

Minerales utilizados en los balnearios

Minerals used in spas

M^a ISABEL CARRETERO

Dpto. Cristalografía, Mineralogía y Química Agrícola. Facultad de Química. Universidad de Sevilla. C/Prof. García González nº1, 41012 Sevilla. E-mail: carre@us.es

Resumen En los balnearios, los minerales se utilizan mezclados con las aguas mineromedicinales formando lo que de una manera coloquial se llaman “barros” y desde el punto de vista científico se denominan “peloides”. La aplicación de los peloides es la peloterapia. Los peloides pueden ser inorgánicos, orgánicos y mixtos. Los minerales forman parte de los peloides inorgánicos y mixtos. Los minerales que se utilizan en balnearios son filosilicatos, que son los constituyentes principales de las arcillas. Normalmente se emplean arcillas especiales formadas mayoritariamente por un filosilicato, como por ejemplo caolín (formado por caolinita) o bentonita (formada por esmectitas, principalmente saponita y montmorillonita). En algunos balnearios también se utilizan arcillas comunes, formadas por una mezcla de filosilicatos, oxi-hidróxidos de Al, Fe o Mn, y fases asociadas (carbonatos, cuarzo, feldspatos, sílice coloidal, materia orgánica, etc.). Se utilizan las arcillas por sus propiedades físicas y físico-químicas, que vienen dadas por las propiedades de los filosilicatos que las componen, como pequeño tamaño de partícula, elevada capacidad de absorción y desorción, elevada capacidad de intercambio catiónico, buenas propiedades plásticas y reológicas, y alta capacidad de retención del calor.

Palabras clave: Peloides, peloterapia, arcillas, filosilicatos, propiedades físicas y físico-químicas.

Abstract *In spas, minerals are used mixed with mineral-medicinal waters forming what in a colloquial way are called “muds” and from the scientific point of view are called “peloids”. The application of peloids is called pelotherapy. Peloids can be inorganic, organic and mixed. The inorganic and mixed peloids have minerals. The minerals used in spas are phyllosilicates, which are the main constituents of clays. Normally, special clays (mainly with an phyllosilicate) are used, such as kaolin (formed by kaolinite) or bentonite (formed by smectites, mainly saponite and montmorillonite). Some spas also use common clays, formed by a mixture of phyllosilicates, oxy-hydroxides of Al, Fe or Mn, and associated phases (carbonates, quartz, feldspar, colloidal silica, organic matter, etc.). Due to its physical and physicochemical properties, which are given by the phyllosilicates properties, clays are used in spas. The main properties are small particle size, high absorption and desorption capacity, high cation exchange capacity, good plastic and rheological properties, and high heat retention capacity*

Keywords: *Peloids, pelotherapy, clays, phyllosilicates, physical and physicochemical properties.*

INTRODUCCIÓN

Desde la más remota antigüedad se tiene constancia del uso de las aguas mineromedicinales surgidas de manantiales, o de agua de mar, con fines terapéuticos; por ejemplo en culturas tan antiguas como la Asirio-Babilónica o la Egipcia. Sin embargo son los griegos y los romanos los primeros que utilizaron los balnearios tal y como se conocen en la actualidad. Los balnearios se construían donde aparecía el manantial, porque pensaban que el agua, al moverse, podía perder sus propiedades terapéuticas, como está demostrado científicamente hoy en día. Los balnearios eran utilizados con finalidad terapéutica, pero también para mantener una vida

saludable y una buena forma física. En la península Ibérica el uso de balnearios es introducido por los romanos. En la actualidad muchos de ellos siguen en activo; Alange en Badajoz, Caldas de Montbuy en Barcelona o las Termas Romanas de Lugo, son un ejemplo de ello. La invasión de la península por los pueblos bárbaros supuso la destrucción de una importante cantidad de balnearios romanos. Posteriormente los árabes, con su concepto sagrado, medicinal y ritual del agua, recuperaron la tradición del uso de las aguas medicinales. De esta época son los balnearios cuyo nombre comienza por “Alhama”, palabra árabe que significa “aguas calientes” o “aguas termales”; por ejemplo Alhama de Aragón, Alhama de Granada o Alhama de Murcia. La recon-

quista cristiana de la Península Ibérica hace que el uso de balnearios decaiga y muchos de ellos incluso desaparezcan. Es a partir del siglo XVIII cuando resurge el uso de los balnearios en España, y durante el siglo XIX se pone de moda asistir a los mismos, no solo para obtener las ventajas terapéuticas de sus aguas, sino también como lugares de encuentro de la realeza, la burguesía, la alta aristocracia y la clase política. En el siglo XX estaban activos un total de 186 balnearios en España, entre los que cabe destacar los de La Toja, Mondariz, Cestona, Arnedillo, Caldas de Boí, Solares, Archena, Panticosa, Lanjarón, Solán de Cabras, El Raposo, Montemayor o Alange, entre otros. Este auge de la asistencia a los balnearios se produce también en el resto de Europa, haciéndose famosos los balnearios de Montecatini Terme y Abano Terme (Italia), Karlovy Vary y Marienbad (República Checa), Badem Badem y Aachen (Alemania), Dax (Francia), entre otros. La guerra civil española y posteriormente el comienzo del llamado “boom playero” hicieron que la asistencia a los balnearios decayera y que se cerraran muchos de ellos. Durante la segunda mitad del siglo XX muchos balnearios se mantuvieron abiertos gracias al programa del “INSERSO” que facilitaba la asistencia a los mismos a jubilados y personas de la tercera edad. En las últimas décadas la asistencia a balnearios ha vuelto a cobrar interés, no solo por sus tratamientos terapéuticos, sino también por ofrecer servicios relacionados con la estética y el tratamiento antiestrés. Asimismo, ha surgido también una gran demanda de centros que usan agua del mar en sus instalaciones con estos mismos fines (centros de talasoterapia o talasos) (Carretero y Pozo, 2007; Carretero *et al.*, 2013).

