de los depósitos o reservorios del suelo. Este separa las fracciones orgánicas e inorgánicas de P según su grado de biodisponibilidad y su forma química, empleando una serie de reactivos químicos que incrementan su poder de extracción en forma escalonada. Negasa y Leinweber (2009) hacen una revisión sobre la metodología de Hedley y concluyen que es apropiado para investigar el destino del P nativo y el aplicado en el agro-ecosistema y así adoptar conceptos apropiados de uso y manejo. Su monitoreo es importante porque la disponibilidad es bien compleja y está altamente relacionada con la dinámica y la transformación entre los varios depósitos de P (Shen *et al.,* 2011).
Los cambios que se producen sobre las diferentes fracciones bajo un cultivo y tipo de manejo particular permiten establecer en cuál de estos compartimientos ha ocurrido las transformaciones más importantes y en consecuencia la sostenibilidad de la práctica evaluada. El objetivo de este trabajo fue evaluar el impacto de opciones de uso y el manejo de este suelo Oxisol en la distribución y tamaño de diferentes reservorios de P.

MATERIALES Y MÉTODOS

Un experimento de campo fue establecido en 2011 en la estación CORPOICA Sede Taluma, municipio Puerto Lopez, Meta, Colombia. Se evaluaron tres tipos de labranza (Cincel rígido -C-, Rastra -R- y Vertedera –V-), dos niveles de cal (3 y 6 t ha^{-1}) y 6 sistemas de producción (tabla 1) en un arreglo de parcela sub-subdivididas (sistema de cultivo en la parcela principal, nivel de cal en la subparcela y labranza en la sub-subparcela) con 4 repeticiones, en parcelas de 20mx20m.

Tabla 1. Descripción de tratamientos de sistemas de producción evaluados en un Oxisol de la Altillanura plana Colombiana

Tratamiento	Año 2011		Año 2012		Año 2013	
	Especie Cultivar	P (kg ha^{-1})* RF DAP SFT	Especie Cultivar	P (kg ha^{-1}) DAP SFT	Especie Cultivar	P (kg ha^{-1}) DAP
T1: Transitorio Caña	Soya cv Taluma5	48 50 50	Caña cv Cenicaña 8592	40	Caña cv Cenicaña 8592	
T2:Transitorio	Soya cv Superior6	48 50 50	Maíz cv Pionner 30k 73 HR	40 50	Maíz cv Pionner 30k 73 HR	60
T3: Caña	cv Cenicaña 8592	48 50 50	cv Cenicaña 8592	40	cv Cenicaña 8592	
T4: Forestal-Leguminosa	Caucho clon FX3864 – *D.ovalifolium* cv maquenque	48	Caucho clon FX3864 – *D.ovalifolium* cv maquenque	10	Caucho clon FX3864 – *D.ovalifolium* cv maquenque	10
T5: Pasturas-Transitorio	*B.decumbens +D .ovalifolium* cv maquenque	48	*B.decumbens +D.ovalifolium* cv maquenque	10	Soya cv Línea Corpoica	60
T6: Sabana Nativa	SN		SN		SN	

***** Suministro de P como Roca Fosfórica (RF), Fosfato Diamónico (DAP) y Super Fosfato Triple (SFT). Otros nutrientes también fueron suministrados de acuerdo al requerimiento del cultivo.

Muestras de suelo a 4 profundidades (0-10, 10-20, 20-30 y 30-40cm) fueron tomadas en Junio 2013 para cuantificar el contenido de P (fraccionamiento Hedley *et al*., 1982). modificado por Tiessen y Moir (1993), Oberson *et al*. (1999) y Borrero G. (1998) donde se separaron: 1. *Pi fácilmente disponible* (Pi-resina y Pi-$NaHCO_3$) y *Po lábil* extraído en la fase agua de la extracción

