

## Uso de escorias básicas de siderúrgica en la recuperación de suelos sulfatoácidos del delta del río Orinoco, Venezuela.

(Evaluation of natural and compacted phosphate rock in some soil-plant systems in Venezuela).

Carmen Rivero de Trinca, Melitón Adams y Oscar Gamboa

Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela.

### RESUMEN

En el Delta de Río Orinoco, Venezuela, se presentan grandes áreas de suelos sulfatoácidos de bajo pH, alrededor de 3.5 y altos niveles de aluminio intercambiable. Con estos suelos se realizó un ensayo de invernadero; dicho suelo fue colocado en potes equipados con extractores para obtención directa de la solución del mismo y se aplicó el equivalente a 50 y 80 Mg/ha de escoria básica de siderúrgica, se inundó y se mantuvo, en un caso bajo cultivo de arroz y en otro sin cultivo. De manera sistemática se muestreó determinándose pH, conductividad, NH<sub>4</sub>, P, Al, Na, K, Fe, Mn y Mg, en el suelo y altura de planta, macollamiento, número de panojas, rendimiento en grano y materia seca total, en el cultivo. La aplicación de escoria logró incrementar el pH del suelo en poco tiempo, bajar la conductividad y mostrar un efecto importante sobre el cultivo, por cuanto se incrementaron la altura de planta, el macollamiento, el rendimiento en grano y la materia seca total (estos últimos 141 y 180 % respectivamente en relación al testigo).

Estos resultados llevan a la posibilidad del uso de escorias, subproductos de siderúrgica, de ubicación muy cercana a la zona, como material que permita la recuperación de estas áreas.

Palabras Claves: Suelo, sulfatoácido, escorias básicas, arroz.

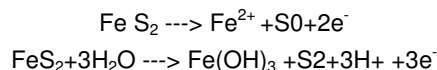
### ABSTRACT

A sulphate acid soil from the Orinoco river delta with pH of 4.0 was treated with the siderurgical basic slag and rice culture. The pH, conductivity, NH<sub>4</sub>, P, Al, Na, K, Fe, Mn & Mg were determined in the soil solution. In the culture, plant height, cluster formation and yield (grain and total dry matter) were determined. The siderurgical basic slag modified the pH and the anions and cations dynamic. It also increased yield grain production (14%) and total dry matter (180%).

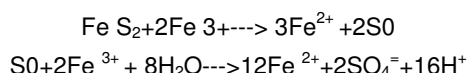
Index Words: Soil, acid sulphate, basic slag, rice

### INTRODUCCIÓN

El Delta del Río Orinoco (Venezuela) comprende grandes áreas de suelos sulfatoácidos originados al drenarse dichas áreas y provocarse la oxidación de la pirita contenida en los sedimentos formadores de estos suelos (Ponds, 1972). Sato (1960) señala que el origen de la acidez en suelos sulfatoácidos puede ser explicada mediante las siguientes reacciones químicas:



Al respecto, Breemen y Ponds (1978) indican que la producción de Fe<sup>2+</sup> es el inicio de la descomposición de la pirita; al descender el pH, aparece en solución Fe<sup>2+</sup> el cual pasa a Fe<sup>3+</sup> mediante la oxidación de la pirita:



Esto permite que la oxidación de la pirita se produzca a mayor velocidad acidificando rápidamente el suelo y generando un ciclo donde el hierro juega un papel fundamental, así como la profundidad a la cual se encuentre la pirita (Coulter, 1972). Se plantea, entonces, la necesidad de romper este ciclo y lograr elevar el pH de estos suelos, los cuales llegan a ser tan bajos como 2.5, a valores tales que permitan un uso agrícola eficiente de los mismos, aplicando alguna de las vías de recuperación que se han indicado en la literatura. Al respecto, Moorman, (1963) y Seiler (1989) señalan las siguientes:

Limitar la oxidación de la pirita por inundación permanente.

