



**BIOTAPETES DE MANANTIALES MINEROMEDICINALES: APLICACIONES EN
DERMATOLOGÍA Y COSMÉTICA
HOT MINERAL SPRINGS MICROBIAL MATS: DERMATOLOGY AND
COSMETICS APPLICATIONS**

Fernández García, V.

Facultad de Farmacia. Universidad Complutense de Madrid. bafern01@estumail.ucm.es

RESUMEN

La dermatología y la cosmética termal han alcanzado en los últimos años un éxito considerable, asociado a las nuevas tecnologías y los progresos científicos. Los *biotapetes* (*peloides* y *gleínas*) poseen interesantes propiedades con numerosos beneficios en la terapéutica con productos naturales, aunque algunas aplicaciones comerciales carecen de una justificación científica adecuada. Mediante métodos de cultivo, bioquímicos, biología molecular y microscopía óptica, confocal y electrónica se han caracterizado los biotapetes de distintos manantiales mineromedicinales de los balnearios Cervantes (Ciudad Real) y El Raposo (Badajoz) (aguas bicarbonatadas); Carratraca (Málaga) y Alhama de Granada (aguas sulfatadas). Los bicarbonatados presentan más diatomeas (*Navicula*, *Fragilaria*, *Synedra*); y los sulfatados bacterias del azufre (*Beggiatoa*, *Thiothrix*). Ambos tipos tienen algas verdes (*Cosmarium*), cianobacterias (*Oscillatoria*, *Lyngbya*, *Gleocapsa*), bacterias fototrofas verdes (*Chloflexus*) y bacterias anaerobias fototrofas púrpuras (*Rhodomicrobium*) y las sulfatoreductoras. Se han encontrado microorganismos no-cultivables que indican la posible existencia de nuevas especies. Su aplicación en terapéutica dermatológica y dermocosmética constituye una prometedora perspectiva de futuro.

Palabras clave: *tapetes microbianos, cianobacterias, manantiales, balneoterapia.*

SUMMARY

Dermatology and thermal cosmetics have achieved in recent years considerable success, associated with new technologies and scientific progress. The *microbial mats* (*peloids* and *gleinas*) have interesting properties with numerous benefits in therapeutic with natural products, although some commercial applications have not adequate scientific justification. By culture methods, biochemical, molecular biology and light, confocal and electron microscopy, *microbial mats* have been characterized from different mineral springs Cervantes (Ciudad Real) and El Raposo (Badajoz) (bicarbonate waters); Carratraca (Malaga) and Alhama de Granada (sulphated waters). The bicarbonate ones present more diatoms (*Navicula*, *Fragilaria*, *Synedra*); and the sulfated have sulfur bacteria (*Beggiatoa*, *Thiothrix*). Both types have green algae (*Cosmarium*), cyanobacteria (*Oscillatoria*, *Lyngbya*, *Gleocapsa*), green phototrophs bacteria (*Chloflexus*) and anaerobic bacteria purples phototrophs (*Rhodomicrobium*) and sulfatoreductoras. We found no-culturable microorganisms that indicate the possible existence of new species. Its application in dermatology and cosmetic dermatology therapeutics is a promising future prospect.

Key words: *microbial mats, cyanobacteria, hot mineral springs, balneotherapy.*

INTRODUCCIÓN

El empleo de las aguas mineromedicinales en hidroterapia data de la antigüedad. El uso de las arcillas en forma de lodos con fines terapéuticos, se remonta a los tiempos prehistóricos y se empleaban para curar heridas, aliviar irritaciones o tratar afecciones intestinales. Ya las utilizaban habitualmente en Mesopotamia, Egipto, Grecia y Roma. Las “tierras” medicinales de la isla griega de Lemnos, mencionadas por Homero y Galeno, pueden ser consideradas como el primer medicamento registrado en la Historia y utilizadas hasta comienzos del siglo pasado. Avicena, Averroes, Alfonso X el Sabio y Agrícola, escribieron sobre sus propiedades y usos. Los barros siguieron usándose durante los siglos posteriores y, actualmente, se utilizan por su mayor efectividad en patologías crónicas, frente a los fármacos de síntesis. La búsqueda de nuevos compuestos y productos naturales ha impulsado la investigación en diferentes campos de la industria farmacéutica y cosmetológica. Los *tapetes microbianos* (*biotapetes*) constituyen uno de los más novedosos. Conocidos como *peloides*, *gleínas* y *bareginas*, según la terminología hidrotermal, poseen interesantes propiedades con numerosos beneficios en balneoterapia, y terapéutica dermatológica, aunque algunas aplicaciones comerciales carecen de una justificación científica adecuada (Figura 1). La peloterapia es muy utilizada en Francia, Italia,

