

EFFECTOS DE LA APLICACION DE CENIZA DE CASCARILLA DE ARROZ EN LA COMPOSICION QUIMICA Y MINERALOGICA DE DOS OXISOLES DE COLOMBIA¹

LUIS JORGE MESA LOPEZ²

Resumen. El presente experimento se fundamentó en las siguientes hipótesis

1. El silicio amorfo presente en las cenizas de cascarilla de arroz podría reaccionar con formas solubles del aluminio presente en el suelo disminuyendo el Al_3^+ activo.
2. El silicio amorfo adicionado disminuye la fijación del fósforo-agregado por el suelo,
3. Un incremento en el contenido de nutrientes del suelo podría ocurrir con la adición de ceniza de cascarilla de arroz, y
4. El silicio amorfo podría formar diferentes tipos de arcilla.

Las muestras de suelos utilizadas en el experimento fueron tomadas a 25 centímetros de profundidad en lotes del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) localizado en Carimagua, Llanos Orientales, Meta (Colombia). Los suelos fueron clasificados como Haplustox típico (Lote "Experimental") y Haplustox tropeptico (Lote "La Reserva") considerados como representativos de vastas extensiones de los Llanos Orientales de Colombia. El trabajo se realizó usando un diseño factorial con dos replicaciones, en

¹ Basado en el trabajo de investigación sustentado como requisito parcial para transferencia a optar al título de Ph. D (Higher Degree) en el Departamento de la Ciencia de Suelo de la Universidad de Reading, Reading, Inglaterra, presentado por el autor en febrero de 1987.

² Profesor Asistente, Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, A.A. 14490.

recipientes de plástico incubados en cuarto de temperatura constante del laboratorio de Suelos del Departamento de la Ciencia del Suelo de la Universidad de Reading, Inglaterra.

Se realizó el ensayo en dos condiciones de humedad saturado y capacidad de campo. Se usaron dosis de ceniza de cascarilla de arroz correspondiente a 0,4, 8 y 16 toneladas por hectárea ($ton.ha^{-1}$) y tiempos de muestreo de 1, 3, 8, 15, 30, 60, 90, 150, 210 y 300 días.

En cada tiempo de muestreo se realizaron las siguientes determinaciones

1. Silicio soluble en agua extraído con $CaCl_2$ 0,01M.
2. Oxidos de hierro libres, extraído con ditionito de sodio.
3. Oxidos de aluminio, con HNO_3 concentrado y H_2O_2 y agua destilada.
4. Aluminio intercambiable, extraído con KCl y determinado por Aluminon leído en Autoanalizador Automático.
5. Fósforo disponible, método de Olsen y leído en Autoanalizador.
6. pH, relación 1: 1 (suelo $CaCl_2$) leído en pH-meter ION-86.
7. Calcio, magnesio y manganeso intercambiables extraídos con KCl 1N y leídos en Espectrofotómetro de Absorción Atómica Perkin-Elmer 3030.
8. Fijación de fósforo usando solución KH_2PO_4 en $CaCl_2$ 0,01M.

9. Difracción de Rayos-X para la fracción arcilla saturada con Mg-glicol y leída en Difractómetro Philips PW 1050.

La información obtenida del presente experimento permite las siguientes conclusiones; la aplicación de ceniza de cascarilla presenta efectos significativos aumentando el contenido de calcio, magnesio y manganeso en ambos suelos y en especial bajo condiciones de saturación comparado con capacidad de campo; se muestra aumento en el contenido de fósforo soluble particularmente en condiciones de capacidad de campo.

La aplicación de ceniza de cascarilla de arroz no parece ser efectiva para disminuir la cantidad de Al-intercambiable ni el contenido de óxidos de hierro, lo cual que no disminuye la cantidad de fósforo-agregado fijado por el suelo.

Se recomienda continuar investigando con la ceniza de cascarilla de arroz bajo condiciones de campo utilizando cultivos como maíz, arroz o pastos y determinar el efecto residual de la ceniza por lo menos durante tres cultivos consecutivos.

En el presente artículo solamente se hará presentación de los resultados de mayor significación.

Abstract. The approach for the present experiment was based on the following points:

1. Amorphous silica present in rice hull ashes reacts with aluminium compounds present in the soil diminishing aluminium activity,
2. Amorphous silica added to the soil could decrease the amount of phosphate sorbed by the soil,
3. An increase in nutrient content of the soil could occur when rice hull ashes are applied, and
4. Amorphous silica could form different types of clay.

The two soil samples used in the experiment were taken from the top soil (0.25 c) of two fields ("La Reserva" and "Lote Ex-

perimental") on the Carimagua Experimental Station of the Centro Internacional de Agricultura Tropical "CIAT" located at the Llanos Orientales, Meta (Colombia). According to the New Classification System the two soils are classified as Typic Haplustox ("Lote Experimental") and Tropeptic Haplustox ("La Reserva"); they are representative of a large portion of soils in the East area of the Llanos Orientales.

A factorial design with two repetitions was used. Plastic pots capped were located on open wire netting shelves in a dark constant temperature room ($25^{\circ}\text{C} \pm 1$) of the Soils Laboratory of the Soil Science Department of the University of Reading, Reading, England.

The variables were: a.-Amount of ashes equivalent to 0, 4, 8, and 16 ton. ha⁻¹, b.-Humidity conditions: field capacity and flooded. c.-Sampling times: 1, 3, 8, 15, 30, 60, 90, 150, 210 and 300 days.

The soil samples taken from the pots every time of sampling were tested for the following determinations.

1. Silicon water soluble, extracted by 0,01M CaCl₂. (Oliver, R. 1977).
2. Free Iron Oxides extracted with sodium dithionite.
3. Aluminium oxides treated twice with HNO₃ and H₂O₂ and H₂O.
4. Exchangeable aluminium extracted with 1N KCl, determined by Aluminon Method in Automated Auto Analyser.
5. Available phosphorus determined by the Olsen Method and determined by using the Auto Analyser.
6. pH 1:1 (soil:CaCl₂) measured using a ION-86 Analyser pH-meter.
7. Calcium, Magnesium and Manganese extracted by KCl 1N and determined using a Perkin-Elmer 3030.
8. Phosphate absorption adding solutions of P (KH₂PO₄ in CaCl₂ 0,01 M) shaking for 24 hs. and determined in the Auto Analyser.

9. Mineral determinations: for X-ray diffraction analysis only the clay fraction was used Mg-glycol saturated using a Philips PW 1050 diffractometer.

The information obtained from the present experiment allows the following conclusions:

Application of rice hull ashes had a significant effect increasing the amount of calcium, magnesium and manganese in both samples mainly on flooded conditions and increase phosphate content particularly under field capacity conditions.

Application of rice hull ashes had not been effective for diminishing Al^{3+} activity or Fe-oxides content nor the amount of P sorbed.

Further work with rice hull ashes must be conducted through field trials using crops such as rice, corn or grasses and their residual effects obtained from three consecutive crops at least.

Only significant results will be mentioned in this paper.