Paralelamente a lo descrito anteriormente, existe también constancia del uso de minerales mezclados con las aguas mineromedicinales con finalidad terapéutica, aplicándose en forma de “barros” desde la más remota antigüedad. Hay indicios de que el *Homo Erectus* y el *Homo Neanderthalensis* posiblemente imitando a los animales, mezclaban ocres rojos y “tierras” con agua dando lugar a ciertos tipos de fangos con objeto de curar heridas, calmar picores o para la limpieza de la piel. Asimismo, es conocido que Cleopatra, reina de Egipto, utilizó los

barros procedentes del Mar Muerto con fines cosméticos. Los griegos empleaban materiales arcillosos (Tierra de Lemnos, *Terra Sigillata* de la isla de Isola, *Terra Samia* de la isla de Samos) mezclados con agua formando “barros” para remediar afecciones de la piel, como cicatrizante, o como remedio para las mordeduras de serpientes (Carretero y Pozo, 2007; Carretero *et al.*, 2013). Cuando la surgencia del agua mineromedicinal ocurría en una zona donde la tierra circundante tenía unas características determinadas, el “barro” formado tenía también propiedades terapéuticas y era usado con esa finalidad en los balnearios, en la mayoría de las ocasiones con una mayor demanda, si cabe, que la del agua mineromedicinal. En la actualidad, en España estos barros naturales siguen formándose y aplicándose con finalidad terapéutica en cuatro balnearios: El Raposo (Badajoz), Arnedillo (La Rioja), Caldas de Boí (Lérida) y Archena (Murcia), aunque en algunos de ellos se prepara en las instalaciones del propio balneario con su agua mineromedicinal. Además también se utilizan con finalidad terapéutica barros formados a partir de un sedimento y agua del mar, como es el caso de Lo Pagán (Murcia). Sin embargo, aunque se conocían (y era más que evidente) las propiedades terapéuticas de esos “barros”, hasta las últimas décadas no se habían estudiado su composición y propiedades, y el motivo de su eficacia en el tratamiento de enfermedades. Muchos investigadores trabajan ahora en este campo y los resultados obtenidos están sirviendo para que balnearios que no tienen barros puedan llegar a prepararlos en sus instalaciones con su agua mineromedicinal, obteniéndose excelentes resultados desde el punto de vista terapéutico.

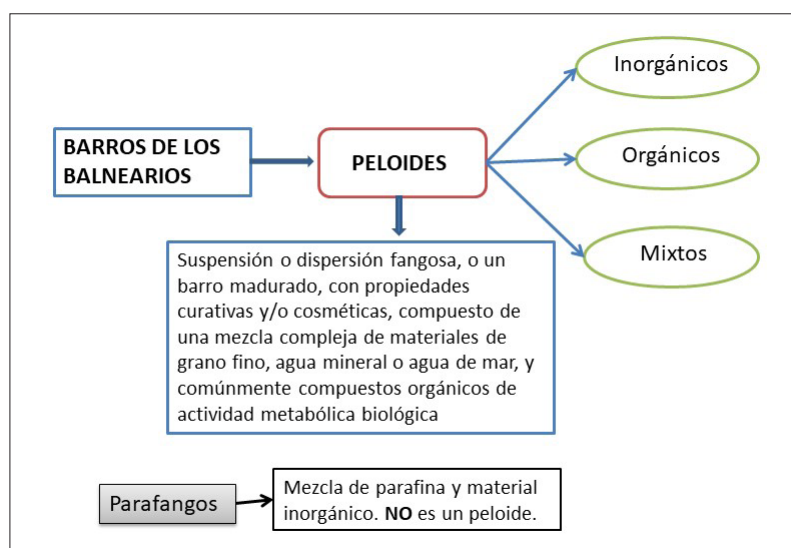
LOS BARROS DE LOS BALNEARIOS: PELOIDES

Lo que de una manera coloquial se llaman barros de balnearios, desde el punto de vista científico se denominan peloides (Fig.1). La aplicación de los peloides se llama peloterapia.

No se deben confundir peloides con parafangos (Fig.1). Los parafangos son una mezcla de parafina con un material inorgánico (generalmente una arcilla). Se aplican al paciente siempre en caliente y la única función es la aplicación de calor en la zona afectada, siendo eficaz únicamente la acción terapéutica del calor aportado. Los parafangos son muy usados en los balnearios porque se pueden reciclar de unos pacientes a otros, previa esterilización en autoclave. Además al no adherirse a la piel no se crean los problemas de eliminación del mismo después del tratamiento, como sí ocurre con los peloides, pero su eficacia es inferior ya que no se produce ningún intercambio entre el parafango y la piel.

Según la última definición propuesta por Gomes *et al.* (2013), un peloide es un barro madurado, o una suspensión o dispersión fangosa, con propiedades curativas y/o cosméticas, compuesto de una mezcla compleja de materiales de grano fino, agua mineral o agua de mar, y comúnmente compuestos orgánicos de actividad metabólica biológica. Según estos autores, en función del porcentaje de material inorgánico o compuestos orgánicos que contenga el peloide, éstos se clasifican en peloides inorgánicos, orgánicos

Fig. 1. Los barros de los balnearios. Definición de peloide y parafango



o mixtos (Fig. 1). Dentro de los peloides orgánicos se encuentran las turbas, formadas por restos vegetales en descomposición; se utilizan en muchos balnearios, sobre todo del centro de Europa. En España son más frecuentes los peloides inorgánicos, salvo en algunos balnearios, como Caldas de Boí (Lérida) que emplean peloides mixtos, formados por una mezcla de turba proveniente de una zona cercana al balneario con un material inorgánico (una arcilla) (Carretero *et al.*, 2010, Pozo *et al.*, 2013).