Oxidar aceleradamente la pirita y filtrar luego con agua salobre

Uso de enmiendas.

Ahora bien, se ha señalado que el mantenimiento de estos suelos bajo condiciones de inundación conllevaría el desplazamiento del pH a valores cercanos a la neutralidad (Ponnamperuma y col, 1966). Sin embargo, Rivillo (1986) encontró que el pH de un suelo sulfatoácido (proveniente del Delta del Orinoco) usado en sus ensayos sólo lograba alcanzar valores de 4.0 a pesar de ser sometido a inundación permanente. En virtud de estos resultados, se creyó conveniente la aplicación de tratamientos adicionales a la inundación como una vía a la recuperación de estos suelos.

Esto llevó a estudios que permitiesen encontrar tratamientos tendientes a incrementar la capacidad del suelo para neutralizar la acidez producida durante la oxidación de la pirita. En este marco, surge el uso de escorias básicas de siderúrgica, subproducto de la industria del acero de reacción alcalina y con suficiente contenido de calcio y magnesio como para ser considerada material de enmienda en estos suelos. En este sentido, López (1980), encontró que estos materiales tenían un excelente poder neutralizante de la acidez del suelo. Por otra parte, Dev y Sharma (1970), lograron efectos significativos sobre el pH, los cuales eran mayores cuanto más fino se aplicaba el material.

Esto condujo a la ejecución de experimentos que permitieran comprobar la eficacia de las escorias como generadoras de cambios en el pH y en la dinámica de cationes y aniones en estos suelos, cambios que tenderían a incrementar los rendimientos de plantas cultivadas en ellos.

## MATERIALES Y METODOS

Un suelo sulfaquepts proveniente del Delta del Rio Orinoco fué triturado, tamizado y colocado en potes de plástico de 35 cm de diámetro por 54 cm de altura, los cuales estaban provistos de extractores consistentes de un tubo de plástico cribado recubierto con un manto geotextil, Figura 1, modelo ensayado por Rivillo (1986) con adecuados resultados. Los tratamientos aplicados fueron los siguientes:

Testigo: 0 escoria, sin cultivo

Tratamiento 1: 50 Mg/ha de escoria + Arroz

Tratamiento 2: 80 Mg/ha de escoria + Arroz

Tratamiento 3: 50 Mg/ha de escoria

Tratamiento 4: 80 Mg/ha de escoria

En un diseño completamente aleatorio, con 3 repeticiones.

La composición de la escoria usada es la siguiente: 28,8 % de calcio, 6,57 % de magnesio, 0,69 % de manganeso, 1,13 % de hierro, 0,001 % de cobre, 0,02 % de zinc y trazas de  $P_2O_5$ .

Se aplicó una fertilización básica consistente de: 100 kg de N/ha, 20 kg P/ha y 50 kg K/ha, el nitrógeno se aplicó fraccionado en función de la evolución de su dinámica. Los potes fueron colocados en el invernadero, se procedió a inundarlos usando agua desionizada y se sembró arroz de la variedad ARAURE 4.

