

Revista Electrónica Nova Scientia

Mejorador de suelo a partir de una zeolita natural: Una propuesta sustentable para la agricultura

Soil booster from to natural zeolite: A sustainable proposal for the agriculture

Rafael Jordán Hernández¹, Re. Betancourt-Riera², Ri. Betancourt-Riera², E. Cabrera Galdo³ y Dagoberto Cabrera Germán¹

¹Universidad Estatal de Sonora

²Instituto Tecnológico de Hermosillo

³Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba

México - Cuba

Rafael Jordán Hernández. E-mail: jordanrj54@hotmail.com

Resumen

La zeolita es un recurso mineral abundante en el Estado de Sonora, cuya calidad lo convierte en un importante factor corrector de los deteriorados suelos de cultivo del Estado. La agricultura sonorense en los últimos años ha perdido tierras de labor por la salinidad, debido a la escasez de agua y la necesidad de obtenerla cada vez de pozos más profundos lo que provoca su salinización.

El presente trabajo aborda el uso de una zeolita natural modificada químicamente para ser empleada como mejorador del suelo mediante intercambio iónico. El método empleado es similar a los empleados a nivel mundial, con la sola diferencia de la especificidad química, mineralógica de esta zeolita natural de Sonora.

Palabras clave: zeolita natural, intercambio iónico, clinoptilolita potásica, decationización

Recepción: 11-05-2012

Aceptación: 04-06-2013

Abstract

The zeolite is an abundant mineral resource in the State of Sonora whose quality converts it in an important corrective factor of the deteriorated soils of cultivation of the State. The agriculture of Sonora in the last years has lost agricultural lands for the salinity, due to the shortage of water and the necessity of obtaining it every time of deeper wells what causes its salinization.

The present work approaches the use of a natural zeolite modified chemically to be an employee as booster of the soil by means of ionic exchange. The used method is similar to the employees at world, with the single difference of the chemical specificity, mineralological of this natural zeolite of Sonora.

Keywords: natural zeolite, ionic exchange, potassic clinoptilolite, decationization

Introducción:

El objetivo del trabajo es lograr una adecuada descationización del material zeolítico para convertirlo en un mejorador de suelos, de acuerdo con la capacidad de las zeolitas de intercambiar determinados cationes que presentan en su estructura.

Las zeolitas son aluminosilicatos de estructura de armazón, formada de aniones O^{2-} unidos a cationes Si^{4+} y Al^{3+} , sin embargo; además posee una serie de cationes intercambiables o de compensación como: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^{+} y K^{+} , cuyo papel es estabilizar la carga del material (Coombs D.S. y Col., 1997; Milovski y Col., 1998). Existen más de 170 tipos mineralógicos de zeolitas, pero la Clinoptilolita es una de las más abundantes y de las que más aplicaciones se han encontrado. La zeolita que se presenta en el trabajo es una Clinoptilolita potásica que responde a la siguiente fórmula química: $(Na,K)_6(Al_6Si_{30}O_{72}) \cdot 20H_2O$

La Clinoptilolita pertenece al grupo de la Heulandita y presenta una relación Si/Al entre 2.5-5.0 y 36 tetraedros por celda unitaria; es considerada una zeolita de tamaño de poro medio, es decir entre 5 y 6Å (Giannetto G. y Col., 2000).

Las zeolitas tienen muchos usos, entre lo que destacan:

- Ablandamiento de aguas industriales y domésticas (remoción de Ca^{2+} y Mg^{2+})
- Eliminación de iones NH_4^{+} de aguas de proceso.
- Eliminación de metales pesados de residuales industriales.
- Soporte de fertilizantes y drogas medicinales.
- Enmendante de la capacidad de intercambio de suelos agrícolas.
- Soporte de microbicidas de amplio espectro (Ag y Zn)
- Almacenamiento de desechos radiactivos (Cs^{+} y Sr^{2+})

De acuerdo con estudios realizados sobre la capacidad que tiene la zeolita de absorber el amoníaco (NH_3) de mezclas gaseosas y el catión NH_4^{+} de soluciones sólidas (Tsitsishvili G. V. y Col., 1992) en el trabajo se estudia la posibilidad de intercambiar parte de los cationes móviles o intercambiables de la Clinoptilolita por cationes NH_4^{+} . Esto posibilita que poniendo esta zeolita modificada, de esta manera en un medio como tierras de cultivo con un alto contenido de cationes Na^{+} , ocurra el mecanismo inverso, es decir, que los cationes Na^{+} , de la tierra puedan en un grado apreciable ser intercambiados por los cationes amonio y de esta forma disminuir el

potencial químico de dicho catión en los terrenos mejorando la absorción de los nutrientes a la planta (**Lemic J. y Col., 2006**).

