NEUTRALIZACIÓN DE LODOS ROJOS PROVENIENTES DE CVG-BAUXILUM CON YESO Y SU INTERACCIÓN CON UN SUELO DE SABANA

Fernandes, María[1], Ramírez, Armando[1], Tosiani, Tommaso[1]*
1. Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad Central de Venezuela.
ilevahc@gmail.com

Palabras clave: lodos rojos, bauxita, suelo, neutralización, yeso

Resumen

Las empresas productoras de aluminio generan millones de toneladas de desecho conocido como "lodos rojos". Este producto con un pH mayor o igual a 12 es depositado en lagunas de decantación y expuesto al ambiente. Este trabajo plantea la determinación de la composición química y mineralógica de los lodos rojos provenientes de la bauxita venezolana, y su tratamiento con yeso para obtener un material con menor alcalinidad. Una vez tratado el desecho evaluar su comportamiento cuando es incorporado a un suelo de sabana. Los resultados apuntan a que es posible remediar los lodos rojos antes de ser expuestos al ambiente, aumentando la posibilidad de un uso posterior como sustrato para la vegetación.

Abstract

Aluminum producing companies generate millions of tons of waste known as "red mud", the product with a pH greater than or equal to 12 is deposited in settling ponds. This paper discusses the determination of the chemical and mineralogical composition of red mud from Venezuelan bauxite, and its treatment with gypsum to obtain a material with lower alkalinity. Once treated the waste to assess their behavior when incorporated into a savanna soil. The results suggest that it is possible to remedy the red mud before being exposed to the environment, raising the possibility of future use as a substrate for plant growth.

Introducción

La alúmina (Al_2O_3) es obtenida a través del proceso Bayer, que consiste en hacer reaccionar la bauxita con NaOH concentrado, bajo condiciones de presión y temperaturas elevadas (Wehr *et al*., 2006). La producción de 1 tonelada de alúmina genera de 1 a 1,5 toneladas de desecho llamado lodos rojos (Borges *et al*., 2011).

La acumulación de lodos rojos a nivel mundial ha alcanzado hasta el 2007 un estimado de 2700 millones de toneladas, incorporándose 120 millones de toneladas cada año (Power *et al*., 2011).

Los lodos rojos son desechos altamente alcalinos y poseen concentraciones elevadas de sodio. Su composición mineralógica incluye hematita, goethita, boehmita, cuarzo, también óxidos de calcio, óxidos de titanio (anatasa y rutilo), sodalita, yeso, con una menor presencia de calcita y gibsita.

Este desecho es dispuesto en grandes áreas de tierra para su almacenamiento y su remediación ha sido difícil de alcanzar debido a que presenta alcalinidad y sodicidad elevadas (Courtney & Mullen, 2009). Por otro lado, existe la necesidad de manejar grandes volúmenes de lixiviados, con un alto riesgo de infiltración de la solución alcalina a las aguas subterráneas. Su almacenamiento puede tomar muchos años en consolidar y secar el material, antes de que la remediación puede comenzar (Jones *et al*., 2012). Sin embargo, en los últimos años puede encontrarse grandes esfuerzos en la remediación de estos sistemas aplicando ensayos de revegetación en estas áreas. Es por ello que, todas las investigaciones que conlleven a evaluar el efecto que podría presentarse entre mezclas de suelos con lodos rojos enmendados, han sido emprendidas por muchos investigadores.

Este trabajo tiene como finalidad determinar el efecto que podría presentarse en un suelo de sabana, si es puesto en contacto con lodos rojos enmendados con yeso. Esto conlleva a tener una visión general del comportamiento de estos sistemas y poder aplicar este medio de remediación en los próximos años a los desechos generados en CVG-Bauxilum.

Método experimental

En primer lugar fue determinada la composición química y mineralógica de los lodos rojos provenientes de la planta CVG-Bauxilum. Para ello

fueron preparadas por triplicado mezclas de lodo rojo (LR) con metaborato de litio ($LiBO_2$), pesando aproximadamente 0,25 g de LR y 1,25 g del fundente; en crisoles de grafito. Luego, fue llevado a la mufla a una temperatura de 900 °C por 50 minutos. Finalizado el tiempo de fusión, y esperando a que los crisoles llegaran a temperatura ambiente, fue añadida a cada perla de 10 a 15 ml de HNO_3 al 10 % con agitación continua y calentando a 40 °C hasta su disolución completa. Finalmente, fue trasvasado cuantitativamente para la determinación de Fe, Al, Si, Ca, Ti y Na utilizando para ello el espectrómetro de emisión óptica de plasma acoplado inductivamente ICP-OES marca Horiba Yobin Yvon modelo *Ultima 2*.