INTRODUCCION

La información preliminar para comenzar el presente experimento fue la siguiente:

1. Relaciones entre silicio con hierro, aluminio, fosfatos y compuestos coloidales presentes en el suelo. McKeague y Cline 1963, sostienen que los compuestos de silicio y capas cristalinas de silicatos son formados en el suelo, así como también de la combinación de silicio amorfo con hierro y aluminio y la adsorción de ácido monosilícico (H_4SiO_4) por parte de óxidos e hidróxidos los cuales están comúnmente presentes en los suelos. Además, el silicio podría reaccionar con el aluminio disminuyendo la actividad de este último en la solución del suelo. El efecto a largo plazo es que parte de hierro y del aluminio en formas coloidales podrían ser recombinados con el silicio y convertidos en caolinita. El grado de resiliatación depende de muchos factores entre otros de la concentración de silicio mantenida en la solución del suelo

2. Los Oxisoles, por ser suelos altamente meteorizados, presentan un alto contenido de óxidos de hierro y aluminio a la vez que se reportan suelos de este Orden muy bajos en compuestos de silicio. Estas características mineralógicas determinan que los Oxisoles tengan muy baja fertilidad natural y que debido al alto costo de los fertilizantes y enmiendas convencionales que deben ser usados para elevar el nivel de fertilidad de estos suelos, la producción agrícola resulte en una tarea muy costosa. Sin embargo, en áreas en donde son predominantes los Oxisoles, se encuentran disponibles materiales que podrían ser utilizados para reducir al menos parcialmente, o hacer más eficiente el uso de fertilizantes. Además podrían constituirse en fuente muy barata para retornar algunos nutrientes al suelo y mejorar otras propiedades.

3. La cascarilla de arroz es material de desperdicio en zonas arroceras tropicales dando lugar a problemas de contaminación. La ceniza de la cascarilla de arroz (CCA) está compuesta de silicio (hasta un 85%) principalmente silicio monomérico, siendo la temperatura el principal factor que determina la solubilidad del silicio amorfo. Frankkard et al, citado por Mc Keague, 1963, afirma que la solubilidad del silicio en aluminio-silicatos aumenta de 20 partes por millón (ppm) a 20°C a cerca de 40 ppm a 100°C. Otro factor asociado con la solubilidad del silicio es el pH alcanzando los valores más altos alrededor de pH 9.

Dentro de este marco de aproximación teórica, el objetivo principal en realizar el presente experimento fue la de medir los cambios químicos y mineralógicos sucedidos con la aplicación de CCA a dos Oxisoles de Colombia, asumiendo las siguientes hipótesis

1. El silicio amorfo presente en la CCA podría reaccionar con compuestos de aluminio presentes en el suelo disminuyendo así la actividad del Al^{3+}
2. El silicio amorfo adicionado podría disminuir la cantidad de fósforo agregado fijado por el suelo (Obihara, 1963).

3. Al aplicar CCA podría presentarse un aumento en el contenido de algunos nutrientes en el suelo.

4. El silicio amorfo podría formar diferentes tipos de arcillas.

El experimento se realizó bajo condiciones controladas entre el mes de Octubre de 1985 y el de Diciembre de 1986.

MATERIALES Y METODOS

Las dos muestras de suelos utilizadas fueron tomadas del horizonte superior (0-25 cm.) de dos lotes "La Reserva" y "Lote Experimental" localizados en la Estación Experimental del CIAT en Carimagua, Llanos Orientales, Departamento del Meta, Colombia. El muestreo se realizó durante la época seca de diciembre de 1984. Según el Nuevo Sistema de Clasificación de Suelos los dos suelos son clasificados como Haplustox típico ("Lote Experimental") y Haplustox tropéctico (La Reserva); se les considera como representativos de una gran área de los suelos de los Llanos Orientales.

La CCA usada se tomó de una gran pila donde se quema la cascarilla de arroz de el Molino de "Semillanos" localizado en las afueras de Villavicencio, Meta.

Algunas de las características químicas de los suelos y de la CCA se indican en los cuadros 1 y 2.

Tabla 1. Propiedades seleccionadas de las muestras de suelos.

	Haplustox típico	Haplustox tropéctico
pH H ₂ O (1 : 1)	4,8	4,6
CaCl ₂ (1 :)	3,9	3,9
Ca (meq/100 g.)	0,25	0,16
Mg (meq/100 g.)	0,30	0,06
Al (meq/100 g.)	3,20	2,50
Fe ₂ O ₃ (%)	2,81	1,30
P (Olsen, ppm)	2,1	1,2
Mn (ppm)	6,4	4,2

Tabla 2. Propiedades seleccionada de la ceniza de arroz (CCA), utilizadas en el experimento.

pH (H ₂ O (1 : 1)	8,9
Si-soluble	7,9 x 10 ³ ppm
Ca-soluble	1,5 x 10 ³ ppm
Mg-soluble	8,0 x 10 ² ppm
Mn-soluble	4,0 x 10 ² ppm

Un experimento corto de agitación fué realizado antes de experimento principal. Diez gramos de suelo se mezclaron con cantidades equivalentes de CCA a 0, 4, 8 y 16 ton.ha⁻¹ disueltas en 50 ml. de agua destilada en tubos plásticos de centrífuga y agitados durante 1, 3, 5, 9 y 13 días. Las soluciones fueron centrifugadas a 3.100 rpm y en el supernadante se determinó pH, Si⁴⁺, Al³⁺, Fe³⁺ y P.

Debido a la inconsistencia de los resultados obtenidos la información no pudo ser utilizada para los propósitos planeados de hacer ajustes en el experimento realizado bajo condiciones controladas. La conclusión principal del ensayo corto de agitación fué que el silicio en suspensión no alcanza el equilibrio en ensayos de tiempo corto. Algunos reportes confirman esta conclusión (McKeague, 1963 y Elgawhary, 1972).

En el experimento bajo condiciones controladas se uso un diseño factorial con dos repeticiones. En recipientes de plásticos de 100 ml. de capacidad se colocaron 70 g. de suelo más la cantidad correspondiente de CCA y luego agitados durante 30 min.; luego se adicionó agua destilada para mantener la condición de capacidad de campo y de saturación. Los recipientes fueron tapados y colocados en malla de alambre en estantes metálicos abiertos localizados en un cuarto oscuro de temperatura constante (25°C ± 1). Las variables a considerar fueron a. Cantidad de ceniza (0, 0,121, 0,242 y 0,484 g) equivalentes a 0, 4, 8 y 16 ton. ha⁻¹. b. Condiciones de humedad capacidad de campo y saturación. c. Tiempo de muestreo 1, 3, 8, 15, 30, 60, 90, 150, 210 y 300 días.

Los recipientes fueron pesados cada mes y se les adicionó agua destilada para mantener constante la condición de humedad.

Las muestras de suelo tomadas de cada recipiente en cada tiempo de muestreo fueron analizadas para las siguientes determinaciones:

1. Silicio : extraído con $0,01M CaCl_2$, usando 1 g. de suelo y 25 de solución extractante, agitando durante 10 min. dos veces diarias durante 5 días. El silicio soluble se cuantificó colorimétricamente en un Auto-analizador por el procedimiento del ácido silicomolibdoso azul, modificado y adaptado a proceso automatizado por Oliver (1977).

2. Oxidos de hierro libres (%) : extraídos con ditionito de sodio y citrato de sodio usando 2 y 20g respectivamente en 118 ml de agua destilada y 1g, de suelo tamizado en malla No. 80. El hierro presente en el extracto se determinó por Absorción Atómica en un aparato marca Perkin Elmer 3030.