Materiales y métodos:

Los materiales empleados en el trabajo son:

- Clinoptilolita potásica del yacimiento “El Cuervo”, Guaymas, Sonora, con una granulometría entre 1-2 mm.
- Soluciones de NH_4OH (0.1, 0.5, 1N)
- Soluciones de NH_4Cl (0.1, 0.5, 1N)

El equipamiento empleado en el trabajo está formado por:

- Espectrofotómetro de absorción atómica modelo GBC 932 PLUS.
- Potenciómetro modelo Symphony SB 90M5
- Difractómetro de rayos X de fabricación alemana del tipo HZG-4 con radiación $\text{CoK}\alpha$, régimen de procesamiento de 30kV, 20 mA, ángulo de barrido del goniómetro (2θ) entre 5 y 80° , con un generador de voltaje TURM-62 para el tratamiento de los datos roengenométricos se emplean los programas ANALIZE y AUTOQUAN de la Seifert X-Ray Technology (versión 2.26).

La metodología seguida en el trabajo es la siguiente:

- Se caracteriza química y mineralógicamente el material de estudio.
- Se realiza la adecuación granulométrica del material entre 1-2 mm.
- Se lava cuidadosamente la muestra con agua descationizada para eliminar el polvo proveniente de la propia molienda.
- Se coloca una muestra de 10 g de zeolita lavada y seca a 100°C en contacto con 200 ml de solución de NH_4Cl a las concentraciones de trabajo (0.1, 0.5 y 1 N) y se repite el proceso para iguales concentraciones pero para una solución de NH_4OH .
- Se mantiene cada muestra con la solución a una temperatura de 60°C y 400 rpm durante 20 min.
- En cada caso se registran de manera simultánea los valores de pH de la solución y su conductividad eléctrica.

Resultados y discusión:

Los resultados del análisis de fase puede observarse en la Figura 1.

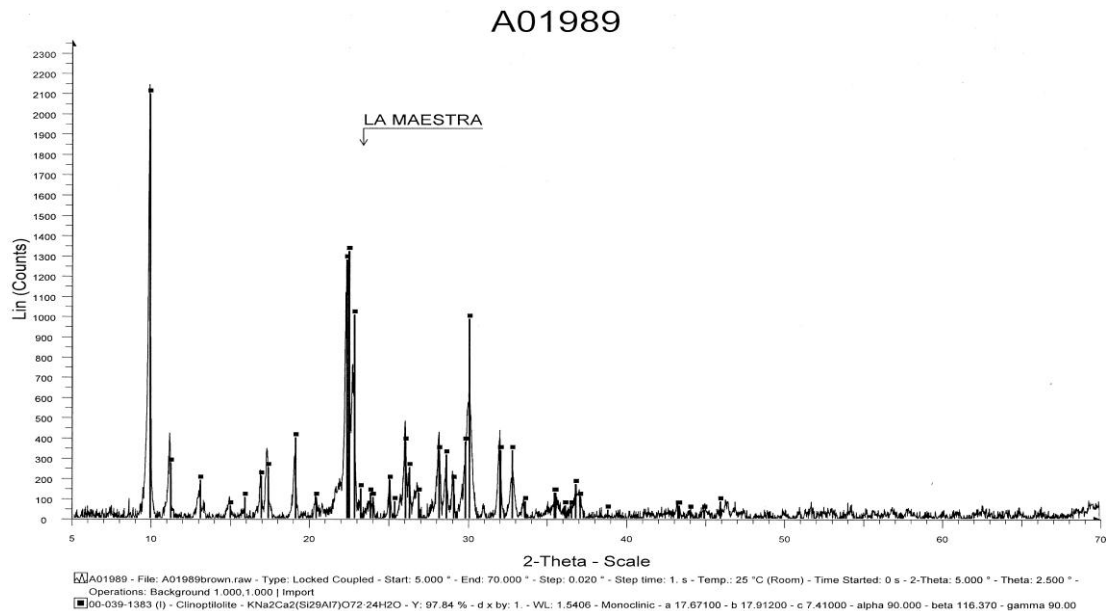


Figura 1. Análisis de difracción de rayos X de la zeolita del yacimiento “La Maestra”.