Es importante destacar que para que sea un peloide, el barro debe estar madurado, es decir, el material sólido debe estar en contacto con el agua mineromedicinal del balneario (o con el agua del mar) durante un tiempo determinado. Este tiempo de maduración varía en función del balneario que lo realice; suele oscilar entre unos días, meses o incluso años. Algunos balnearios utilizan el barro madurado de forma natural en las cercanías del manantial de agua mineromedicinal del propio balneario. Otros maduran el sólido en sus establecimientos utilizando el agua mineromedicinal del balneario. En algunos casos lo que se utiliza es el fango madurado en la orilla del mar. La maduración en los balnearios se realiza en estanqueidad, con agitación manual cada varios días o en tanques con agitación continua, en función del balneario. Recientes estudios demuestran que las propiedades mineralógicas y fisicoquímicas de los peloides no se modifican sustancialmente utilizando uno u otro método de maduración (Carretero *et al.*, 2007).

La maduración es un proceso complejo en el que intervienen fenómenos físicos, químicos, fisicoquímicos y biológicos. Durante el proceso de maduración, elementos mayoritarios y traza, y componentes orgánicos presentes en el agua o desarrollados durante la maduración, pueden pasar a los minerales que componen la fase sólida, o concentrarse en el líquido intersticial del peloide y posteriormente ser liberados cuando el peloide esté en contacto con el cuerpo humano. Además la maduración produce cambios mineralógicos y físico-químicos en los minerales que componen la fase sólida que implican modificaciones en sus propiedades. Estas modificaciones revierten en una mejora de las propiedades terapéuticas del peloide final. Asimismo, en muchos casos se desarrolla un material biológico que tiene propiedades terapéuticas. Por ejemplo, el crecimiento de algunos microorganismos da lugar a la formación de sulfoglicolípidos, un potente antiinflamatorio que queda incluido en el peloide. Todas estas modificaciones mejoran las propiedades terapéuticas del producto final (peloide) que se aplica al paciente. Hay que señalar que el peloide, producto de ese proceso de maduración, tendrá unas propiedades u otras en función de la naturaleza y composición del agua mineromedicinal y del sólido empleado. Variables como la temperatura también pueden modificar el producto final, ya que influirá en el desarrollo de microorganismos o en procesos de interacción de los componentes del agua con los minerales del sólido (Veniale *et al.*, 2004; Carretero *et al.*, 2013, y las referencias citadas en ellos). Por tanto, cada balneario puede tener un peloide con unas propiedades diferentes a las de los demás balnearios.

Generalmente los peloides se aplican en caliente (o se secan al calor como en El Raposo, Badajoz) para añadir las propiedades terapéuticas del calor a las propias del peloide. Existen varias formas de aplicación de los peloides, dependiendo del balneario y de la dolencia a tratar. Normalmente se aplican como cataplasmas en una zona determinada del cuerpo (articulaciones, espalda, etc.), recubriéndose después la zona a tratar con un film transparente y con una sábana o manta para evitar que se evapore el agua que tiene el peloide y se disipe el calor, en el caso de su aplicación en caliente. En otros casos, el peloide se aplica con una brocha o pincel en todo el cuerpo, y se deja secar mientras ejerce la acción terapéutica. Posteriormente, se introduce al paciente en una bañera de agua mineromedicinal para favorecer la eliminación del peloide seco sobre la piel. En algunas ocasiones puede sumergirse al paciente totalmente en una bañera que contiene el peloide diluido en el agua mineromedicinal (suspensión fangosa) o bien alguna parte del cuerpo, como manos o pies, en un baño con peloide. También se utilizan en forma de suspensión fangosa, para realizar masajes corporales en sustitución de aceites. Si el peloide se va a utilizar con finalidad cosmética, éste se aplica como mascarilla facial.

Los peloides se utilizan en los balnearios para tratar artropatías inflamatorias (artritis reumatoide, espondilitis anquilosante, etc.) y degenerativas (artritis, osteoartritis, etc.), secuelas de traumatismos osteoarticulares (fracturas, luxaciones), tratamientos dermatológicos (forúnculos, psoriasis, dermatitis seborreica, acné, etc.), contracturas musculares, dolencias musculares asociadas al estrés, etc. Hay que señalar que antes de la aplicación de un peloide (así como del agua mineromedicinal) el paciente debe siempre pasar por la consulta médica del balneario, ya que en ciertos casos existen contraindicaciones para su aplicación. Por ejemplo, no se puede aplicar un peloide en caliente en zonas del cuerpo con problemas de circulación como edemas, varices, etc., en fases agudas y subagudas de todos los procesos reumáticos, cardiopatías descompensadas, cuando existen problemas de retención de líquidos, etc. (Carretero *et al.*, 2013).

La ventaja, desde el punto de vista terapéutico, de aplicar un peloide frente a la aplicación únicamente del agua mineromedicinal del balneario, es que durante la aplicación del mismo pueden pasar al paciente, a través de la piel, elementos y compuestos presentes en el mismo que son beneficiosos para la salud. En algunos casos, en función de la composición del material inorgánico, pueden también ser absorbidos por el peloide sustancias no deseadas que se encuentren en la piel. Además, si se aplican en caliente, además de ser favorecido por el calor este intercambio entre la piel y el peloide, se une la acción terapéutica del propio calor.

Es importante también tener en cuenta el posible riesgo que puede tener un peloide para la salud humana, por lo que hay que realizar una evaluación de este riesgo potencial en cada caso en concreto. Este riesgo puede deberse a que tanto en el agua mineromedicinal como en la fase sólida pueden existir elementos nocivos para la salud, como As, Hg, Pb, Cd, Se, Sb, etc., que en un principio se

encuentren en concentraciones muy bajas tanto en el agua como en el sólido, pero que al unirlos para realizar el peloide, la concentración de estos elementos aumente. Sin embargo, hay que señalar que no solo es importante la concentración total de los elementos potencialmente tóxicos presentes en el peloide, sino también su biodisponibilidad, ya que si no son biodisponibles, esos elementos se quedarán en el peloide y no pasarán al paciente a través de la piel, por lo que no existirá ningún problema de salud relacionado con ellos (Summa y Tateo, 1998; Tateo *et al.*, 2009; Carretero *et al.*, 2010). Por otra parte, no hay que olvidar que el agua mineromedicinal de muchos balnearios españoles es de naturaleza radiactiva, empleándose esa cualidad con fines terapéuticos, fundamentalmente para problemas reumáticos. Si este tipo de agua se emplea para la realización de peloides, cabe la posibilidad que durante el proceso de maduración la concentración de esos elementos radiactivos aumente, hecho que puede ser beneficioso para la salud humana. Sin embargo, si la cantidad absorbida por el sólido es demasiado elevada, dicha concentración puede llegar a ser perjudicial para la salud. Por tanto, en estos casos, también hay que controlar las concentraciones de elementos radiactivos en el producto final que se aplique al paciente. Finalmente, sería siempre conveniente realizar un estudio microbiológico del peloide antes de su aplicación al paciente, porque durante el proceso de maduración pueden desarrollarse microorganismos, que en algunos casos podrían afectar a la salud.

