

CINÉTICA DE ENFRIAMIENTO DE ARCILLAS ESPECIALES PARA SU EMPLEO EN PELOTERAPIA

M.L. MOURELLE ⁽¹⁾, C. MEDINA ⁽¹⁾, J.L. LEGIDO ⁽¹⁾, M.I. CARRETERO ⁽²⁾ Y M. POZO ⁽³⁾

⁽¹⁾ Departamento de Física Aplicada. Facultad de Ciencias. Universidad de Vigo. Campus Lagoas-Marcosende. 36200-Vigo. lmourelle@uvigo.es

⁽²⁾ Departamento de Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química. Universidad de Sevilla. Apdo. 553, 41071 Sevilla. carre@us.es.

⁽³⁾ Departamento de Geología y Geoquímica. Facultad de Ciencias. Universidad Autónoma de Madrid. Cantoblanco 28049, Madrid. manuel.pozo@uam.es

INTRODUCCIÓN

Los peloides se emplean como agentes terapéuticos termales en numerosos balnearios y centros termales desde la antigüedad. Bajo la denominación de peloides se incluyen diferentes tipos de sedimentos o depósitos minerales que contienen en su composición principalmente silicatos (micas, minerales arcillosos, feldespatos, etc.), pero también carbonatos, sulfatos, sulfuros, etc., así como proporciones variables de sustancias orgánicas, los cuales, mezclados con diferentes aguas mineromedicinales, de mar o de lago salado, forman cataplasmas o emplastos para usos termales. Los peloides pueden, pues, estar constituidos por precipitados de las aguas mineromedicinales, por sedimentos finos procedentes de procesos erosivos en la corteza terrestre (arcillas y limos), o por turbas; existen por tanto diferentes tipos de peloides en función de su composición y su origen.

Actualmente, un gran número de balnearios preparan sus peloides de manera artificial, a partir de una arcilla, de manera que una vez mezclada con el agua mineral se somete a un proceso de maduración -en piscinas o tanques- que puede tener duración variable, de unos meses a varios años (Veniale et al., 2004).

Los principales factores que determinan la naturaleza de un peloides son: composición y granulometría de la arcilla inicial, cinética de enfriamiento, composición del agua mineral con la que se ha mezclado y forma de realizar el proceso de maduración (Curini et al 1990; Ferrand y Yvon, 1991; Sánchez et al, 2002; Veniale et al., 2004; Carretero et al, 2006). Para que una pasta de arcilla o un peloides sea apropiado para su uso en peloterapia se requieren ciertas propiedades como una cinética de enfriamiento lenta, alta capacidad de absorción, alta capacidad de intercambio catiónico, buena adhesividad, facilidad de manejo y sensación agradable cuando se aplica sobre la piel. De todas estas propiedades, la cinética de enfriamiento es una de las más importantes, ya que el calor aportado por el peloides es también un agente terapéutico, y por tanto para muchas aplicaciones terapéuticas el peloides debe mantenerse a una temperatura superior a la temperatura corporal durante el tiempo de aplicación al paciente.

En este trabajo se han estudiado tres arcillas -sepiolita, bentonita magnésica y bentonita aluminica- con el objetivo de determinar cuáles presentan mejores características para la preparación de peloides en cuanto a comportamiento térmico y podrían, por tanto, ejercer una acción termoterápica óptima. Las muestras se han caracte-

terizado desde el punto de vista mineralógico y para el estudio del comportamiento térmico se han realizado y analizado las curvas de enfriamiento de diferentes mezclas de las arcillas con agua. Para estudiar el comportamiento térmico de las arcillas se ha diseñado un equipo basado en las experiencias de otros autores (Lewis, 1935; Rambaud et al, 1986; Cara et al, 2000), que permite estudiar la cinética de enfriamiento y calentamiento de diferentes materiales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Materiales estudiados.

Para realizar este trabajo se han seleccionado tres muestras de arcillas especiales, una sepiolita (SEPI) y dos bentonitas (BEAL y BEMG). Las esmectitas constituyentes de las muestras BEAL y BEMG son montmorillonita y saponita, respectivamente.

El análisis mineralógico de las muestras se ha realizado mediante difracción de rayos X (DRX), empleando un difractómetro SIEMENS D-5000, tanto de la muestra total como de la fracción arcilla (<2 µm). En la cuantificación de los componentes se han empleado los poderes reflectantes propuestos por Schultz (1964) y Barahona (1974).

