

## La Peloterapia: historia, características y propiedades

*Pelotherapy: history, characteristics and properties*

### Jesús Rosino-Rosino

Universidad de Vigo  
Vigo, España  
jrosino16@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-9577-7776>

### José Luis Legido-Soto

Universidad de Vigo  
Vigo, España  
xllegido@uvigo.es

 <https://orcid.org/0000-0002-0291-3394>

### María Lourdes Mourelle-Mosqueira

Universidad de Vigo  
Vigo, España  
lmourelle@uvigo.es

 <https://orcid.org/0000-0002-7555-8987>

### Carmen Paula Gómez-Pérez

Universidad de Vigo  
Vigo, España  
carmengomez@uvigo.es

 <https://orcid.org/0000-0003-0233-7937>

### Jesús Raúl Navarro-García

Escuela de Estudios Hispano-Americanos (CSIC)  
Sevilla, España  
jraul.navarro@csic.es

 <https://orcid.org/0000-0003-3772-9826>

#### Información del artículo:

**Recibido:** 22 agosto 2019

**Revisado:** 19 abril 2020

**Aceptado:** 19 mayo 2020

**ISSN** 2340-8472

**ISSNe** 2340-7743

**DOI** 10.17561/AT.17.4932

© CC-BY-SA

© Universidad de Jaén (España).

Seminario Permanente Agua, Territorio y Medio Ambiente (CSIC)

#### RESUMEN

La cura termal incorpora desde antiguo el uso de peloides para tratamientos específicos que se integran en la cura complementando el uso de las aguas mineromedicinales. En los últimos años se han multiplicado los estudios científicos que apuntan magníficos resultados en los tratamientos de enfermedades reumáticas, dolores, infecciones de heridas, alteraciones dermatológicas y dermocosméticas, entre otras. Entre los objetivos que pretende el artículo está el definir qué entendemos por peloides, señalar los antecedentes históricos de su uso y abordar la diversa composición de los mismos, tanto en su fase sólida como líquida, así como sus características variables en función de dichos componentes.

---

**PALABRAS CLAVE:** Peloides, Agua mineromedicinal, Arcillas, Salud, Balnearios.

---

#### ABSTRACT

Since ancient times thermal cures have incorporated the use of peloids for specific treatments that complement the use of mineral-medical waters. In recent years, a growing body of scientific studies in this area shows great results in the treatment of rheumatic diseases, pain, infected wounds, dermatological and dermocosmetic alterations, among others. One of the aims of this essay is to define what is understood by peloid, to indicate the historical background of its use and to address its diverse composition, both in its solid and liquid phases, as well as its variable characteristics stemming from these components.

---

**KEYWORDS:** Peloids, Mineral water, Clay, Health, Thermal spas.

---

## *Peloterapia: história, características e propriedades*

### **SUMÁRIO**

A cura térmica incorpora desde os tempos antigos o uso de peloides para tratamentos específicos que são integrados na cura complementando o uso das águas minerais-medicinais. Nos últimos anos, os estudos científicos multiplicaram esse ponto de vista, com resultados magníficos no tratamento de doenças reumáticas, dores, infecções de feridas, alterações dermatológicas e dermocosméticas, entre outras. Entre os objetivos do artigo está o de definir o que entendemos por peloid, apontar os antecedentes históricos de seu uso e abordar a composição diversificada destes, tanto em sua fase sólida como líquida, bem como suas características variáveis de acordo com estes componentes.

---

**PALAVRAS-CHAVE:** Peloids, Água Mineral-medicinal, Argilas, Saúde, Spas.

---

## *Peloterapia: storia, caratteristiche e proprietà*

### **SOMMARIO**

La cura termale incorpora fin dall'antichità l'uso di peloidi per trattamenti specifici che sono integrati nella cura a complemento dell'uso delle acque mineral-medicinali. Negli ultimi anni gli studi scientifici hanno moltiplicato questo punto di vista con magnifici risultati nel trattamento di malattie reumatiche, dolori, infezioni delle ferite, alterazioni dermatologiche e dermocosmetiche, tra le altre cose. Tra gli obiettivi dell'articolo c'è quello di definire ciò che si intende per peloidi, di evidenziare il background storico del suo utilizzo e di affrontare la diversa composizione di questi, sia nella sua fase solida che in quella liquida, nonché le sue caratteristiche variabili a seconda di queste componenti.

---

**PAROLE CHIAVE:** Peloidi, Acqua minerale-medicinale, Argille, Salute, Centri termali.

---

## *Pélothérapie : histoire, caractéristiques et propriétés*

### **RÉSUMÉ**

La cure thermale intègre depuis l'Antiquité l'utilisation de péloïdes pour des traitements spécifiques qui sont intégrés dans la cure en complément de l'utilisation des eaux minérales médicinales. Au cours des dernières années, les études scientifiques ont multiplié les résultats magnifiques dans le traitement des maladies rhumatismales, des douleurs, des infections de blessures, des altérations dermatologiques et dermocosmétiques, entre autres. L'article a notamment pour objectif de définir ce que l'on entend par peloidi, de rappeler le contexte historique de son utilisation et d'aborder la composition diverse de celui-ci, tant dans sa phase solide que liquide, ainsi que ses caractéristiques variables selon ces composants.

---

**MOTS-CLÉS:** Péloïdes, Eau minérale médicinale, Argiles, Santé, Spas.

---

## Introducción

En los manantiales termales se generan de forma natural productos de alto valor terapéutico, los peloides, vulgarmente conocidos como fangos, barros o lodos. Se trata de mezclas íntimas de arcillas con agua mineromedicinal, sales precipitadas y materia orgánica, que adquieren unas propiedades físicas y terapéuticas que los han hecho ser valorados desde tiempos inmemoriales<sup>1</sup>. Civilizaciones antiguas como las de Mesopotamia, Egipto, Grecia y Roma emplearon estos productos curativos, recibiendo el nombre de su lugar de origen: tierra egipcia, de Nubia, tierra lemnia, etc.<sup>2</sup>

Actualmente, el tratamiento con peloides es utilizado en numerosos balnearios europeos<sup>3</sup> y americanos, donde se preparan artificialmente de forma controlada con las aguas termales. La peloterapia es habitual en países como Serbia<sup>4</sup>, República Checa -con depósitos de peloides naturales protegidos por el estado- o Alemania<sup>5</sup>, en donde tienen mucha tradición. Son famosos los peloides de algunos balnearios franceses (Dax, Luchon, Barèges, Vichy, Aix-les-Bains, Eugénie-les-Bains, Préchacq...) e italianos (Abano, Acqui, Montecatini, Chianciano, etc.)<sup>7</sup>; en Argentina destacan los de las termas de Copahue<sup>8</sup>, así como las aplicaciones en Cuba<sup>9</sup>. En España son muy conocidos por la aplicación de peloides los balnearios de Archena (Murcia)<sup>10</sup>, Arnedillo (La Rioja), Caldas de Bohí (Lleida) y El Raposo (Badajoz), mientras que en los portugueses no se usan, excepto en las Azores<sup>11</sup>.

El agua mineromedicinal es parte fundamental de estos productos por constituir el 60-90 % de su peso e incidir en sus propiedades termofísicas, y por aportar sus principios activos responsables de sus efectos terapéuticos y dermo-cosméticos. En este sentido, la peloterapia se incluye en la balneoterapia al ser un método no agresivo de cura y agente coadyuvante en sistemas terapéuticos complementarios<sup>12</sup>.

Hay una gran variedad de peloides por la diversidad de aguas mineromedicinales y arcillas utilizadas, y por las técnicas y tiempos de maduración empleados<sup>13</sup>.

Las propiedades físicas de los peloides son muy importantes pues condicionan tanto su poder termoterápico, gracias al cual su aplicación es tolerable a altas temperaturas (40-50°C) produciendo sobre la zona de aplicación un efecto térmico intenso y prolongado, como su extensibilidad, facilidad de manejo y aplicación.

En los últimos años numerosas investigaciones han permitido estudiar sus características, propiedades, mecanismos de acción e investigación clínica, demostrando su eficacia<sup>14</sup>; para el tratamiento de enfermedades reumáticas (gonartrosis, artrosis, osteoartritis)<sup>15</sup>, rehabilitación postraumática, dolor crónico de espalda, fibromialgia, espondilitis anquilosante, afecciones del sistema nervioso, infecciones de heridas quirúrgicas<sup>16</sup>, así como en ciertas lipodistrofias, como la celulitis, disminuyendo la medicación analgésica, el absentismo laboral y escolar, así como las visitas médicas<sup>17</sup>. Se usan también en alteraciones dermatológicas y dermatocósméticas (hidratación, acné, hiperseborrea, etc.)<sup>18</sup>.

También se aplican turbas por su acción química para tratamientos de fertilidad<sup>19</sup>, tratamiento de heridas quirúrgicas infectadas<sup>20</sup>, trastornos gastrointestinales y afecciones respiratorias.

## Definición y características

La palabra peloide no aparece en el diccionario de la Real Academia Española; etimológicamente el término proviene del griego *pelòs*, que significa fango o lodo, y del sufijo latino “(o)ides” que significa “con forma o aspecto de...”, por lo que etimológicamente designa un material con aspecto de fango o lodo<sup>21</sup>.

El término fue aceptado por el Comité Internacional de Medidas en 1933, a propuesta de Jude Lewis, presidente de la International Standard Measurements Committee (ISMC) para designar genéricamente los sedimentos naturales de uso terapéutico, englobando así la gran variedad de productos y nombres existentes:

“Un peloide es un producto natural, constituido por una mezcla uniforme de materia sólida y materia orgánica finamente dividida y agua, que se aplica en la práctica médica como cataplasma para tratamiento externo”.

1. Pozo, 2013.

2. Fernández, 2010, 25.

3. Gómez, 2012, 57-73.

4. Sremcevic & Jokic, 2012.

5. Gómez, 2012, 68-73.

6. Gómez, 2012, 62-65.

7. Gómez, 2012, 66-67.

8. Armijo et al., 2006.

9. Oliva y Díaz, 2014.

10. Canelas et al., 2010.

11. Armijo et al., 2005. Corvillo et al., 2006. Gómez, 2012, 61.

12. Fernández, 2010, 24.

13. Fernández et al., 2011.

14. Fernández, 2014, 17-18 y 30. Fernández, 2010, 24-25 y 39-40.

15. Perea, 2010. Vela, 2017. Espejo et al., 2013.

16. Rodríguez et al., 2004.

17. Fernández, 2010. Gómez, 2012, 15.

18. Fernández, 2017. Meijide et al., 2010.

19. Beer, Fetaj & Lange, 2013.

20. Rodríguez et al., 2004.

21. Fernández, 2014, 23-25.

Posteriormente, fue adoptado en 1938 por la International Society of Medical Hydrology (ISMH) en su Congreso de Wiesbaden, distinguiendo peloides naturales y artificiales en función de que los procesos para su preparación produjeran o no alteraciones físico-químicas significativas<sup>22</sup>:

“Los peloides son sustancias que se forman en la naturaleza a través de procesos geológicos y que, al estar finamente granulados, mezclados con agua, poseen aplicaciones en la práctica médica en forma de baños o emplastos”.

Su significado actual fue definido por la ISMH en su IV Conferencia (1949) celebrada en Dax (Francia):

“Se denominan peloides todos aquellos productos naturales formados por la mezcla de un agua mineral, comprendidas el agua de mar y la de lagos salados, con materias orgánicas o inorgánicas, resultantes de procesos geológicos y/o biológicos o ambos, que son empleados para uso terapéutico en forma de envolturas o baños”.