De los resultados de la difracción puede observarse que el mineral es una clinoptilolita potásica que viene acompañada por otras fases minerales que son:

- Barrerita, Estilbita o Desmina $[(Ca, Na_2) \cdot (Si_7Al_2O_{18}) \cdot 7H_2O]$

Este mineral tiene una dureza entre 3.5-4 en la escala de Mohs, presenta cristales prismáticos como tabulares y comúnmente forma maclas o conglomerados cristalinos. Al igual que la Clinoptilolita (CLI) forma parte del grupo de las Heulanditas y cristaliza en el sistema monoclinico. En este yacimiento se encuentra generalmente en la superficie en forma de conglomerados color marrón (Milovski y Col., 1988).

- Cuarzo (SiO_2) y α Cristobalita

Estos minerales se presentan en forma de pequeñas rocas muy agrietadas en todo el cuerpo del yacimiento.

Proceso de descationización:

La mayoría de los trabajos con zeolitas que se hacen en la actualidad para uso agrícola manejan tamaños de partícula mucho menores a los empleados en el presente trabajo, sin embargo, muchos de estos trabajos no consideran importante el hecho que es mejor, desde el punto de vista práctico, sacrificar superficie específica del material, como en este caso trabajando con

granulometrías entre 1-3 mm, pero ganando en mejor transferencia gaseosa en las inmediaciones de la rizósfera, lo cual se facilita empleando granulometrías mayores a las comúnmente empleadas en esos experimentos (Mumpton F.A. y Col., 1999). Este fenómeno se agudiza en las tierras arcillo-arenosas de Sonora donde con el humedecimiento viene la compactación y con ello, en muchos casos la inhabilitación de las raíces de la planta y su muerte. Es por ello que se prefiere sacrificar en buena medida la eficiencia del intercambio iónico por un aumento del intercambio gaseoso. Por otro lado en lo referente al proceso de intercambio iónico se ha seguido un esquema similar al empleado por otros investigadores del tema (Langella A. y Col., 2000).

Los resultados de los procesos de intercambio iónico se presentan en las siguientes figuras:

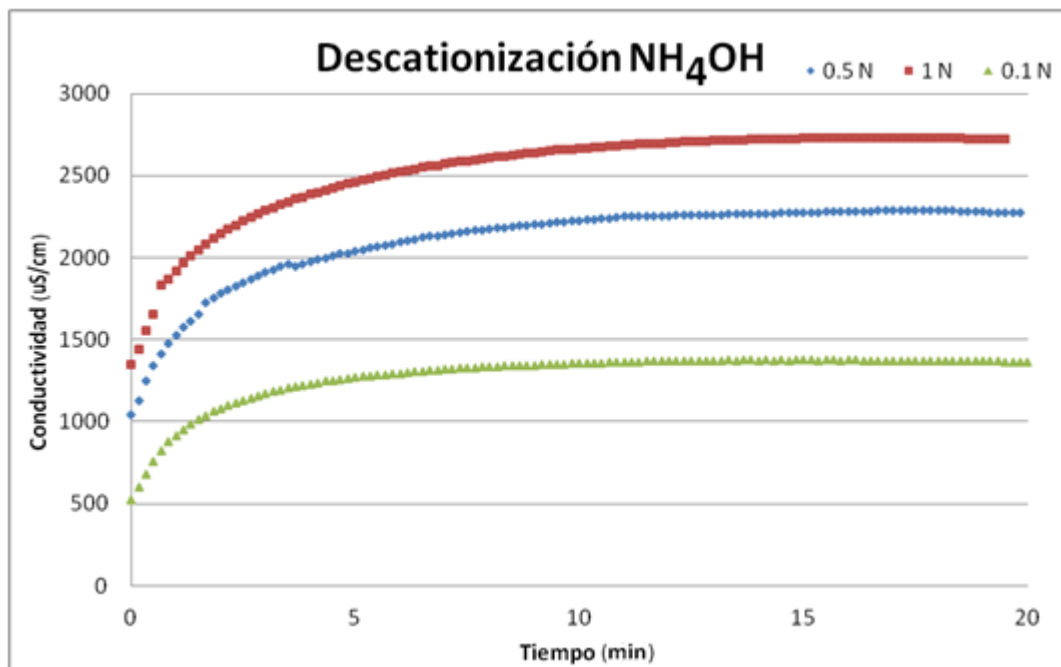


Figura 2. Proceso de descationización de la Clinoptilolita con soluciones de diferente concentración de NH_4OH

