

Caracterización de minerales arcillosos

C. Díaz-Nava⁽¹⁾⁽²⁾, M. T. Olguín⁽¹⁾, M. Solache-Ríos⁽¹⁾,
T. Alarcón-Herrera⁽²⁾ y A. Aguilar-Elguezábal⁽²⁾

⁽¹⁾Gerencia de Ciencias Básicas, Dirección de Investigación Científica
Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares (ININ).

⁽²⁾División de Estudios de Posgrado, Departamento de Estudios del Posgrado
Centro de Investigación en Materiales Avanzados (CIMAV).



MX0300171

Resumen

Las arcillas naturales son los minerales más abundantes en la superficie de la corteza terrestre. Se utilizan para elaborar diversos productos industriales. Debido a las propiedades de adsorción e intercambio iónico de éstos, se ha despertado un gran interés por desarrollar investigación orientada hacia el uso de arcillas naturales para el tratamiento de aguas residuales. Como parte de dichas investigaciones es de suma importancia llevar a cabo previamente la caracterización de los materiales de interés. En este trabajo se presentan los resultados de la composición química elemental y mineral, así como las características morfológicas de minerales arcillosos provenientes de diferentes regiones de la República Mexicana.

Introducción

Los minerales arcillosos, comúnmente denominados arcillas naturales, son minerales formados por silicatos y aluminatos hidratados con una estructura de tipo laminar que puede expandirse.

Son los minerales más abundantes en la superficie de la tierra ya que se encuentran presentes en los suelos y las rocas sedimentarias como sus constituyentes mayoritarios. Aunque una arcilla puede estar formada por un único mineral, por lo general hay varios mezclados con otros minerales como feldespatos, cuarzo, carbonatos y micas (Domínguez y Schifter, 1995).

La montmorillonita es un mineral arcilloso tipo esmectita. Tiene una configuración de 2:1 la cual está constituida por dos hojas tetraédricas de silicio-oxígeno y de una hoja octaédrica de aluminio-oxígeno-oxhidrilo. En la hoja tetraédrica, cuatro oxígenos se coordinan con el átomo del silicio en el vértice del tetraedro. El silicio tetravalente es substituido a veces por el aluminio trivalente. En la hoja octaédrica, los átomos de aluminio se coordinan con seis átomos de oxígeno o grupos del oxhidrilo que estén situados en los vértices de un octaedro. El aluminio trivalente es substituido por magnesio, hierro, cinc, níquel, litio u otros cationes. Las substituciones isomórficas de Al^{3+} por

Si^{4+} en la hoja tetraédrica y del Mg^{2+} o el Zn^{2+} por Al^{3+} en la hoja octaédrica dan lugar a una carga superficial negativa neta en la arcilla. Este desequilibrio de la carga es compensado por los cationes intercambiables en la superficie de la arcilla, como Na^+ o Ca^{2+} (Hurlbut, 1978).

Las diferencias en composición química y estructural, hacen que las propiedades de cada arcilla mineral sean distintas.

Los minerales arcillosos se emplean generalmente para la fabricación de diversos objetos como ladrillos, tuberías de saneamiento, alfarería, etc., por lo que tienen gran importancia industrial.

Existen abundantes yacimientos de arcillas en México, entre los más importantes se encuentran los de bentonita, con altos porcentajes de montmorillonita, en los estados de Chihuahua, Sonora, Puebla e Hidalgo, entre otros (Domínguez y Schifter, 1995).

Antes de proponer el uso de las arcillas para determinadas aplicaciones es importante conocer sus características y propiedades estructurales, es por ello que el objetivo del presente trabajo fue caracterizar las arcillas naturales provenientes de diferentes regiones del país.

Desarrollo experimental

1. Materiales

Todos los minerales arcillosos fueron bentonitas, en forma de polvo de color claro, los cuales se tamizaron a un tamaño de malla 100 (0.15mm).