En el 3<sup>rd</sup> International Symposium on Thermal Muds in Europe, Dax, 2004, se propuso la utilización del calificativo “extemporáneo” para designar aquellos peloides preparados a partir de sedimentos mezclados con agua mineromedicinal en el momento de su uso terapéutico<sup>23</sup>. Los peloides madurados son aquellos que necesitan un tiempo desde su mezcla para ser utilizados<sup>24</sup>. Hoy en día se pueden preparar peloides extemporáneos personalizados, adaptados a cada usuario, incrementando así su eficacia terapéutica<sup>25</sup>.

En la práctica es necesario considerar que existen numerosos “peloides” o productos de similar naturaleza, utilizados sin fines estrictamente terapéuticos en cosmética y dermocosmética por sus efectos beneficiosos para la piel; recientemente un grupo de expertos, fundamentalmente portugueses y españoles, propusieron una nueva definición de peloide incluyendo los usos cosméticos<sup>26</sup>:

“El peloide es un fango madurado o dispersión fangosa que presenta propiedades terapéuticas o cosméticas, compuesta por una mezcla compleja de materiales naturales de grano fino de origen geológico y/o biológico, agua mineromedicinal o agua de mar y comúnmente compuestos orgánicos procedentes de la actividad metabólica biológica”.

La propuesta conserva los requerimientos del tipo de agua utilizada: agua mineromedicinal, de mar o de laguna o lago salado, pero además contemplan la posibilidad de adicionar sustancias naturales que proporcionen al peloide propiedades antioxidantes<sup>27</sup>, antiinflamatorias o anticelulíticas, distinguiendo procesos de maduración artificial o inducida<sup>28</sup> y natural.

Estos expertos proponen una triple clasificación: por su origen, por su aplicación y por su composición (Figura 1).

En general, todos los peloides tienen unas características y propiedades comunes como homogeneidad, untuosidad y plasticidad, que condicionan su manejo y aplicación, y principalmente: alta capacidad calorífica y baja conductividad térmica, que condicionan su acción termoterápica<sup>29</sup>, principal causa de su interés<sup>30</sup>.

Los peloides se suelen utilizar en los centros balnearios donde se producen, pero cada vez más son preparados y envasados para ser comercializados en otros centros de hidroterapia y fisioterapia, siendo desechados tras su aplicación. Deben mantener una calidad sanitaria adecuada para su uso tópico ya que van a mantener un íntimo contacto con la piel.

Los de uso dermocosmético y los productos derivados de los peloides (que incorporan en su formulación un porcentaje variable de peloide y que se destinan a la higiene y belleza o incluso también para tratamientos terapéuticos, como los parafangos) tienen mayor difusión, puesto que se utilizan además en salones de belleza, vendiéndose al por menor en dichos centros, distribuyéndose y comercializándose al público en farmacias, parafarmacias, herbolarios, centros comerciales, etc.

## Antecedentes históricos

Este tema ha sido tratado por muchos autores, entre los que merece destacar el Dr. Maraver, con su artículo “Antecedentes históricos de la peloterapia”<sup>31</sup>. El uso terapéutico de los barros se remonta a tiempos inmemoriales, siendo comúnmente utilizados para desparasitación, protección y alivio de calor, picaduras, irritaciones, cicatrización de heridas, etc., tanto por el ser humano como por muchos animales.

22. Porlezza, 1965.

23. Mourelle, 2006. Mourelle et al., 2010.

24. Gómez, 2012, 78-79. Fernández, 2010, 41-43.

25. Fernández, 2014, 18.

26. Gomes et al., 2013.

27. Hernández, 1997. Hernández et al., 1998.

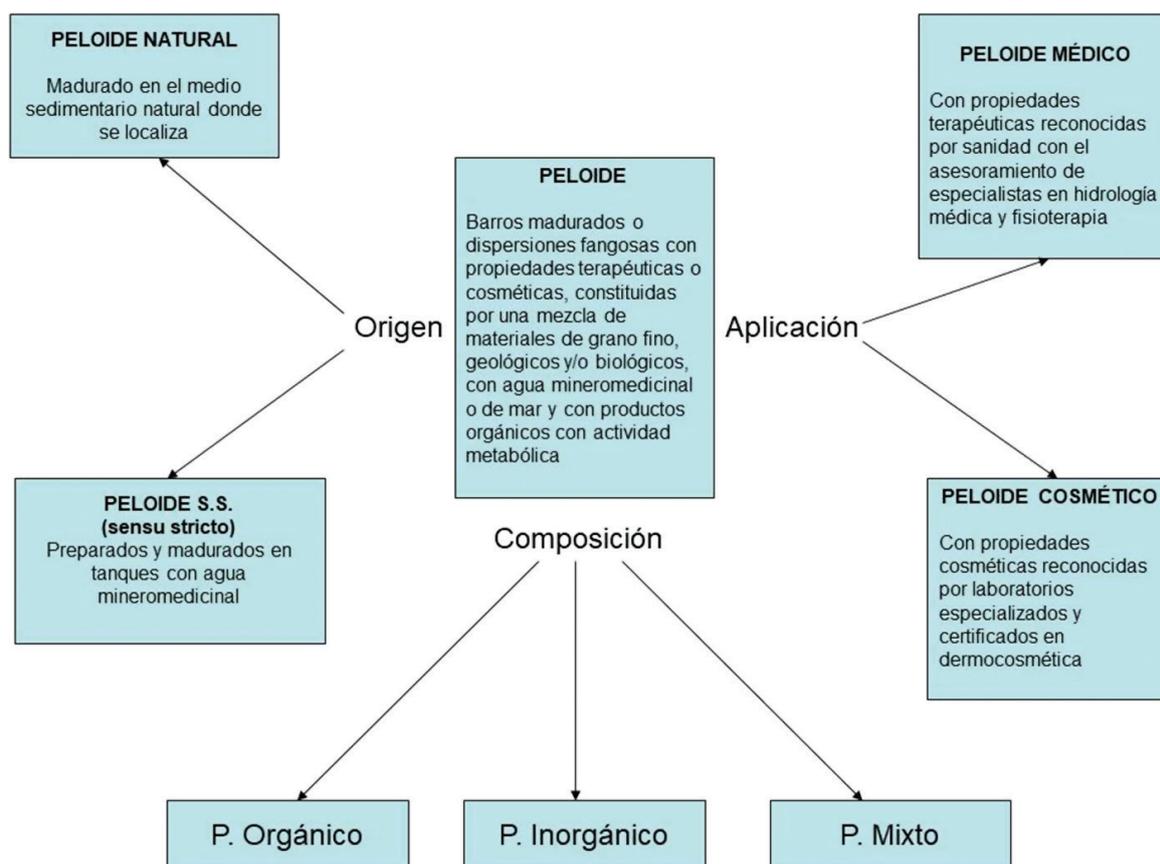
28. Delgado et al., 2011.

29. Igual et al., 2001.

30. Trinchet, 2005.

31. Maraver, 2006.

Figura 1. Definición y clasificación de los peloides atendiendo a su origen, composición y aplicación



Fuente: Gomes et al., 2013.

En el antiguo Egipto ya se aplicaban los barros del Nilo con fines curativos, aplicándolos sobre el cuerpo hasta secarse completamente. Fueron usados también como antisépticos, para curar heridas y como antiinflamatorios.

En la época romana era habitual el uso de barros para calmar dolores reumáticos, tratar inflamaciones, afecciones estomacales e intestinales; también eran aplicados, como hoy en día en el ámbito rural, para calmar el escozor de las picaduras de los insectos. Estos usos se prolongaron durante la Edad Media e incluso el Renacimiento.

Alfonso X el Sabio, en el Lapidario de su libro “De Re Metallica”, recogiendo textos y traducciones anteriores, habla de las propiedades saludables y usos de rocas y “tierras medicinales”.

Existen referencias posteriores sobre el uso terapéutico de los peloides: Juan de Dondis en 1370 sugería la aplicación de barro para afecciones cutáneas; Miguel de Savonarola (S. XV) aconsejaba fricciones con barro para los problemas articulares; Margarita de Valois describía en su libro “Heptameron”, los baños de barro aplicados

en el balneario pirenaico de Cauterets a principios del siglo XVI<sup>32</sup>.

A partir del siglo XV y con el descubrimiento de América, se pudo conocer que las primitivas civilizaciones indígenas de América (mayas, incas, sioux, creddks, chippewas, etc.) utilizaban arcillas para el tratamiento de heridas y para sus rituales<sup>33</sup>.

La aparición de las Academias de Ciencias (s. XVII) y el desarrollo de la Cristalografía y Mineralogía (s. XVIII-XIX) ha permitido profundizar en el conocimiento de los minerales y materiales geológicos para usos medicinales<sup>34</sup>.

A finales del siglo XIX y comienzos del XX, con el auge del termalismo, se desarrollaron en Europa numerosas villas termales que utilizaron tratamientos con peloides.

Con el desarrollo de la farmacología moderna, cayeron en desuso las terapias y medicamentos naturales y con ellos los peloides, utilizándose solo en algunos balnearios.

A finales del siglo pasado renació el uso de las terapias naturales con peloides, que actualmente se

<sup>32</sup>. Viseras y Cerezo, 2006.

<sup>33</sup>. Perea, 2014.

<sup>34</sup>. Carretero, 2002.

emplean en casi todos los balnearios europeos y americanos. En España, por ejemplo, destacan, por la aplicación de peloides, los de Archena, El Raposo, Arnedillo y Caldes de Boí. A fines del s. XVII solo los utilizaba el balneario de Trillo con fines terapéuticos, aunque Limón Montero mencionaba las cualidades de los peloides de Archena, Ledesma y Fuentcaliente<sup>35</sup>.

En los últimos años se han desarrollado numerosas investigaciones científicas que estudian su composición, propiedades y acciones terapéuticas. Avances que están relacionados con el fomento de la formación de médicos y técnicos en termalismo, pero también con la creación de organismos de investigación. Existen diversas instituciones que se encuentran investigando las propiedades de los peloides, como el Instituto de Balneología, Fisioterapia y Rehabilitación de Bulgaria, la Fondazione per la Ricerca Scientifica Termale (FoRST) en Italia y la Association Française pour la Recherche Thermale (AFRETH) — con proyectos sobre diferentes terapias termales—<sup>36</sup>, la Universidad de Montpellier de Francia, el Centro Científico de Rehabilitación de Eupatoria en Ucrania, la Academia de Ciencias de Medicina Tradicional de Pyongyang, además de otras universidades y centros terapéuticos. La investigación también se ha fomentado por la circunstancia de que países como Francia e Italia exijan demostrar la eficacia de los tratamientos termales para obtener financiación pública. Así, la colaboración con universidades e institutos de investigación se ha multiplicado y se han dedicado fondos de los centros termales y de los municipios para estos trabajos científicos<sup>37</sup>.

Su uso dermatocósmético se conoce desde la antigüedad, destacando la aplicación de los barroes del Mar Muerto que Cleopatra utilizaba para mantener su belleza y que siguen utilizándose y comercializándose a nivel mundial.

Los barroes también han sido empleados por diferentes culturas en ritos religiosos que todavía hoy perduran como sucede en Irán en la festividad de “La Ashura” durante el rito “Kharrah Mali”<sup>38</sup>.

## Composición y características

Los peloides son dispersiones densas, semisólidas y de aspecto homogéneo, de partículas minerales y/u orgánicas extremadamente finas en agua natural, pudiendo ser esta última mineromedicinal o salada, bien de mar

o de lago salado<sup>39</sup>. Estos productos deben mantener su aspecto, características y propiedades a lo largo del tiempo<sup>40</sup> (Tabla 1).

En estas dispersiones pueden distinguirse dos fases, una sólida y otra líquida.

La fase sólida suele estar mayoritariamente constituida por partículas inorgánicas inferiores a dos micras que corresponden sobre todo a minerales de la arcilla. Los peloides naturales suelen contener en menor medida otros minerales presentes en los sedimentos arcillosos naturales: cuarzo, feldespato, mica, calcita, yeso, óxidos e hidróxidos de hierro, etc.

