

SISTEMA Bentonita-Urea Adsorbida Y SU USO COMO ACONDICIONADOR DE SUELOS

Dr. Jorge Medina Valtierra
M. en C. J. Abraham Agraz Merino
Ing. Ana Cecilia Villagrán Delgado
Ing. Magdalena Lozano Reyes

RESUMEN

Una bentonita natural fue usada como adsorbente de urea que es el componente básico de algunos fertilizantes comerciales, esto con el fin de obtener una nueva clase de acondicionadores de suelos. En el proceso de adsorción se aplicaron condiciones de operación ya optimizadas previamente para inducir una buena penetración de urea y una alta permanencia de la misma en la arcilla. La caracterización por rayos-X de la muestra funcionalizada, mostró un aumento en el espaciamiento basal de su estructura, indicando que la abertura de los planos está en correspondencia con las dimensiones de la molécula de urea. Por otro lado, un estudio higroscópico demostró que la arcilla añadida al suelo en un 5% en peso, fue capaz de retener agua a niveles por encima de los presentados por el suelo, sólo e incluso superiores cuando dicho suelo se mezcló con zeolita 3A en la misma proporción del 5%.

INTRODUCCION

Las arcillas son materiales cristalinos que presentan una gran porosidad ya que su estructura está conformada por placas rígidas separadas éstas por cationes interlaminares y moléculas de agua. A su vez, las placas están formadas por planos de poliedros (tetraedros T y octaedros O) que por su particular asociación, estos planos no son eléctricamente neutros ya que el balance de las cargas se mantiene en la estructura por medio del material interlaminar.

La figura 1 presenta las características estructurales de la bentonita cálcica aluminosilicato con estructura laminar 2:1 (T-O-T) donde se tiene la coordinación de los cationes de calcio con los átomos terminales de los planos. Por simplificación, estos cationes son presentados en la figura de una manera aislada aunque en realidad están solvatados con moléculas de agua y coordinados con los planos estructurales de las arcillas.

La penetración de moléculas huésped entre las placas requiere de una expansión de estas láminas de silicato. Las moléculas se pueden fijar en la terminación de las placas ya sea formando ligandos por coordinación con los cationes interplanares o bien a través de un enlace iónico.

Por un lado, el intercambio de montmorillonitas en soluciones con complejos de aluminio¹, galio², o zirconio³,

inducen en la arcilla una gran porosidad y una alta estabilidad térmica, propiedades adecuadas para su uso como catalizadores en la industria de procesos. Por otro lado, las arcillas cargadas con componentes orgánicos son desarrolladas y empleadas como estabilizadores de pinturas, lubricantes termoestables y aditivos, entre otros empleos⁴.

Respecto a la utilización de las arcillas en la agricultura, el contenido de aquéllas en los suelos es muy importante, ya que desde un punto de vista general, incluyen fuertemente en el manejo del suelo y en su productividad. La superficie presentada por las arcillas es negativa por lo que puede retener cationes intercambiables los cuales son accesibles a las plantas y por tanto, las arcillas son consideradas como fuente de cationes nutrientes⁵.

El presente trabajo hace referencia al proceso de adsorción de urea, componente básico de algunos fertilizantes comerciales, sobre una bentonita natural mexicana, e ilustra el método de estabilización de las muestras funcionalizadas y su caracterización fisicoquímica. Asimismo, se propone el uso comercial de arcillas funcionalizadas con componentes orgánicos o con sales inorgánicas, como acondicionadores de suelos semi-áridos. Se debe considerar que los efectos normales que sufren los fertilizantes existentes también son factibles en esta nueva clase de acondicionadores y que las únicas ventajas presentadas son: Una mayor permanencia del agente nutriente y una retención adicional de humedad cuando se agota el nutriente dentro de la arcilla.

MATERIALES Y METODOS

a) Arcilla usada y su modificación inicial

La arcilla de partida fue una bentonita natural, un material de color café claro de los yacimientos de Cuenca-mé, Dgo., en México. La muestra en polvo fue proporcionada en su forma cálcica por Arcillas de Durango S.A. y fue denominada como B2-Ca. Una caracterización previa a la arcilla⁶, dio una composición mineralógica de casi el 100% de la fase montmorillonita y trazas de cuarzo (cristobalita), con 2 moléculas de agua en su fórmula estructural.