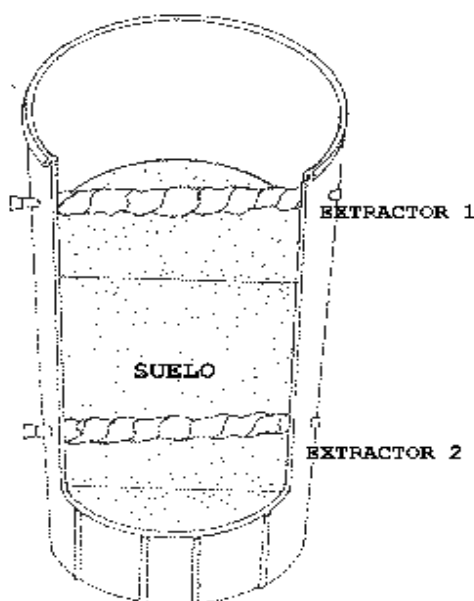


Figura 1. Esquema de los potes usados

A las 24 horas de inundados se inició el proceso de muestreo, colectando la solución de suelo a través de los extractores. Esto se realizó manteniendo las condiciones de reducción imperantes en el perfil, haciendo la colección bajo atmósfera de nitrógeno, el aire contenido en el frasco colector se desplazaba haciendo burbujear nitrógeno antes de permitir el drenaje de la solución del suelo a dicho frasco. En la solución así obtenida se determinó: pH, conductividad, K, Na, Fe, Ca,  $NH_4$ , Mn, Mg, P, y Al. El pH y la conductividad fueron leídas inmediatamente en el invernadero, luego las muestras se acidificaron y se trasladaron al laboratorio para la determinación de K, Na, Fe, Ca, Mg y Mn por Absorción Atómica y  $NH_4$ , P y Al por Flujo Continuo. Además se llevó un registro de variables del cultivo tales como: altura de plantas, macollamiento (número de tallos/ pote), número de panojas, materia seca y rendimiento en grano.

## RESULTADOS Y DISCUSION

### EVALUACION DE DINAMICAS.

En todos los casos se observó un ligero descenso del pH en los primeros cuatro días, figura 2, para luego incrementarse. Ahora bien, en el suelo donde se aplicó escoria + arroz se observaron valores de pH menores en relación a aquellos donde se había aplicado escoria, hasta alrededor de los 40 días.

Posteriormente esto cambia y se logran incrementos sostenidos llegando a un valor de 6,6 al final del ensayo, lo cual estaría ligado al poder neutralizante de la escoria y la interacción con el cultivo.

La figura 3 ilustra la cinética de la conductividad eléctrica del suelo, observándose en todos los casos un descenso sostenido de la misma después de los 40 días, cuya magnitud es mayor en el suelo que recibió escoria + arroz. Esto es debido al efecto de absorción de la planta y precipitación por el poder oxidante de la rizósfera por cuanto los valores para el testigo y el suelo con escoria, sin arroz tienden hacia valores similares.

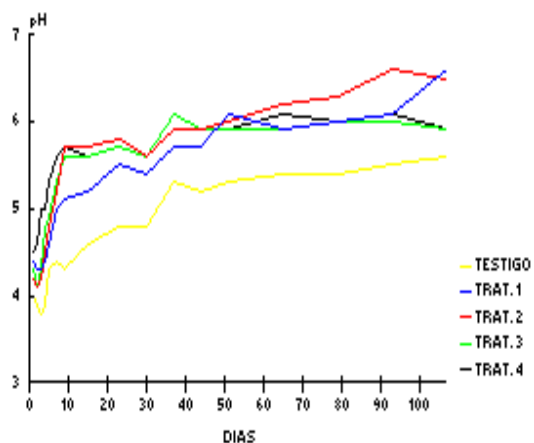


Figura 2. Dinámica del pH

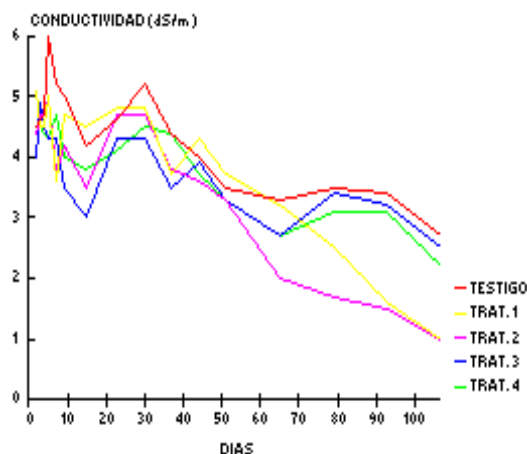


Figura 3. Dinámica de la conductividad eléctrica

El patrón de comportamiento seguido por el K, Mg, Na, Mn, Al y  $\text{NH}_4$ . Figuras 4, 5, 6, 7, 8 y 9 respectivamente fue similar por cuanto en todos ellos se produjo un marcado descenso en sus concentraciones hacia el final del ensayo en el suelo que recibió escoria + arroz. La actividad de la planta y el aporte de escoria constituyeron los factores determinantes; es importante destacar que en el caso del  $\text{NH}_4$  descendió después de los 20 días y se incrementó al reabonar para llegar a valores mínimos a los 107 días.