Para la determinación de las fases minerales en los lodos rojos fue utilizado el equipo de Difracción de Rayos X Bruxer-AXS, modelo D8 Advance, donde las condiciones de trabajo fueron, barrido con el goniómetro de los 2° a 88° a una velocidad de 2°/min, para así obtener el difractograma correspondiente. La interpretación de los espectros se realizó con la ayuda del software de evaluación EVA.

La neutralización de los lodos rojos (enmienda) fue llevada a cabo, mezclando mecánicamente en un recipiente el LR con yeso durante aproximadamente 5 minutos, en una proporción de 10 % m/m para así obtener, lodo rojo tratado (LRTY 10%). Una vez preparado el LRTY 10% fue mezclado con un suelo de sabana (suelo ácido) en una relación de 4:1 resultando el sistema ahora **SLRTY 10%.**

Utilizando cilindros de cloruro de polivinilo (PVC), fue vertido la cantidad necesaria de SLRTY 10% para alcanzar 15 cm en el cilindro (30 g aproximadamente). Cada cilindro (columna) fue sellada en un extremo con un tapa que contenía múltiples orificios y colocando 4 papeles de filtro (whatman N° 42) de igual tamaño al diámetro de la tapa. La utilización de aproximadamente 30 g de SLRTY 10%, representa la relación de 850 t ha^{-1} semejando a los primeros 15 cm de arado en un suelo. Este proceso fue realizado por triplicado.

También fue puesto en columnas de PVC aproximadamente 30 g de suelo sin lodos rojos enmendados, para evaluar el sistema sin interferencias.

Luego de colocar las columnas en un soporte fue añadido paulatinamente agua deionizada hasta recolectar 6 alícuotas de 25 ml cada una, equivalentes a 150 ml de agua que ha percolado en el sistema. A cada alícuota obtenida, inmediatamente fue determinado el pH, la conductividad y la concentración de Na.

En la Figura 1 puede observarse el montaje experimental realizado para la obtención de la solución del suelo con lodos rojos enmendados y del suelo sin interferencias.

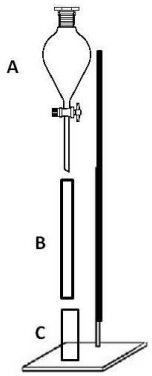

Figura 1. Montaje utilizando cilindros (columnas) de cloruro de polivinilo. (A) agua deionizada. (B) columna de PVC. (C) obtención de extractos de 25 ml.

Resultados y Discusión

En la Tabla 1 puede encontrarse los resultados obtenidos en cuanto a la composición química de los lodos rojos provenientes de CVG-Bauxilum.

Tabla 1: Composición química de los lodos rojos de CVG-Bauxilum

COMPUESTO	% (m/m)
Na_2O	2,19
Al_2O_3	21,91
SiO_2	14,16
CaO	3,57
TiO_2	3,06
Fe_2O_3	39,00

En la Figura 2 puede observarse el espectro de difracción de rayos X obtenido de la muestra.

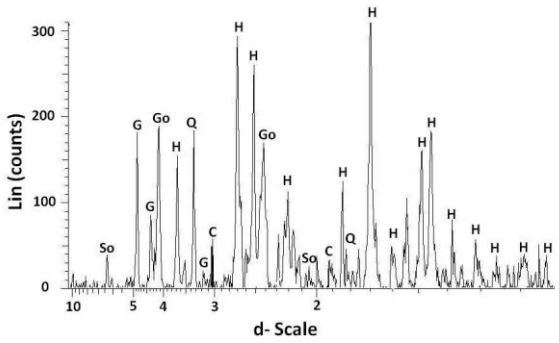

Figura 2. Espectro de rayos X del LR de CVG-Buxilum.

La composición química de los lodos rojos utilizados en este estudio, es similar a la composición de los desechos generados en otros países, tal como lo reporta Snars y Gilkes (2009). De la misma manera, las fases minerales presentes en la muestra, son similares a las reportadas para lodos rojos generados en otras plantas a nivel mundial. Las fases minerales presentes son hematita (H), goethita (Go), cuarzo (Q), gibsita (G), calcita (C) y sodalita (So).

En la Figura 3 puede encontrarse los valores de pH obtenidos para el sistema que solo contenía suelo. Esto, con el objeto de poder comparar el efecto que ejerce los lodos rojos tratados con yeso a un suelo de sabana.