Los resultados obtenidos cuando se realiza el intercambio iónico con las soluciones de diferente concentración de NH_4OH siguen todas un parámetro definido, tendiendo al equilibrio químico a cierto tiempo de comenzado el intercambio iónico. Es interesante destacar que este comportamiento es similar al obtenido por otros investigadores, a pesar de que se emplean tiempos de experimentación menores, pero temperaturas mayores, lo que a fin de cuentas garantiza una mayor movilidad iónica y acelera el proceso de intercambio de masa entre la solución y la zeolita (Cerri G. y Col., 2004).

En el caso de los experimentos realizados con la solución de NH_4Cl , el comportamiento es distinto como puede observarse en las figuras 3, 4 y 5 que se presentan a continuación.

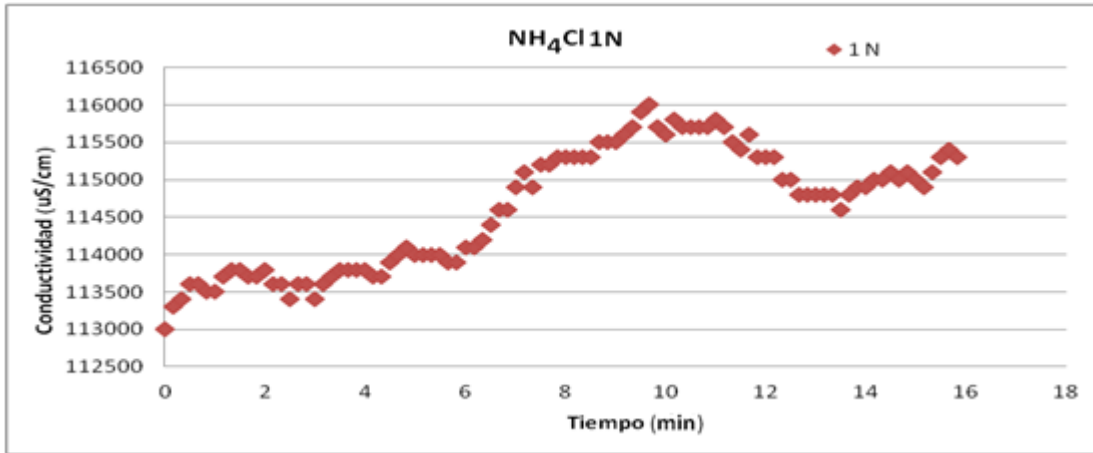


Figura 3. Proceso de intercambio catiónico de Clinoptilolita y solución NH_4Cl 1N

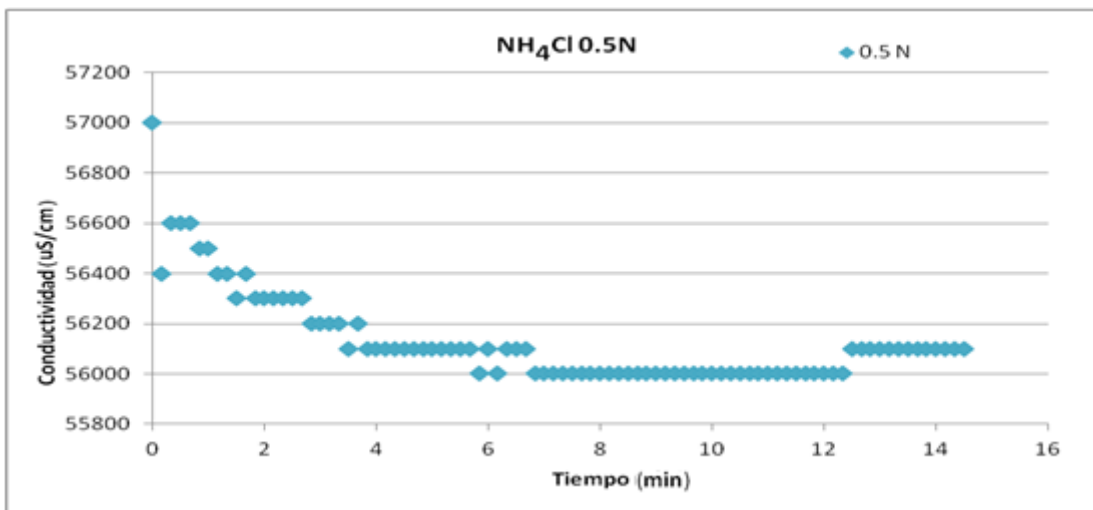


Figura 4. Proceso de intercambio catiónico de Clinoptilolita y solución NH_4Cl 0.5N