Alemania, Checoslovaquia, Rusia...y en España (Archena, Arnedillo) (Armijo Valenzuela, M. y San Martín Bacaicoa, J 1994). Los ecosistemas acuáticos, y los de *aguas termales mineromedicinales* en particular, poseen características físico-químicas específicas que favorecen el desarrollo de determinadas especies microbianas. La caracterización de la composición y estructura de estos sistemas acuáticos y sus tapetes, es esencial a fin de controlar la calidad sanitaria, así como el estudio de la composición química y los mecanismos de acción de los diferentes iones y elementos biológicos presentes en ellos, con particular interés terapéutico.

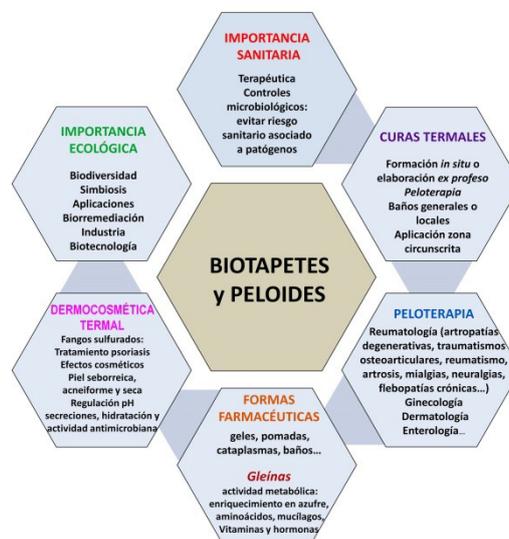


Figura 1. Interés y aplicaciones de *biotapetes* y *peloides*.

Conceptos

✓ *Balneoterapia*: aplicación terapéutica de las aguas mineromedicinales junto a las circunstancias ambientales propicias del lugar de cura (San Martín, J. 2006).

✓ *Peloide*: del gr. *pelòs-* (fango) (*peloide*, parecido al barro o lodo), denominación acordada por la Internacional Society of Medical Hydrology (ISMH) en 1937, aceptándola frente a la latina *Lutum*, sinónimo de fango termal (*ilutación* o aplicación de peloide). “Se designa *peloide* a los productos naturales consistentes en 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 o biológicos o a la vez geológicos y biológicos, utilizados en terapéutica en forma de emplastos o baños”. Las *gleínas* o *bareginas* constituyen el componente orgánico de las aguas sulfuradas, y forman un ecosistema complejo denominado *sulfuretum*, donde tiene lugar el crecimiento de las bacterias del

azufre (Sarría Santamera, A., 2006).

✓ *Peloterapia*, es la aplicación por vía tópica, general o local, de fangos termales o peloides con un fin terapéutico (San Martín J, 1994).

✓ *Biofilmes y biotapetes (tapetes microbianos)*: son comunidades microbianas estructuradas, adheridas a una superficie sólida o interfaz líquido-aire, embebidas en una matriz de exopolímeros, autorreguladas, y consistentes en la forma habitual de crecimiento de las bacterias en la naturaleza.

✓ Los actuales biotapetes y biofilmes, como se deduce del análisis de su trayectoria histórica y nomenclatura, se equiparan a los peloides, en concreto a aquellos cuyo componente sólido es orgánico.

OBJETIVOS DEL TRABAJO

Subrayar el interés ecológico, sanitario, en curas termales, en dermatología y en dermocosmética de los biofilmes, biotapetes y peloides.