También pueden coexistir partículas minerales de neoformación, precipitados procedentes de las aguas empleadas y de su interacción con la materia sólida, como carbonatos, sulfatos, óxidos e hidróxidos y otras sales.

Algunos de ellos pueden incluir, en proporción variable, partículas orgánicas procedentes de la descomposición de restos de animales o vegetales, destacando entre ellas los restos vegetales y las sustancias húmicas; incluso microorganismos como algas, hongos, líquenes, musgos, fitoplancton, bacterias, etc<sup>41</sup>.

Las turbas constituyen un tipo especial de peloides en el que la fase sólida está constituida casi exclusivamente por restos vegetales y sustancias húmicas.

La fase líquida está constituida por agua con sustancias inorgánicas y orgánicas en disolución, procedentes del agua empleada y de la interacción con la fase sólida; los solutos más comunes son cloruros, sulfatos, bicarbonatos, sodio, potasio, calcio, magnesio, sílice, hierro y manganeso; también puede contener elementos traza y oligoelementos, así como gases disueltos: CO<sub>2</sub>, SH<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>.

La materia orgánica disuelta o en estado coloidal suele estar constituida mayoritariamente por ácidos húmicos, y en menor medida por proteínas, vitaminas, hidratos de carbono, esteroides y otras sustancias derivadas de la acción biológica<sup>42</sup>.

Además, esta fase líquida puede contener una pequeña proporción de fluidos orgánicos inmiscibles en agua.

Sus características organolépticas son muy variadas, su aspecto y textura<sup>43</sup> es el de masas compactas, más o menos homogéneas y untuosas, con colores variables desde el gris verdoso al marrón oscuro, en relación con su contenido en materia orgánica y sulfuros de hierro;

<sup>35</sup>. Gómez, 2012, 57.

<sup>36</sup>. Gómez, 2012, 9.

<sup>37</sup>. Gómez, 2012, 17.

<sup>38</sup>. Rosino, 2015.

<sup>39</sup>. Gómez, 2012, 82-118.

<sup>40</sup>. Armijo y Armijo, 2006a.

<sup>41</sup>. Sánchez y Fagundo, 2000.

<sup>42</sup>. Tserenpil, Dolmaa & Voronkov, 2010.

<sup>43</sup>. Armijo et al., 2010. Armijo y Maraver, 2006.

**Tabla 1. Componentes del peloide**

Fase Sólida	Fracción Mineral	Minerales Heredados	Minerales de la arcilla, cuarzo, feldespato, micas, calcita, etc.
		Precipitados y minerales de neoformación	Carbonatos, sulfatos, cloruros, óxidos e hidróxidos de hierro y manganeso, etc.
	Fracción Orgánica	Restos vegetales	Proteínas y aminoácidos, carbohidratos, ácidos orgánicos, grasas, ceras, resinas, lignina, etc.
		Material Húmico	Ácidos húmicos y fúlvicos.
Fracción Biológica		Algas, hongos, líquenes, musgos, zoo y fitoplancton, bacterias, etc.	
Fase Líquida	Componentes inorgánicos	Inorgánicos Mayoritarios	Cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, nitratos, (fosfatos), sodio, calcio, magnesio, sílice.
		Factores mineralizantes específicos	Hierro, sulfuro de hidrógeno y sulfhidratos, dióxido de carbono y radón.
		Minoritarios y Oligoelementos	Boro, yodo, flúor, cobre, arsénico, níquel, cinc, selenio, estroncio, litio, etc.
	Gases	Dióxido de carbono, hidrógeno sulfurado, metano, etc.	
Componentes orgánicos		Fosfolípidos, esteroides, vitaminas, aminoácidos, estrógenos y sustancias con actividad hormonal.	

Fuente: elaborado a partir de San Martín, 1994.

pueden ser desde inodoros a fuertemente pútridos cuando contienen sulfhídrico o sulfhidratos<sup>44</sup>.

El interés terapéutico de los peloides deriva de sus principales características: gran capacidad de adsorción y retención de agua, elevado grado de dilatación, viscosidad, plasticidad y de adhesión, así como una elevada capacidad de cambio iónico que permite la transferencia de elementos entre las fases que lo componen. Estas características proporcionan las propiedades reológicas que facilitan su manejo y aplicación, y las propiedades termoterápicas, gracias a las cuales su aplicación es tolerable a altas temperaturas (40-50 °C), cediendo calor al cuerpo de forma lenta, por lo que, el efecto térmico sobre la zona de aplicación es intenso y prolongado.

La composición de la fase líquida del peloide, sobre todo la presencia de sustancias bioactivas como hidrógeno sulfurado, ácidos húmicos, aminoácidos o estrógenos, condiciona efectos terapéuticos dermatológicos y terapéuticos adicionales a los propios termoterápicos<sup>45</sup>.

También la composición de esta fase líquida puede tener efectos negativos por lo que debe controlarse para evitar la presencia de elementos o sustancias tóxicas y/o microorganismos patógenos.

Desde el punto de vista terapéutico, también es importante el pH del peloide, que depende de la composición de la fase sólida y del pH del agua empleada, ya que peloides muy alcalinos o muy ácidos pueden modificar el equilibrio fisiológico del manto cutáneo, alterando sus propiedades y fisiología<sup>46</sup>.

## ARCILLAS

Desde el ámbito sedimentológico, una arcilla es una roca o sedimento formado por partículas extremadamente finas, inferiores a 2 µm, procedentes de la descomposición de rocas preexistentes por meteorización o alteración hidrotermal. Generalmente, tras un transporte por agua o viento, se depositaron en zonas distales en un medio de muy baja energía: fondos marinos, lagos, lagunas, ríos, fondos de valle, etc. ("arcillas primarias"), aunque también existen depósitos de arcillas generadas por alteración rocosa "in situ" que no han sufrido transporte ("depósitos de alteración" que originan las denominadas arcillas secundarias).

Estos sedimentos naturales, dada su génesis, suelen incluir además de minerales de la arcilla, otros minerales como cuarzo, mica, feldespato, calcita, dolomita, así como materia y sustancias orgánicas, óxidos e hidróxidos de hierro, etc.<sup>47</sup> Las arcillas también forman una parte muy significativa del suelo vegetal, donde coexisten con sustancias orgánicas coloidales, arenas, sustancias húmicas y microorganismos. Algunos de ellos, especialmente los que han permanecido en contacto permanente con determinados tipos de aguas (salinas, termales, mineromedicinales, etc.) se han venido utilizando con fines terapéuticos y/o dermocosméticos en peloterapia, constituyendo los peloides naturales.

Desde el punto de vista mineralógico, las arcillas son un nutrido grupo de minerales del grupo de los filosilicatos, con hábito o estructura interna planar o fibrosa,

<sup>44</sup>. San Martín, 1994.

<sup>45</sup>. Meijide y Mourelle, 2006.

<sup>46</sup>. Meijide y Mourelle, 2006.

<sup>47</sup>. Gómez, 2012, 122-128.

constituidos por partículas muy finas con elevada porosidad y gran capacidad de adsorción de agua, que en condiciones de hidratación presentan elevada plasticidad y adherencia, con tendencia a la formación de soluciones coloidales tixotrópicas.

Generalmente los yacimientos arcillosos están constituidos por varios minerales o tipos de minerales del grupo de las arcillas, junto con pequeñas partículas de otros minerales como cuarzo, feldespato, calcita, etc. Además, dentro de cada mineral existe una gran heterogeneidad química y estructural, debida a imperfecciones cristalinas, sustituciones isomórficas, defectos estructurales de apilamiento y de rotación o traslación interlaminar, que influyen en las propiedades físicas del mineral<sup>48</sup>.

Los minerales de las arcillas se corresponden con un tipo de filosilicatos hidratados que forman parte de la fracción más fina de rocas, sedimentos y suelos, que se presentan en forma de un conjunto de agregados anisótropos de elevada porosidad, formados por partículas minerales de muy pequeño tamaño, constituidas por agrupaciones de láminas de cristales minerales, o menos frecuentemente de agrupaciones de mineral fibroso (Figura 2).

La estructura cristalina de los minerales de las arcillas está constituida por un apilamiento polimérico de capas de tetraedros de silicio y de octaedros de aluminio o magnesio, unidas entre sí por planos de iones oxígeno e hidroxilos comunes.

Los grupos tetraédricos  $(\text{SiO}_4)^{4-}$  se unen compartiendo tres de sus cuatro oxígenos con otros vecinos formando capas, de extensión infinita y fórmula  $(\text{Si}_2\text{O}_5)^{2-}$ , que constituyen la unidad fundamental de los filosilicatos. En ellas los tetraedros se distribuyen de acuerdo a una simetría cuasihexagonal. El silicio tetraédrico puede estar, en parte, sustituido por  $\text{Al}^{3+}$  o  $\text{Fe}^{3+}$ , dando lugar a cargas libres.

La capa octaédrica está constituida por un catión central y grupos oxidrilo en los vértices compartidos por los octaedros, si el catión es divalente se genera un empaquetamiento planar más compacto denominándose capa trioctaédrica, mientras que si el catión es trivalente se genera un empaquetamiento planar menos denso que se denomina capa dioctaédrica, en el que solo se ocupan dos de los tres espacios octaédricos posibles.

Existen dos tipos de estructuras posibles para cada lámina mineral:

- Estructura tipo 1:1 o T:O, es una estructura constituida por una capa tetraédrica y una octaédrica, unidas por los oxígenos apicales de la primera y por grupos hidroxilos de la segunda.
- Estructura tipo 2:1 o T:O:T, es una estructura, típica de las arcillas esmectíticas, constituida por dos capas de tetraedros intercaladas por una de octaedros.

Algunos filosilicatos bilaminares presentan estructura fibrosa y no laminar, debido al giro de octaedros y tetraedros cada 6 (sepiolita), o cada 8 (paligorskita).

La gran variedad de cambios isomórficos posibles, tanto en los cationes de las capas tetraédricas como de las octaédricas, y la gran cantidad de iones interlaminares que con diferentes grados de hidratación pueden intervenir en la compensación de cargas, condiciona que exista una numerosa variedad mineralógica, con grupos de minerales semejantes, pero que presentan propiedades físico-químicas diferentes. Todo ello entraña dificultades a la hora de su clasificación.

La clasificación tradicional de los filosilicatos se basa en el tipo de lámina (T:O; T:O:T), la carga neta de la lámina y el carácter di o tri-octaédrico de la capa octaédrica<sup>49</sup> (Tabla 2).

La superficie de las láminas minerales suele estar cargada negativamente debido a sustituciones isomórficas de iones de distinta carga en la red estructural o a disociación de los grupos oxidrilo superficiales; la intensidad de esta carga eléctrica se compensa superficialmente con cationes que suelen estar solvatados, o por otros elementos y sustancias intercambiables que condicionan las propiedades coloidales de la arcilla. El tipo de catión interlaminar presente condiciona las propiedades de las distintas variedades mineralógicas, debido a la fuerza con la que se encuentra unido a las láminas y al tamaño de dichos cationes; así, los cationes divalentes presentan mayor fuerza de unión que los monovalentes que deben entrar en doble cantidad para compensar las cargas y son de mayor tamaño, forzando de este modo que el espacio entre láminas de estos últimos sea más amplio y la unión interlaminar más débil.