3. Oxidos de Aluminio (%) : usando 5 ml. del extracto anterior llevando a sequedad cada vez que se trató con 1 ml. de HNO_3 concentrado y H_2O_2 dos veces y una tercera con HNO_3 y finalmente disuelto en HCl 0,1N. El aluminio presente se determinó por espectrometría de Absorción Atómica.

4. Aluminio intercambiable (meq/100 g.) extraído con KCl en relación 1.10 (suelo : KCl) agitando durante 24 hs. La suspensión se centrifugó a 3.100 rpm y se tomó una alícuota de 20 ml. acidulada a pH 2,8 a 3,2 calentada a $90^\circ C$ durante 30 min. en baño de agua. Se llevó luego a volumen de 50 ml. en KCl 1N. El aluminio presente en el extracto se determinó por el método del ALUMINON en Auto Analizador Automático.

5. Fósforo disponible (ppm) por el método de Olsen y usando el Auto Analizador Automático.

6. pH en relación 1 : 1 (suelo: solución) en H_2O destilada y $CaCl_2$ 0,01M separadamente. La suspensión respectiva se dejó en reposo durante 30 min. y se midió la reacción en un potenciómetro ION-86.

7. Calcio, Magnesio (meq/100 g.) y Manganeso (ppm) extraídos con KCl 1N. Cinco gramos de suelo se agitaron durante 30 min. en 50 ml. de extractante, se filtró y se llevó a volumen de 100 ml. con KCl 1N. Para Calcio y Magnesio : 5 ml del extracto anterior se diluyeron en 25 ml de $NaCl$ (1.000 ppm) y determinados por Absorción Atómica. Para Magnesio se determinó por Absorción Atómica en el extracto con KCl 1N.

8. Absorción de fósforo (ug/g) : (se efectuó solamente para las muestras correspondientes a 1, 30, 150 y 300 días de muestreo) A 1g de muestra colocada en un tubo plástico para centrífuga se le adicionaron 25 ml de solución de fósforo (KH_2PO_4 en 0,01M $CaCl_2$) conteniendo 200, 100, 75, 50 y 0 ppm de P. Las suspensiones fueron agitadas durante 24 hs y luego filtradas. El P en el filtrado se determinó usando el método de Murphy y Riley para lecturas en Auto Analizador.

9. Determinación mineralógica : Se seleccionaron muestras para Análisis Térmico Diferencial (ATD) y para Análisis de Difracción por Rayos-X. Para esta determinación las muestras no fueron tratadas para remoción de óxidos de hierro ni materia orgánica.

Para Difracción por Rayos-X se utilizó la fracción arcilla de cada una de las muestras seleccionadas. Los especímenes orientados sobre lámina de vidrio se prepararon por el siguiente tratamiento: seco al aire y Mg-saturada; Solvatación en etilglicol y Mg-saturada; Mg-saturada y calentada a $375^\circ C$; Mg-saturada y calentada a $550^\circ C$. Los difractogramas obtenidos se analizaron para identificación visual del tipo de arcilla. El equipo utilizado fue marca Philips PW 1050 con radiación manocromática Cu K de 40 kV, 20 mA y rata de rastreo 2.20 min.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados de las determinaciones químicas y mineralógicas serán discutidos para ambos suelos a la vez teniendo en cuenta la similitud en la tendencia de cada determinación.

Silicio

Bajo condiciones de inundación (satura-

ción) la cantidad de silicio extraído de ambos suelos es mayor comparada bajo condición de capacidad de campo. Los valores para la muestra del "Lote Experimental" varió entre 30 y 45 ppm y entre 23 y 35 ppm para condición de saturación y capacidad de campo respectivamente. Para las mismas condiciones de humedad el suelo "La Reserva" varió entre 17 y 35 ppm y entre 15 y 26 ppm. Como era de esperar, los valores más altos de silicio en el suelo correspondieron a las aplicaciones de 16 ton. ha⁻¹ bajo condición de saturación para ambos suelos (Fig. 1).

El silicio soluble presente en la CCA es de $7,9 \times 10^3$ ppm, aproximadamente. Sin embargo, teniendo en cuenta las diferencias relativamente bajas en el contenido de silicio en el suelo presentada entre las diferentes dosis de CCA aplicadas, excepto para "La Reserva" bajo capacidad de campo, podría interpretarse como una insolubilización del silicio aplicado debida a reacciones entre el silicio y materiales presentes en el suelo o precipitarse en lugar de mantenerse en solución. Altas concentraciones de silicio soluble ocasionadas por la aplicación de dosis de 8 y 16 ton.ha⁻¹ podrían haber ocurrido en la solución del suelo y haber sido adsorbido por otros compuestos, posiblemente materiales amorfos con alta capacidad de intercambio aniónico tales como óxidos-hidróxidos amorfos de hierro, frecuentes en Oxisoles. Al estado actual del presente experimento no es posible aclarar o explicar esta situación.

Diferencias significativas al 0,1% fueron encontradas para dosis de CCA, humedad y tiempo de muestreo para ambas muestras.

Calcio, Magnesio y Manganeseo

El incremento de estos tres elementos fueron correspondientes a las cantidades de CCA aplicadas en los tratamientos para ambos suelos bajo cualquier condición de humedad. Como era de esperar, los niveles más altos de suministro de los tres elementos correspondieron al tratamiento de 16 ton.ha⁻¹ bajo condiciones de saturación. Particular atención merece el comportamiento del magnesio bajo capacidad de campo la cual muestra los mismos aumentos a los correspondientes bajo saturación.

El contenido de calcio varió significativamente al 0,1% para dosis de CCA, humedad y tiempo en ambas muestras (Figs. 2 y 3).

Igualmente el contenido de magnesio varió al 0,1% para CCA y tiempo. La condición de humedad no presentó significancia (Figs. 4 y 5).

El contenido de manganeseo varió significativamente al 0,1% para CCA y condición de humedad y para tiempo al 5% (Figs. 6 y 7).

De acuerdo con los resultados anteriores las CCA podrían contribuir de manera significativa a aportar calcio, magnesio y manganeseo al suelo y potencialmente se podría utilizar como una enmienda "ligera".

Aluminio intercambiable

En la Fig. 8 y 9 se aprecia claramente que el aluminio intercambiable bajo capacidad de campo aumenta para los primeros 30 días, pero después de este tiempo los tratamientos de los niveles 4, 8 y 16 tons.ha⁻¹ no mostraron diferencias significativas entre ellos ni con el testigo. Bajo condiciones de saturación la tendencia de los valores es a disminuir hasta los 90 días y luego tiende a estabilizarse. Para el aluminio se hallaron diferencias significativas al 0,1% para CCA, humedad y tiempo.

La aplicación de CCA parece no ser efectiva en la neutralización del aluminio intercambiable, al menos durante el tiempo de ensayo.

Fósforo

Quizás uno de los efectos más importantes hallados en el ensayo fue el aumento en el fósforo disponible bajo las dos condiciones de humedad (Fig. 10). Tal incremento parece ser debido a la contribución del contenido de fósforo en la CCA (800 ppm) y no a las condiciones de humedad. Después de los 30 días el contenido de fósforo se mantiene aproximadamente constante, en particular bajo condiciones de capacidad de campo. Bajo condición de saturación es claro que no existieron diferencias significativas entre tratamientos.

