

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID



INFORME FINAL ESTUDIO TÉCNICO-CIENTÍFICO SOBRE USOS TERAPÉUTICOS DE LA SALMUERA Y PELOIDES DE LA LAGUNA ROSA DE TORREVIEJA

El presente trabajo forma parte de un proyecto cofinanciado por la Unión Europea a través del Programa Operativo del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) de la Comunitat Valenciana 2014-2020





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

CONTRATO MENOR ENTRE EL EXCMO. AYUNTAMIENTO DE TORREVIEJA Y LA UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID (GRUPO DE INVESTIGACIÓN “UCM-911757 HIDROLOGÍA MÉDICA”) PARA LA “REALIZACIÓN DE ESTUDIO TÉCNICO-CIENTÍFICO SOBRE USOS TERAPÉUTICOS DE LA SALMUERA Y PELOIDES DE LA LAGUNA ROSA DE TORREVIEJA” (EXPTE. ELECTRÓNICO 14357/2021)

INFORME FINAL

RESUMEN EJECUTIVO

El objeto del presente contrato es la elaboración de un informe técnico-científico que permita establecer si la salmuera y peloides de la Laguna Rosa de Torre Vieja constituyen un recurso para la fabricación de productos cosméticos y si son susceptibles para su utilización como agentes favorecedores para la salud.

Se trata pues de mostrar que la salmuera y peloides de la Laguna Rosa de Torre Vieja se comportarían de forma equivalente a otras aguas y peloides salinos y por tanto son susceptibles para su empleo cosmético y terapéutico.

Tras la fase de recopilación y revisión de la literatura científica sobre el tema, han sido de gran utilidad los desplazamientos realizados a Torre Vieja por





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

miembros del Grupo de investigación Hidrología Médica de la Universidad Complutense, lo que permitió visitar el corazón de la laguna rosa gracias a las facilidades recibidas por la Nueva Compañía Arrendataria de las Salinas de Torrevieja S.A (NCAST), así como, la recepción de datos analíticos de su salmuera facilitados por don Pedro Gómez Mateo.

INTRODUCCIÓN

Las enfermedades de la piel han sido objeto de múltiples aplicaciones de la talasoterapia. Las curas correctamente aplicadas pueden ser de gran eficacia en enfermedades como psoriasis, dermatitis atópica, liquen plano y otras neurodermatitis. Así mismo, los baños de agua marina se utilizan como medida preventiva en lesiones de la mucosa bucodental, alcalinizándola a través de factores abióticos del medio marino. Así mismo, las aguas cloruradas sódicas han sido siempre de prescripción en el tratamiento de los procesos reumáticos, entendiendo como tales a las dolencias o molestias relacionadas con el aparato locomotor.

Las aguas marinas poseen buenos resultados en procesos tórpidos cutáneos, comportándose como antiflogísticas y resolutivas, encontrando indicación en diversos tipos de prurito. Consecuentemente su aplicación en balneación originan buenos resultados terapéuticos (Manoharan y Kaliaperumal; 2021).





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

En Cirugía Plástica y Reparadora las aguas de mar están indicadas en la preparación del paciente quemado para posterior tratamiento quirúrgico. En la cura termal se logra la disminución importante del prurito y el dolor que acompaña las grandes quemaduras.

La mayor parte de la literatura sobre tratamiento tópico con aguas hipersalinas trata sobre el tratamiento de la psoriasis en placas, seguido de dermatitis atópica y otras afecciones dermatológicas descamativas. Los regímenes de tratamiento para psoriasis son muy variables e implican inmersión en baños con la salmuera de duración variable, aunque a menudo, la inmersión en una solución con alto contenido de sal es frecuentemente desaconsejada durante las primeras etapas del tratamiento y en pacientes con lesiones inflamatorias activas o lesiones con áreas abiertas, debido al prurito y escozor que se producen por el agua salada (Huang et al., 2018).

Se ha descrito que los enfermos con psoriasis suponen, aproximadamente, el 30% de los curistas de Francia, potenciando la acción con crenoterapia, helioterapia y otras técnicas de talasoterapia.