En el caso del hierro, se produjo un incremento considerable en su concentración alrededor de los 30 días, volviendo a incrementarse a los 45 días, para luego descender en forma sostenida, especialmente en los suelos con escoria aun cuando los valores mínimos se registraron en los casos de aplicación de escoria y arroz, este comportamiento es atribuido a la actividad de la planta: macollamiento ocurrido alrededor de los 30 días lo cual aumentó el poder oxidante de la rizósfera, causando la precipitación de compuestos de hierro. El fósforo, solo registró variaciones en los primeros 4 días y luego se estabilizó para todos los tratamientos, lo cual está ligado a interacciones con el hierro y aluminio. El calcio, presentó un comportamiento muy variable registrándose un gran descenso hacia los 50 días para luego incrementarse considerablemente, lo cual estaría ligado a los procesos de disolución de la escoria.

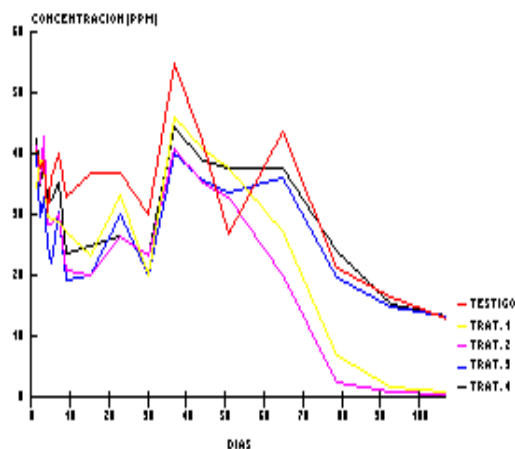


Figura 4. Dinámica del potasio

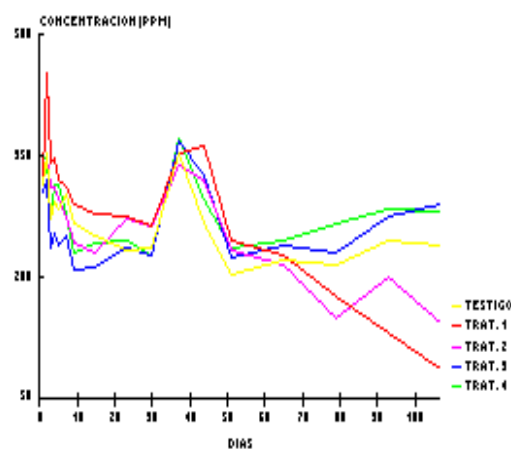


Figura 5. Dinámica del magnesio

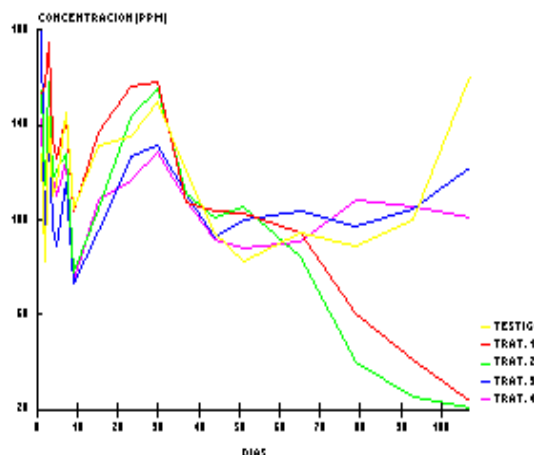