En el inicio del experimento se preparó una suspensión formada por 4 g. de arcilla y 200 ml de agua destilada a una temperatura de 40°C. La suspensión se mantuvo agitando durante 30 min. como etapa previa al proceso de adsorción.

b) Condiciones optimizadas en la adsorción de urea

A la mezcla inicial se le aplicó un proceso de adsorción que involucró condiciones optimizadas previamente ⁷. En la mezcla final se estableció una relación en peso arcilla/urea igual a la unidad y se mantuvo una temperatura de 40°C. Después de la etapa de adsorción, la muestra fue dejada en reposo durante un tiempo dado; eliminándose el agua sobrenadante cada 24 horas.

c) Lavado de la arcilla funcionalizada

Después del tiempo de reposo, la muestra obtenida como un lodo de color café oscuro fue separada en dos partes, esto con el propósito de aplicarle a cada lote, un método diferente de secado para determinar así, la permanencia de la urea en la arcilla. El primer lote fue filtrado y lavado con agua destilada usando una cantidad en gramos que correspondió a 10 veces el peso de la arcilla, posteriormente se secó en estufa a 110°C durante 3 horas. El segundo lote fue extendido y su secado se realizó de una manera natural para conservar intacta la urea en la arcilla.

d) Determinación de la cantidad de urea en la arcilla

Para determinar la cantidad de urea en las arcillas, se aplicó el método gravimétrico convencional, basado en la calcinación de un peso conocido de las muestras secas, a una temperatura de 500°C durante 3 horas en atmósfera de aire. A las muestras obtenidas después de la calcinación se les denominó como B2/500, ya que se supone que las muestras calcinadas son similares

e) Caracterización de las muestras obtenidas

La abertura resultante de los espacios laminares en la montmorillonita debida a la urea adsorbida, fue determinada por el método de la difracción de rayos-X aplicado a una capa delgada de la muestra en polvo. Los difractogramas de rayos-X fueron obtenidos con un goniómetro SIEMENS usando la radiación $K\alpha$ del Cu.

f) Estudio higroscópico

Para determinar las propiedades de retención de agua del suelo con bentonita, y para comparar los resultados con los obtenidos de las capacidades de retención de agua mostrados por el suelo mismo o por otras mezclas, se aplicó el siguiente procedimiento:

I) 50 g de mezcla seca (muestra/suelo) con un 5% de la bentonita especificada o de zeolita 3A, fueron dispersos sobre una caja Petri de 9 cm de diámetro.

II) Un volumen de agua destilada que correspondió al 10% del peso de mezcla fue esparcido homogéneamente en la superficie de la muestra e inmediatamente ésta es colocada junto a las otras muestras humedecidas de la misma manera.

III) El espacio donde fueron colocadas las muestras es una área con condiciones no controladas, por lo que en este caso, y durante el secado natural de las mezclas, los cambios ambientales afectaron al mismo tiempo y en la misma medida a todas las muestras.

IV) Las medidas de humedad fueron realizadas cada 12 horas hasta que se obtuvo un nivel prácticamente constante de la humedad del suelo solo. Estas mediciones se hicieron usando el método gravimétrico convencional y se manejaron las diferencias de peso en cada registro obtenido. El suelo usado en este trabajo fue un suelo limoso muestreado en el Ejido California, Ags.

RESULTADOS Y DISCUSION

Como era esperado, y por efecto de las condiciones óptimas usadas en la adsorción, la cantidad de urea en la arcilla presentó un valor alto (697 mg/g arcilla) además de que su permanencia fue muy buena ya que la urea perdida por el deslave fue casi nula. Por esta razón y para efectos prácticos, los dos lotes derivados de la muestra inicial se denominaron como B2-U.

De la caracterización por difracción de rayos-X (figura 2), se encontró que las muestras lavadas o sin lavar (B2-U) presentaron las reflexiones correspondientes a la urea (reflexiones 2θ : 22, 25.1, 29.3 y 35.8), lo cual confirma que la urea fuera de los cristales está fuertemente adsorbida. Es posible llegar a tal aseveración debido a que este compuesto orgánico al igual que varios materiales cristalinos, presentan una simetría ordenada que también puede ser identificada mediante la técnica analítica de rayos-X.

