2.82.23

INFORMACIONES AGRONOMICAS

INVESTIGACION INPOFOS EDUCACION

INSTITUTO DE LA POTASA Y EL FOSFORO
POTASH AND PHOSPHATE INSTITUTE

Nº 23 ● ABRIL 1996

FIJACION DE FOSFORO EN SUELOS DERIVADOS DE CENIZA VOLCANICA

J. Espinosa

Introducción

Los suelos derivados de cenizas volcánicas (Andisoles) cubren una apreciable área de América Central y América del Sur. La fracción arcilla de estos suelos está dominada por alofana e imogolita (minerales amorfos de rango corto) que provienen de la meteorización de los materiales piroclásticos producto de recientes deposiciones volcánicas. Investigación conducida en los últimos años ha demostrado que los complejos humus aluminio (Al) juegan también un significativo papel en el comportamiento de los Andisoles.

Una de las características más importantes de los Andisoles es su capacidad para inmovilizar (fijar) fósforo (P) en la superficie de los minerales amorfos. Esta es la principal limitante química de los Andisoles. Aparentemente, la capacidad de fijación de P de los Andisoles varía con el tipo de arcilla presente y esto a su vez cambia el efecto residual de las aplicaciones de fosfato. En ciertos cultivos, los estudios de calibración, no han logrado correlacionar adecuadamente el contenido de P en el suelo con las recomendaciones de fertilización.

Mecanismos de fijación de P en Andisoles

Inicialmente se consideró que la fijación de P en los Andisoles ocurría solamente en las superficies activas de la alofana y la imogolita. Los mecanismos de fijación de P en la alofana e imogolita incluyen procesos como quemiadsorción, desplazamiento de silicio (Si) estructural y precipitación Sin embargo, se ha reconocido la importancia de los complejos humus-Al en este proceso (Wada, 1980; Sadzawka y Carrasco, 1985: Nanzyo, 1987). La fracción humus en Andisoles forma fácilmente complejos con metales como el Al. Los grupos hidroxilo combinados con el Al acomplejado entran en reacciones de intercambio de ligandos con $HPO_4^{=}$ y $H_2PO_4^{-}$ como se observa en la Figura 1, fijando fuertemente el P aplicado (Wada, 1980; Sollins, 1991).

Este fuerte acomplejamiento del Al con el humus limita la posibilidad de coprecipitación de Al con Si, liberados de la descomposición de la ceniza volcánica, y por lo tanto limitan también la formación de alofana e imogolita. Estos procesos se han documentado en Andisoles de Japón y Colombia (Inoue y Higashi, 1988; Benavides y Gonzáles, 1988).

La acumulación de materia orgánica es mayor en suelos volcánicos localizados a mayor altitud (> 2000 m sobre el nivel del mar). Evidencia indirecta obtenida en Andisoles de Ecuador y Colombia permite concluir que la fijación de P está estrechamente relacionada con el contenido de carbono en el suelo (complejos humus-Al).

CONTENIDO

	Página
Fijación de fósforo en suelos derivados de ceniza volcánica	1
Buscando eficiencia en el uso de nitrógeno en arroz	5
Alimentando al mundo con tecnología	6
La nutrición mineral y la resistencia a las enfermedades	7
Novedades en análisis de suelos	10
Fertilización del cultivo de la Guanábana	11
Disponibilidad del P en el suelo	12
Reporte de Investigación Reciente	13
Cursos y Simposios	15
Publicaciones de INPOFOS	16

Editado por: Dr. José Espinosa

Indirectamente, esto también indicaría cuales minerales arcillosos se formarían a partir de la ceniza volcánica en determinadas condiciones y la intensidad de la fijación de P. Aparentemente los suelos alofanicos tienden a fijar menos P.