Figura 6. Dinámica del sodio

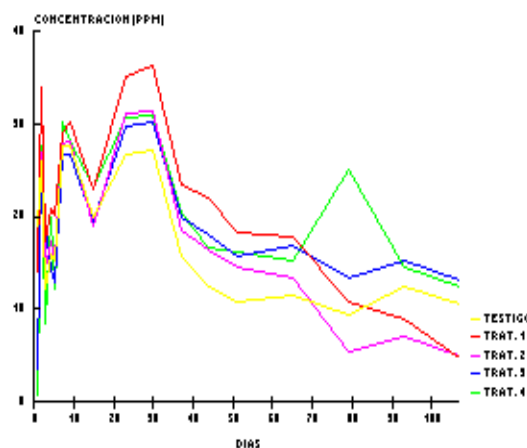


Figura 7. Dinámica del manganeso

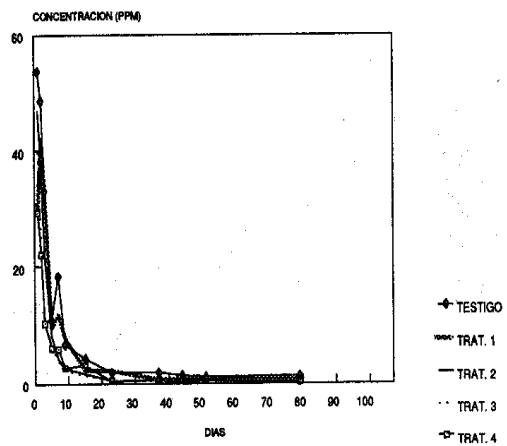


Figura 8. Dinámica del aluminio

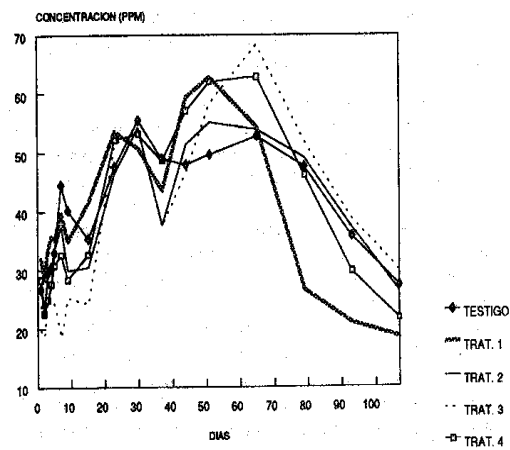


Figura 9. Dinámica del amonio

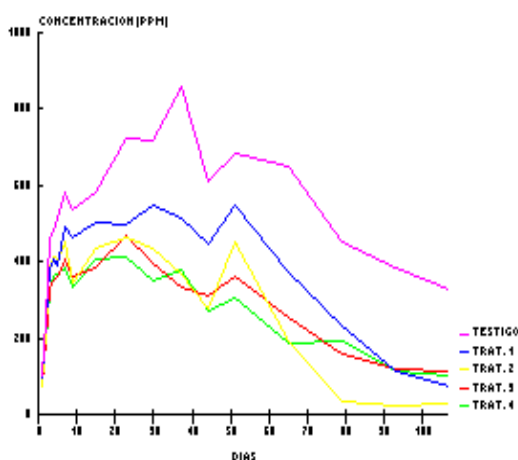


Figura 10. Dinámica del hierro

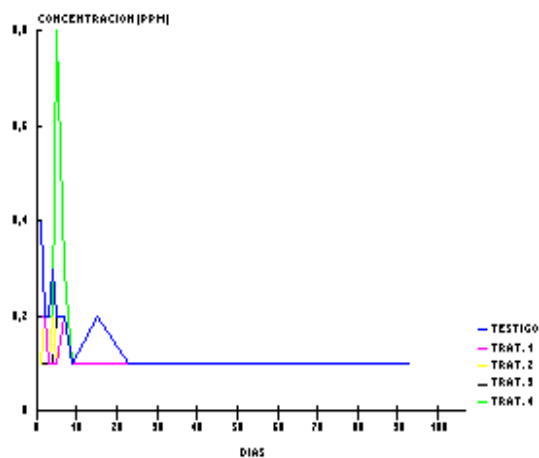


Figura 11. Dinámica del fósforo

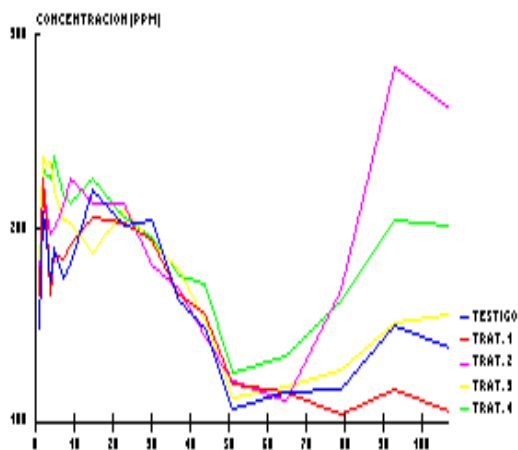


Figura 12. Dinámica del calcio

### Evaluación del rendimiento del cultivo

La aplicación de escorias produjo incremento en la altura de las plantas, siendo mayor en el suelo que recibió la máxima dosis de escoria, aun cuando esto no fue significativo en relación a la menor dosis. Un comportamiento similar fue seguido por el número de panojas por planta (macollamiento), materia seca total y rendimiento en grano, tal como se aprecia en la figura 14, Figura 15 y Figura 16 respectivamente. Este efecto es originado por la escoria como consecuencia de la neutralización de la acidez tal como se desprende de la dinámica del pH y el aluminio y su aporte de calcio y magnesio como nutrimento.