Según la figura 2, la reflexión 2θ que corresponde al espaciamiento basal de los planos cristalinos en la bentonita (pico resultante entre 2 y 11 grados) sufre un cambio importante, indicando un espaciamiento de 12.0 Å para la arcilla original y de 17.4 Å para la arcilla con urea. Estos valores son determinados del principio que reza lo siguiente: Para un cristal con un determinado espaciamiento en sus planos estructurales, los valores de las longitudes de onda de las radiaciones reflejadas, pueden calcularse midiendo los correspondientes ángulos 2θ que en cada caso satisfacen la ecuación de Bragg. Estos conceptos nos permiten analizar la distribución de las distancias interatómicas, facilitando el conocimiento e identificación de la estructura de un material cristalino.

La expansión de los planos en la muestra funcionalizada fue debido a la urea dentro de los cristales de la bentonita. Esta diferencia de 5.4 Å corresponde aproximadamente a la longitud de las moléculas de urea cuya configuración espacial y dimensiones están mostradas en la figura 3.

Para la intercalación de una molécula de urea, fue necesario extraer un catión de calcio del espacio interlaminar de la arcilla, de tal manera que los dos grupos $+NH_3$ de la urea protonizada están en contacto directo con las placas aniónicas de una manera adyacente. Esto se esquematiza en la figura 4, donde se propone que cualquiera de los seis hidrógenos presentes puede formar una coordinación con las placas de poliedros. De esta manera que espaciamiento basal que corresponde a este arreglo es resultado de las dimensiones de las moléculas de urea y de la longitud del puente hidrógeno involucrado.

En la calcinación de las muestras funcionalizadas, el espaciamiento basal detectado por rayos-X (figura 2) sufre

un cambio muy importante; su valor disminuye. Esto es indicado por un corrimiento a la derecha en la reflexión que caracteriza esta propiedad.

La diferencia en la distancia basal entre la arcilla original y la muestra calcinada (3A), se debe a la pérdida de una molécula de agua ($dk = 2.7 \text{ \AA}$) de la estructura de la bentonita, lo que indica la degradación del material.

El estudio higroscópico está representado en la figura 5, donde se muestra una comparación de la capacidad de retención de agua entre varias mezclas, tomando como referencia los resultados aislados para el suelo y la bentonita cálcica. Confrontando los resultados de las mezclas, se observa que la capacidad para la mezcla B2-Ca/suelo resultó ser más alta que la del suelo solo, esto a pesar de que la cantidad de la bentonita en la mezcla fue del 5%.

En la misma figura se presenta la comparación de las capacidades de retención de agua de las mezclas que contienen la zeolita comercial Linde 3A y la bentonita cálcica. Esta última mezcla exhibió una mayor capacidad con respecto a la zeolita, a pesar de que este material zeolítico es usado como deshumidificador de corrientes gaseosas en la industria de procesos ¹⁰.

Como era de esperarse, la bentonita cálcica (B2-Ca) al usarse sola en este estudio específico, mostró una gran capacidad retenedora de agua. Esta alta capacidad es debido a la expansión de sus planos reticulares cuando se intercalan moléculas entre ellos lo que infiere a estos materiales cristalinos una importante propiedad de sorción.

La arcilla funcionalizada B2-U mostró una capacidad hidrofílica nula, ya que la mezcla B2-U/suelo dio valores menores que el suelo mismo lo que indica que las moléculas de urea y aquellas de agua ya existentes en los cristales de la bentonita impiden la intercalación de más agua a las condiciones ambientales.

La muestra B2/500 comparada con la muestra cargada de urea, presentó una capacidad levemente mayor pero sin alcanzar los niveles del suelo solo. Esto se explica porque la muestra calcinada, perdió casi la totalidad de las moléculas intercaladas en el proceso de adsorción, dejando un espacio vacío entre planos laminares aunque su espaciamiento final después de la calcinación disminuyó notablemente.

Las variaciones climatológicas que se suscitaron durante la realización del estudio higroscópico, las cuales son indicadas en la figura 5, dieron la oportunidad de observar la respuesta que tienen estos materiales a la humedad relativa del ambiente, recordando que el mismo suelo contiene una cierta porción de arcillas.

CONCLUSIONES

En el proceso de adsorción de urea por una bentonita natural, se usaron variables previamente optimizadas como, temperatura y tiempo de reposo así como el método de secado aplicado al producto final. El uso de estas condiciones garantizó una mayor cantidad de urea adsorbida en la bentonita y una alta permanencia de aquella dentro de los espacios intracristalinos de la arcilla.

La adsorción de urea en la bentonita es confirmada por la expansión de los planos cristalinos de una distancia basal de 12 \AA para la muestra original, hasta una distancia de 17.4 \AA en las muestras con urea adsorbida.