Datos de un experimento exploratorio de invernadero diseñado para estudiar la relación entre el carbono total y la fijación de P se presentan en la Tabla 1. Se sembró sorgo en macetas que contenían suelo tratado con diferentes dosis de P. Después de la cosecha, se caracterizó la retención de P en los suelos de cada una de las macetas usando la técnica descrita por Fassbender (1969). Los datos de este experimento sugieren que de hecho existe una estrecha relación entre el carbono total y la fijación de P. Se observa también que la retención de P no se reduce con las altas dosis de P aplicadas a esté Udand que tiene un alto contenido de carbono total. Se esperaba que las altas dosis de P podrían satisfacer o al menos reducir la capacidad de fijación de este suelo.

Desde el punto de vista práctico, es aparente que en Andisoles, el contenido de carbono total podría ser un buen parámetro para determinar la capacidad de fijación de P de un suelo. En la Figura 2 se presenta la correlación entre el P fijado y el contenido de carbono total de 42 Andisoles de Ecuador. Será necesario conducir experimentos de campo para confirmar si esta relación se mantiene y cómo estos parámetros se podrían relacionar con el diagnóstico del contenido de P en el suelo y con las recomendaciones de fertilización.

Efecto residual de aplicaciones de P en Andisoles

Datos de investigación de varias partes del mundo han reportado que los estudios de calibración, conducidos en Andisoles, para correlacionar el P extractable con el rendimiento y los requerimientos de P de los cultivos no han sido siempre exitosos. En la Tabla 2 se presentan datos de un experimento de invernadero conducido en un Andisol de Hawai, el cual, de acuerdo con el análisis de suelo, tenia un adecuado suplemento de P. Sin embargo, los datos de rendimiento indican que el contenido de P en el suelo no fue suficiente para mantener el crecimiento de dos plantas indicadoras, brachiaria y lechuga.

Resultados similares se obtuvieron en experimentos de campo conducidos en Andisoles de la Sierra alta de Ecuador (INIAP, 1991). En estos experimentos se cultivó papa en las mismas parcelas por tres ciclos conse-

Tabla 1. Efecto de las dosis de P en la subsecuente retención de P en dos Andisoles de Ecuador con diferente contenido de carbono.

Dosis de P_2O_5	-------Carbono Total --------		P fijado después de la 1^{era} cosecha	
	Udand	Eutrad	Udand	Eutrad
kg/ha	----------% ----------		---------- % ----------	
0	5.0	1.2	42	14
150	5.3	1.1	40	11
300	4.9	1.1	40	8
450	5.1	1.1	42	8

Fuente : Espinosa et al., 1987

Tabla 2. Respuesta a la aplicación de P en un Eutrand de Hawai.

---------- Brachiaria ----------		---------- Lechuga ----------	
Dosis de P	Rendimiento Relativo	Dosis de P	Rendimiento Relativo
µg/g	%	µg/g	%
0	4	0	26
50	76	240	59
150	100	520	79
		850	96

Contenido de P en el suelo (ppm) = Bray 1 = 61 ; Bray 2 = 175 ; Olsen = 35
Adaptado de Fox (1980).