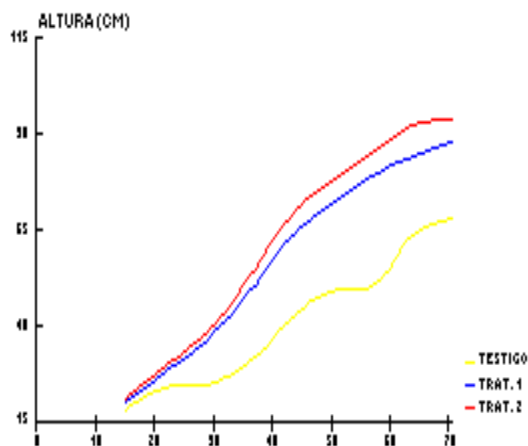


Figura 13. Altura de planta

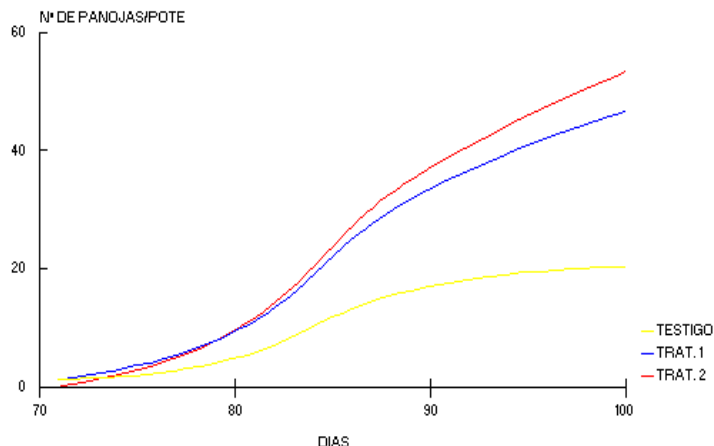


Figura 14. Número de panojas/pote

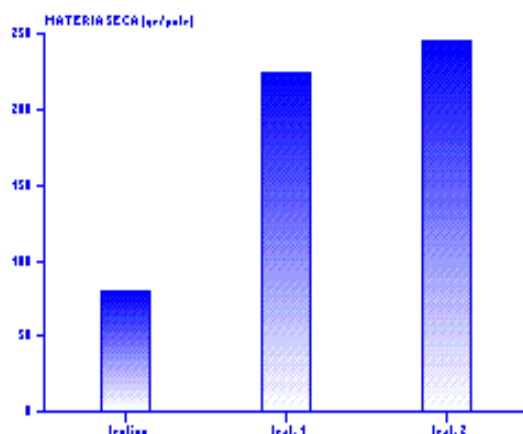


Figura 15. Materia seca total

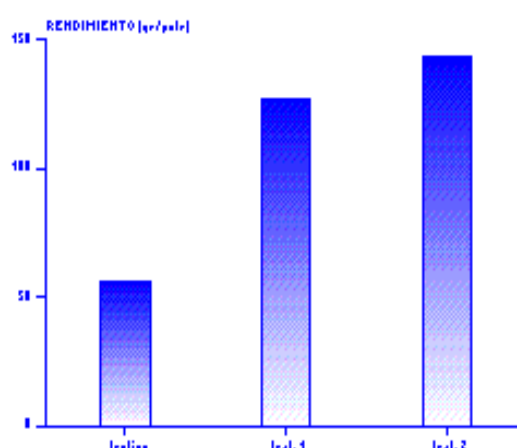


Figura 16. Materia seca total

## CONCLUSIONES

Las escorias básicas de siderúrgica constituyen una alternativa viable, que debe considerarse y seguirse evaluando, en la recuperación de suelos sulfatoácidos, por cuanto produce desplazamientos deseables de variables de suelo implicadas en el uso agrícola eficiente del mismo.

## AGRADECIMIENTO

Los autores desean agradecer al CONICIT el soporte financiero de esta investigación (PC-081), así como a FOSFASUROESTE, por el cofinanciamiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- COULTER, J.K. 1972. The management of acid sulphate and pseudo- acid sulphate soils for agriculture and other uses. In: Proc. Symp. Acid Sulphate Soils. Waggeningen. pp 255-274.
- DEV, G. AND P. SHARMA. 1970. Basic slag as liming materials. The Indian Journal of Agric. Sci. 40(10):856-863.