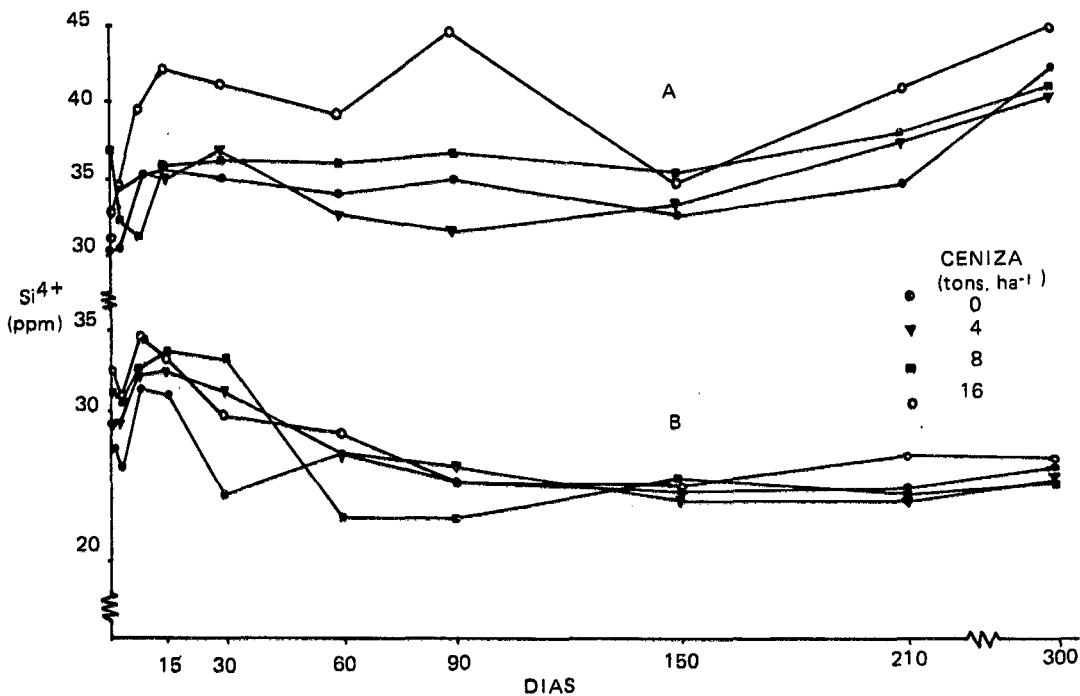


Figura 1. Silicio soluble extraído "Lote Experimental" A) Saturación; B) Capacidad de campo.

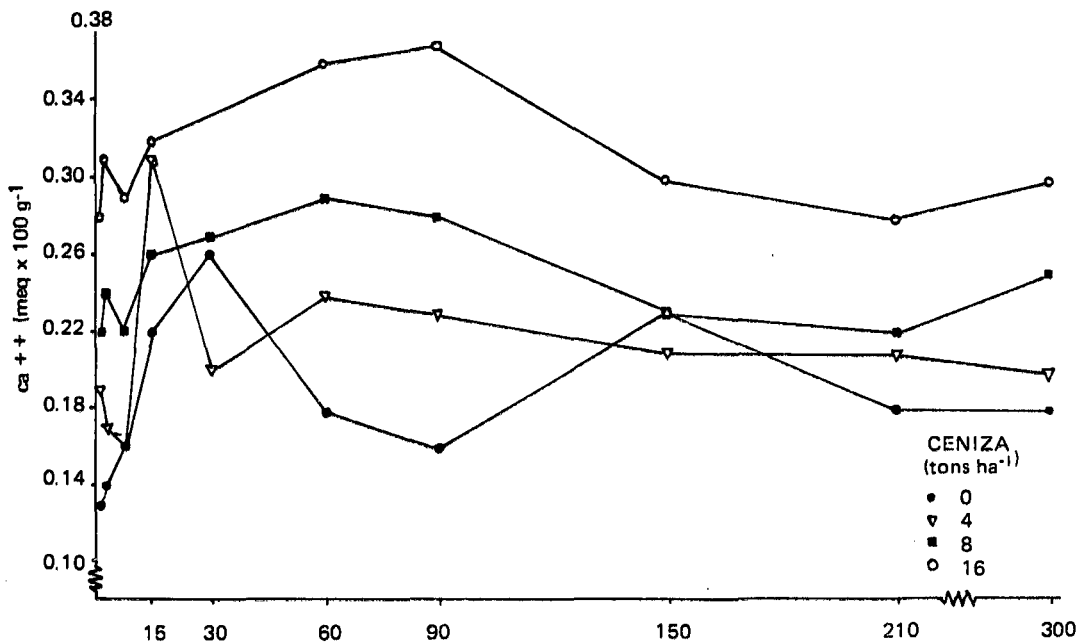


Figura 2. Efecto de la ceniza de cascarilla de arroz sobre el Ca^{++} intercambiable bajo capacidad de campo (Lote Experimental).

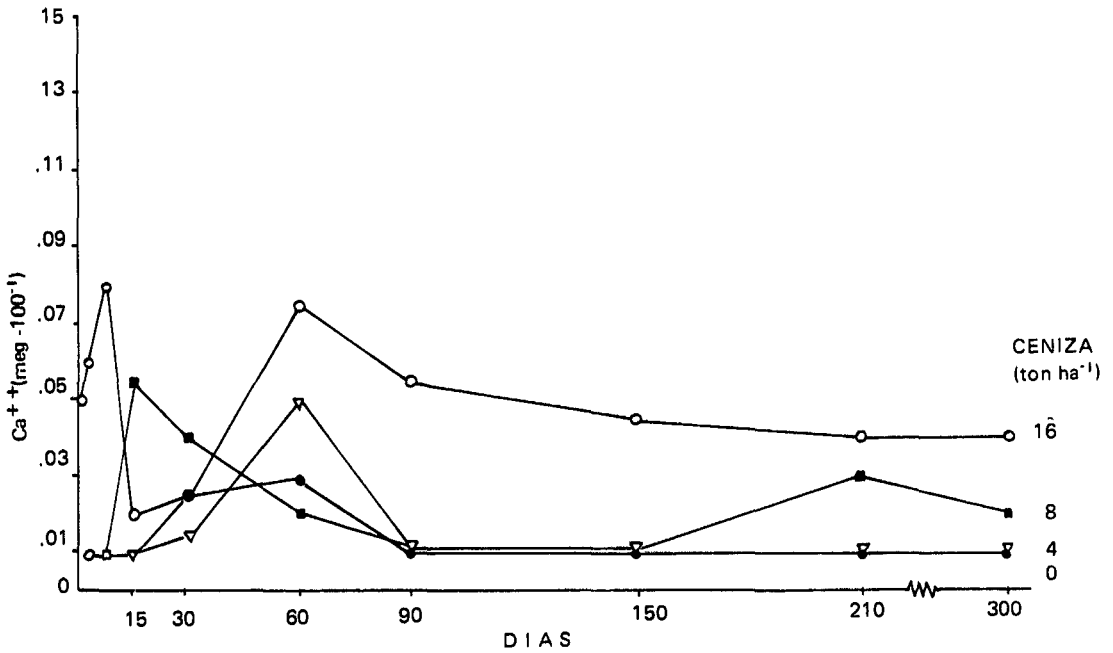


Figura 3. Efecto de la ceniza de cascarilla de arroz sobre el Ca⁺⁺ intercambiable bajo capacidad de campo ("La Reserva").