de resina y Po-$NaHCO_3$; 2. *Pi* y *Po moderadamente disponibles* extraídos con la solución alcalina de NaOH; 3. *P no disponible* extraído del suelo remanente (residuo) por digestión con ácido perclórico ($HClO_4$). El P fue determinado colorimétricamente con el método del Molibdato-Ácido ascórbico de Murphy and Riley, 1962. Los análisis fueron realizados en el laboratorio de Química de Suelos LAC, del Centro Internacional de Agricultura Tropical – CIAT- Palmira, Colombia. Los datos de labranza y cal en los diferentes sistemas de producción fueron sometidos a análisis de varianza (ANOVA) según el diseño de parcelas subdivididas (SAS 9.3), por profundidades. Se compararon las diferencias entre profundidades por DMS ($p \leq 0.05$) y se realizó contrastes ortogonales para comparaciones específicas con la sabana. Para normalización de los datos se transformaron los valores de Pi disponible a $\sqrt[4]{x} + 1$ y las demás variables a ln(x+1).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En todos los sistemas, los mayores contenidos del total de P se encuentran en forma no disponible (52 a 72 %) y el P disponible en menor proporción. Hubo un gran aumento de *Pi disponible y moderadamente disponible* en el horizonte superficial en cultivos transitorios (T2 y T5) con relación a la sabana independiente de labranza o cal. En T5 la fracción moderada extraída Pi-NaOH continúa presentando diferencias hasta 40 cm y en Po-NaOH hasta 20 cm con relación a la sabana. Caucho (T4) presentó un comportamiento muy similar a T5 y Caña (T3) fue muy similar a la sabana (Fig.1).