En la Figura 3, para la concentración 1N de la solución de NH_4Cl con la que se realiza el tratamiento de la Clinoptilolita se observa un aumento de la conductividad eléctrica en el tiempo, sin embargo, no se realiza de manera lineal. Este comportamiento se explica conociendo que la interacción entre los iones es disociativa a concentraciones bajas y asociativas a mayores concentraciones según lo explica la ley de Kohlrausch (Córdoba J.L., 1985).

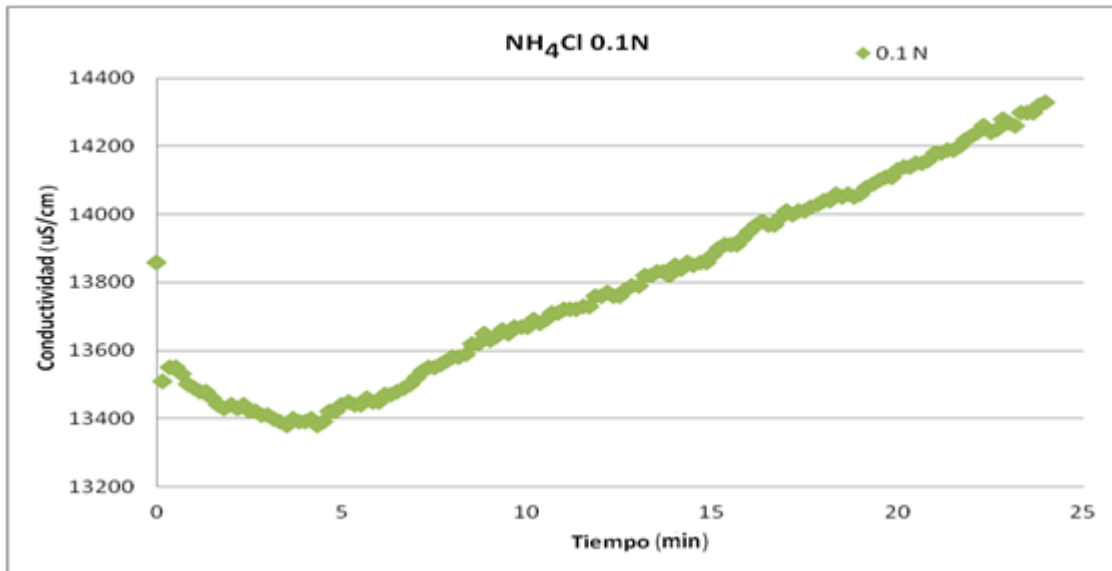


Figura 5. Proceso de intercambio catiónico de Clinoptilolita y solución NH_4Cl 0.1N

Debido a esto se observa que la curva generada por el proceso a concentración de 0.5 N de la solución de NH_4Cl (Figura 4) presenta un comportamiento similar al del agua, que muestra conductividades eléctricas máximas cuando las concentraciones iónicas en solución tienden a 0 y cuando aumenta dicha concentración de iones, disminuye rápidamente a valores de conductividad eléctrica aún menores.

El comportamiento que se observa en la Figura 5 es el resultado de la formación de diferentes compuestos de coordinación en la solución. Si bien es cierto que los cationes que pueden salir de la estructura zeolítica no son los mejores iones centrales para dichos compuestos, en el caso de los metales alcalinos por su tamaño y pequeña carga, existen buenos donadores de electrones (ligandos), como es el caso de las moléculas de amoníaco (NH_3) y el anión cloruro (Cl^-) capaces de generar este tipo de compuestos en el seno de la solución provocando este tipo de comportamiento. Este efecto existe en las tres soluciones de las concentraciones estudiadas, aunque es más acentuado el efecto en la de mayor dilución.

El estudio del pH junto a los análisis de conductividad eléctrica completa cualquier análisis alrededor de un trabajo de esta naturaleza, como se muestra en la Figura 6.