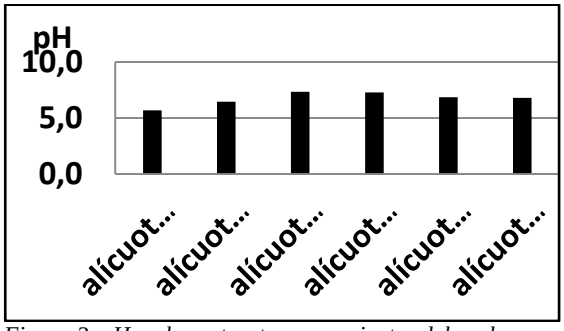

Figura 3. pH en los extractos provenientes del suelo

De la misma forma, en la Figura 4 puede observarse los valores obtenidos de conductividad para la solución del suelo.

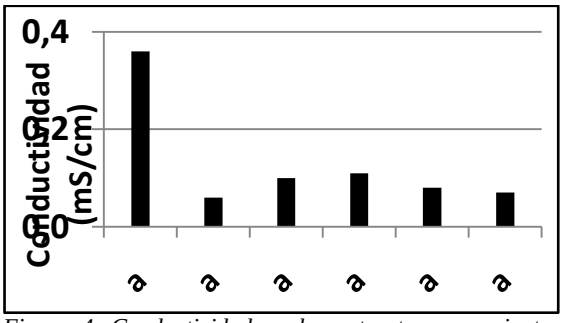

Figura 4. Conductividad en los extractos provenientes del suelo.

Como puede observarse, el pH y la conductividad obtenida son los típicos de una solución de suelo de este tipo, calificándose como un suelo ácido.

En las Figuras 5 y 6 puede observarse los valores de pH y conductividad obtenidos para la solución del suelo de sistema SLRTY 10%.

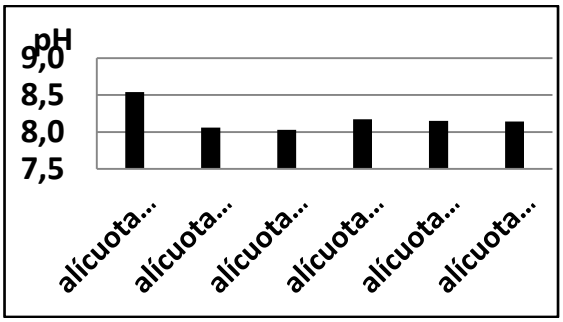

Figura 5. pH en los extractos provenientes del sistema SLRTY10%.

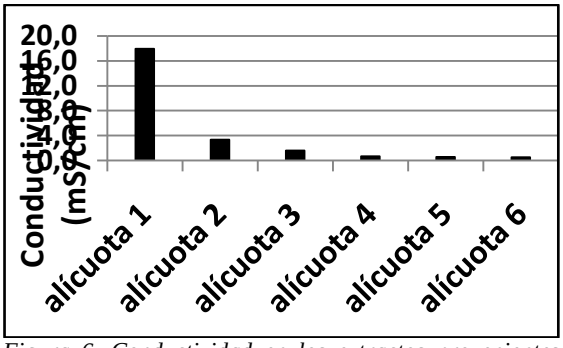

Figura 6. Conductividad en los extractos provenientes del sistema SLRTY 10%.

Como puede observarse, hay un aumento de pH de 5,7 a 8,54 al comparar la primera alícuota de 25 ml recolectada, entre el suelo sin lodos rojos enmendados y el sistema SLRTY10%. Esto indica una pertubación muy evidente del sistema,

generando un suelo muy alcalino. Para el resto de las alícuotas solo hay una pequeña variación entre el suelo y el SLRTY 10%.

Del mismo modo, al comparar los primeros 25 ml obtenidos en ambos sistemas, puede observarse un aumento de la conductividad de 0,36 a 17,95 mS/cm (alícuota 1), indicando así que en el sistema SLRTY 10% la solución del suelo posee una gran fuerza iónica. Según lo reportado por Sparks (2003), un suelo con estas características es clasificado a grandes rasgos como un suelo que podría generar sensibilidad moderada hacia plantas superiores y así afectar su crecimiento y desarrollo. Sin embrago, la conductividad disminuye significativamente en las alícuotas posteriores, alcanzando valores cercanos al del suelo sin lodos rojos enmendados. En las Figuras 7 y 8 puede observarse los valores de concentración de Na en cada alícuota de 25 ml de solución del suelo y en el sistema SLRTY 10%.

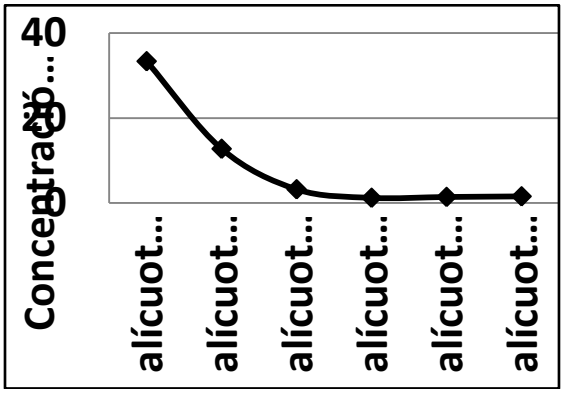

Figura 7. Concentración de Na en los extractos obtenidos de la solución del suelo.