Los minerales arcillosos obtenidos se clasificaron en dos lotes.

MUESTRAS DEL LOTE 1: Estas muestras fueron donadas por la empresa SÚD CHEMIE DE MÉXICO, S.A. DE C.V.

Yacimiento	Tipo	Clave
Norte de México	Bentonita Ca	AZ
Centro-Oeste	Bentonita Ca	QS
Centro-Oeste	Bentonita Ca	QII
Centro-Este	Bentonita Na	TQA
Centro-Este	Bentonita Ca	TL

MUESTRAS DEL LOTE 2: Estas muestras fueron compradas a la empresa QUÍMICOS REACTIVOS Y MINERALES, S.A. DE C.V.

Yacimiento	Tipo	Clave
ND	Bentonita Ca	AN004
ND	Bentonita Na	AN005

2. Caracterización de los materiales arcillosos

2.1 Análisis químico

El análisis de los elementos: Al, Si, Ca, Na, Mg, K, Fe y Ti, se realizó en el Departamento de Análisis Químicos del ININ, empleando la técnica de espectrometría de emisión por plasma acoplado inductivamente (ICP). El equipo utilizado fue un espectrómetro de emisión de plasma axial ThermoJarrellas, modelo Atom Scan Advantages.

Las muestras fueron preparadas y analizadas bajo el procedimiento P.AQ-142. La preparación se realizó incorporando 200 mg de cada mineral a una mezcla de ácidos: fluorhídrico, clorhídrico y perclórico (1:1:1), la digestión se llevo a cabo en atmósfera cerrada, utilizando un horno de microondas Mars 5, modelo CEM. Las determinaciones se realizaron por triplicado.

2.2 Área superficial

Para determinar el área superficial se empleó la técnica estándar multipuntos BET, en un equipo Micromeritics Gemini 2360.

2.3 Difracción de rayos X (DRX)

Los difractogramas de rayos-X de los diferentes materiales se obtuvieron en un difractómetro SIEMMENS D500, acoplado a un tubo de rayos-X con un ánodo de Cu. El intervalo angular de barrido fue entre 2 y 70° en "2", con una velocidad de 5°/minuto, paso de 0.05 y tiempo de 30 minutos. Todos los difractogramas fueron obtenidos bajo las mismas condiciones y a temperatura ambiente.

2.4 Microscopía Electrónica de Barrido (MEB) y microanálisis elemental por espectroscopía de rayos X de energía dispersa (EDS)

Las observaciones se realizaron directamente tomando una pequeña cantidad de cada muestra y colocándolas en una tira de carbón sobre un portamuestras. Se utilizó un Microscopio Electrónico marca PHILLIPS XL30 equipado con una microsonda para realizar análisis químicos por la técnica de espectroscopía de rayos X de energía dispersa (EDS) marca EDAX.

3. Resultados

3.1 Análisis químico

De los resultados obtenidos de los análisis químicos de los diferentes minerales arcillosos, el mineral AZ presenta la mayor concentración de sodio y el mayor contenido de calcio lo tiene la muestra QII. El mineral TL es preferentemente cálcico, la muestra QS contiene la mayor cantidad de potasio; el mineral arcilloso AN004 es sódico y en el caso del AN005, el incremento de la concentración de sodio con respecto a calcio observado, es de hasta un 50%.

Estos resultados son importantes de considerar en los procesos de adsorción e intercambio iónico, ya que algunos trabajos reportan una asociación entre la concentración de sodio y potasio presentes en minerales arcillosos y la concentración de compuestos orgánicos (sales cuaternarias de amonio) que se pueden intercambiar [Li, 1999].

3.2 Área superficial

La mayor área superficial que se observa, a temperatura ambiente, la tienen los minerales arcillosos QS y QII (Tabla 1). Cuando los minerales arcillosos se secan a 60° C durante 4 horas y se determina nuevamente este parámetro, se observa en todos los casos un incremento del área superficial, siendo mayor de nuevo para los minera-

les QS y QII. Dicho comportamiento probablemente se deba a la pérdida de agua de la superficie del mineral.