En la última década, los investigadores que trabajan en peloterapia se reúnen de forma periódica para exponer los avances obtenidos en las investigaciones realizadas sobre peloides, en los congresos bianuales que organiza la Sociedad Española de Peloïdes Termales (SEPETER) fundada en el año 2008, y la Sociedad Iberoamericana de Peloïdes Termales (SIPET) fundada en el año 2013. Ambas

Sociedades son de reciente creación, pero ya han organizado cinco congresos que tuvieron lugar en El Talaso Atlántico (Baiona, Vigo), balneario de Lánjarón (Granada), Isla de San Miguel (Azores, Portugal), balneario de Caldas de Boí (Lerida) y balneario de El Raposo (Badajoz). El siguiente congreso será en las Termas de Copahue, en Argentina en el año 2019. La realización de todos estos congresos indica la intensa actividad científica que se está realizando en el estudio de los peloïdes, y el gran interés que muestran los empresarios del sector a nivel nacional e internacional por dichos estudios, que cada vez están más en auge, obteniéndose resultados cada vez más importantes desde el punto de vista de la mejora de la actividad terapéutica de los peloïdes.

MINERALES QUE COMPONEN LOS PELOIDES

Los peloïdes inorgánicos y la parte inorgánica de los peloïdes mixtos están compuestos por arcillas. Una arcilla es un material natural, de tamaño de grano fino ($<2\mu\text{m}$) que puede ser moldeado al mezclarse con una cantidad apropiada de agua, y de mantener la forma adquirida al ser secado o cocido. Las arcillas están compuestas por minerales de la arcilla y fases asociadas. Los minerales de la arcilla son predominantemente filosilicatos, aunque también pueden contener oxi-hidróxidos de diversos elementos (Al, Fe y Mn). Las fases asociadas pueden ser cristalinas (carbonatos, cuarzo, feldspatos, zeolitas), amorfas (sílice coloidal, geles de Fe y Al), u orgánicas (Fig. 2). En función del porcentaje de oxi-hidróxidos y fases asociadas, las arcillas se clasifican en arcillas comunes y arcillas especiales. Las arcillas comunes pueden tener una mezcla de diversos filosilicatos. Las arcillas especiales están formadas por un único filosilicato en un porcentaje muy elevado (más del 80-90% de filosilicatos). Las arcillas especiales presentan un nombre determi-