Asociar el concepto de biotapete con el de determinados tipos de peloides y gleínas.

Determinar la composición y estructura de diferentes biotapetes procedentes de distintos manantiales mineromedicinales, comprobando la ausencia de microorganismos patógenos para el hombre (microorganismos de interés sanitario que puedan suponer un riesgo para la salud de los usuarios).

Indicar el potencial de estas comunidades microbianas en una amplia variedad de campos y aplicaciones.

MATERIAL Y MÉTODOS

Mediante la combinación de diferentes técnicas de cultivo específicas (algas, cianobacterias, bacterias del S y del Fe), bioquímicas, de biología molecular (PCR de 16S rDNA, RFLP) y de microscopía óptica (campo claro, campo oscuro, contraste de fases y fluorescencia), láser- confocal (CSLM), microscopía electrónica (transmisión –TEM-, barrido –SEM- y barrido a bajas temperaturas –LTSEM-); se ha caracterizado la biodiversidad y la estructura de diferentes biotapetes procedentes de los manantiales mineromedicinales de Cervantes (Manantiales: Cervantes y San Camilo, Ciudad Real), El Raposo (Badajoz), Carratraca (Málaga) y Alhama de Granada, siendo los dos primeros de aguas bicarbonatadas y los dos últimos sulfatados. Se tomaron muestras por duplicado, en condiciones asépticas, de cada uno de los biotapetes, fijando una de ellas con formol (4%) (Sánchez, MC. *et al.*, 2006).

RESULTADOS y DISCUSIÓN

Balneario Cervantes: manantiales hipotermales bicarbonatados, cálcicos y sódicos. El tapete microbiano del manantial epilitico San Camilo, es verde oscuro, gelatinoso y está formado por diatomeas (*Navicula*, *Fragilaria* y *Cymbella*), cianobacterias (*Oscillatoria*, *Lyngbya* y *Gloeocapsa*), algas, bacterias que oxidan el azufre (*Thiothrix*), y bacterias del hierro (*Leptothrix* y *Sphaerotilus*). El tapete del manantial Cervantes es laminar, muy consistente, con algas verdes (*Cosmarium*), diatomeas, cianobacterias (*Oscillatoria*, *Pseudanabaena*, *Spirulina*, *Nostoc* y *Pseudanabaena*), bacterias fotótrofas filamentosas (*Chloroflexus*) y bacterias sulfato-reductoras. En cultivo, se encontró *Thiothrix*, bacterias oxidantes del azufre y *Sphaerotilus* (Figura 2). Además, mediante PCR se detectaron proteobacterias: *Stenotrophomonas*, *Caulobacter*, *Sphingomonas*, *Comamonas* e *Hydrogenophaga*. También se encontraron otras bacterias no cultivables (Mosso MA. *et al.*, 2006).