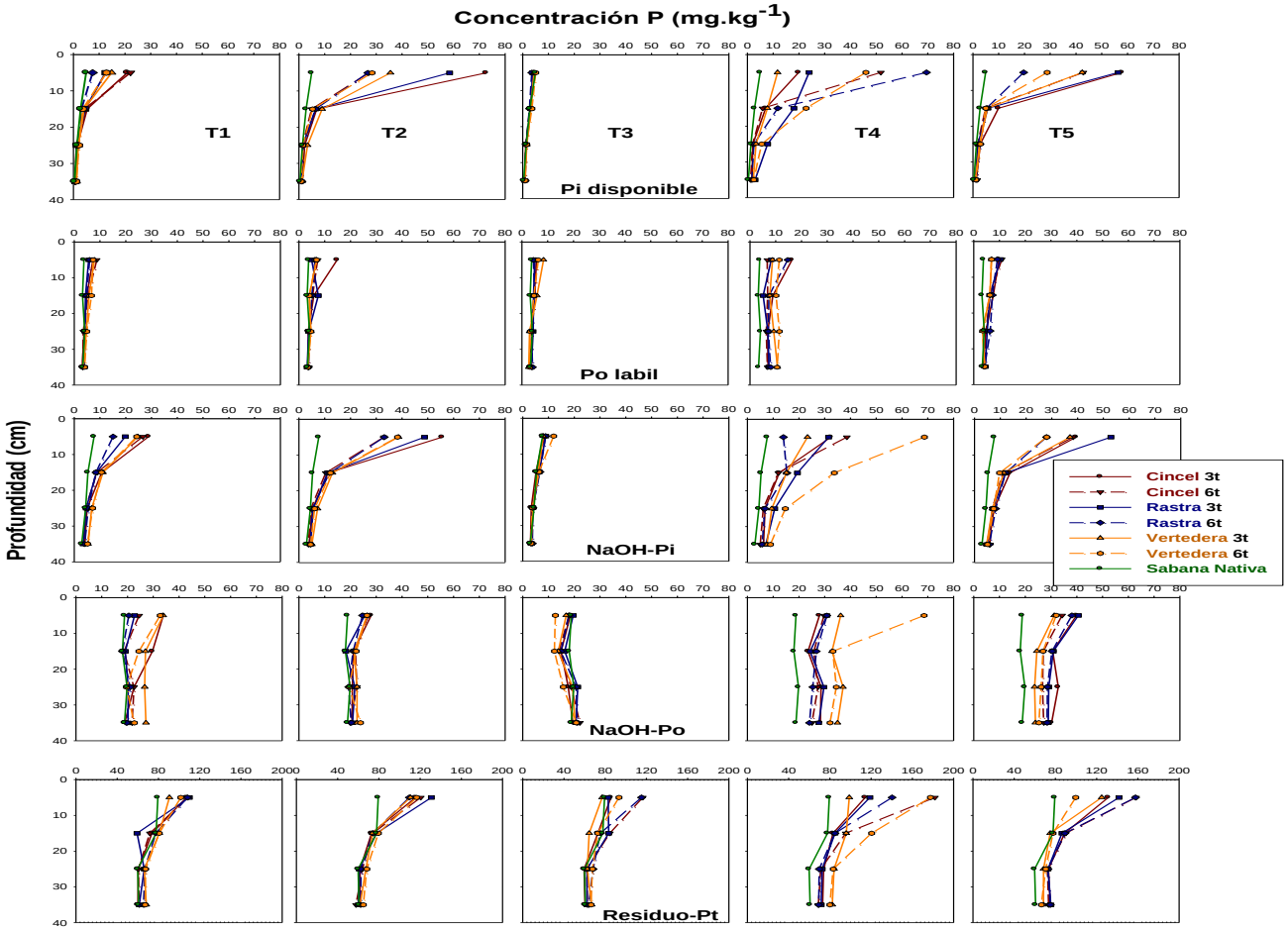


Figura 1. *Contenidos de las* fracciones de P ($mg.k^{-1}$) entre 0-40 cm de profundidad en los sistemas de producción T1= Transitorio Caña; T2= Transitorio: T3= Caña; T4= Forestal Leguminosa; T5= Pasturas Transitorio y T6= Sabana, con tres tipo de labranza (Cincel, Rastra y Vertedera) y dos niveles de aplicación de Cal (3 y 6 $tn.ha^{-1}$)

Mayores adiciones de fertilizantes fosforados en cultivos transitorios (Tabla 1), puede ser una de las explicaciones para los resultados en T2 y T5. En T5 pastura fue transformado en cultivo transitorio solamente en 2013 con la siembra de soya y eso puede explicar los mayores contenidos de Po moderado entre 20 a 40 cm en. La acumulación de raíces de *B. decumbens* y *Desmodium ovalifolium* pueden estar aumentado el contenido de materia orgánica. Lavelle *et al*. (2014) ha encontrado que aumento de Carbono (C) de las raíces y biomasa aérea en pastura mejoradas incrementa la comunidad de macrofauna del suelo aumentando el rango de indicador de calidad de suelo basado en los servicios ecosistemicos del suelo.

El resultado en Caucho (T4) es necesario analizar con cautela. En ese estudio Caucho no tuvo un buen establecimiento ni buen desarrollo en el de correr del año, y la respuesta de este sistema probablemente se atribuye más a su asociación con *D. ovalifolium* para mayores contenidos de la fracción Po-NaOH en todo el perfil del suelo analizado. El aumento en el contenido de *Pi disponible* muy similar a los transitorios se puede atribuir a que la aplicación de P-fertilizante a pesar de ser baja (Tabla 1), fue en tiempo muy cercano a toma de las muestras y eso también explica la gran variabilidad entre tratamientos y repeticiones encontrado en ese sistema.

La comparación de las proporciones de las diferentes fracciones del P presentes en el total del P (Fig.2) muestra que la de Po-NaOH es mayor debajo de 20 cm en todos los sistemas y está dentro del rango de la sabana que puede indicar que no hay movimiento de la parte superficial ni absorción por los demás cultivos, siendo un compartimento estable en el tiempo a mayores profundidades. Sin embargo esa afirmación es difícil de comprobar en ensayos de establecimiento reciente y en datos de solamente un año.