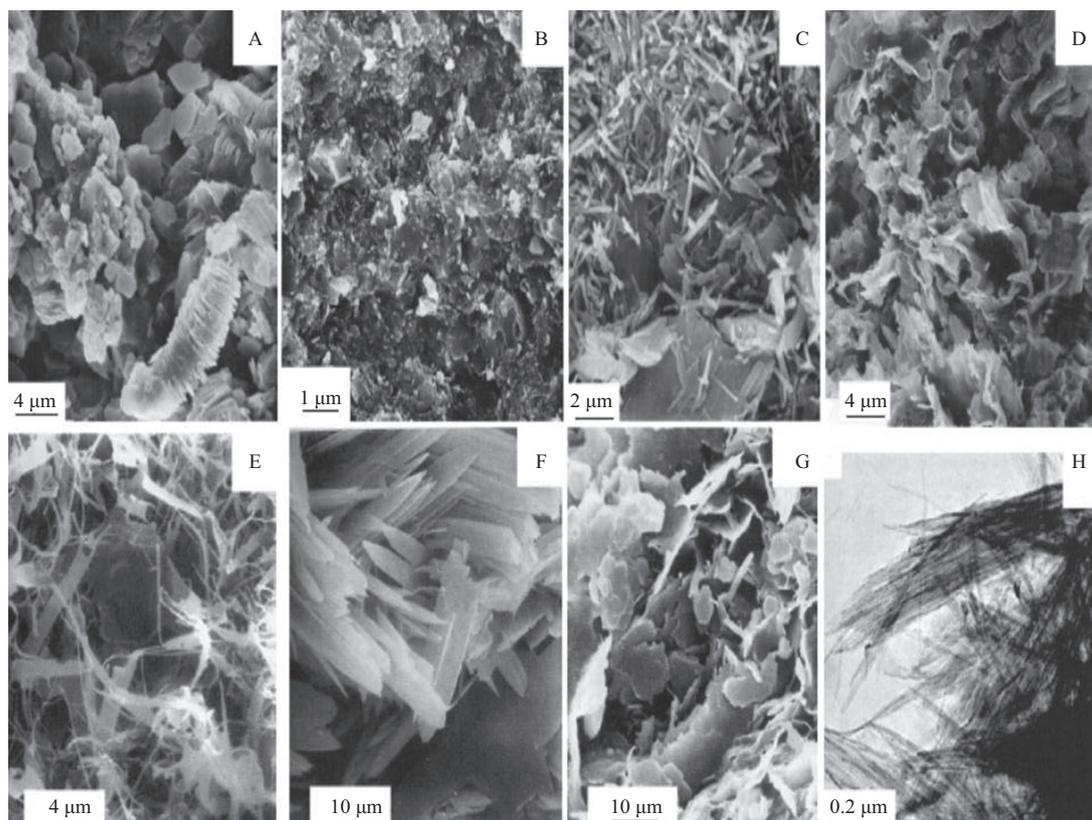
La principal diferencia entre los minerales arcillosos bilaminares y trilaminares de interés en peloterapia es el comportamiento de sus dispersiones; así los bilaminares apenas tienen hinchamiento, mientras que las esmectitas y vermiculitas son capaces de formar geles<sup>50</sup>.

<sup>48</sup>. Suárez, 2010.

<sup>49</sup>. Bailey, 1980.

<sup>50</sup>. Viseras y Cerezo, 2006.

Figura 2. Fotografía electrónica de distintos agrupamientos de láminas o fibras minerales



Fuente: Bergaya y Lagaly, 2006.

Tabla 2. Clasificación tradicional de los filosilicatos. En negrita los minerales arcillosos de interés en la preparación de peloides

	DIOCTAÉDRICOS		TRIOCTAÉDRICOS		Material interlaminar (Carga)
BILAMINARES T:O 1:1	<b>CANDITAS</b>	<b>Caolinita</b>	<b>SERPENTINA</b>	Antigorita	Nada solo H <sub>2</sub> O (0)
		<b>Nacrita</b>		Crisotilo	
		<b>Dichita</b>		Lizardita	
		<b>Halloisita</b>		Bertierina	
TRILAMINARES T:O:T 2:1	<b>ESMECTITAS</b>	<b>Montmorillonita</b>	<b>ESMECTITAS</b>	<b>Saponita</b>	Cationes hidratados (0,2-0,6)
		<b>Beidellita</b>		<b>Sauconita</b>	
		<b>Nontronita</b>		<b>Hectorita</b>	
	<b>ILLITAS</b>	<b>Wonesita</b>		Cationes no hidratados (0,6-0,9)	
	Hábito Fibroso	<b>PALIGORSKITA</b>	Hábito Fibroso	<b>SEPIOLITA</b>	(0,2)
	<b>VERMICULITAS</b>		<b>VERMICULITAS</b>		Cationes hidratados (0,6-0,9)
	<b>MICAS</b>	Moscovita	<b>MICAS</b>	Biotita	Cationes no hidratados (0,85-1,0)
		Paragonita		Lepidolita	
	PIROFILITA		TALCO		Nada (0)
	CLORITAS		CLORITAS		Capa de hidróxido (variable)

Fuente: Bailey, 1980.

Las propiedades termofísicas de las arcillas dependen de sus características mineralógicas y texturales, destacando las siguientes:

- Superficie específica. Es el valor de la superficie que ocupan las partículas por unidad de masa, incluyendo tanto el área superficial de las partículas como su área interna, si existe; se expresa en m<sup>2</sup>/g. Como estos minerales se presentan en partículas muy pequeñas, presentan una gran superficie específica, tanto mayor cuanto menor es su tamaño de grano. Este parámetro condiciona otras propiedades como plasticidad o viscosidad que incrementan su valor con la superficie específica, ya que aumenta el contacto sólido-agua (Tabla 3).

**Tabla 3. Superficie específica de minerales principales de las arcillas utilizadas en peloides**

Mineral	Superficie específica (m <sup>2</sup> /g)
Caolinita	< 50
Halloisita	< 60
Illita	< 50
Montmorillonita	80-300
Sepiolita	100-240
Paligorskita	100-200
Vermiculita	500-700

Fuente: modificado de García y Suárez.

- Carga electroquímica de los minerales de las arcillas. La mayor parte de los minerales de la arcilla presentan láminas cristalinas cargadas, debido a las sustituciones isomórficas existentes en sus capas octaédricas y/o tetraédricas, y en menor medida a la presencia de enlaces insaturados en sus bordes y superficies externas y a la disociación de los grupos hidroxilos accesibles, sobre todo en el caso de minerales del tipo caolinita, en cuyo caso la carga de las láminas depende de las condiciones de pH y actividad iónica del medio.

Estas cargas superficiales se encuentran compensadas por cationes interlaminares, hidratados en mayor o menor medida.

Las partículas minerales arcillosas se encuentran igualmente con carga eléctrica negativa en su superficie, cuya intensidad depende del área superficial y mineral que se trate, y pequeñas cargas positivas en sus bordes o límites de las capas.

Debido a la alta superficie específica y carga de las partículas, los minerales arcillosos tienen estas peculiares propiedades:

- Hidratación e hinchamiento. Cuando un mineral arcilloso entra en contacto con el agua, se produce una atracción electrostática de las moléculas bipolares del agua con las superficies minerales (cuya intensidad depende exclusivamente de la carga de las láminas) y una hidratación de los cationes interlaminares, lo que hace que aumente el espaciado interlaminar y se produzca el hinchamiento.

La capacidad de hinchamiento de las arcillas depende del tipo de catión interlaminar existente, de modo que los cationes monovalentes —por su mayor tamaño y menor carga— permiten una mayor capacidad de hinchamiento que los bivalentes.

A medida que se van incorporando moléculas de agua y otras moléculas polares, aumenta la separación interlaminar y se incrementan las fuerzas de repulsión electrostáticas, hasta que, finalmente, se rompen las débiles uniones de los cationes de intercambio, alcanzando la dispersión coloidal.

- Capacidad de intercambio iónico. Es la capacidad que poseen las partículas arcillosas de intercambiar los iones fijados en su superficie y espacio interlaminar, por otros presentes en las soluciones acuosas donde se encuentran, se cuantifica en miliequivalentes por cada cien gramos, permitiendo evaluar la cantidad de cargas eléctricas de una arcilla en función de su peso.

El intercambio se produce cuando la hidratación debilita la unión de los cationes interlaminares de la arcilla, que pueden ser estequiométricamente sustituidos por otros cationes (Tabla 4).

**Tabla 4. Capacidad de intercambio catiónico de algunos minerales de la arcilla utilizada en peloterapia**

Mineral	CIC
Caolinita	3-5
Halloisita	10-40
Illita	10-50
Clorita	10-50
Vermiculita	100-200
Montmorillonita	80-200
Sepiolita	20-35
Paligorskita	20-35

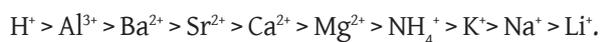
Fuente: García y Suárez.

- Capacidad sorcitiva (adsorción/absorción). Es una propiedad típica de los minerales de las arcillas derivada de su carga electroquímica superficial, por la que atraen hacia su superficie los solutos presentes, mediante fuerzas electrostáticas de Van der Waals

o químicas. Su valor se expresa como porcentaje de solvatos respecto a la masa mineral y depende para una misma arcilla de la sustancia que se trate.

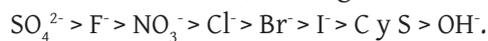
Cuando los minerales incorporan estos solutos en el interior de su estructura: espacio interlaminar de las esmectitas, o canales de sepiolitas, se utiliza el término adsorción. El término sorción se emplea de forma genérica para incluir ambos mecanismos.

Los cationes más pequeños y con mayor carga son adsorbidos por las partículas arcillosas con mayor fuerza y más facilidad que los de menor carga y mayor tamaño. La serie de Hofmeister ordena diversos cationes en función de su fuerza de enlace:



Es necesario tener en cuenta que puede producirse también una adsorción de aniones que incrementa la carga negativa de las partículas de arcilla, afectando a los procesos de intercambio iónico.

La serie de Hofmeister de aniones, en orden decreciente de adsorción, es la siguiente:



La cantidad y el tipo de los iones adsorbidos por las partículas arcillosas influye en sus características y propiedades plásticas y reológicas.

- Abrasividad. La abrasividad, o capacidad de desgastar un sólido mediante frotamiento, es una cualidad que está ligada a la presencia de partículas minerales de elevada dureza (cuarzo, feldespato, etc.)
- Plasticidad. Es la capacidad de deformación que presentan la mayoría de las arcillas, debido al efecto lubricante del agua adsorbida que facilita el desplazamiento de las minúsculas partículas minerales. Puede ser cuantificada mediante el índice de Atterberg, que determina el comportamiento sólido, semisólido, plástico y semilíquido o viscoso<sup>51</sup>.

Esta propiedad está relacionada con su contenido acuoso y es consecuencia del pequeño tamaño de las partículas y de su capacidad de sorción.

La cantidad mínima de agua (% en peso) para que la arcilla pueda moldearse constituye el límite plástico, la cantidad mínima de agua (% en peso) para que la arcilla se deforme por su propio peso, adquiriendo un comportamiento fluido, constituye el límite líquido. El índice de plasticidad es la diferencia entre el límite líquido y el plástico. Valores superiores a 10 indican elevada plasticidad, e inferiores a 10 baja plasticidad.

El comportamiento plástico de los diferentes minerales arcillosos es muy variable dependiendo del tamaño de la partícula y del grado de imperfección del cristal; en general, la plasticidad aumenta cuando aumentan las imperfecciones cristalinas y cuando disminuye el tamaño de las partículas<sup>52</sup>.