La adición de una pequeña cantidad de arcilla elevó la capacidad retenedora de agua del suelo. Esto, fue debido a la baja difusión hacia el exterior del agua que se intercaló dentro de los cristales de la arcilla durante el proceso de humidificación.

Como conclusión final podemos decir que se establecieron los fundamentos para la producción de nuevos acondicionadores de suelos basados éstos, en la intercalación de compuestos orgánicos y/o sales inorgánicas en arcillas naturales. Tales materiales presentan como atractivo principal dos funciones inherentes: Mayor permanencia de nutrientes en el suelo y por otro lado, un aumento en la capacidad retenedora de humedad por el suelo cuando el nutriente se agota en la arcilla.

REFERENCIAS

1. Pesquera C., González F. y Benito I., Appl. Catal. 69, 97-104 (1991).
2. Bellaloui A., Plee D. y Meriaudeau P., Appl. Catal. 63, L7-L10 (1990).
3. Kikuchi E. y Matsuda T., Catal. Today 2, 297-307 (1988).
4. Weiss A., Angew. Chem. Internat. Edit. Vol. 2 (3), 134-144 (1963).
5. Newman A.C.D., Phil. Trans. R. Soc. London 311, 375-389 (1984).
6. Montoya J.A., "Informe Técnico IMP (1991)".
7. Medina J., Agraz J.A. Lozano M. y Villagrán A. C., Revista SMCSV, en publicación (1992).
8. Medina J., Agraz J.A. y Montoya J.A., Rev. Soc. Quím. Méx., en revisión (1992).
9. Csicsery S.M. Zeolites vol. 4, 202-213 (1984).
10. Miller R., Chem. Week, 78-85, Nov. (1964).

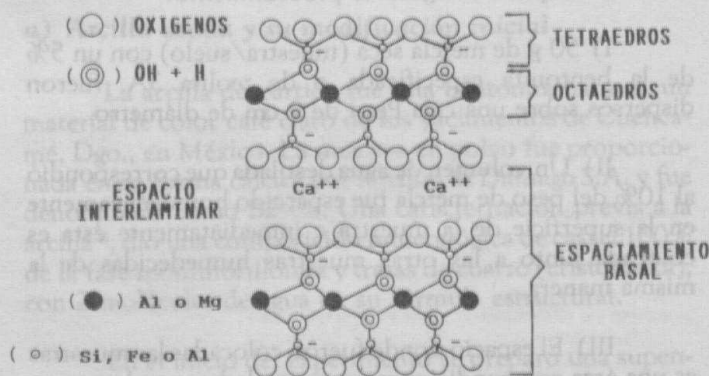


Fig. 1. Estructura de la montmorillonita cálcica.

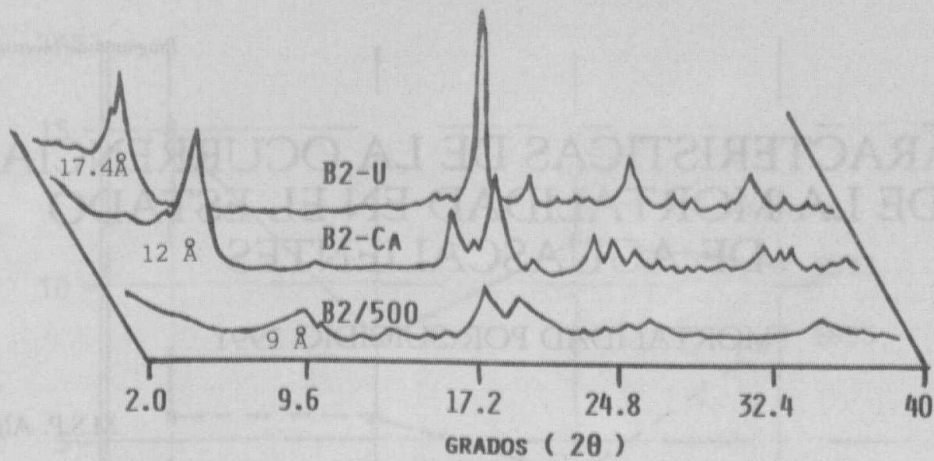


Fig. 2.- Patrones de difracción de Rayos-X para las diferentes muestras de bentonita.