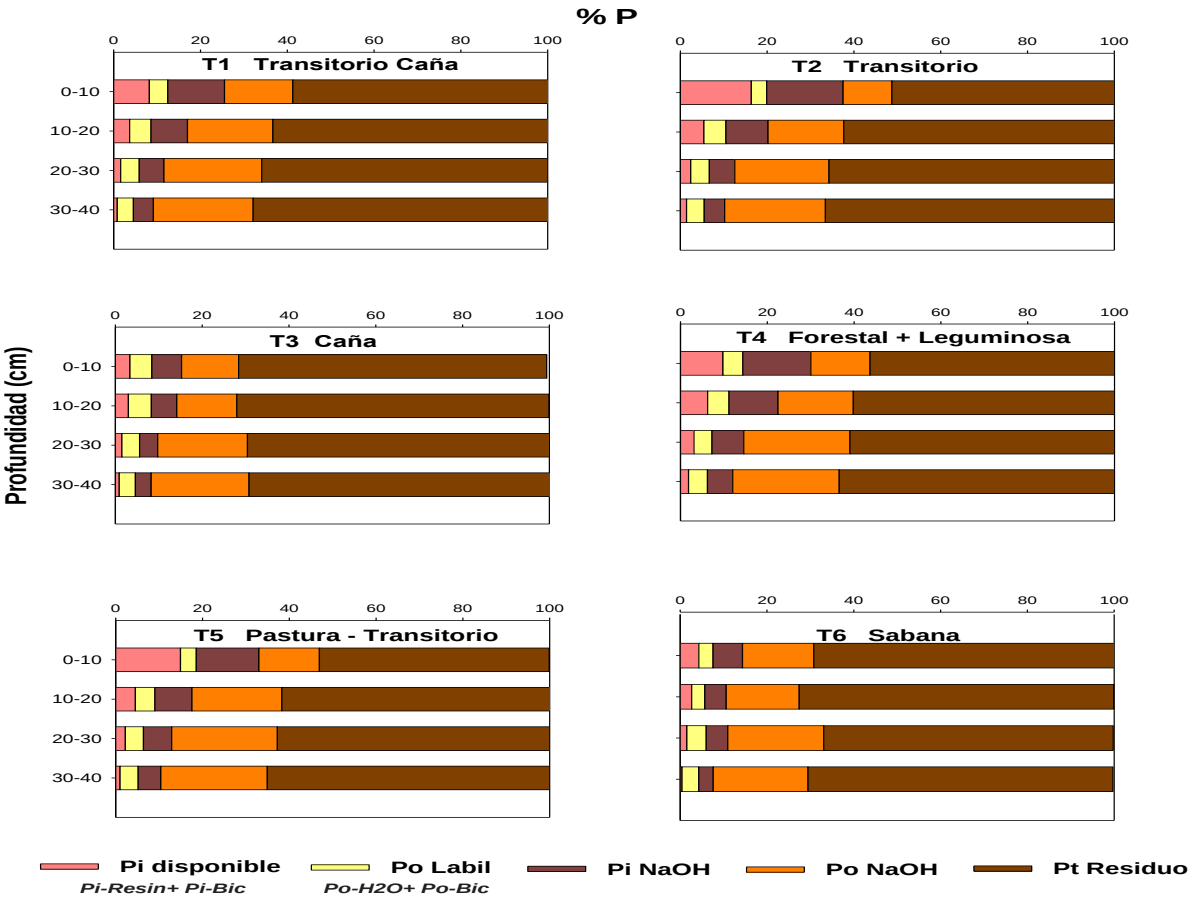


Figura 2. Proporción de P (%) a diferentes profundidades de suelo en Sabana Nativa y Sistemas de Producción (Tratamientos) para los diferentes reservorios del Fraccionamiento secuencial.