Muestra	Lote	Área superficial (m ² /g)	
		temperatura ambiente	secado a 60 °C/ 4h
AZ	1	0.1644	11.4407
QS	1	76.4890	138.5202
QII	1	81.1406	129.2431
TQA	1	41.0815	56.4938
TL	1	48.3485	57.2740
AN004	2	30.3008	39.9660
AN005	2	22.4542	30.8343

3.3 Difracción de rayos X (DRX)

En la Tabla 2 se muestran los componentes de los minerales arcillosos bajo estudio.

Se encontró a la montmorillonita como principal componente en la mayoría de los minerales arcillosos, con excepción de las muestras QS y QII, que contienen principalmente cristobalita.

También se encontró cuarzo en la mayoría de los minerales.

3.4 Microscopía electrónica de barrido (SEM) y microanálisis elemental (EDS)

La composición elemental de los minerales arcillosos determinada por EDS es similar a aquella determinada

por ICP. Sin embargo no se observaron diferencias entre las concentraciones de calcio y sodio en los minerales arcillosos, las cuales si se observaron por ICP. Esta divergencia en los resultados es probable que se deba a que la técnica de microanálisis elemental EDS es una técnica puntual.

En la Figura 1 se muestran imágenes de los minerales arcillosos, denominados en el presente trabajo como TL y AN005.

En la mayoría de los materiales la superficie no presenta una morfología definida. A medida que se incrementa la magnificación hasta 1500x, se observan algunas estructuras en forma de láminas. En el caso de las arcillas AN004 y AN005 a 1500x no se apreciaron dichas estructuras laminares.

En la arcilla TI se observa una morfología en forma de láminas más definida, que en el resto de los materiales arcillosos.

Componentes	Tarjeta JCPDS	AZ	QS	Q11	TQA	TL	AN004	AN005
Montmorillonita	13-0135	*			*	*	*	
Montmorillonita	12-0204							*
Cristobalita	39-1425		*	*		*	*	
Cristobalita	11-0695				*			*
Cuarzo	33-1161		*	*	*			*

Conclusiones

Los diferentes minerales arcillosos bajo estudio presentan características morfológicas y composición química variables.

El mayor componente mineral de las arcillas es la montmorillonita y en algunos casos en menor proporción se encontró cristobalita y cuarzo.

La relación Mg/Al en las arcillas objeto de estudio varía entre 0.23 y 0.37

Agradecimientos

Los autores agradecen al CONACYT el apoyo económico a través del proyecto "Zeolitas naturales como intercambiadores iónicos de radionúclidos o metales pesados, adsorbentes de hidrocarburos y microbicidas".



Figura 1 Imagen obtenida por SEM de los minerales arcillosos a) TL y b) AN005

También agradecemos a la empresa SUD CHEMIE DE MÉXICO, S. A. DE C. V. por la donación de las muestras de minerales arcillosos.

Referencias bibliográficas

Carrado A. Katheen. (2000). *Synthetic Organo- and Polymer-calys: Preparation, Charactenzation and Materials Applications*. *Applied Clay Science*. Vol 17 pp. 1-23.

Dominguez J. M., Schifter I., (1995), *Las arcillas: el barro noble*, Fondo de Cultura Económica, 2ª edición, México, D.F.

Faschan A., Cartledge F. and Tittlebaum M., (1993), *Effect of Calcium Hydroxide and pH on Organoclay Adsorption of Organic Compounds*, *Journal of Environmental Science Health*, A28(3), pp. 585-597.

Hurlbut C.. (1978) *Manual de mineralogía de Dana*, Ed. Reverté 2ªed.

Li Z., (1999). *Oxyanion sorption and surface anion exchange by surfactant-modified clay minerals*, *Journal of Environmental Quality*, Vol. 28 No. 5, pp. 1457-1463.