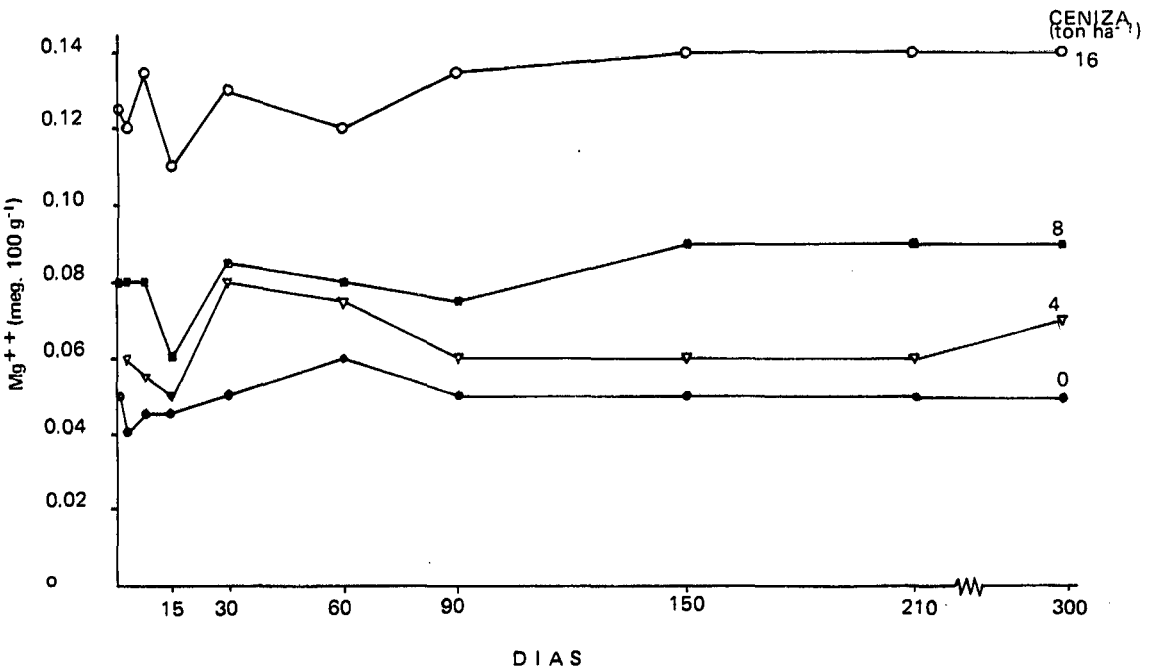


Figura 4. Contenido de Mg soluble bajo capacidad de campo y diferentes dosis de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) ("La Reserva").

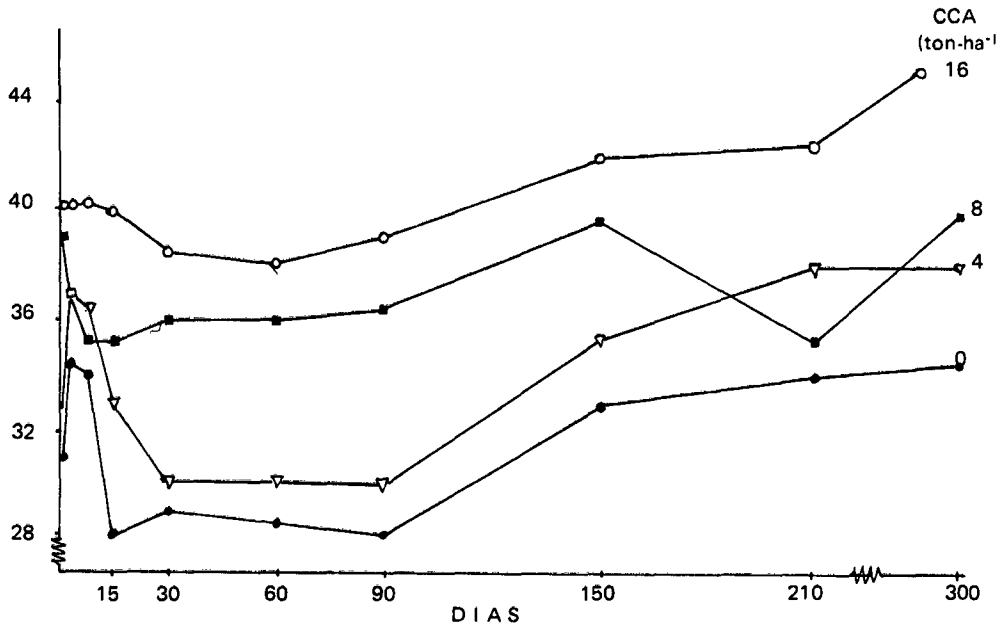


Figura 5. Efecto dosis de CCA sobre el Mg-soluble bajo capacidad de campo ("Lote Experimental").

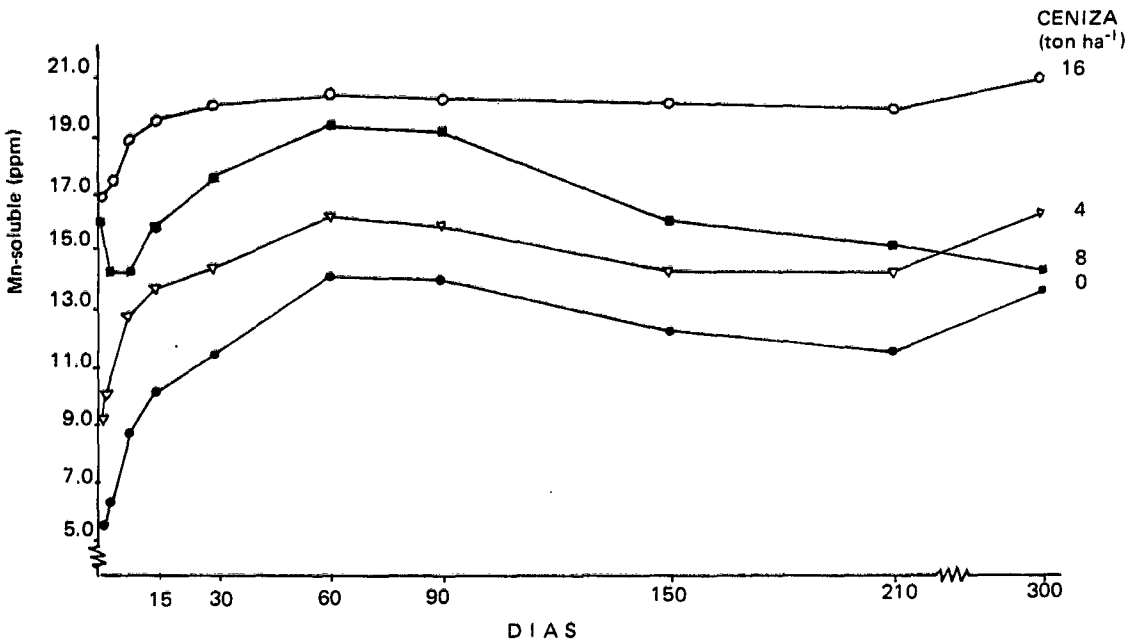


Figura 6. Efecto de la aplicación de CCA sobre Mn-soluble bajo saturación de agua ("Lote Experimental").