- Propiedades reológicas. Son aquellas que definen la capacidad de las arcillas para alcanzar en suspensión un comportamiento viscoelástico<sup>53</sup>; entre ellas el porcentaje de sólidos necesario para formar una suspensión viscosa estable, o la extensibilidad de la suspensión, etc.; existiendo grandes diferencias en función del mineral y composición de las aguas utilizadas, así las mezclas con caolinita requieren un 70% de sólidos, mientras que las de esmectitas pueden requerir solo un 6 %. Estas propiedades dependen en gran medida del pH y de la fuerza iónica de la solución<sup>54</sup>.
- Índice de enfriamiento y calor específico. El índice de enfriamiento es la cantidad de calor que cede la arcilla por unidad de masa para descender un grado su temperatura<sup>55</sup>. El calor específico es la cantidad de calor necesaria para elevar un grado la temperatura de una unidad de masa de mineral. Ambos son parámetros proporcionales y tienen relación directa con su contenido en agua: a mayor cantidad de agua mayor índice de enfriamiento y mayor calor específico.
- pH. El pH es un parámetro que debe tenerse muy en cuenta en la preparación de peloides, puesto que tiene gran influencia en la estabilidad coloidal de la arcilla.

Los minerales de la arcilla presentan un pH variable, entre 4 y 8,5, siendo generalmente diferentes del que presenta la piel (5,5-6). El pH de la caolinita es ligeramente más ácido que el de la piel, e illita y esmectitas suelen tener un pH más básico. No obstante, hay que considerar que el pH de los minerales de la arcilla depende del grado de hidratación, de modo que este se incrementa con el contenido en agua, aunque no de modo proporcional; también es necesario considerar que este parámetro es muy sensible a la actividad bacteriana, cuyo desarrollo puede producir cambios bruscos de pH.

Para la correcta formulación de los peloides en uso terapéutico y dermocosmético es necesario determinar las características y propiedades que deben reunir las arcillas “iniciales”, en cuanto a mineralogía, composición,

<sup>51</sup>. Jiménez y De Justo, 1975.

<sup>52</sup>. García y Suárez, 3 de abril de 2018.

<sup>53</sup>. Gómez et al., 2011.

<sup>54</sup>. Carretero y Pozo, 2009.

<sup>55</sup>. Armijo y Armijo, 2006b. Mourelle et al., 2007.

propiedades específicas (plasticidad, capacidad de intercambio, capacidad sorcitiva...) y aquellas propiedades termofísicas<sup>56</sup> relacionadas con el comportamiento térmico (densidad, calor específico, conductividad, índice de enfriamiento) y aplicación sobre la piel (viscosidad, pH, manejabilidad...)<sup>57</sup>. Además, se debe evitar la presencia en ellas de elementos tóxicos como As, Pb, Hg, Cd, etc<sup>58</sup>.

Según Carretero y colaboradores, las propiedades físicas y físico-químicas por las que las arcillas se usan en balnearios y cosmética son<sup>59</sup>:

- Baja dureza y pequeño tamaño de partícula (<2µm), que proporcionan sensación de suavidad.
- Elevada capacidad sorcitiva (absorción/adsorción), que permite una buena mezcla arcilla-agua.
- Elevada capacidad de cambio catiónico, que permite un intercambio de sustancias en contacto con la piel.
- Alta plasticidad con objeto de que sea fácilmente moldeable y tenga adherencia sobre la piel.
- Propiedades reológicas adecuadas que permiten preparar suspensiones de calidades estables, fácilmente aplicables.
- Valores de pH próximos a los de la piel humana, para evitar irritaciones y problemas dermatológicos.
- Alta capacidad de retención del calor, fundamental para aplicaciones termoterápicas.

En peloterapia son apropiados aquellos minerales de la arcilla que presenten menor tamaño de grano y elevada capacidad de cambio catiónico, lo que permite que posean una mayor superficie específica y mayor capacidad de absorción de agua, lo que favorece sus propiedades plásticas, reológicas y térmicas.

Desde el punto de vista mineralógico, las cualidades de interés en peloterapia dependen de la superficie específica, capacidad de intercambio catiónico del mineral y retentividad térmica (propiedad dependiente del calor específico, conductividad térmica y densidad); si se tienen en cuenta los valores de estos parámetros en los minerales de las arcillas (Tabla 5), se puede inferir que no existe un mineral ideal, pero sí localizar el más adecuado para conseguir unas determinadas propiedades.

La mayor parte de los peloides españoles<sup>60</sup> no contienen las arcillas más habituales para preparar peloides como caolín o esmectitas, incluso en algún caso ni

siquiera contienen arcillas, por lo que presentan muy baja capacidad de hinchamiento<sup>61</sup>.

Hay que tener en cuenta que la extensibilidad del producto y su poder de cubrición depende del contenido en partículas minerales, algo que es inversamente proporcional a su contenido acuoso, por lo que es necesario conjugar ambos factores para realizar una correcta formulación del peloide.

La estabilidad de los peloides, como coloides que son, está condicionada por el pH; muchas de sus propiedades pueden verse afectadas por la presencia de otros minerales o sustancias: así, la presencia de carbonatos reduce su plasticidad y el cuarzo incrementa su abrasividad.

## AGUA

El agua es una parte fundamental del peloide, no solo por constituir el 60-90 % de su peso<sup>62</sup>, aportar su elevada capacidad calorífica e incidir en sus propiedades termofísicas, sino también por aportar iones y sustancias disueltas que físico-químicamente pueden interactuar con la piel, siendo responsables de muchos de sus efectos dermocosméticos.

Para la preparación de peloides se utilizan aguas mineromedicinales, de mar o de lago salado, con características y composición muy variadas.

- Agua de Mar. Tanto las aguas de mar como las de lago salado se caracterizan mayoritariamente por presentar un elevado contenido en sales disueltas<sup>63</sup>. Las aguas de mar presentan una concentración salina media de unos 35 g/l, con variaciones significativas entre los 15 g/l del Báltico y los 400 g/l del Caspio, con valores medios en el Atlántico (32 g/l) y Mediterráneo (36 g/l)<sup>64</sup>. Pese a sus variaciones de salinidad, las proporciones iónicas prácticamente son constantes. En su composición predominan cloruros y sodio, que junto con sulfatos, magnesio, calcio y potasio representan más del 99 % del total de sales (Tabla 6).

Los componentes mayoritarios del agua de mar, ordenados según su concentración, son: Cl<sup>-</sup>, Na<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Mg<sup>2+</sup>, Ca<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, HCO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Br<sup>-</sup>, siguiéndole en ese orden Sr<sup>2+</sup>, I<sup>-</sup>, F<sup>-</sup> y SiO<sub>2</sub><sup>65</sup>.

El agua de mar contiene prácticamente todos los elementos químicos, incluyendo 79 oligoelementos, siendo

<sup>56</sup>. Legido et al., 2009. Martínez et al., 2011.

<sup>57</sup>. Mourelle, 2006.

<sup>58</sup>. Tateo & Summa, 2007.

<sup>59</sup>. Carretero, Gomes & Tateo, 2006.

<sup>60</sup>. Legido et al., 2006. Carretero et al., 2010. Armijo y Armijo, 2006.

<sup>61</sup>. Cerezo et al., 2005.

<sup>62</sup>. Martín, 2008. Gómez, 2012, 82-92 y 128-130.

<sup>63</sup>. Carretero et al., 2006.

<sup>64</sup>. Suárez y Fagundo, 2000.

<sup>65</sup>. Suárez y Fagundo, 2000.

**Tabla 5. Propiedades de las arcillas de mayor interés en peloterapia**

	Tamaño de partícula	Superficie Específica m <sup>2</sup> /g	Capacidad intercambio catiónico (meq/100g)	Índice de plasticidad	pH	Cp Calor específico a 300K (JK <sup>-1</sup> KG <sup>-1</sup> )	ρ Densidad 10 <sup>3</sup> :Kg m <sup>-3</sup>
Caolinita	~ 1μ diámetro 0.1 μ espesor	15-50	3-5	40-50	4.5-5.5	930-960	2.61-2.68
Montmorillonita	Na: ~ 0.001 μ Ca: 0.02-0.03 μ	80-300	80-200	150-350	8-8.5	810 780	1.7-2.0
Halloisita		<60	10-40				2.55
Illita	~ 0.01 μ	<50	10-50	50-60	7-8	810	2.6-2.9
Sepiolita		100-240	20-35				2.08
Paligorskita		100-200	20-35			740	2.29-2.36
Vermiculita		500-700	100-200			840-1080	2.4-2.7

Fuente: modificado de Carretero, 2005.

**Tabla 6. Composición media del agua de mar utilizada por el Centro Thalasia (julio 2009-abril 2010)**

Parámetro	Valor medio
Conductividad a 25°C (μS/cm)	66720
pH	7,5
Litio (mg/l)	0,09
Sodio (mg/l)	11496
Potasio (mg/l)	462
Magnesio (mg/l)	1396
Calcio (mg/l)	540
Fluoruros (mg/l)	1,5
Cloruros (mg/l)	19678
Bromuros (mg/l)	6,4
Bicarbonatos (mg/l)	137
Nitratos (mg/l)	10,4
Sulfatos (mg/l)	2782
Total (g/l)	36,5

Fuente: Armijo et al., 2010b.

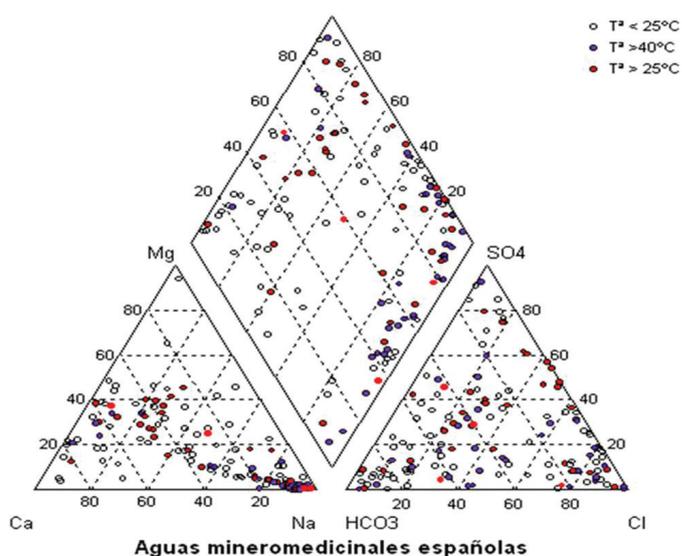
el silicio el más abundante. Además, se encuentran en mayor o menor proporción todos los gases atmosféricos, en especial: nitrógeno, oxígeno y dióxido de carbono. En pequeñas proporciones también aparecen gases nobles como argón, kriptón, xenón, neón y helio<sup>66</sup> (Tabla 7).

- Evidentemente, el agua de los lagos salados presenta una mayor variabilidad, que afecta tanto a la salinidad como a sus proporciones iónicas, marcadas por la naturaleza de sus aportes hídricos y condiciones

medioambientales particulares. Suelen ser cloruradas sulfatadas o sulfatadas cloruradas, sódicas o mixtas, sódico-cálcicas o cálcico sódicas.

- Aguas mineromedicinales. La variabilidad de las aguas mineromedicinales es enorme, tanto en salinidad como en composición, de modo que no existen aguas mineromedicinales idénticas (Figura 3).

**Figura 3. Composición mayoritaria de las aguas de los balnearios españoles (Diagrama de Piper)**



Fuente: Rosino, 2015.

<sup>66</sup>. Mourelle, 2006.