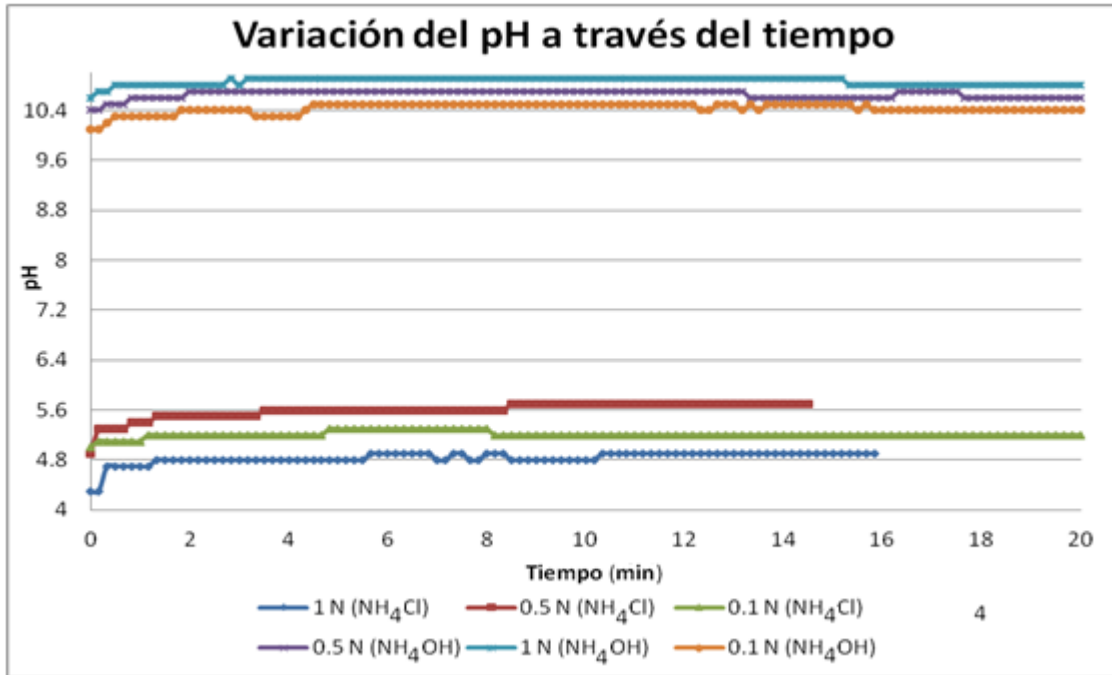
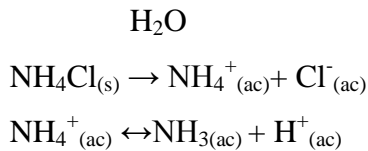


Figura 6. Comportamiento del pH a través de los experimentos.

En la Figura 6 se observa que en todo momento las soluciones de NH₄OH mantuvieron valores de pH francamente alcalinos entre 9.5 y 11 y las soluciones de NH₄Cl valores de pH ácidos que fluctuaban entre 4 y 5.7. Este último comportamiento se explica conociendo que las sales derivadas de ácidos fuertes y una base débil, como es el caso de las soluciones de NH₄Cl al hidrolizarse producen la siguiente reacción química (Riaño Cabrera N., 2007):



Esta última reacción tiene una constante de acidez $P_{ka} = 5.5 \times 10^{-10}$

En los resultados finales (Figura 7) se puede observar que los valores mayores de absorción del catión amonio (NH₄⁺) se produjeron en la solución de mayor concentración de la solución de NH₄Cl. Este resultado indica claramente que en trabajos sucesivos de este tipo, es vital tener en cuenta el pH de los cationes que se pretenden intercambiar con las zeolitas para lograr los mejores rendimientos en el intercambio catiónico.