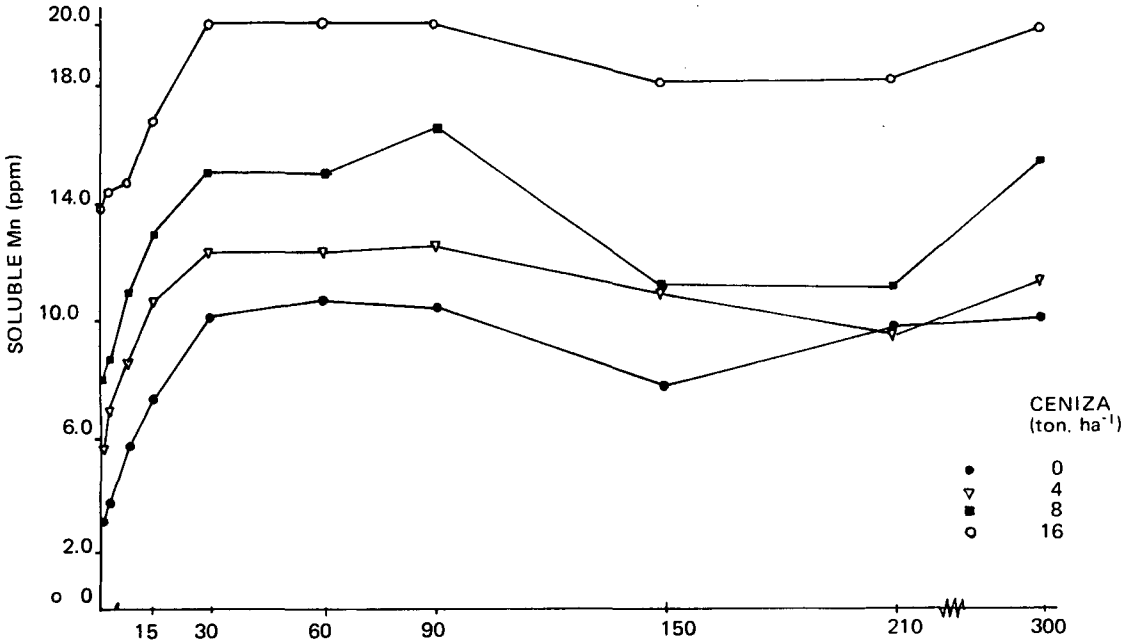


Figura 7. Manganeso soluble en función de la aplicación de ceniza de cáscarilla de arroz (CCA) baja saturación de agua ("La Reserva").

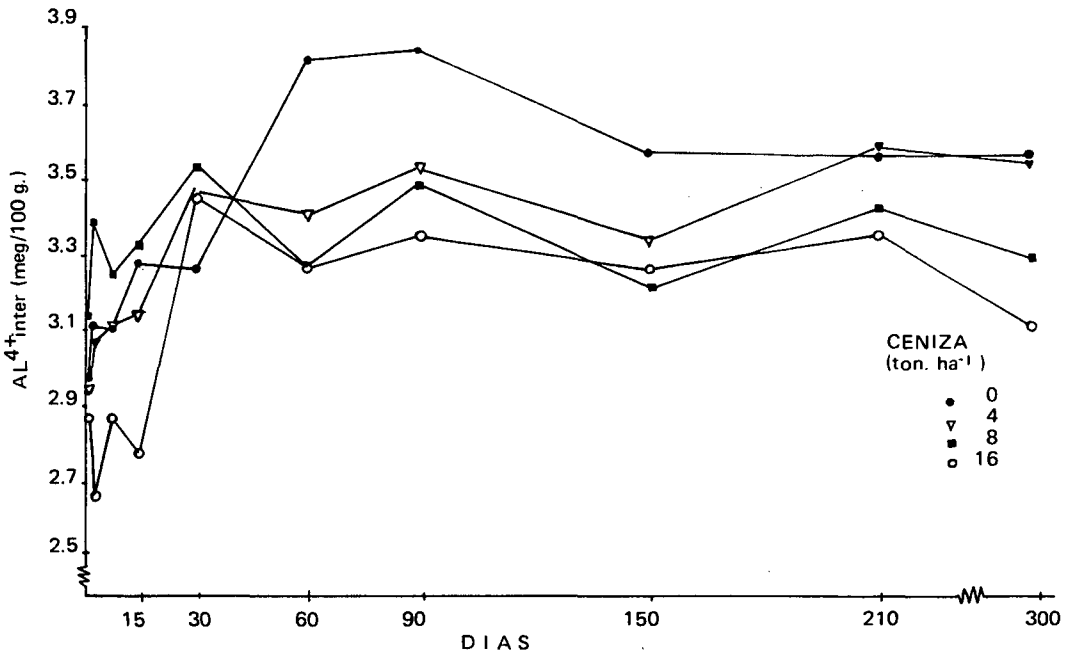


Figura 8. Aluminio intercambiable en relación con aplicación de ceniza de cáscarilla de arroz ("Lote Experimental").

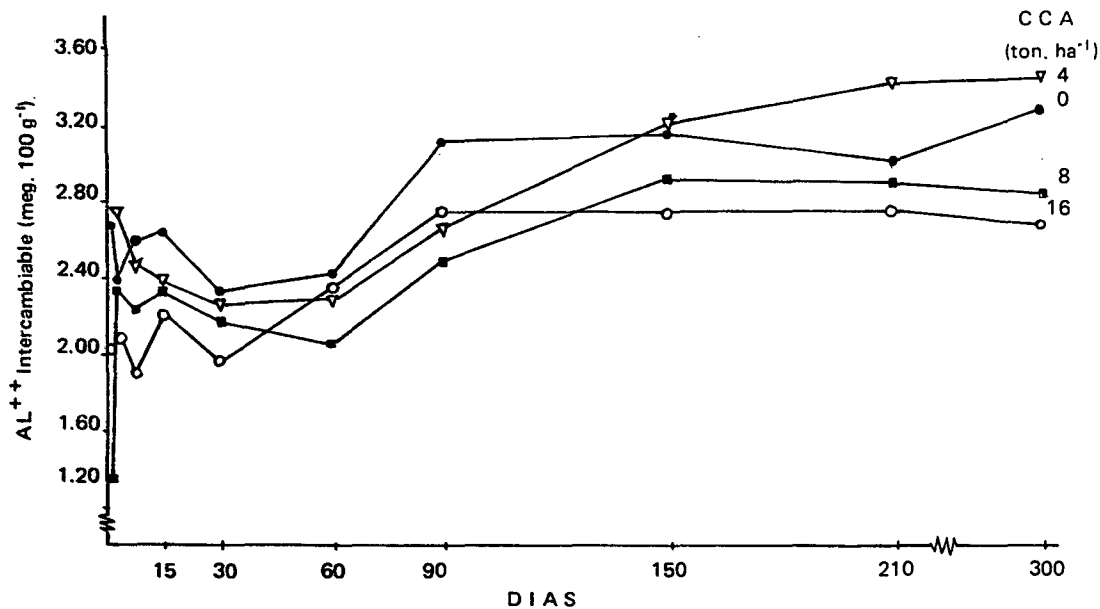


Figura 9. Efecto de la aplicación de ceniza de cáscarilla de arroz sobre el Aluminio intercambiable bajo capacidad de campo ("La Reserva"),...