**Tabla 7. Contenido medio por elementos del agua del mar (ppm)**

Elemento	Ppm	Elemento	Ppm	Elemento	ppm
O (H <sub>2</sub> O)	883000	Ti	0.001	Ce	0.0000012
H (H <sub>2</sub> O)	110000	Cu	0.0009	Dy	0.00000091
Cl	19400	Se	0.0009	Er	0.00000087
Na	10800	Sn	0.00081	Yb	0.00000082
B	4450	Mn	0.0004	Gd	0.0000007
Mg	1290	Co	0.00039	Pr	0.00000064
S	904	Sb	0.00033	Be	0.0000006
Ca	411	Cs	0.0003	Sm	0.00000045
K	392	Ag	0.00028	Th	0.0000004
Br	67.3	Kr	0.00021	Ho	0.00000022
C	28	Cr	0.0002	Tm	0.00000017
N	15.5	Hg	0.00015	Lu	0.00000015
F	13	Ne	0.00012	Tb	0.00000014
Sr	8.1	Cd	0.00011	Hf	<0.000008
Si	2.9	Ge	0.00006	Sc	<0.000004
Ar	0.45	Xe	0.000047	Ta	<0.0000025
Li	0.17	Ga	0.00003	W	<0.000001
Rb	0.12	Pb	0.00003	Rh	"
P	0.088	Zr	0.000026	Te	"
I	0.064	Bi	0.00002	Os	"
Ba	0.021	Nb	0.000015	Pd	"
Ni	0.0066	Y	0.000013	In	"
Zn	0.005	Au	0.000011	Ir	"
Fe	0.0034	Re	0.0000084	Pt	"
U	0.0033	He	0.0000072	Tl	"
As	0.0026	La	0.0000029	Pu	"
V	0.0019	Nd	0.0000028		
Al	0.001	Eu	0.0000013		

Fuente: modificado de Floor, 2006.

Su interés terapéutico está condicionado por la temperatura de surgencia, grado de mineralización, composición y relaciones iónicas; además, existen unos componentes específicos que dotan al agua de interés terapéutico: son los llamados factores mineralizantes específicos.

- a) Temperatura. La temperatura de aplicación del agua es un factor de gran interés en las técnicas terapéuticas pero pocas veces coincide con la temperatura de emergencia, utilizándose sistemas de climatización para alcanzar la temperatura adecuada de aplicación.

En España las temperaturas de surgencia de las aguas mineromedicinales son muy variadas, desde los 14-15 °C de las aguas frías, a más de 80 °C en el balneario de Lobios (Ourense) (Tabla 8).

**Tabla 8. Clasificación de las aguas mineromedicinales según temperatura de surgencia**

Denominación	Temperatura de surgencia en °C
Frías	Menos de 20
Hipotermiales	Entre 20 y 35
Mesotermiales	Entre 35 y 37
Hipertermiales	Más de 37

Fuente: modificado de Maraver et al., 2004.

Debe tenerse en cuenta que la temperatura condiciona la estabilidad de las sustancias iónicas disueltas, por lo que el enfriamiento del agua puede conllevar la precipitación de algunas sustancias, influyendo en las propiedades termofísicas del peloide.

- b) Grado de mineralización y composición. El grado de mineralización de las aguas mineromedicinales suele registrarse como residuo seco a 110 °C, y oscila en España desde menos de 50 mg/l en numerosas aguas oligometálicas, a más de 300 g/l en las aguas hipersalinas del Balneario de Elgorriaga (Navarra) (Tabla 9).

**Tabla 9. Clasificación de las aguas mineromedicinales según su mineralización**

Denominación	Residuo seco a 110 °C
Oligometálicas	Menos de 100 mg/l
De mineralización muy débil	Entre 100 y 250 mg/l
De mineralización débil	Entre 250 y 500 mg/l
De mineralización media	Entre 500 y 1000 mg/l
De mineralización fuerte	Más de 1500 mg/l

Fuente: Maraver et al., 2004.

Destacan por su interés terapéutico las aguas mineromedicinales con más de un gramo por litro de sustancia mineralizante, cuyas acciones y propiedades terapéuticas específicas dependen de las relaciones estequiométricas porcentuales de sus principales componentes aniónicos, considerando fundamentalmente aquellos aniones que superan estequiométricamente el 20 % del contenido aniónico total. Sus principales acciones en el organismo son<sup>67</sup>:

- Aguas cloruradas. Predominan el anión cloruro y los cationes sodio, calcio o magnesio. La mineralización total debe superar 1 g/l. Son estimulantes de múltiples funciones orgánicas. Las acciones concretas sobre los sistemas orgánicos dependen de la mineralización total del agua y de la vía de administración. Se suelen usar en reumatología, dermatología, ORL, afecciones respiratorias crónicas y en el agotamiento psicofísico.
- Aguas sulfatadas. Predominan los aniones sulfato con diferentes cationes. La mineralización total debe superar 1 g/l. Por vía oral son colagogas, hepatoprotectoras y, habitualmente, laxantes. Sus principales usos son en dispepsias digestivas y discinesias biliares. Estas aguas pueden compartir otros grupos de

composición química, diversificando sus acciones y vías de administración.

- Aguas bicarbonatadas. Predomina el anión bicarbonato y su mineralización global es superior a 1g/l. Suelen administrarse en curas hidropínicas, estimulando así la secreción enzimática pancreática. Su uso es, sobre todo, saponificante de la bilis, alcalinizan la orina y también el pH gástrico. Estas aguas pueden compartir otros grupos de composición química diversificando sus acciones y su vía de administración.

También numerosas aguas oligometálicas, con una concentración de sales disueltas inferior a 1 g/l, presentan interés terapéutico, siendo utilizadas por numerosos balnearios. Generalmente, las que poseen una temperatura superior a 35°C suelen utilizarse para afecciones reumáticas y rehabilitación de afecciones del aparato locomotor; las que poseen temperaturas más bajas se utilizan preferentemente por vía oral, como diuréticas y aguas de mesa<sup>68</sup>.

- c) Factores mineralizantes específicos. Se denominan así aquellos componentes que por sí mismos y superando una determinada concentración otorgan al agua propiedades de interés terapéutico (Tabla 10).

**Tabla 10. Factores mineralizantes específicos**

Sustancia/Contenido	Denominación
Contenido en hierro superior a 5 mg/l	Ferruginosas
Contenido en dióxido de carbono disuelto superior a 250 mg/l	Carbónicas o Carbogaseosas
Contenido en sulfhídrico o sulfhidratos superior a 1 mg/l	Sulfuradas
Actividad del radón superior a 67,3 Bq/l	Radiactivas

Fuente: Maraver et al., 2004.

Otros factores mineralizantes antes valorados como el litio, flúor, arsénico, yodo, boro, bromo, bario, estroncio, etc. hoy en día están en controversia, carecen de interés, o incluso pueden suponer —por toxicidad— una merma en las aplicaciones terapéuticas del agua. Algunos otros términos han sido usados hasta casi nuestros días como las de aguas bituminosas, marciales, agrias, acidulas, fortificantes, alterantes, etc.

Las acciones del agua por su factor mineralizante específico son<sup>69</sup>:

- Aguas carbónicas o carbogaseosas. Contienen una concentración mayor de 250 mg/l de carbónico

<sup>67</sup>. López Silva, 2006.

<sup>68</sup>. San Martín, 1994.

<sup>69</sup>. López Silva, 2006.

libre. Por vía oral son estimulantes de la secreción gástrica y del peristaltismo intestinal. En balneación producen una vasodilatación arteriolar y de los plexos venosos cutáneos, utilizándose en el tratamiento coadyuvante de arteriopatías obliterantes.

- Aguas sulfuradas. Contienen más de 1 mg/l de azufre bivalente, de ordinario bajo las formas de sulfuro de hidrógeno, sulfhidratos y ácidos polisulfhídricos. Su olor es característico a huevos podridos y suelen tener materia orgánica como fuente adicional de azufre elemento: algas (baregina) y bacterias (sulfobacterias o sulfuraria). El azufre bivalente se absorbe por todas las vías de administración. Tiene gran capacidad oxidoreductora sistemática. Estas aguas tienen su principal indicación en determinados procesos reumáticos, dermatológicos, ORL y respiratorios crónicos.
- Aguas ferruginosas. Contienen hierro bivalente en más de 5 mg/l. Suelen ser, además, bicarbonatadas o sulfatadas. La biodisponibilidad del hierro en estas aguas es muy alta por la presencia, generalmente, de otros oligoelementos. Por vía oral aportan hierro. Estimulan la médula ósea mejorando la formación hemática y de hemoglobina. Se recomiendan en anemias hipócromas y carencias de hierro.
- Aguas radioactivas. Son las que contienen radón (gas radiactivo de origen natural) en concentraciones superiores a 67,3 Bq/l. Las dosis de radiactividad aplicadas en las curas termales nunca suponen un riesgo y, por el contrario, han demostrado beneficios sobre el sistema neurovegetativo, el endocrino y el inmune. Este tipo de aguas se utilizan principalmente en reumatología, afecciones respiratorias crónicas y trastornos neuróticos.

Recientemente se propuso una codificación para las aguas mineromedicinales que refleja los principales factores de interés terapéutico: temperatura, grado de mineralización, composición y factores mineralizantes especiales, denominada Patrón Hidromineral<sup>70</sup>; en ella cada agua queda definida por la siguiente expresión: F(C:T) PA:PC (Tabla 11).

Siendo:

- F: presencia e identificación de factores mineralizantes especiales: F (hierro), C (dióxido de carbono), S (hidrógeno sulfurado), R (actividad del Radón).

- C: grado de mineralización expresado por el valor de la conductividad eléctrica en  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , parámetro fácilmente registrable.
- T: temperatura de surgencia en  $^{\circ}\text{C}$ .
- PA y PC: los patrones geoquímicos aniónico y catiónico, que corresponden respectivamente a un número de tres cifras, en el que cada una expresa el contenido porcentual estequiométrico en tanto por diez, de cloruros, bicarbonatos y sulfatos para aniones y de sodio, calcio y magnesio para cationes.

Así, el patrón hidromineral de Fuentes del Trampal Fe (113:19) 161:242 está indicando que se trata de aguas oligometálicas con una conductividad de 113  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , que surgen a 19 $^{\circ}\text{C}$ , que contienen más de 5 mg/l de hierro bivalente como factor mineralizante específico de estas aguas y que en su composición aniónica presentan: 10-20 % de cloruros, 60-70 % de bicarbonatos y 10-20 % de sulfatos; que su composición catiónica está constituida: 20-30 % por sodio, 40-50 % por calcio y 20-30 % por magnesio.

La salinidad y composición físico-química del agua pueden influir en el pH y en las propiedades termofísicas del peloide; también pueden favorecer que se produzcan procesos físico-químicos que afecten a la distribución granulométrica y a la capacidad de intercambio, llegando incluso a producir cambios mineralógicos<sup>71</sup>, como precipitación de sales, intercambio iónico con los materiales arcillosos, fundamentalmente de calcio<sup>+</sup>, magnesio, potasio y sodio, pero también de hierro, cobre, arsénico y aluminio, influyendo en el proceso de maduración del peloide y afectando a sus propiedades termofísicas<sup>72</sup>.

El pH de las aguas con las que se preparan los peloides suele oscilar entre 5 en algunas aguas oligometálicas o carbónicas, a 11 en algunas aguas sulfuradas o básicas como las del balneario de Tolox (Málaga). Su valor no solo influye en el pH del peloide resultante, sino que puede llegar a producir alteraciones en la composición de su fase sólida<sup>73</sup>.

El agua que se utiliza en la preparación de peloides produce la disgregación e hinchamiento de la materia sólida utilizada, quedando finalmente retenida en los espacios interlaminares, canales y cavidades existentes en el peloide, obteniéndose unas propiedades termofísicas intermedias entre el mineral y el agua utilizada, variando las propiedades del agua con la temperatura (Gráfico 1).

<sup>71</sup>. Carretero y Pozo, 2007.

<sup>72</sup>. Curini et al., 1990.