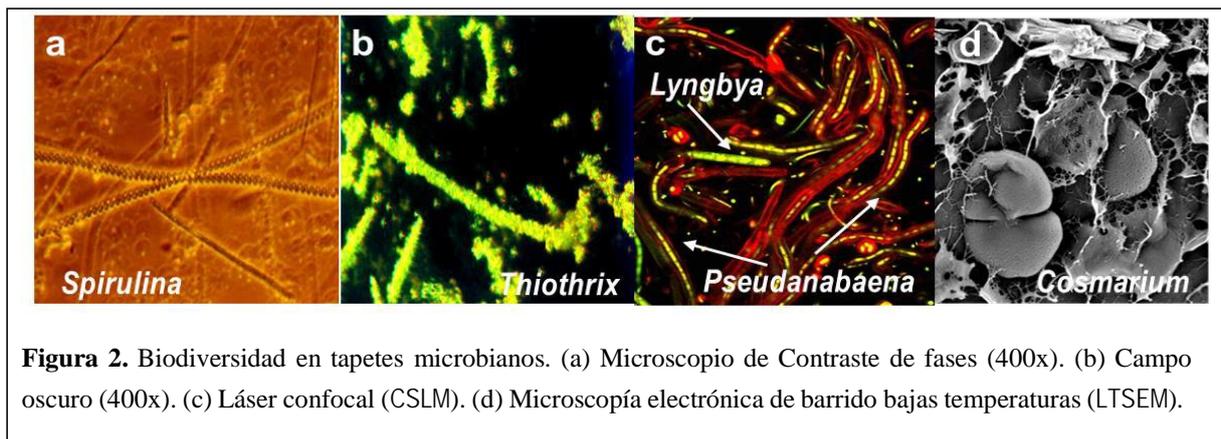


Figura 2. Biodiversidad en tapetes microbianos. (a) Microscopio de Contraste de fases (400x). (b) Campo oscuro (400x). (c) Láser confocal (CSLM). (d) Microscopía electrónica de barrido bajas temperaturas (LTSEM).

Balneario El Raposo: aguas hipotermales, de mineralización media, bicarbonatada cálcica. Se han estudiado dos tipos de biotapetes. Uno de ellos, verde brillante, con gas abundante y consistencia media, compuesto por algas verdes (*Oedogonium crispum*, *Ulothrix subtilissima*, *Cosmarium*), diatomeas (*Fragilaria*, *Navicula*, *Synedra*) y cianobacterias esféricas (*Synechococcus*). (Figura Z). El otro tapete es marrón, gelatinoso, formado por diatomeas (*Fragilaria*, *Synedra*, *Surirella*), algas (*Cosmarium*, *Pediastrum*) y cianobacterias (*Lyngbya*, *Synechococcus*) (De la Rosa MC. *et al.*, 2014).

Balneario de Carratraca: manantial sulfhídrico, hipotermal. Se estudiaron 4 tapetes. El primero, blanco en superficie y verde y negro en el interior, se compone en la superficie, de bacterias quimiolitótrofas del azufre (*Thiothrix*), cianobacterias (*Lyngbya* y *Anabaena*),

bacterias púrpuras del azufre (*Chromatium*, *Thyocistis*) y en el interior bacterias fotótrofas anoxigénicas verdes (*Chloroflexus*) y púrpuras (*Rhodomicrobium*). El tapete II, verde y negro, contiene algas verdes, diatomeas, cianobacterias, *Beggiatoa*, *Chromatium*, *Chloroflexus*, y depósitos de S y sulfuro de hierro. El tapete III, blanco-grisáceo presenta bacterias del S (*Thiothrix* y *Chlorobium*). El tapete IV, epilítico, verde y negro, presenta *Chromatium*, *Oscillatoria*, *Chloroflexus*, *Chloroflexus*, *Rhodomicrobium*. Estas comunidades microbianas ya fueron observadas por Limón Montero que las describía así: “en la superficie cría un género de nata del color del agua, tan glutinosa, que cuaja de modo que así en ellas, como en las piedras por donde pasa hay el mismo color, haciéndose de todo una costra blanca”. En 1838 se denominaron “Sulfuraria Carratraquense”, por estar compuestos de microorganismos del azufre. Esto constituye un ejemplo de que los biotapetes siempre se han encontrado en la naturaleza, no obstante, no habían sido bien estudiados ni caracterizados, ni se les atribuía el nombre con el que hoy se les conoce (De la Rosa MC. *et al.*, 1999).

Balneario Alhama de Granada: aguas hipertermales, neutras, sulfatadas cálcicas, bicarbonatadas, ligeramente sulfhídricas. El biotapete de “Baño Nuevo”, blanco-grisáceo, está formado por bacterias incoloras del azufre (*Thiobacillus*, *Thiobacterium*, *Beggiatoa*, *Thiothrix*), mientras que los tapetes del “Baño Árabe” son complejos y presentan bacterias fotótrofas verdes (*Chloroflexus*, *Oscillochloris* y *Chlorobium*), cianobacterias (*Anabaena*), diatomeas, bacterias quimiolitótrofas (*Thiovulum*, *Achromatium*), bacterias fotótrofas púrpuras (*Rhodomicrobium* y *Rhodopseudomonas*) y bacterias sulfato reductoras (Mosso MA, *et al.*, 2002).