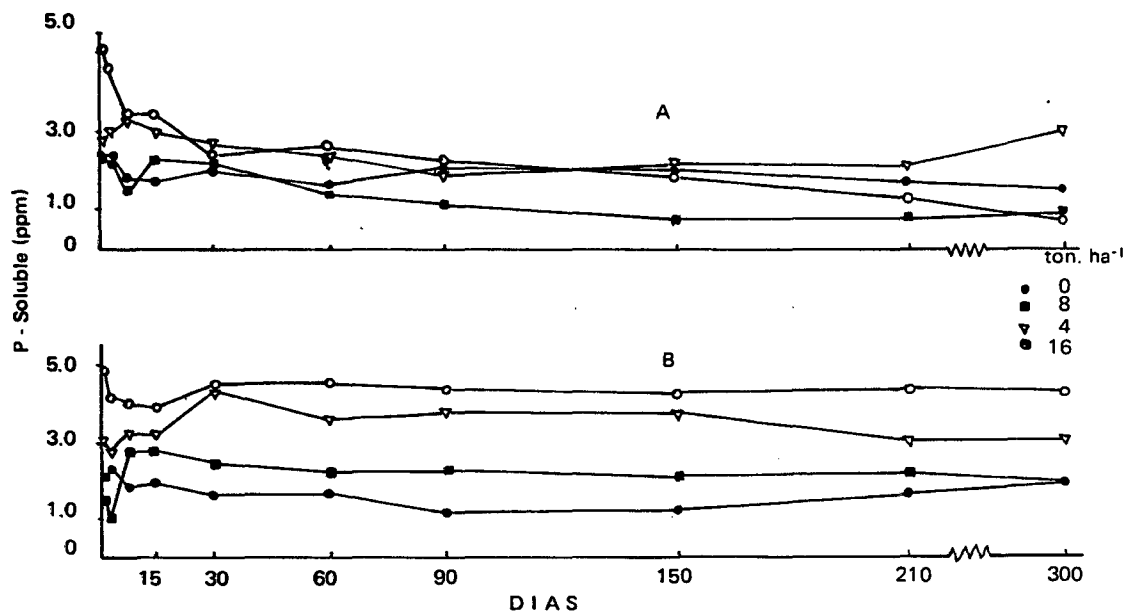


Figura 10. "Lote Experimental": efecto aplicación ceniza de cáscarilla de arroz sobre P-soluble. A) saturación B) capacidad de campo.

Después de los 30 días y bajo capacidad de campo para los tratamientos de 4, 8 y 16 ton.ha⁻¹ el contenido de fósforo disponible fué aproximadamente dos veces comparado con los mismos tratamientos bajo condición de saturación. La tendencia mostrada por el testigo es lo contrario.

Diferencia significativa al 0,1% se presentaron para CCA y tiempo; al nivel del 1% para condición de humedad.

Absorción de fósforo.

Una de las hipótesis formuladas en el presente trabajo fué que el silicio contenido en las CCA podría mantener o aumentar la solubilidad de los fosfatos agregados al suelo. Para probar esta hipótesis se realizó una prueba de sorción de fósforo sobre muestras seleccionadas correspondientes a 1, 30 150 y 300 días de muestreo.

Las Figuras 11 y 12 muestran el efecto de CCA sobre la absorción de fósforo para ambas muestras. Bajo condición de capacidad de campo las cantidades de P-absorbido fue-

ron muy poco afectadas por la aplicación de CCA. Para las mismas concentraciones iniciales en la solución de P y bajo la misma condición de humedad, las diferencias en la cantidad de P-absorbido fue similar e independiente de la cantidad de CCA aplicado.

La cantidad de P-absorbido fué considerablemente mayor para las muestras bajo condición de saturación comparado con la de capacidad de campo. Tal situación parece no estar en relación con el contenido de Fe²⁰₃ el cual fué muy similar para ambas condiciones de humedad.

De los resultados obtenidos, se deduce que bajo capacidad de campo la aplicación de CCA no afectó la absorción de P-agregado comparado con el tratamiento 0 (testigo).

Reacción de suelo (pH)

Bajo capacidad de campo el pH de ambos suelos muestra una tendencia similar: una caída significativa de 5,0 a 4,0 a los quince días y entre los 60 y 90 días posteriormente.

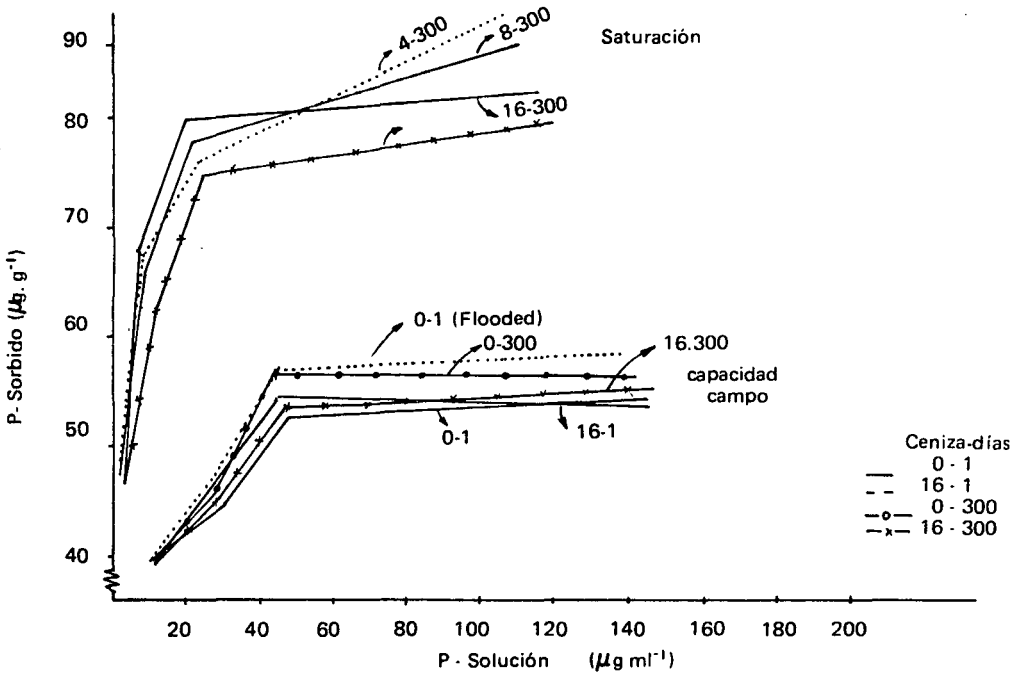


Figura 11. Fósforo fijado (sorbido) bajo dos condiciones de humedad y tiempo. Ceniza de cáscarilla de arroz aplicada ("Lote Experimental").