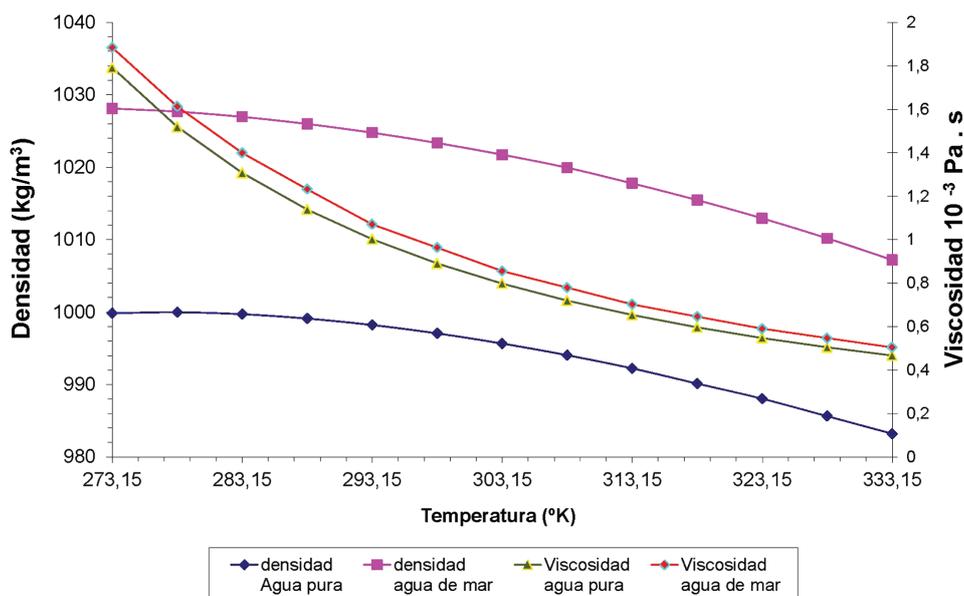
<sup>73</sup>. Sánchez, Parras & Carretero, 2002.

<sup>70</sup>. Rosino, 2009.

Tabla 11. Ejemplos de clasificación del Patrón Hidromineral

Denominación	Factores mineralizantes	Cond (μS/cm)	Tª (°C)	Patrón hidrogeoquímico		Patrón Hidromineral
				Aniónico	Catiónico	
Fuentes del Trampal	Fe	113	19.4	161	242	Fe(113:19)161:242
Hervideros de Cofrentes	C Fe	7000	15.1	126	126	CFe(7.000:15):126:126
El Salugral	S	636	18.0	170	900	S(636:18):170:900

Gráfico 1. Evolución de densidad y viscosidad del agua pura y agua de mar en función de la temperatura



Fuente: A partir de Gómez, 2012.

## Conclusiones

Los peloides son mezclas de arcillas con agua minero-medicinal, sales y materia orgánica, naturales o preparadas *ad hoc*, que son utilizadas desde tiempo inmemorial para el tratamiento de diversas dolencias y para el cuidado y belleza de la piel.

La investigación científica permite determinar sus propiedades físicas y evidenciar sus efectos terapéuticos y dermocosméticos, pudiéndose hoy en día seleccionar los componentes y utilizar procesos de mezcla y maduración adecuados a cada necesidad con el fin de poder estudiar y valorar sus efectos sobre las personas.

## BIBLIOGRAFÍA

Alfonso X, Rey de Castilla: *Lapidario*, en [http://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/archivos\\_01/lapidario.pdf](http://www.xtal.iqfr.csic.es/Cristalografia/archivos_01/lapidario.pdf). Consultado el 15 de marzo de 2018.

Armijo, F.; Morer, C.; Corvillo, I. y Maraver, F. 2010a: "Estudio de la textura del peloide marino del centro Thalasia (Murcia)", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 25 (2), 76 [https://doi.org/10.1016/S1572-4352\(05\)01001-9](https://doi.org/10.1016/S1572-4352(05)01001-9).

Armijo, F.; Morer, C.; Corvillo, I. y Maraver, F. 2010b: "Estudio analítico del agua marina empleada para la maduración de los peloides del Thalasso Center-Thalasia (San Pedro del Pinatar-Murcia)", en *Libro de resúmenes del II Congreso Iberoamericano de Peloides*, CERSA, Lanjarón, 71-72.

Armijo, F.; Corvillo, I.; Aguilera, L. y Maraver, F. 2010c: "Variación de textura de tres parafangos tras sucesivas esterilizaciones térmicas utilizados en balnearios españoles para el tratamiento de enfermedades del aparato locomotor", en *Libro de resúmenes del II Congreso Iberoamericano de Peloides*, CERSA, Lanjarón, 32-33.

Armijo Castro, F.; Corvillo Martín, I.; López Aguilera, L. y Maraver Eyzaguirre, F. 2005: "Los peloides del balneario de Caldes de Boí. Estudio Químico-Físico, de microscopía electrónica analítica y barrido", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 20 (2), 43-47 <https://doi.org/10.23853/bsehm.2005.0475>.

- Armijo Castro, F.; Ubogui, F. J.; Corvillo Martín, I. y Maraver Eyzaguirre, F. 2006: "Estudio de los peloides de las termas de Copahué (Neuquén-Argentina), características y propiedades", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 21 (1), 9-13 <https://doi.org/10.23853/bsehm.2006.0466>.
- Armijo Castro, F. y Armijo Suárez, O. 2006a: "Propiedades físicas de los peloides españoles", *Anales de Hidrología Médica*, 1, 43-53.
- Armijo Castro, F. y Armijo Suárez, O. 2006b: "Curva de enfriamiento de los peloides españoles. Propiedades térmicas", *Anales de Hidrología Médica*, 1, 97-110.
- Armijo Castro, F. y Maraver Eyzaguirre, F. 2006: "Granulometría y textura de los peloides españoles", *Anales de Hidrología Médica*, 1, 79-96.
- Bailey, S. W. 1980: "Summary of recommendations of AIPEA nomenclature committee on clay minerals", *American Mineralogist*, 65, 1-7 <https://doi.org/10.1180/claymin.1980.015.1.07>.
- Beer, A. M., Fetaj, S. & Lange, U. 2013: "Peloid therapy. An overview of the empirical status and evidence of mud therapy", *Zeitschrift für Rheumatologie*, 72 (6), 581-589. <https://doi.org/10.1007/s00393-013-1144-7>.
- Bergaya, F. & Lagaly, G. 2006: "General Introduction: Clays, Clay Minerals, and Clay Science", en Bergaya, F., Theng, B. K. G. y Lagaly, G. (eds.): *Handbook of Clay Science*. Elsevier, Amsterdam, 1-18 [https://doi.org/10.1016/S1572-4352\(05\)01001-9](https://doi.org/10.1016/S1572-4352(05)01001-9).
- Canelas Galán, O.; Olabe Sánchez, P.; Ovejero Ovejero L. y Fernández Jaén, T. 2010: "Estudio prospectivo de 104 pacientes con gonartrosis sometidos a la cura terminal de Archena. Seguimiento a seis meses", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 25 (2), 73-74. <https://doi.org/10.23853/bsehm.2010.0432>
- Carretero, M. I. 2002: "Clay minerals and their beneficial effects upon human health. A review", *Applied Clay Science*, 21 (3-4), 155-163. [https://doi.org/10.1016/S0169-1317\(01\)00085-0](https://doi.org/10.1016/S0169-1317(01)00085-0).
- Carretero León, M. I. 2005: "Propiedades de los minerales utilizados en medicina estética y balnearios", *Revista Científica de la Sociedad Española de Medicina Estética*, 5, 30-35.
- Carretero León, M. I.; Pozo, M.; Sánchez, C.; García, F. J.; Casas, J.; Medina, J. A. y Bernabé, J. M. 2006: "Cambios mineralógicos, físicos y físico-químicos en peloides de bentonitas madurados con agua de mar", *Macla. Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, 6, 131-133.
- Carretero León, M. I.; Pozo Rodríguez, M.; Pozo Martín, E.; Gómez Parrales, I.; Armijo Castro, F. y Maraver Eyzaguirre, F. 2010: "Caracterización física y físico-química de peloides españoles. Estudio de su variabilidad", *Macla. Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, 13, 61-62.
- Carretero, M. I., Gomes, C. S. F. & Tateo, F. 2006: "Clays and Human Health", en Bergaya, F., Theng, B.K.G. & Lagaly, G. (eds.): *Handbook of Clay Science*. Elsevier, Amsterdam, 717-741 [https://doi.org/10.1016/S1572-4352\(05\)01024-X](https://doi.org/10.1016/S1572-4352(05)01024-X).
- Carretero, M. I. y Pozo, M. 2007: *Mineralogía Aplicada. Salud y Medio Ambiente*. Ites-Paraninfo, Madrid.
- Carretero, M. I. & Pozo, M. 2009: "Clay and non-clay minerals in the pharmaceutical industry. Excipients and medical applications", *Applied Clay Science*, 46 (1), 73-80. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2009.07.017>.
- Cerezo, M. del P.; Garcés, A.; Galindo, M. del M.; Viseras, C.; Yebra, A.; López, A. y Setti, M. 2005: "Fangos empleados en tratamientos terapéuticos y estéticos en balnearios españoles I: Composición mineral e hinchamiento", en *VII Congreso de la Sociedad Española de Farmacia Industrial y Galénica. Salamanca. Libro de Resúmenes*, 153-156. Disponible en [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bal/cerezopm\\_garcesa\\_galindomm\\_viserasc\\_etat.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-bal/cerezopm_garcesa_galindomm_viserasc_etat.pdf). Acceso el 3 de abril de 2018.
- Corvillo Martín, I.; Morer Liñán, C.; Martín Megías, A. y Aguilera López, L. 2006: "Estudio analítico de las aguas minerales empleadas en la maduración de los peloides españoles", *Anales de Hidrología Médica*, 1, 119-133.
- Curini, R.; Dascenzo, G.; Fraioli, A.; Lagana, A.; Marino, A. & Messina, B. 1990: "Instrumental multiparametric study of the maturing of therapeutic muds of some Italian spas", *Thermochimica Acta*, 157 (2), 377-393. [https://doi.org/10.1016/0040-6031\(90\)80040-6](https://doi.org/10.1016/0040-6031(90)80040-6).
- Delgado, R.; Fernández-González, M. V.; Gámiz, E.; Martín García, J. M.; Márquez, R. y Delgado Calvo-Flores, G. 2011: "Evolución de la ultramicrofábrica de los peloides en el proceso de maduración", *Anales de Hidrología Médica*, 4, 81-91. [https://doi.org/10.5209/rev\\_ANHM.2011.v4.38347](https://doi.org/10.5209/rev_ANHM.2011.v4.38347)
- Espejo Antúnez, L.; Caro Puértolas, B.; Ibáñez Burgos, B.; Porto Payán, J. M. y Torres Piles, S. T. 2013: "Efectos de la terapia con peloides sobre el dolor percibido y la calidad de vida relacionada con la salud en pacientes con artrosis de rodilla", *Reumatología Clínica*, 9 (3), 156-160. <https://doi.org/10.1016/j.reuma.2012.09.005>
- Fernández García, V. 2017: "Biotapetes de manantiales mineromedicinales: aplicaciones en dermatología y cosmética", *Revista Complutense de Ciencias Veterinarias*, 11 (especial), 227-234. <https://doi.org/10.5209/RCCV.55678>.
- Fernández González, M. V. 2010: *Proceso de maduración de peloides con fase líquida de las principales aguas minerales y mineromedicinales de la provincia de Granada*, tesis doctoral, Universidad de Granada, Granada (España).