Para confirmar los resultados e identificar con mayor precisión el mineral presente, se ha realizado el análisis químico de su fracción menor de 2 µm, que se ha realizado con un espectrómetro de fluorescencia de rayos X (FRX) modelo MagiX de PANalytical. Para la determinación del sodio se ha empleado un espectrofotómetro de absorción atómica Varian 220-FS QU-106.

Las propiedades físicas y físico-químicas determinadas han sido las siguientes: a) plasticidad, b) tamaño de grano, con un equipo Micromeritics R SediGraph 5100 ET, c) capacidad de intercambio catiónico, utilizando el método del acetato amónico a pH neutro, d) capacidad de absorción de agua mediante el método Westinghouse, e) superficie específica mediante el método BET con un equipo Micromeritics ASAP 2010.

Metodología experimental

Para la determinación de las curvas de enfriamiento se prepararon pastas con diferentes concentraciones de cada arcilla en agua tridestilada, utilizando un mecanismo de agitación que permite obtener un buen nivel de homogeneidad.

MUESTRA	Mineralogía total	Mineralogía de la arcilla	% de los minerales de la arcilla en muestra total	d(060)	Índice de Biscaye	Índice de Kubler
SEPI	Filosilicatos (97%) – Calcita (3%)	Sepiolita (100%)	Sepiolita (97%)	-	-	-
BEAL	Filosilicatos (95%) - Cuarzo (trazas) - Calcita (trazas) - Plagioclasa (2%) – Cristobalita (3%)	Esmectita (100%)	Esmectita (95%)	1,499 Å	0,90	-
BEMG	Filosilicatos (94%) - Cuarzo (2%) – Feldespatos* (3%) – Calcita (1%)	Esmectita (95%) Illita (5%)	Esmectita (89%) Illita (<5%)	1,526 Å	0,86	0,26°2Θ

* Incluye feldespato potásico y plagioclasa en la misma proporción.

Tabla 1: Mineralogía de las muestras

El método experimental empleado para la determinación de las curvas de enfriamiento cinético es similar al descrito por otros autores (Cara et al., 2000). El equipo consiste en un calorímetro con una sonda conectada a un sistema de adquisición de datos, procediendo a calentar previamente la muestra hasta 70°C y seguidamente se deja enfriar hasta 35°C. Las curvas de enfriamiento se determinan entre las temperaturas de 60°C y 37°C para eliminar la inercia térmica inicial.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del estudio mineralógico se muestran en la tabla 1. En la muestra SEP se observa que la sepiolita representa el 100% de la fracción arcilla, y en consecuencia el 97% de la muestra total. La muestra BEAL es una bentonita conteniendo esmectita dioctaédrica (montmorillonita), mientras que la muestra BEMG es una bentonita constituida por esmectita trioctaédrica (saponita). Los datos sobre las propiedades físicas y físico-químicas se muestran en la tabla 2.

Para el análisis de la cinética de enfriamiento se ha partido de los estudios de Jackson y Taylor (1986) y Stout (1968). Las curvas de enfriamiento realizadas responden a una función del tipo: $T = A + B \cdot e^{-Kt}$, donde T es la temperatura de la muestra, A y B son dos constantes relacionadas con la temperatura del baño y la diferencia entre la temperatura máxima y la temperatura del baño, t el tiempo de enfriamiento y K es un parámetro que depende de las propiedades térmicas del sistema. Como éstas dependen de la temperatura, se propone una relación del tipo: $K = D \cdot T + E$, donde E y D son constantes. Para una temperatura dada, K se relaciona con las pérdidas caloríficas (P) y con la capacidad calorífica del sistema C_s a esa temperatura mediante $K = \frac{P(T)}{C_s(T)}$ en donde C_s es la capacidad

calorífica del sistema y viene expresada en términos de dos contribuciones: por un lado la capacidad calorífica del recipiente C_r y por otro la de la muestra en el interior de éste C_m : $C_s = C_r + C_m$.

A partir del análisis de la cinética de enfriamiento (Figura 1) y una vez calculados los calores específicos de las muestras y los tiempos de enfriamiento, se ha podido determinar que los valores específicos aumentan con el porcentaje de agua y que la velocidad de enfriamiento va a depender asimismo de este porcentaje. La muestra que mejor comportamiento térmico presenta, es decir, que posee un índice de enfriamiento más bajo, es la bentonita magnésica, seguida de la bentonita aluminica y la sepiolita, ya que los tiempos de enfriamiento -para un mismo porcentaje de agua- siguen la secuencia: BEMG>BEAL>SEPI.