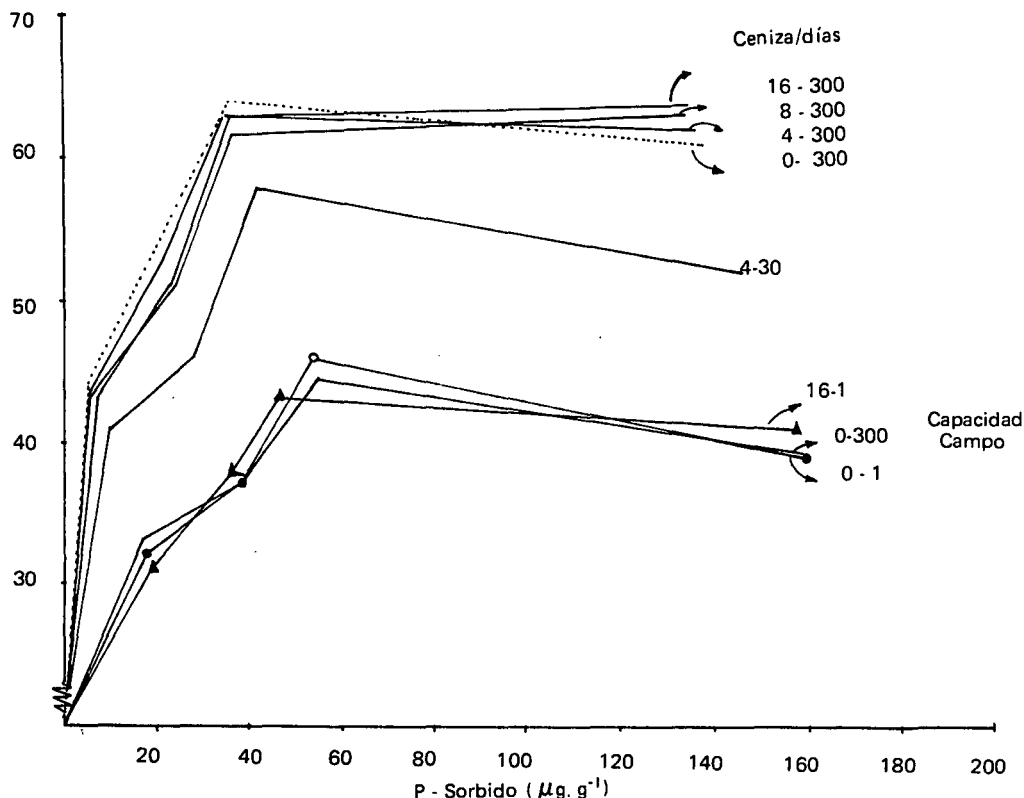


Figura 12. Fósforo fijada (sorbido) bajo dos condiciones de humedad en función de dosis de ceniza de cascarilla de arroz y tiempo. ("La Reserva").

Después de este tiempo los valores de pH se mantuvieron cercanos a 3,8 y 4,0.

Bajo condiciones de saturación para ambas muestras el pH cayó a los 15 días y luego subió constantemente hasta valores próximos a 5,0 hasta el final del experimento.

Diferencias significativas de las dosis de aplicación de CCA el pH tiende a disminuir en ambos suelos en especial bajo capacidad de campo. No se estima pues que la aplicación de CCA puede aumentar el valor del pH del suelo.

Determinaciones mineralógicas

Muestras correspondientes a 2, 3, 5 y 10 meses de incubación para todos los tratamientos de aplicación de CCA incluyendo el testigo y para ambas condiciones de humedad fueron analizadas para ATD y difracción por Rayos X.

Para la muestra testigo y la de 300 días con 16 ton.ha⁻¹ ambas bajo condición de saturación, los respectivos diagramas del ATD indican un incremento en el pico de 600°C. (caolinita) comparado con el diagrama de la muestra no tratada, es decir muestra inicial sin ACC, ni condición de humedad.

Es lógico deducir que este incremento en el pico de caolinita haya sido producido por efecto de la humedad y no por la aplicación de CCA.

De igual manera, no se encontraron diferencias en los difractogramas de Rayos X para las muestras analizadas. El principal componente en la fracción arcilla para ambas muestras es la caolinita y cantidades muy bajas de intergrados tipo 2: 1.

Se deduce, que las características de composición mineralógica en la fracción arcilla de los suelos tratados no varió por la

aplicación de CCA, al menos durante el tiempo de duración del experimento. Es posible, que al "madurar" los amorfos de silicio en tiempo mayor cristalicen formando materiales arcillosos, Weaver, C.E. 1973.

CONCLUSIONES

La información obtenida permite presentar las siguientes conclusiones

1. La aplicación de CCA (ceniza de cascari-lla de arroz) tiene un efecto significativo sobre algunos de los componentes químicos de los suelos bajo este experimento, particularmente en
 - a. Aumento en la cantidad de Ca^{2+} , Mg^{2+} y Mn^{4+} solubles.
2. La aplicación de CCA no resultó efectiva para:
 - a. Disminuir la actividad del Al^+
 - b. Disminuir el contenido de F_2O_3 y
 - c. Disminuir la cantidad de P fijado por el suelo.

Trabajos posteriores con la aplicación de CCA al suelo deberían tener tres objetivos principales

1. Determinación de la eficiencia agronómica de diferentes niveles de aplicación de CCA a través de ensayos de campo usando cultivos tales como maíz o pastos. Sería muy recomendable conducir estos ensayos en suelos con bajo contenido de silicio para poder determinar la efectividad del silicio, calcio, magnesio y manganeso que la CCA pueda suministrar a los cultivos.
2. La ceniza de cascari-lla de arroz (CCA) de-

be ser ensayada bajo condiciones de campo para determinar su eficiencia para mantener o aumentar la solubilidad de materiales fertilizantes portadores de P, y

3. Debe ser medido el efecto residual de la CCA en condición de campo sobre información suministrada por lo menos por tres (3) cultivos consecutivos sobre las mismas parcelas experimentales.

La realización de trabajos que contemplen los anteriores objetivos propuestos darán un mejor conocimiento sobre los efectos reales y la utilización de la ceniza de la cascari-lla de arroz.

LITERATURA CITADA

1. Elgawhary, S.M. and W.L. Lindsay. 1972. Solubility of Silica in Soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 36, 439-42.
2. Jones, L.H.P and K.A. Hnadreck. 1967. Silica in soils, plants and animals. Adv. Agron. 19, 107-149.
3. McKeague, J.A. and M.G. Cline. 1963. Silica in soil solutions I. The form and concentration of dissolved silica in aqueous extracts of some soils. Can. J. Soil Sci. 43, 70-82.
4. Obihara, C.J. and E.W. Russell. 1972. Specific adsorption of silicate and phosphate by soils. J. Soil Sci. 23, 105-17.
5. Oliver, R. 1977 Adaptation of the colorimetric determination of silica to the autoanalyser. Agronomic Tropicales. 32, 121.
6. Weaver, C.E. and L.D. Pollard. 1973. The Chemistry of Clay Minerals. 213 pp. American Elsevier, New York.