- LOPEZ DE R., I. 1980. Determinación de la naturaleza de la acidez en suelos representativos de Venezuela y su influencia en los requerimientos de cal. Tesis MSc. Postgrado en Ciencia del Suelo. Facultad de Agronomía. UCV. 53 p.
- MOORMAN, F.R. 1963. Acid sulphate soils (cat-clay) of the tropic. Soil Sci. 95:271-275.
- PONDS, L.J. 1972. Outline of genesis, characteristics, classifications and improvement of acid sulfate soils. Proc. Int. Symp. Acid Sulfate Soil. Waggeningen. pp 3-18.
- PONNAMPERUMA, F., E. MARTINEZ y T. LOY. 1966. Influence of redox potential and partial pressure of Carbon Dioxide in pH values and the suspension effects of flooded soils. Soil Sci. 101:421-431.
- REYES., G. 1983. Caracterización química de las escorias básicas provenientes de la industria del hierro y su posible utilización agrícola. Trabajo de grado. Fac. Agron. UCV. pp 12-27
- RIVILLO, A. 1986. Cinéticas físico químicas de suelos venezolanos bajo condiciones de inundación, una metodología computarizada. Tesis Doctoral Facultad de Agronomía U.C.V. Maracay. 378 p.
- SATO, M. 1960. Oxidation of sulfides ore bodies. 1. Geochemical Environment in terms of Eh and pH. Econ. Geol. 55:928-961.
- SEILER, E. 1989. Acid sulphate soils-their formation and agricultural use. Tropenlandwirt. Alemania. pp 137-155.