CONCLUSIONES

En general no se presentan marcadas diferencias entre los diferentes sistemas de cultivos comparados con los usos de labranza y aplicaciones de Cal. Esto puede ser debido al corto tiempo en el cual se estableció el ensayo (2011), y se seguirá analizando para evaluar la dinámica de los sistemas a través del tiempo. Los resultados preliminares demuestran la necesidad de mejorar la eficiencia en el uso y manejo de Oxisoles, incluyendo la distribución de fertilizantes fosforados en su perfil según el cultivo y de evaluar alternativas para solubilizar el P fijado en el suelo en formas no disponibles para los cultivos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO MSB, SCHAEFER CER, SAMPAIO EVSB. 2004. Soil Phosphorus Fractions from Toposequences of Semi-Arid Latosols and Luvisols in Northeastern Brazil. Geoderma 119: 309–321.

BORRERO G. 1998 Destinos Del Fósforo Aplicado Como Fertilizante En Oxisoles Y Modelación Del Valor Residual Para Cultivos. Tesis De Maestría En Ciencia Agrarias, Énfasis Suelos. Universidad Nacional De Colombia, Palmira, Valle De Cauca. 118 P. (S633 .5 .C6 B6)

FRIESEN DK, RAO IM, THOMAS RJ, OBERSON A, SANZ JI. 1997. Phosphorous Acquisition And Cycling In Crop And Pasture Systems In Low Fertility Tropical Soils. Plant And Soil 196, 289–294.

HEDLEY MJ, STEWART JWB, CHAUHAN, BS. 1982. Changes In Inorganic And Organic Soil Phosphorus Fractions Induced By Cultivation Practices And By Laboratory Incubations. Soil Sci. Soc. Am. J. 46:970-976.

LAVELLE P, RODRIGUEZ N, ARGUELLO O, BERNAL J, BOTERO, C, CHAPARRO P, GOMEZ Y, GUTIERREZ A, HURTATO MP, LOAIZA S, PULLIDO SX, RODRIGUEZ E, SANABRIA C, VELASQUEZ E, FONTE SJ. 2014. Soil ecosystem services and land use in the rapidly changing Orinoco River Basin of Colombia. Agriculture, Ecosystem and Environment 185: 106-117.

NEGASA W, LEINWEBER P. 2009. How Does The Hadley Sequential Phosphorus Fractionation Reflect Impacts Of Land Use And Management On Soil Phosphorus: A Review. J. Plant Nutr. Soil Sci. 172: 305-323.

OBERSON A, FRIESEN DK, TIESSEN H, MOREL C, STAHEL W. 1999. Phosphorus Status And Cycling In Native Savanna And Improved Pastures On An Acid Low-P Colombian Oxisol. Nutrient Cycling In Agroecosystems 55: 77–88.

RAO IM, FRIESEN DK, OSAKI M. 1999. Plant Adaptation To Phosphorus-Limited Tropical Soils. In: Pessarakli, M. (Ed.), Handbook Of Plant And Crop Stress. Marcel Dekker, Inc., New York, USA, Pp. 61–96.

SANCHEZ P. 1981. Suelos Del Trópico. Trad: Camacho, E. 1 Ed. San José, Costa Rica: IICA

SCHMIDT J, BUOL S, KAMPRATH E. 1996. Soil Phosphorus Dynamics During Seventeen Years Of Continuous Cultivations: Fractionation Analyses. Soil Sci. Soc. Am. J. 60: 1168-1172.

SHEN J, YUAN L, ZHANG J, LI H, BAI Z, CHEN X, ZHANG W, ZHANG F. 2011. Phosphorus Dynamics: From Soil To Plant. Plant Physiology, 156: 997–1005.

TIESSEN H, MOIR JO. 1993 Y 2006 (2a. Edición). Characterization Of Available P By Sequential Extraction. In:. Carter, M.R (Ed.) Soil Sampling And Methods Of Analysis. Crc Press Inc. Boca Raton Florida USA, Pp. 75-86; 2006 In: Carter, M.R.; Gregorich, E.G (Eds). By Taylor & Francis Group, Llc.