También se observa una relación entre la capacidad sorcitiva de las muestras y el comportamiento térmico, siendo más elevada para la BEMG (tabla 2). Esto explica-

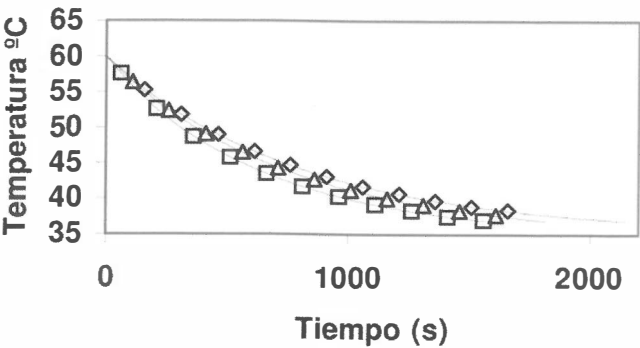


Figura 1: Enfriamiento cinético de las arcillas con agua tridestilada en diferentes proporciones: ◇ BEMG al 78% en agua; △ BEAL al 55% en agua y □ SEPI al 58% en agua

MUESTRA	<2 µm (%)	<20 µm (%)	>100 µm (%)	Límite Líquido (%)	Límite plástico (%)	Índice de plasticidad (Atterberg)	Capacidad de Intercambio catiónico (cmol(+).kg ⁻¹)	Cationes de cambio (cmol(+).kg ⁻¹)	Absorción de agua (W) (%)	Superficie específica (BET) m ² .g ⁻¹
SEPI	33,66	89,44	0,4	208	116	92	-	-	201	220
BEAL	18,93	86,96	2,4	148	58	90	84	Mg≈Ca≈Na>>K	190	65
BEMG	45,25	88,45	6,7	168	68	100	83	Mg>Ca>>Na>K	221	135

Tabla 2: Propiedades físicas y fisico-químicas de las muestras

ría que esta muestra sea la que tenga un enfriamiento más lento, ya que es la arcilla que más agua retiene y existe una relación directa entre la capacidad de retención de agua y el enfriamiento más lento del peloide (Veniale et al., 2004).

CONCLUSIONES

Del estudio de la cinética de enfriamiento de las muestras analizadas, se puede deducir que todas presentan un buen comportamiento térmico, pero para la formulación de peloides cuya aplicación vaya a ser en caliente -es decir, cuando el calor aportado por el peloide sea también un agente terapéutico- es aconsejable la utilización de arcillas esmectíticas (>90% de esmectitas) y dentro de las esmectitas se recomienda la saponita estudiada, aunque para generalizar esta última afirmación, serían necesarias posteriores investigaciones.

REFERENCIAS

Barahona, E. (1974). Tesis doctoral. Universidad de Granada, 398 pp.
Cara, S., Carcangiu, G., Paladino, G., Palomba, M., Tamanini, M. (2000). Appl. Clay Sci. 16, 125-132.
Carretero M.I., Gomes, C., Tateo, F. (2006). Clays and

human health. In: F. Bergaya, B. Theng & G. Lagaly (Eds.). Elsevier. Handbook of Clay Science, pp. 717-741.
Curini, R., D’Ascenzo, G., Fraioli, A., Lagana, A., Marino, A., Messina, B. (1990). Thermochim. Acta 157(2), 377-93.
Ferrand, T., Yvon, J. (1991). Appl. Clay Sci. 6, 21-38.
Jackson, R. and Taylor, S. (1986). Thermal conductivity and diffusivity. In: A. Klute (Eds.), Methods of Soil Analysis. Part I, Physical and Mineralogical Methods, pp. 941-944.
Lewis, J., (1935). Archives of Medical Hydrology 13, 56-57.
Rambaud, A., Rambaud, J., Berger, G., Pauvert, B. (1986). J. Fr. Hydr. 17, 293-302.
Sánchez, C.J., Parras, J., Carretero, M.I. (2002). Clay Minerals 37, 457-463.
Schultz, L.G. (1964). Geol. Surv., Prof. Pap., 391-C, 31 pp.
Stout, J.W. (1968). Low temperature Calorimetry with Isothermal Shield and Evaluated Heat Leak. In: H.P. McCullough, D.W. Scott, (Eds.), Experimental thermodynamics. Vol. I, Calorimetry and non-reacting systems. IUPAC publications, Norwich, UK, pp. 215-261.
Veniale, F., Barberis, E., Carcangiu, G., Morandi, N., Setti, M., Tamanini, M., Tessier, D. (2004). Appl. Clay Sci.25, 135-148.