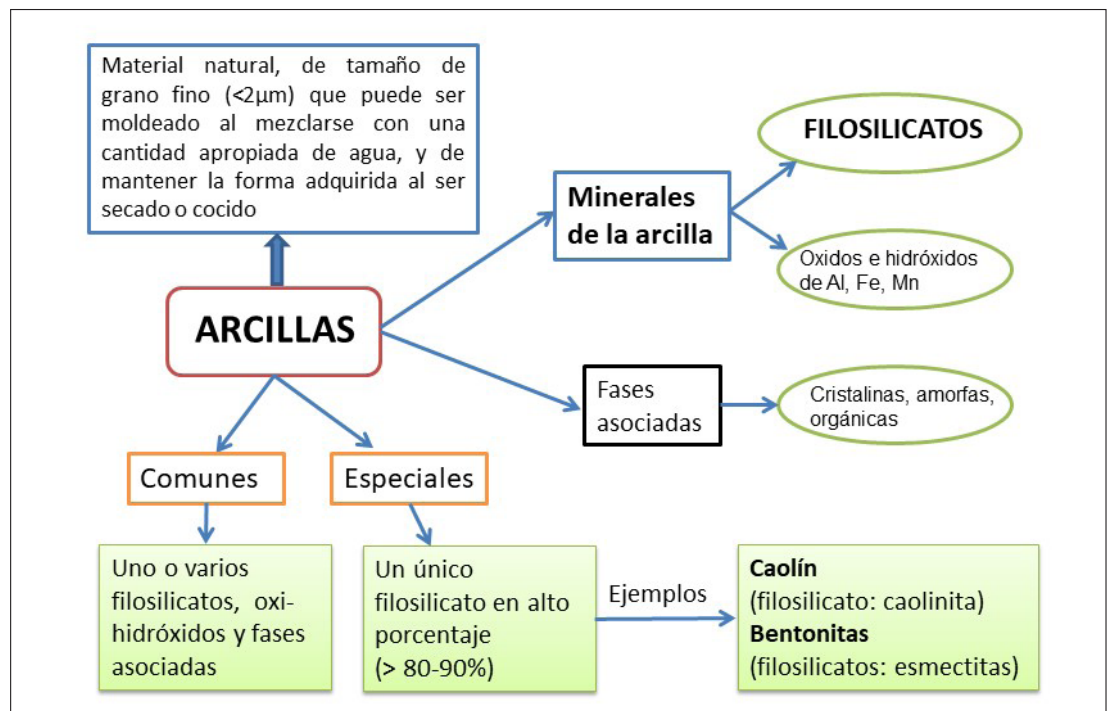


Fig. 2. Definición, composición y clasificación de las arcillas

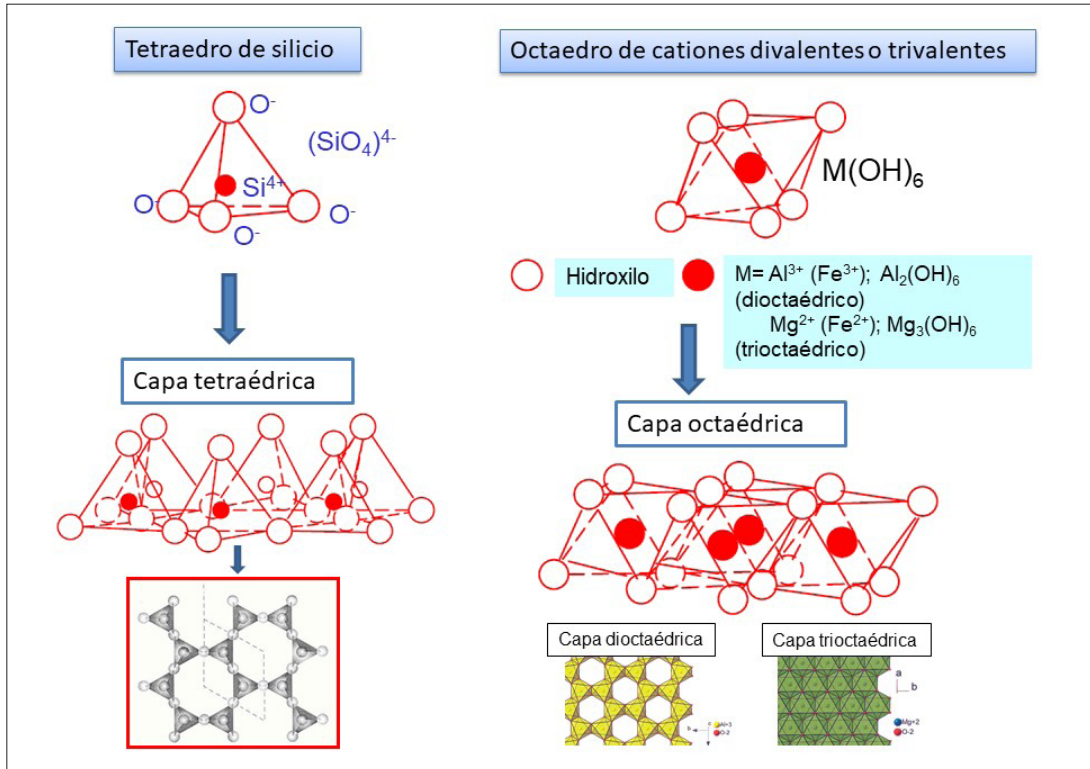


Fig. 3. Estructura de la capa tetraédrica y octaédrica de los filosilicatos

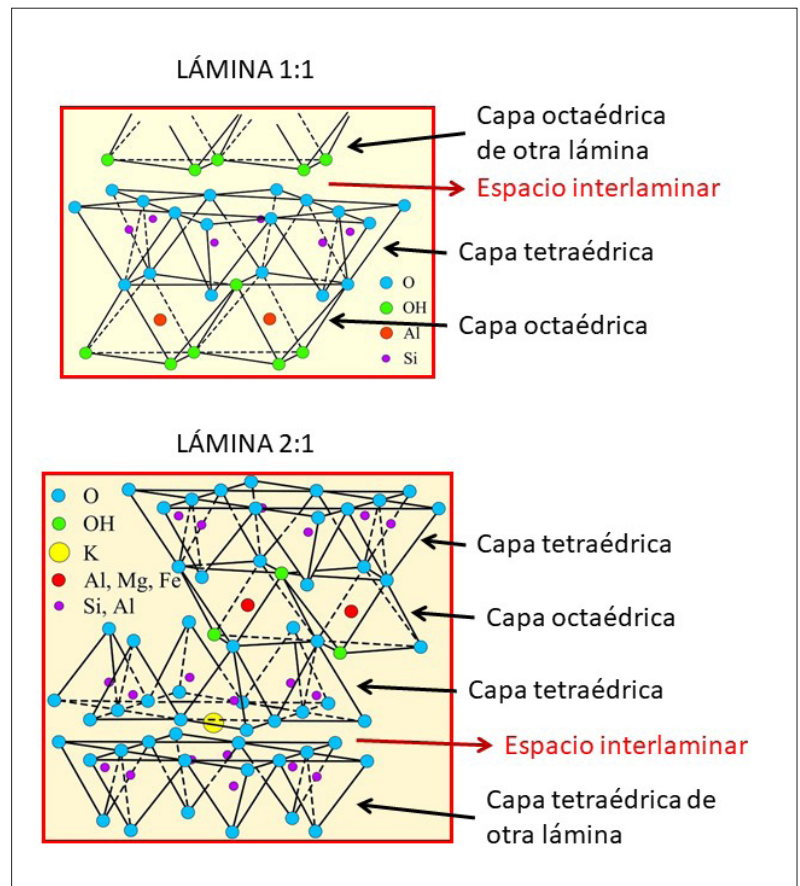
nado, en función del filosilicato que las componen. Por ejemplo, el caolín está compuesto por caolinita y las bentonitas están compuestas por esmectitas. Las arcillas comunes utilizadas en balnearios suelen tener generalmente caolinita, esmectitas y/o illita.

Los peloides inorgánicos y mixtos usados en balnearios pueden estar compuestos tanto por arcillas comunes como por arcillas especiales. Las primeras son más frecuentes en aquellos peloides formados de manera natural en las cercanías del balneario. Las arcillas especiales se suelen utilizar cuando se realizan los peloides con el agua mineromedicinal del propio balneario (Carretero *et al.*, 2010; Karakaya *et al.*, 2010; Pozo *et al.*, 2013). Los filosilicatos que componen las arcillas (comunes y especiales) presentes en los peloides son principalmente caolinita, esmectitas e illita.