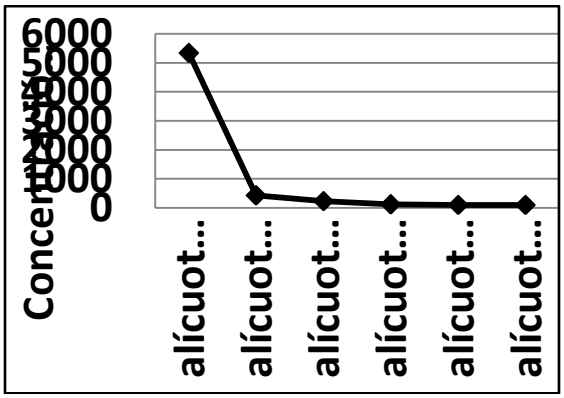

Figura 8. Concentración de Na en los extractos obtenidos en el sistema SLRTY 10%.

Como puede observarse, existe una gran perturbación en el sistema una vez puesto en contacto el suelo con los lodos rojos enmendados.

La concentración de Na en la primera alícuota obtenida (primeros 25 ml de solución del suelo) va desde 33,4 mg/L hasta 5341,4 mg/L para el sistema SLRTY 10%. Sin embargo, al recolectar la segunda alícuota en el sistema SLRTY10%, disminuye considerablemente la concentración de Na a 423,2 mg/L obteniéndose un sistema aproximadamente 10 veces más diluído. A partir de la tercera alícuota obtenida, la solución del suelo posee una concentración de Na más o menos constante en 2 mg/L mientras que para el sistema SLRTY 10% permanece constante en 100 mg/L (equivalente a 4,35 m mol/L de Na).

Según lo reportado por Kudo *et al*. (2010) puede clasificarse el sistema SLRTY 10% como un suelo con sodicidad moderada, ya que supera el promedio de 3,84 m mol/L de Na para la solución del suelo a nivel mundial. El estrés de los sistemas por salinidad, es un problema importante en la agricultura. En particular, las concentraciones elevadas de Na limitan severamente la producción de cultivos ya que altera la homeostasis de cationes esenciales y microelementos en las plantas.

Conclusiones

La composición química y mineralógica de los lodos rojos de CVG-Bauxilum es semejante a la composición de los desechos generados en otras plantas a nivel mundial.

La enmienda de lodos rojos con yeso y su posterior mezcla con un suelo de sabana, genera una gran perturbación en el sistema. Esto comprende un aumento considerable del pH y de la conductividad en los primeros 25 ml extraídos de solución de suelo. La concentración de Na en la solución aumenta a 4,35 m mol/L para el sistema SLRTY 10%, obteniéndose así un suelo con contenidos moderados en sodio.

Referencias

Borges, A., Hauser-Davis,R., Ferreira, T., 2011. Cleaner red mud residue production at an alumina plant by applying experimental design techniques in the filtration stage. Journal of Cleaner Production 19, 1763 -1769.

Courtney, R., Mullen, G., 2009. Use of germination and seedling performance bioassays for assessing revegetation strategies on bauxite residue. Water, Air & Soil Pollution 197, 15-22.

Jones, B., Haynes, R., Phillips, I., 2012. Addition of an organic amendment and/or residue mud to bauxite residue sand in order to improve its properties as a growth medium. Journal of Environmental Management 95, 29- 38.

Kudo, N., Sugino, T., Oka, M., Fujiyama, H., 2010. Sodium tolerance of plants in relation to ionic balance and the absorption ability of microelements. Soil Science and Plant Nutrition 56, 225–233.

Power, G., Gräfe, M., Klauber, C., 2011. Bauxite residue issues: I. Current management, disposal and storage practices. Hydrometallurgy 108 (1-2), 33-45.

Sparks, D., 2003. Environmental Soil Chemistry. Academic Press, Elsevier Science. San Diego, 352p.

Snars, K., Gilkes, R. J., 2009. Evaluation of bauxite residues (red muds) of different origins for environmental applications. Applied Clay Science 46, 13-20.

Wehr, J., Fulton, I., Menzies, N., 2006. Revegetation strategies for bauxite refinery residue: a case study of alcan gove in northern territory, Australia. Environmental Management 37 (3), 297-306.