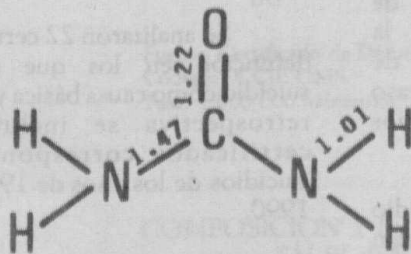


Fig. 3.- Distancia de los enlaces en la moléculas de urea (Å)

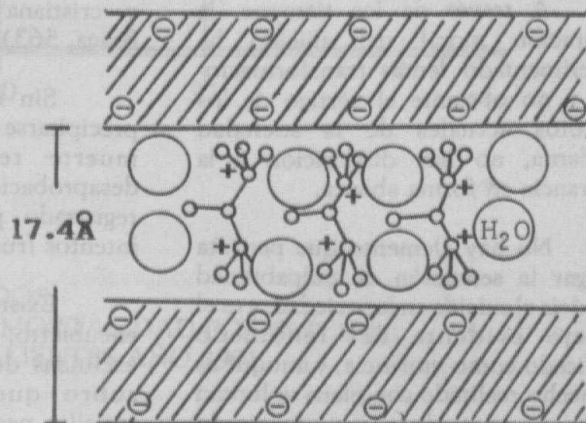


Fig. 4.- Arreglo de las moléculas de urea protonadas en la muestra de B2-U.

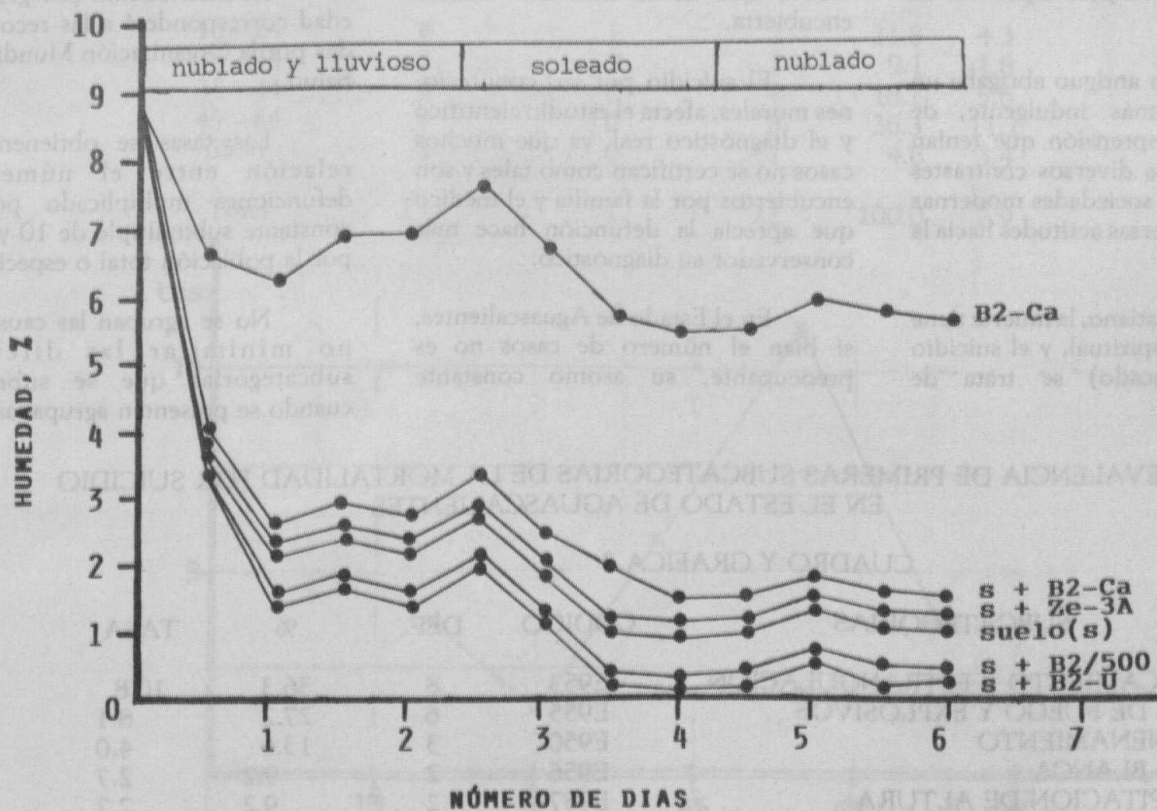


Fig. 5.- Porcentaje de humedad en las mezclas suelo-muestra (5% peso) respecto al tiempo de análisis.