Los filosilicatos son silicatos con estructura laminar y diverso grado de complejidad estructural. Las unidades estructurales básicas están constituidas por iones Si^{4+} en coordinación tetraédrica con cuatro iones oxígeno, formando capas tetraédricas, y por iones Al, Mg, Fe coordinados octaédricamente con 6 iones oxígeno y grupos OH, formando capas octaédricas (Fig. 3). Cuando el catión de la capa octaédrica es divalente, todos los octaedros están ocupados, dando lugar a una capa trioctaédrica. Cuando el catión es trivalente, solo dos de cada tres octaedros están ocupados por un catión, siendo en este caso la capa dioctaédrica (Fig. 3). Las capas tetraédricas y octaédricas se pueden unir de diferentes formas, dando lugar a distintos minerales. Cuando la unidad básica que se repite está formada por la unión de una capa tetraédrica y una octaédrica, formando una lámina 1:1 (la capa tetraédrica aparece invertida para unirse a la capa octaédrica), se tienen los filosilicatos tipo 1:1 (Fig. 4). A este grupo pertenece la caolinita, mineral en el que la capa oc-

taédrica está compuesta por Al^{3+} , y la unión entre las diferentes láminas 1:1 se realiza mediante fuerzas de Van der Waals, no existiendo cationes entre ellas, es decir, no hay cationes en el espacio interlaminar. La caolinita tiene hábito hexagonal y aparece formando una especie de hojas de libro, como puede verse en

Fig. 4. Estructura de la lámina 1:1 y lámina 2:1 de los filosilicatos

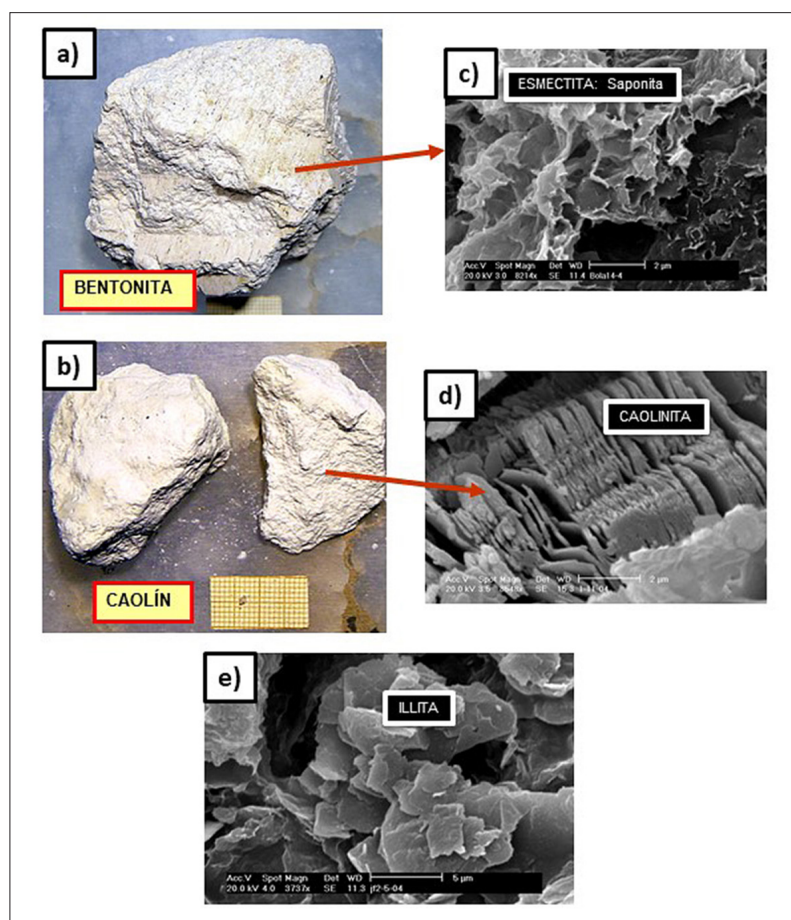


la fotografía al microscopio electrónico de barrido mostrada en la figura 5d.

Cuando la lámina está formada por dos capas tetraédricas (una de ellas invertida) con una octaédrica, se denomina lámina 2:1 y el filosilicato tipo 2:1 (Fig. 4). En este caso la capa tetraédrica está formada también por Si^{4+} , pero existen sustituciones isomórficas en algunos tetraedros de Al^{3+} por Si^{4+} , lo que implica un déficit de carga positiva. Para compensar la deficiencia de carga, en el espacio interlaminar entran diferentes cationes. La capa octaédrica está formada por cationes divalentes o trivalentes, según el mineral. Todo ello da lugar a distintos filosilicatos tipo 2:1, entre los que se encuentran la illita y las esmectitas.

Por su propia composición, la deficiencia de carga en la illita queda compensada por la entrada en la capa interlaminar del ión K^+ , y en este caso este ión no es intercambiable. Al microscopio electrónico de barrido la illita se muestra como agregados de pequeñas partículas laminares (Fig. 5e). Las esmectitas son un grupo de minerales. Las esmectitas, en general, presentan una deficiencia de carga variable, que se ve compensada por la capacidad de absorber entre las láminas 2:1 (en el espacio interlaminar) cationes hidratados (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , etc.) o moléculas orgánicas polares, para compensar esa deficiencia de carga. Aunque también, en función de las condiciones del medio en el que se encuentren, pueden llegar a desorber los cationes absorbidos. Esto les aporta una propiedad física llamada capacidad de intercambio catiónico, muy útil en peloterapia. Dentro del grupo de las esmectitas, los minera-

Fig. 5. Muestras de mano de dos arcillas especiales, bentonita (a) y caolín (b), e imagen al microscopio electrónico de barrido de los filosilicatos que las componen. En esta muestra la esmectita que forma esa bentonita es saponita (c). Se observa también la illita al microscopio electrónico de barrido (e).



les más representativos son la montmorillonita y la saponita. La montmorillonita tiene en la capa octaédrica mayoritariamente iones Al^{3+} (por lo que sería un filosilicato dioctaédrico). La saponita tiene en la capa octaédrica mayoritariamente iones Mg^{2+} , (filosilicato trioctaédrico). Las esmectitas se presentan al microscopio electrónico de barrido como láminas arrugadas (Fig. 5c).