- Fernández-González, M. V.; Gámiz, E.; Martín-García, J. M. y Márquez, R.** 2011: "Comportamiento térmico de peloides preparados con aguas mineromedicinales del Balneario de Lánjarón. Efecto del tiempo de maduración", *Anales de Hidrología Médica*, 4, 93-105. [https://doi.org/10.5209/rev\\_ANHM.2011.v4.38348](https://doi.org/10.5209/rev_ANHM.2011.v4.38348)
- Fernández Torán, M. A.** 2014: *Propiedades físico-química de materiales susceptibles de ser utilizados en la preparación de peloides*, tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid (España).
- Floor Anthoni, J.** "The chemical composition of seawater". Disponible en [www.seafriends.org.nz/oceano/seawater.htm](http://www.seafriends.org.nz/oceano/seawater.htm). Acceso el 23 de junio de 2006.
- García Romero, E. y Suárez Barrios, M.**: "Las arcillas: Propiedades y usos". Disponible en: <http://campus.usal.es/~delcien/doc/GA.PDF>. Acceso en: 3 de abril de 2018.
- Gomes, C.; 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. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2013.02.008>.
- Gómez Pérez, C. P.** 2012: *Aspectos físicos de los peloides para aplicación en termoterapia*, tesis doctoral, Universidad de Vigo, Vigo (España).
- Gómez Pérez, C. P.; Mourelle Mosqueira, M. L.; Medina Filgueira, C.; Salgado González, M. P.; Baz, S. y Arribas, M.** 2011: "Estudio del comportamiento viscoso de peloides termales", en *Anales de Hidrología Médica*, 4, 107-116.
- Hernández Torres, A.** 1997: *Niveles urinarios de los productos de peroxidación lipídica: acción antioxidante en el organismo humano del tratamiento crenoterápico con aguas sulfuradas y peloides*, tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid (España) <https://doi.org/10.23853/bsehm.1998.0535>.
- Hernández Torres, A.; Ramón Jiménez, J. R.; Cuenca Giralde, E. y Márquez Montes, J.** 1998: "Acción antioxidante en el organismo humano del tratamiento crenoterápico con aguas sulfuradas y peloides en relación con las vías de administración utilizadas", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 13 (1), 27-40. <https://doi.org/10.23853/bsehm.1998.0535>
- Hernández Torres, A.; Ramón Giménez, J. R.; Martell Claros, N.; Cuenca Giralde, E. y Márquez Montes, J.** 2000: "Resultados de la acción crenoterápica con aguas sulfuradas y peloides y otras medidas no farmacológicas sobre la tensión arterial en el balneario", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 15 (1), 35-46. <https://doi.org/10.23853/bsehm.2000.0518>
- Igual Camacho, C.; Rodes Sala, J.; Peris Sanchís, M. R. y Estévez Fuertes, N.** 2001: "Estudio sobre el parafango", *Fisioterapia*, 23 (2), 60-65. [https://doi.org/10.1016/S0211-5638\(01\)72934-3](https://doi.org/10.1016/S0211-5638(01)72934-3).
- Jiménez Salas, J. A. y De Justo Alpañes, J. L.** 1975: *Geotecnia y cimientos. Propiedades de los suelos y de las rocas*, editorial Rueda, I, Madrid.
- Legido Soto, J. L.; Mourelle Mosqueira, M. L.; Meijide-Failde, R. y Medina Filgueira, C.** 2006: "Caracterización termofísica de peloides para usos en medicina termal", en Ortiz de Zárate Leiva, J. M. y Khayet Souhaimi, M. (eds.): *La investigación del Grupo Especializado de Termodinámica de las Reales Sociedades Españolas de Física y de Química*, Real Sociedad Española de Física, 3, Madrid, 18-26.
- Legido Soto, J. L.; Mourelle Mosqueira, M. L.; Medina Filgueira, C. y Gómez Pérez, C. P.** 2009: "Caracterización termofísica de peloides termales", *Investigación: cultura, ciencia y tecnología*, 1, 24-33.
- López Silva, M. del C.** 2006: *Ingesta de aguas bicarbonatadas sódicas y su efecto sobre la presión arterial en personas adultas*, tesis doctoral, Universidade da Coruña, A Coruña (España).
- Maraver Eyzaguirre, F.; Armijo, F.; Aguilera López, L. y Martín Megías, A. I.** 2004: *Vademécum de Aguas Mineromedicinales españolas*, Instituto de Salud Carlos III, Madrid.
- Maraver Eyzaguirre, F.** 2006: "Antecedentes históricos de la peloterapia", *Anales de Hidrología Médica*, 1, 17-42.
- Martín Cordero, J. E.** 2008: *Agentes físicos terapéuticos*, Ciencias Médicas, La Habana.
- Martínez, I.** 2003: "Termodinámica del agua", *Revista de Aerodinámica y Astronáutica*, 366, 11-21.
- Martínez Casas, L.; Gómez Pérez, C. P.; Mourelle Mosqueira, M. L.; Román Martínez, L.; Bessières, D. y Legido Soto, J. L.** 2011: "Avances en el estudio termofísico de peloides termales para usos terapéuticos y cosméticos", en Rodríguez Delgado, Y., Trenzado Diepa, J. L. (coords.): *La investigación del Grupo Especializado de Termodinámica de las Reales Sociedades Españolas de Física y Química*, Madrid, 5, 153-160.
- Martínez Guillamón, M. del R.; Abellán Huerta, J.; Leal Hernández, M.; Gómez Jara, P.; Ortín Ortín, E. J. y Abellán Alemán, J.** 2013: "Influencia de la balneoterapia sobre la presión arterial. Estudio Balneotens", *Hipertensión y riesgo vascular*, 30 (3), 86-91. <https://doi.org/10.1016/j.hipert.2013.04.002>
- Meijide-Failde, R.; Teijeiro Vidal, J.; Salgado Somoza, T. y Llanes Gómez, A. J.** 2010: "Aplicación de tres peloides 'extemporáneos' en piel sana y evaluación de sus efectos a través de métodos de bioingeniería cutánea", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 25 (2), 75. <https://doi.org/10.23853/bsehm.2010.0435>

- Meijide Faílde, R. y Mourelle Mosqueira, M. L.** 2006: "Afecciones dermatológicas y cosmética dermotermal", en *Técnicas y tecnologías en Hidrología médica e Hidroterapia. Informe de Evaluación de Tecnologías Sanitarias*, 50, Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (AETS)-Instituto de Salud Carlos III-Ministerio de Sanidad y Consumo, Madrid, 175-194.
- Mourelle Mosqueira, M. L.** 2006: *Caracterización termofísica de peloides para aplicaciones termoterapéuticas en centros termales*, tesis doctoral, Universidad de Vigo, Vigo (España).
- Mourelle Mosqueira, M. L.; Medina Filgueira, C.; Meijide-Faílde, R. y Legido Soto, J. L.** 2007: "Comportamiento termofísico de los peloides", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 22 (1), 14-21. <https://doi.org/10.23853/bsehm.2018.0456>
- Mourelle Mosqueira, M. L.; Gómez Pérez, C. P.; Medina Filgueira, C. y Legido Soto, J. L.** 2010: "Características de peloides extemporáneos elaborados con distintas aguas minero medicinales", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 25 (2), 72. <https://doi.org/10.23853/bsehm.2010.0431>
- Oliva López, M. y Díaz Cintra, J. M.** 2014: "Aplicación de peloidoterapia en enfermedades del sistema osteomioarticular. Programa de capacitación", *Revista de Información Científica*, 86 (4), 592-602.
- Perea Horno, M. A.** 2010: "Técnicas de aplicación de chorros en afecciones artrósicas de miembros inferiores siguiendo la trayectoria de los meridianos de acupuntura de la medicina tradicional china", *Boletín de la Sociedad Española de Hidrología Médica*, 25 (2), 59-61. <https://doi.org/10.23853/bsehm.2010.0427>
- Perea Horno, M. A.** 2014: "Historia de la peloterapia", en Hernández Torres, A. (coord.): *Peloterapia: aplicaciones médicas y cosméticas de fangos termales*. Fundación Bilibis para la investigación e innovación en Hidrología Médica y Balneoterapia, Calatayud, 47-53.
- Porlezza, C.** 1965: "Considerazione sui fanghi terapeutici (peloidi)", *Thermae*, 2 (2-3), 6-57.
- Pozo Martín, E.** 2013: *Interacción entre materiales arcillosos y aguas minerales en la preparación de peloides: análisis y evaluación de sus efectos en la salud humana*, tesis doctoral, Universidad Autónoma de Madrid, Madrid (España).
- Rodríguez Ramírez, R.; Machado Pineda, M.; Cabrera Salazar, J.; González Quiala, J. y González Tuero, H.** 2004: "Peloidoterapia en las heridas quirúrgicas infectadas", *MEDISAN*, 8 (3), 32-38.
- Rosino, J.** 2009: "Caracterización de las aguas minero medicinales. Aplicación a las Aguas Españolas", ponencia presentada en el Congreso Nacional de la Sociedad Española de Hidrología Médica, Ourense.
- Rosino Rosino, J. M.** 2015: *Características físicas de peloides extemporáneos constituidos por mezclas de montmorillonita y zeolita con agua tridestilada y agua marina*, tesis doctoral, Universidad de Vigo, Vigo (España) <https://doi.org/10.23853/bsehm.2010.0428>.
- San Martín Bacaicoa, J.** 1994: "Peloides en general. Características físicas, efectos biológicos e indicaciones terapéuticas", en Armijo, M. y San Martín, J. (ed.): *Curas balnearias y climáticas: Talasoterapia y Helioterapia*, Editorial Complutense, Madrid.
- Sánchez, L. y Fagundo, J. R.** 2000: *Peloides. I Curso Básico Nacional de Termalismo y Turismo de Salud*. IPAT. Panamá, disponible en <http://www.fagundojr.com/documentos/Conferencias%20de%20Fagundo%20sobre%20Termalismo.pdf>. Acceso el 10 de abril de 2015.
- Sánchez, C. J., Parras, J. & Carretero, M. I.** 2002: "The effect of maturation upon the mineralogical and physicochemical properties of illitic-smectitic clays for pelotherapy", *Clay Minerals*, 37 (3), 457-463. <https://doi.org/10.1180/0009855023730045>.
- Sremcevic, N. & Jokic, A.** 2012: "State of the art in Serbia Health Resort Medicine", *Anales de Hidrología Médica*, 5 (2), 131-136. [http://dx.doi.org/10.5209/rev\\_ANHM.2012.v5.n2.40194](http://dx.doi.org/10.5209/rev_ANHM.2012.v5.n2.40194).
- Suárez Barrios, M.** 2010: "Avances en Cristalografía de Filo-silicatos", *Macla. Revista de la Sociedad Española de Mineralogía*, 13, 27-29.
- Suárez Muñoz, M. y Fagundo Castillo, J. R.** 2000: "Papel del agua mineral en el organismo y características terapéuticas de las aguas minerales", disponible en [http://www.sld.cu/sitios/mednat/docs/aguas\\_minerales.pdf](http://www.sld.cu/sitios/mednat/docs/aguas_minerales.pdf). Acceso el 3 de abril de 2018.
- Tateo, F. & Summa, V.** 2007: "Element mobility in clays for healing use", *Applied Clay Science*, 36 (1-3), 64-76. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2006.05.011>
- Trinchet, E.** "Los fangos mineromedicinales. Experiencia de su utilización en Cuba", disponible en <http://www.hvil.sld.cu>. Acceso en 2005.
- Tserenpil, S.; Dolmaa, G., & Voronkov, M. G.** 2010: "Organic matters in healing muds from Mongolia", *Applied Clay Science*, 49 (1-2), 55-63. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2010.04.002>.
- Vela Iglesias, M. L.** 2017: *Estudio del tratamiento crenoterápico de la gonartrosis en el balneario de Lanjarón*, tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, Madrid (España).
- Viseras Iborra, C. y Cerezo González, P.** 2006: "Aplicación de peloides y fangos termales", en Hernández Torres, A. (coord.): *Técnicas y tecnologías en Hidrología médica e Hidroterapia. Informe de Evaluación de Tecnologías Sanitarias*. Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias (AETS)-Instituto de Salud Carlos III-Ministerio de Sanidad y Consumo, Madrid, 141-146.