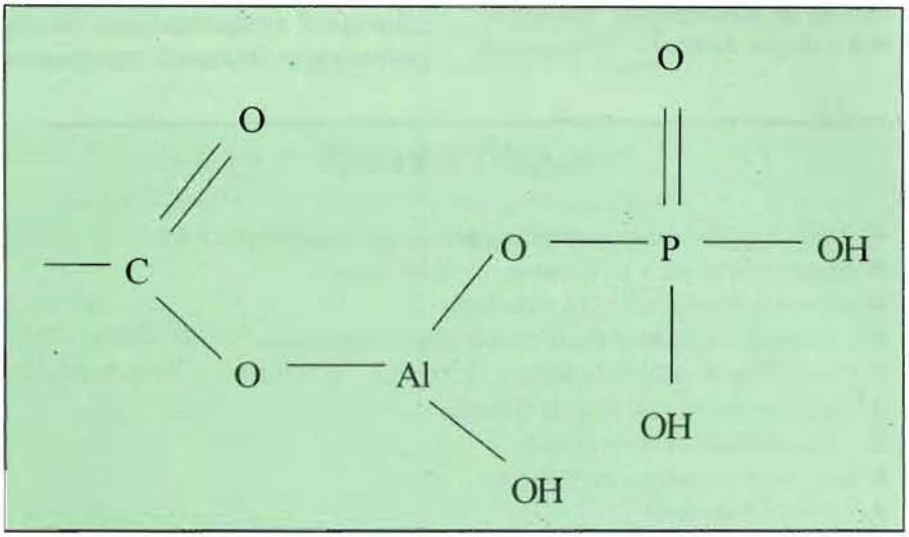

Figura 1. Representación esquemática de la fijación de P en la superficie de los complejos humus-Al (Sollins, 1991).

cutivos. Los resultados presentados en la Tabla 3 indican que los rendimientos obtenidos en la parcela testigo son bajos aún cuando el contenido de P en el suelo extraído con $NaHCO_3$, es alto (28 ppm). Se supone que el nivel crítico general para estos suelos es 12 ppm. Por otro lado, existió una apreciable respuesta en rendimientos a las dosis crecientes de P en todos los ciclos, indicando que el efecto residual de P es bajo, aún cuando el análisis de suelo no reflejaba este hecho. El contenido de P se incrementó a 38 y 59 ppm en las parcelas que recibieron una aplicación de 300 y 450 kg de P_2O_5/ha, respectivamente. Sin embargo, el rendimiento de tubérculos en el tercer ciclo, en las mismas parcelas pero sin aplicación de P, fue de nuevo bajo (Tabla 3). La misma tendencia se observa tanto en las aplicaciones bajas como en las aplicaciones altas de P. Se sospecha que existiría la misma tendencia si se hubiesen utilizado otros extractantes en el análisis de P en el suelo.

Los datos presentados en la Tabla 4 sugieren que aún aplicaciones de dosis muy altas de P no satisfacen la capacidad de fijación de este suelo, y el efecto residual es bajo.

Para obtener un adecuado rendimiento de tubérculos en este Andisol es necesaria la aplicación de P en cada ciclo.

El suelo utilizado en los experimentos descritos anteriormente (Udand) es típico de las áreas productoras de papas de Ecuador. El contenido de carbono en este suelo es 5.3% y se considera que los complejos humus-Al serían los componentes dominantes en la fracción arcilla. Es difícil distinguir entre suelos dominados por alofana, imogolita o complejos humus-Al, y hasta hace poco, los suelos conteniendo estos minerales estaban agrupados en el suborden Andept en el orden de los Inceptisoles. A partir de 1988 se creó un nuevo orden de suelos denominado Andisol para agrupar todos lo suelos derivados de materiales volcánicos (ICOMAND, 1986 ; Arnold, 1988). Este nuevo agrupamiento dentro de la taxonomía de suelo permite la separación de los

Tabla 3. Efecto residual de P en el rendimiento de papa y la relación con el contenido de P según el análisis de suelo en un Udand de la Sierra Alta de Ecuador.

Ciclo 1		Ciclo 2		Ciclo 3		Nivel de
P_2O_5 kg/ha	Rend. t/ha	P_2O_5 kg/ha	Rend. t/ha	P_2O_5 kg/ha	Rend. t/ha	P* ppm
0		0	6.04	0	6.37	28
0	3.09	0	5.90	300	32.39	41
0		300	39.34	300	31.19	46
150		0	9.90	0	8.33	28
150	18.46	150	32.65	0	11.32	32
150		150	35.44	150	34.45	40
300		0	15.92	0	7.90	27
300	27.60	300	36.54	0	12.44	38
300		300	39.86	300	32.63	64
450		0	18.84	0	13.21	34
450	27.74	450	42.55	0	24.09	59
450		450	45.12	450	28.28	89

*** Contenido de P en el suelo después del tercer ciclo ; P extraído con $NaHCO_3$ (Olsen)**

Tabla 4. Rendimiento de papa en el tercer ciclo en relación con las aplicaciones previas de P.

Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Total de P_2O_5 aplicado	Rendimiento
kg P_2O_5 /ha				t/ha
0	0	300	300	32.39
150	150	0	300	11.32
300	0	0	300	7.9
150	150	150	450	30.45
450	0	0	450	13.21
0	300	300	600	31.20
300	300	0	600	13.43
300	300	300	900	32.63
450	450	0	900	24.08

Tabla 5. Efecto de la aplicación y de la residualidad de P en el rendimiento de materia seca de una mezcla forragera en un Udand de la Sierra Alta de Ecuador.

Dosis de P_2O_5 kg/ha	Primera Cosecha	Cuarta Cosecha
	t/ha	
0	3.6	3.4
100	3.8	3.7
200.	3.3	4.3

P aplicado antes de la siembra de la mezcla forragera
Contenido inicial de P = 35 ppm extraído con $NaHCO_3$

suelos dominados por complejos humus-Al de los suelos dominados por alofana e imogolita. Este hecho podría permitir una mejor caracterización de la fijación de P en suelos derivados de ceniza volcánica.

Experimentos de largo plazo han demostrado que los niveles críticos de P, considerados adecuados para un cultivo en un tipo particular de suelo, cambian cuando se siembra otro cultivo en la rotación (Smith y Cravo, 1990). Observaciones similares se han reportado en suelos volcánicos de Ecuador y Colombia. Como se discutió anteriormente, el efecto residual de las aplicaciones de P en el cultivo de la papa es bajo en este tipo de suelos, pero lo contrario ocurre con mezclas forrajeras sembradas en el mismo suelo. La Tabla 5 ilustra la falta de respuesta a la aplicación de P en el cultivo de pastos, cuando el contenido de P en el suelo es alto (35 ppm extraídos con $NaHCO_3$), observándose además un buen efecto residual. Este comportamiento sugiere que existen diferentes niveles críticos de P para diferentes cultivos sembrados en el mismo Andisol. Se necesita más investigación en esta área.

La violenta actividad volcánica ocurrida en el pasado envió cenizas a la atmósfera, las cuales se movieron largas distancias antes de depositarse en la superficie.

Esta es la razón por la cual existen suelos derivados de cenizas volcánicas a considerables distancias del punto de origen. Algunos de estos suelos se han desarrollado en ambientes de alta humedad y temperatura localizados a bajas altitudes. Se sospecha que en estos suelos la cantidad de alofana e imogolita es alta, pero el color del suelo continua siendo oscuro y en la clasificación taxonómica antigua estaban clasificados como Dystrandepts, exactamente igual a los Andisoles de mayor altura que supuestamente tienen mayor contenido de complejos humus-Al. En el caso de estos suelos desarrollados en diferente ambiente, el análisis de suelo predice razonablemente bien la respuesta a la aplicación de P. Un ejemplo se presenta en la Tabla 6 (INIAP, 1990).