PRINCIPALES PROPIEDADES DE LAS ARCILLAS PARA SU USO COMO PELOIDES EN BALNEARIOS

Como los filosilicatos son el componente principal de las arcillas, las propiedades de éstos determinarán las propiedades de las arcillas, sobre todo en el caso de las arcillas especiales.

Las propiedades de las arcillas para su uso en balnearios han sido estudiadas por diferentes autores en los últimos años (Legido *et al.*, 2007; Caridad *et al.*, 2014; Carretero *et al.*, 2014; Fernández González *et al.*, 2013, 2017; Rebelo *et al.*, 2011; entre otros).

Las arcillas proporcionan a los peloides las siguientes propiedades:

- 1) Pequeño tamaño de partícula ($<2\mu\text{m}$) y dureza baja, lo que proporciona sensación de suavidad al ser aplicados.
- 2) Elevada capacidad de absorción de agua, propiedad muy importante ya que el agua utilizada en la elaboración de los peloides es agua mineral medicinal. Además esta propiedad está relacionada con otras propiedades como plasticidad, reología o capacidad de retención del calor.
- 3) Elevada capacidad de absorción y desorción, lo que por una parte permite que el peloide lleve absorbidos los elementos presentes en el agua mineral medicinal, que posteriormente pueden pasar al paciente a través de la piel, durante su aplicación. Asimismo, debido a esta propiedad, se pueden llegar a eliminar de la piel un exceso de grasas y toxinas. Esta propiedad es muy eficaz cuando el peloide se emplea para tratamientos dermatológicos (puntos negros, acné, etc.). Además, en algunas ocasiones, el peloide puede tener adsorbido previamente a su aplicación al paciente, un principio activo orgánico que se aportará a la piel con finalidad terapéutica.
- 4) Elevada capacidad de intercambio catiónico (cuando el peloide contiene esmectitas) que permite un intercambio de elementos en contacto con la piel (presentes previamente en el agua o en la arcilla inicial), por ejemplo de cationes como Na^+ , K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , entre otros.
- 5) Buenas propiedades plásticas, por las que el peloide puede ser fácilmente moldeable y quedar adherido a la piel durante el tratamiento. Además permite diferentes formas de aplicación, en función del balneario y/o tratamiento a aplicar (con brocha o pincel, cataplasmas, masaje corporal, baños, etc.).
- 6) Buenas propiedades reológicas que permiten preparar suspensiones estables, lo que hace que el peloide pueda ser aplicado con facilidad.
- 7) Valores de pH próximos a los de la piel humana,

por lo que no producirá irritaciones u otros problemas dermatológicos. Aunque hay que señalar que el valor del pH del peloide depende también del pH del agua mineromedicinal utilizada para la elaboración del mismo, por lo que hay que controlar el pH del peloide en cada caso.

- 8) Alta capacidad de retención del calor, que es fundamental cuando el peloide se va a emplear en caliente para el tratamiento del dolor, ya que el calor es también un agente terapéutico. En este caso el empleo de peloides frente a baños de agua mineromedicinal a temperatura superior a la temperatura corporal son mucho más eficaces, ya que el cuerpo humano tolera mucho mejor el calor aplicado con un peloide que solo con el agua.

PROPUESTA DE ACTIVIDAD

Objetivos:

Con esta actividad que se propone se pretende que el alumnado compruebe algunas de las propiedades de las arcillas, como la capacidad de absorción de agua o la plasticidad. Asimismo, se persigue que comprenda la importancia de la concentración salina de un agua mineromedicinal, en las propiedades de los peloides que se pueden realizar con esas aguas y arcilla. Se utilizan disoluciones de diferentes concentraciones de cloruro sódico, simulando las distintas salinidades de las aguas mineromedicinales.

Materiales:

- Arcilla. Puede usarse la arcilla que se comercializa para moldear, pero previamente a su utilización hay que secarla y molerla.
- Arena de grano fino.
- Cloruro sódico (NaCl). Puede utilizarse sal común, de venta en supermercados para uso alimenticio.
- Superficie absorbente para pasar la pasta formada por el sólido y las disoluciones. Puede servir papel de filtro, un trozo de placa de escayola, etc.
- Estufa.
- Desecador.

Procedimiento:

- Preparar cuatro disoluciones de NaCl, al 0.1%, 1%, 10% y 30%.
- Pesar 20 g de arcilla.
- Añadir poco a poco la disolución de NaCl a la arcilla, hasta que se forme una masa plástica, moldeable con las manos. Hacer una especie de barritas o macarrones con la pasta.
- Pasar esos macarrones por una superficie absorbente hasta que se aprecie ligeras fisuras o grietas en los mismos.
- Pesar cada macarrón y poner a secar en una estufa. En caso de no disponer de estufa, las muestras podrían secarse en placa calefactora o incluso a temperatura ambiente, dejando pasar el tiempo necesario para ello.
- Transcurrido un tiempo entre 12 y 24h, sacar el macarrón de la estufa a un desecador, esperar que se enfríe y volver a pesar. La diferencia de

peso es el agua que ha absorbido la muestra. Si no se dispone de un desecador, se puede dejar la muestra a temperatura ambiente mientras se enfría. Si el ambiente es muy húmedo (por ejemplo días de lluvia en climas húmedos) la arcilla puede absorber algo de humedad durante el proceso de secado, hecho que habría que considerar en la discusión de los resultados.

- Realizar entre 3 y 5 macarrones con cada disolución.
- Calcular el porcentaje de agua absorbida por cada muestra y hacer la media. Este porcentaje se llama límite plástico.
- Repetir todo el procedimiento con las otras disoluciones de NaCl.
- Realizar mezclas de arena y arcilla en diferentes proporciones, por ejemplo con porcentajes de arena del 10%, 25%, 50%, 75%.
- Repetir con estas mezclas todo el procedimiento descrito para la arcilla.