A pesar de los notables avances en el estudio de biotapetes, aún queda mucho por dilucidar acerca de estas interesantes y complejas comunidades microbianas, y de sus potenciales aplicaciones en la terapéutica, la dermatología y la cosmética. Para terminar, como decía Tales de Mileto, s. VI a.C.: “*El principio de todas las cosas es el agua*”.

CONCLUSIONES

Los microorganismos no cultivables presentes en las muestras demuestran que en los biofilmes analizados podrían existir nuevas especies.

La diversidad de los microorganismos de los biotapetes depende de las condiciones ambientales, de la temperatura del agua y sus características fisicoquímicas. Los procedentes de aguas bicarbonatadas cálcicas presentan más diatomeas (*Navicula*, *Fragilaria*, *Synedra*) y las de aguas sulfatadas, bacterias del azufre (*Beggiatoa*, *Thiothrix*). En la superficie,

ambos tipos, tienen algas verdes (*Cosmarium*), cianobacterias (*Oscillatoria*, *Lyngbya*, *Gleocapsa*) y bacterias fototrofas verdes (*Chloflexus*) y en el interior predominan las bacterias anaerobias fototrofas púrpuras (*Rhodomicrobium*) y las sulfatoreductoras.

El empleo de biotapetes en terapéutica, dermatología y cosmética es compatible con otras terapias farmacológicas, con un posible efecto sinérgico; no obstante deben analizarse posibles contraindicaciones. Además, su aplicación supone una alternativa en pacientes en los que o bien no pueden emplearse otros tratamientos o bien éstos no resultan eficaces.

AGRADECIMIENTOS

Me gustaría agradecer este trabajo a mis tutoras, Carmen de la Rosa Jorge y Carmina Rodríguez Fernández, así como a la profesora Concepción Pintado García, las cuales han sido un aporte continuo de conocimientos e ilusión hacia este proyecto.

BIBLIOGRAFIA

- Armijo Valenzuela, M, y San Martín Bacaicoa, J. Curas balnearias y climáticas. Talasoterapia y Helioterapia. Volumen I. Madrid: Editorial Complutense, 1994.
- De la Rosa, M.C; Mosso, M.A.; Prieto, M.P. y Ullán, C. 2002. Microbiología del manantial mineromedicinal de Carratraca. Anal. Real Acad. Nac. Farm. 65: 439-456.
- De la Rosa, MC., Pintado García, C., Rodríguez Fernández, C., Mosso Romeo, MA. 2014. Microbiología de las aguas mineromedicinales del Balneario “El Raposo” (Badajoz). Anal. Real Acad. Nac. Farm. Monografía XXXII: 74-95
- Mosso, M.A.; Sánchez, M.C. y De la Rosa, M.C. 2002. Microbiología del agua mineromedicinal de los Balnearios de Alhama de Granada. Anal. Real Acad. Nac. Farm. 68: 381-405.
- Mosso Romeo, MA.; Sánchez Beltrán, MC., Rodríguez Fernández, C., De la Rosa, MC. 2006. Microbiología de los manantiales mineromedicinales del Balneario Cervantes. Anal. Real Acad. Nac. Farm. 72: 285-304.
- San Martín Bacaicoa J, 1994. Peloides en general. Características físicas, efectos biológicos e indicaciones terapéuticas. En: Armijo, M, San Martín J, (eds.). Curas balnearias y climáticas. Talasoterapia y Helioterapia. Ed. Complutense, Madrid, pp 315-331.)
- Sánchez MC, Rodríguez C., Mosso MA, De la Rosa MC. (2006) Caracterización bacteriana de dos tapetes microbianos de manantiales bicarbonatados por técnicas moleculares. VI Reunión del Grupo de Microbiología del Medio Acuático. Actas pág.: 32.
- Sarría Santamera, A. Técnicas y tecnologías en hidrología médica e hidroterapia.

Ministerio de Sanidad y Consumo. Instituto de Salud Carlos III. Agencia de Evaluación de Tecnologías Sanitarias. Informe de Evaluación de Tecnologías Sanitarias nº50. Madrid, 2006.