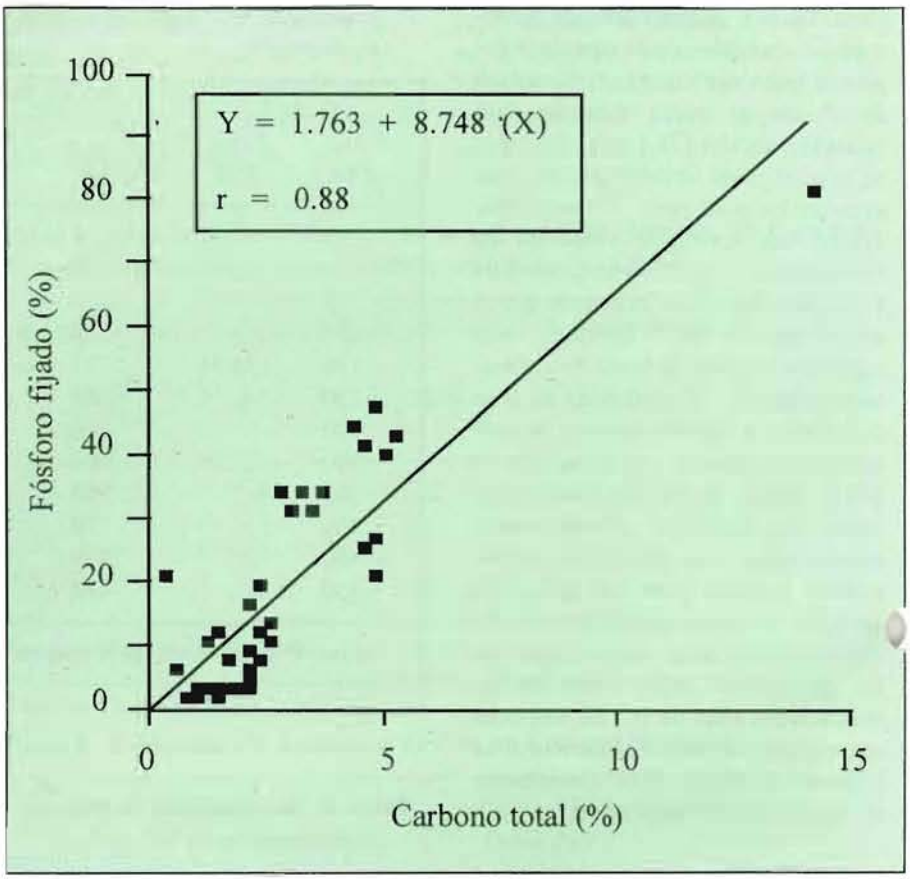

Figura 2. Correlación entre el contenido de carbono total y el porcentaje de fijación de P en Andisoles de Ecuador.

Tabla 6. Respuesta del maíz a la aplicación de P en un Udand de la Costa Tropical de Ecuador.

Dosis de P_2O_5 kg/ha	Rendimiento t/ha
0	7.5
40	8.4
80	8.3
120	8.1
Contenido inicial de P = 12 ppm extraído con $NaHCO_3$	

Conclusión

El potencial de fijación de P en Andisoles parece estar relacionado con la presencia de diferentes materiales en la facción arcilla, como resultado de las diferentes condiciones de meteorización de la ceniza volcánica. Los suelos dominados por complejos humus-Al parecen tener un mayor potencial de fijar P, la cual aparentemente es difícil de satisfacer. El contenido de C total podría ser una arma de diagnóstico complementaria que ayude a determinar la capacidad de fijación de P en Andisoles.

El análisis de suelos no predice satisfactoriamente el estado del P en el suelo para ciertos cultivos en Andisoles. Es aparente que diferentes culti-

vos tienen diferente nivel crítico cuando son sembrados en el mismo Andisol. Un mejor trabajo de calibración de los análisis de P en el suelo en Andisoles es necesario.

Bibliografía

Benitez, G. y E. Gonzales. 1988. Determinación de las propiedades Andicas y clasificación de algunos suelos de páramo. Suelos Ecuatoriales 17 :58-64.

Espinosa, J. et al. 1987. Evaluación agronómica de fertilizantes fosfatados en zonas altas de Ecuador. In L. León y O. Arregocés (eds.), Memorias Seminario de Alternativas Sobre el Uso como Fertilizantes de Fosfatos Nativos de América Tropical y Subtropical. CIAT, IFDC, CIID. Cali, Colombia.

Fassbender, H. 1969. Deficiencias y fijación de fósforo en suelos derivados de cenizas volcánicas en Latino América. In Panel Sobre Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas, IICA, Turrialba, Costa Rica.

Fox, F. L. 1980. Soils with variable charge : Agronomic and fertility aspect. In G. Theng (ed.), Soils with variable charge. Palmerton North, New Zealand Society of Soil Science.

ICOMAND. 1986. International committee on the Classification of Andisols. Circular Letter N° 8.

INIAP. 1991. Departamento de Suelos y Fertilizantes, Estación Exp. Sta Catalina. Informe técnico 1990. Quito, Ecuador.