Discusión de los resultados:

El alumno debe comprobar que para una misma concentración salina (simulando una única agua mineromedicinal), a medida que aumenta la concentración de arena, el porcentaje de agua que se necesita para realizar una masa plástica es menor; o lo que es lo mismo, la muestra es menos plástica y menos idónea para su uso en balnearios. Considerando las diferentes concentraciones salinas (diferentes aguas mineromedicinales), el alumno observará que para una misma concentración de arcilla, a medida que aumenta la salinidad disminuye la plasticidad.

Además, el alumno también comprobará que a medida que aumenta el porcentaje de partículas de mayor tamaño (mayor cantidad de arena) aumenta la abrasividad de la mezcla, y la sensación al aplicarla sobre la piel es menos agradable, por lo que la mezcla sería menos idónea para su uso en balnearios.

Es importante recordar al alumno que lo que está haciendo no son peloides, ya que no se somete la mezcla a una maduración.

Observaciones:

En una misma clase se pueden hacer varios grupos de alumnos. Cada uno de ellos realizaría una mezcla de sólidos y utilizaría una disolución de NaCl diferente. Terminada la actividad, todos los resultados se expondrían en clase y se discutirían en conjunto.

Para ampliar el tema del cálculo de la plasticidad de una arcilla, se puede consultar el libro: Carretero M.I., Pozo, M., 2007. *Mineralogía Aplicada. Salud y Medio Ambiente*. Ed. Paraninfo, 406 pp., (Capítulo 8).

BIBLIOGRAFÍA

Caridad, V., Ortiz de Zárate, J.M., Khayet, M. y Legido, J.L. (2014). Thermal conductivity and density of clay pastes at various water contents for pelotherapy use. *Applied Clay Science*, 93-94, 22-27.

Carretero M.I. y Pozo, M. (2007). *Mineralogía Aplicada. Salud y Medio Ambiente*. Ed. Paraninfo, 406 pp.

Carretero M.I., Pozo, M., Sánchez, C., García, F.J., Medina, J.A. y Bernabé, J.M. (2007). Comparison of saponite and montmorillonite behaviour during static and stirring maturation with seawater for pelotherapy. *Applied Clay Science*, 36, 161-173.

Carretero, M.I., Pozo, M., Martín-Rubi, J.A., Pozo, E. y Maraver, F. (2010). Mobility of elements in interaction between artificial sweat and peloids used in Spanish spas. *Applied Clay Science*, 48, 506-515.

Carretero, M.I., Gomes, C.S.F. y Tateo, F. (2013). Clays, drugs and human health. En: Bergaya, F., Lagaly, G. (Eds.), *Handbook of Clay Science*. Second Edition, Part B: Techniques and Applications. Elsevier, The Netherlands, pp. 711-764.

Carretero, M.I., Pozo, M., Legido, J.L., Fernández-González, M.V., Delgado, R., Gómez, I., Armijo, F. y Maraver, F. (2014). Assessment of three Spanish clays for their use in pelotherapy. *Applied Clay Science*, 99, 131-143.

Fernández-González, M.V., Martín-García, J.M., Delgado, G., Párraga, J. y Delgado, R. (2013). A study of the chemical, mineralogical and physicochemical properties of peloids prepared with two mineral-medicinal waters from Lanjarón Spa (Granada, Spain). *Applied Clay Science*, 80-81, 107-116.

Fernández-González, M.V., Martín-García, J.M., Delgado, G., Párraga, J., Carretero, M.I. y Delgado, R. (2017). Physical properties of peloids prepared with medicinal mineral waters from Lanjarón Spa (Granada, Spain). *Applied Clay Science*, 135, 465-474.

Gomes, C.S.F., Carretero, M.I., Pozo, M., Maraver, F., Cantista, P., Armijo, F., Legido, J.L., Teixeira, F., Rautureau, M., Delgado, R. (2013). Peloids and Pelotherapy: Historical Evolution, Classification and Glossary. *Applied Clay Science*, 75-76, 28-38.

Karakaya, M.C., Karakaya, N., Sarioglan, S. y Koral, M. (2010). Some properties of thermal muds of some spas in Turkey. *Applied Clay Science*, 48, 531-537.

Legido J.L., Medina, C., Mourelle, M.L., Carretero, M.I. y Pozo, M. (2007). Comparative study of the cooling rates of bentonite, sepiolite and common clays for their use in Pelotherapy. *Applied Clay Science*, 36, 148-160.

Pozo, M., Carretero, M.I., Maraver, F., Pozo, E., Gómez, I., Armijo, F. y Martín Rubí, J.A. (2013). Composition and physicochemical properties of peloids used in Spanish spas: a comparative study. *Applied Clay Science*, 83-84, 270-279.

Rebelo, M., Viseras, C., López-Galindo, A., Rocha, F. y Ferreira da Silva, E. (2011). Rheological and thermal characterization of peloids made of selected Portuguese geological materials. *Applied Clay Science*, 52, 219-227.

Summa, V. y Tateo, F. (1998). The use of pelitic raw materials in thermal centres: mineralogy, geochemistry, grain size and leaching test: examples from the Lucania area (southern Italy). *Applied Clay Science*, 12, 403-417.

Tateo, F., Ravaglioli, A., Andreoli, C., Bonin, F., Coiro, V., Degetto, S., Giaretta, A., Menconi Orsini, A., Puglia, C. y Summa, V. (2009). The in-vitro percutaneous migration of chemical elements from a thermal mud for healing use. *Applied Clay Science*, 44, 83-94.

Veniale, F., Barberis, E., Cacangiu, G., Morandi, N., Setti, M., Tamanini, M. y Tessier, D. (2004). Formulation of muds for pelotherapy: effects of "maturation" by different mineral waters. *Applied Clay Science*, 25, 135-148. ■

Este artículo fue solicitado desde E.C.T. el día 8 de febrero y aceptado definitivamente para su publicación el 15 de septiembre de 2018