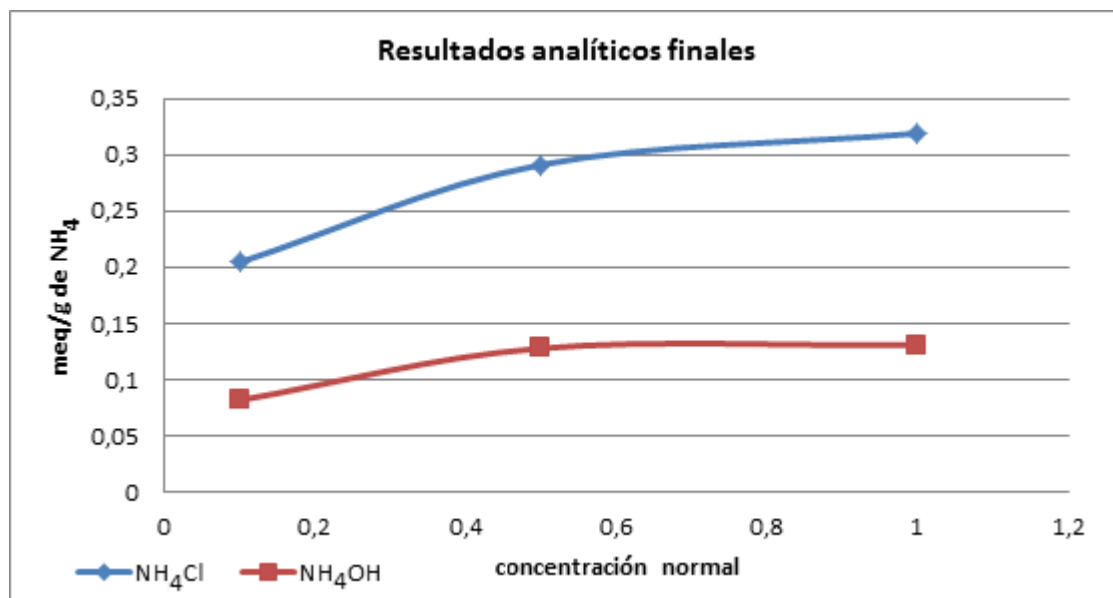


Figura 7. Cantidad de mili-equivalentes de NH_4^+ absorbidos por la Clinoptilolita.

Conclusiones:

Las conclusiones a las que se arriban en el presente trabajo son:

- El pH juega un papel importante en los experimentos de intercambio iónico en zeolitas.
- La temperatura de las soluciones en los procesos de intercambio iónico es un factor que debe mantenerse estable para no alterar las condiciones experimentales.
- El tipo de sal de amonio que se escoge para el intercambio iónico influye de manera definitiva en la calidad del proceso.

Referencias:

Coombs D.S.; Alberti A.; Armbruster T.; Artioli G.; (1997) Recommended nomenclature for zeolite minerals and de-odorase 11 for reducing odour and ammonia emissions from broiler houses. Vol. 35: 1571-1606. The Canadian Mineralogist

Milovski A. V.; Kónonov O.V. (1988) Mineralogía. 160-168. Moscú. Editorial Mir

Giannetto Pace G.; Montes Rendón A.; Rodríguez Fuentes G.; (2000) Zeolitas: Características, Propiedades y Aplicaciones Industriales. 187-205. Caracas. Editorial Innovación Tecnológica.

Tsitsishvili G. V.; Kirov G. N.; Filizova L. D.; (1992) Natural zeolites. 278-287. New York. Ellis Horwood

Lemic J.; Milosevich S.; Vukosenovic M.; (2006) Surface modification of a zeolite and the influence of pH and ionic strength on the desorption of an amine. 71(11). 1161-1172. Serbian Chemical Society.

Mumpton F. A.; (1999) La roca mágica: Uses of natural zeolite in agricultura and industry. Volumen 96. 3463-3470. New York: National Academy Of Science, United States.

Langella A.; Pansini M.; Cappalletti P.; De Gennaro B.; De Gennaro M.; Colella C.; (2000). NH_4^+ , Cu^{2+} , Zn^{2+} and Pb^{2+} Exchange for Na^+ in a sedimentary clinoptilolite, North Sadinia, Italy. Volumen 3. 337-343. Microporous and Mesoporous Materials.

Cerri G.; De Gennaro M.; Bonferoni M. C.; Caramella C.; (2004) Zeolite in biomedical application: Zn- Exchange clinoptilolite rich rock as active carrier for antibiotics in anti-acne topical therapy. Volumen 27. 141-150. Applied Clay Science

Córdoba J. L.; (1985) Equivalente químico. Volumen II. Número 6. 44-52. Contactos

Riaño Cabrera N.; (2007) Fundamentos de química analítica básica. Análisis cuantitativo. 150-185. Sevilla. Universidad de Caldas ISBN 978-958-8319-00-1