INIAP. 1991. Departamento de Suelos y Fertilizantes, Estación Exp. Tropical Pichilingue. Informe técnico 1990. Quevedo, Ecuador.

Inoue, K. and T. Higashi. 1988. Al and Fe-Humus complexes in Andisols. In D. Kinloch, S. Shoji, F. Beinroth and H. Eswaran (eds.), Proceedings of the Ninth International Soil Classification Workshop, Japan, 20 July to 1 August, 1987. Published, by Japanese Committee for the 9th International Soil Classification Workshop, for the Soil Management Support Services, Washington, D.C., USA.

Nanzyo, M. 1988. Phosphate reactions with andisols. In D. Kinloch, S. Shoji, F. Beinroth and H. Eswaran (eds.), Proceedings of the Ninth International Soil Classification Workshop, Japan, 20 July to 1 August, 1987. Published, by Japanese Committee for the 9th International Soil Classification Workshop, for the Soil Management Support Services, Washigton, D.C., USA. Japanese Society of Soil Science. Tsukuba, Japan.

Sadzawka, M. y M. Carrasco. 1985. Fósforo, In J. Tosso (ed.), Suelos volcánicos de Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Santiago, Chile.

Smyth, J. and S. Cravo. 1990. Phosphorus management for continuous corn cowpea production in a Brazilian Amazon Oxisol. Agron J. 82 :305-309.

Sollins, P. 1991. Effects of soil microstructure on phosphorus sorption in soils of the humid tropics. In H. Tielsen, D. Hernandez López and L. Salcedo (eds.), Phosphorus cycles in terrestrial and aquatic ecosystems. Saskatchewan Institute of Pedology. Saskatoon, Canada.

Wada, K. 1980. Mineralogical characteristics of andisols. In G. Theng (ed.), Soils with variable charge. Palmerton North, New Zealand Society Soil Science. ◆

BUSCANDO EFICIENCIA EN EL USO DE NITROGENO EN ARROZ

La eficiencia con la cual se usan los fertilizantes, especialmente el nitrógeno (N) es a menudo baja. Esta baja eficiencia puede ser causada por factores que restringen la respuesta a la aplicación de N (por ejemplo nutrición desbalanceada, problemas de insectos y enfermedades y mal manejo de cultivo), o por pérdidas de este nutriente por lixiviación o volatilización. Es conocido que la urea está sujeta a considerables pérdidas debido a la volatilización como amoníaco (NH_3), especialmente en el cultivo de arroz. Por esta razón se están investigando activamente varias técnicas para reducir estas pérdidas.

Una técnica bastante prometedora es la de colocar la urea dentro del lodo anaeróbico, entre las hileras de arroz, de modo que el amonio (NH_4^+) liberado de la urea pueda ser retenido por las partículas de suelo y no se pierda a la atmósfera. La localización manual es difícil y utiliza bastante mano de obra, pero para el propósito se ha desarrollado un inyector de urea. Experimentos de campo han demostrado que el uso del inyector permite lograr rendimientos más altos con menor uso de fertilizante. Este inyector neumático utiliza urea prilada, es operado manualmente, y puede pagarse con los incrementos en rendimiento obtenidos en la primera cosecha, añadiendo solamente 20 horas extras de costo de mano de obra por hectárea.

Sin embargo, la adopción de esta tecnología ha sido mínima. Por esta razón, se han desarrollado estrategias que puedan inducir el uso del aplicador entre los agricultores. Usando datos de Togo, Bangladesh e Indonesia se concluyó que el mayor beneficio de la localización profunda de urea se logra cuando la eficiencia es de 9 kg de arroz por cada kg de N. Los beneficios son más altos y la adopción de esta técnica es más probable cuando : 1-. El costo del fertilizante es alto (en relación con el costo del cultivo) ; 2.- Los rendimientos son altos (sin otros factores limitantes) ; 3-. El suplemento de N es bajo y ; 4-. La eficiencia de aplicaciones al voleo es baja (altas pérdidas de N). ◆

Fuente : Fertilizer International