En general el tratamiento talasoterápico de los procesos descamativos, en concreto de la psoriasis (Halevy & Sukenik, 1998), es conveniente realizarlo en establecimientos reglados (Gutenbrunner et al., 2010) y siguiendo un protocolo clínico de actuación. Incluso se ha demostrado alguna ocasión en determinadas patologías cutáneas, que la simple inmersión en agua es tan eficaz como el tratamiento reglado habitual (Chopra et al., 2017).





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

Igualmente, numerosos estudios clínicos han demostrado actividad terapéutica de las aguas salinas administrados por balneación en procesos reumáticos (Kim et al, 2020), artríticos (Karagülle et al., 2017) y en dolores crónicos de espalda (Karagülle et al., 2015).

Actualmente conocemos perfectamente las implicaciones cosmeto/dermatológicas de las salmueras sobre la fisiología cutánea. La aplicación tópica estimula la expresión de proteínas relacionadas con la barrera cutánea: filagrina, involucrina y transglutaminasas, aun sin la penetración transdérmica de iones de calcio, aumentando la secreción cutánea de β -endorfinas y la atenuación en la expresión de citocinas inflamatorias y relacionadas con la irritación (Portugal-Cohen et al., 2019). Este estudio confirma los efectos de las salmueras en la piel y su activación vía de señalización se propone como un paso clave que logra una amplia gama de actividades biológicas probadas después de la exposición de la piel a minerales (Carbajo, 2014).

Sin embargo, existe poca información sobre moléculas hidrófilas capaces de atravesar el estrato córneo, así como de sus tasas de absorción y/o desorción, si bien la absorción a través de la piel humana de solutos hidrofílicos es razonable y se acentúa en condiciones específicas como la oclusión (Sens et al., 2003; Chen et al., 2006). Todo ello sin menoscabo la influencia de la temperatura y presión hidrostática.





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

Aunque la ingesta de minerales es necesaria para la salud de la piel (Polefka et al., 2012), el tratamiento cutáneo en hidrología, la balneación o Talasoterapia (Proceedings of the International Conference, 2010), depende sustancialmente de la absorción cutánea de sus elementos minerales (Morer et al., 2017) y de la composición de sus sales (Varga, 2010), es más, en peloidoterapia es la única ruta para la actividad terapéutica. Los activos termales, si exceptuamos algunas moléculas de los peloides (Gomes et al., 2013), son moléculas hidrofílicas, por lo que el estudio en profundidad de estos permitirá elucidar la efectividad de la cura tópica hidrotermal (Fioravanti et al., 2011).

Pequeñas cantidades de solutos polares pueden penetrar in vivo (Chizmadzhev et al., 1998) e in vitro en el estrato córneo (Tang et al., 2002). Queda por dilucidar el grado en que los solutos hidrófilos grandes son capaces de absorberse sin generar perturbación en la barrera cutánea.

La permeabilidad de la piel ha sido ampliamente estudiada por muchos investigadores (Mitragotri et al., 2011). En la actualidad se conocen claramente la permeabilidad cutánea de más de 100 moléculas, aunque son muchas más las moléculas por estudiar (Chen et al., 2013).

Las células, incluidas las cutáneas, transportan a través de su membrana plasmática iones entre los que se incluyen el sodio y el cloruro que pueden asociarse a estímulos de la piel del entorno externo y externo. Estos estímulos





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

pueden detectarse a través de mediciones del potencial eléctrico y pueden constituir una herramienta útil para valorar la sensibilidad, el dolor o la actividad de los cambios xenobióticos cutáneos (Hołyńska-Iwan & Szewczyk-Golec, 2020).

Los canales epiteliales de sodio (ENaC) que están presentes en los queratinocitos están involucrados en el transporte de agua en las células (Xu et al., 2015), así como el canal regulador transmembrana de la fibrosis quística (CFTR) que regula el tránsito de iones cloruros (Chiu et al., 2019). Ambas moléculas pueden modificar la osmolalidad tanto en la célula como en el espacio intercelular. Los cambios en el funcionamiento de los ambos canales, como se ha referido, pueden afectar a la regeneración y secreción celular (Chen et al., 2016), alergias o reacciones de sensibilidad (Xu et al.; 2015), dermatitis atópica (Seltmann et al., 2018) e hipersensibilidad al dolor (Pang et al., 2015).

Así finalmente, las principales indicaciones de los tratamientos de talasoterapia se enfocan a patologías del tracto respiratorio (asma, rinitis y sinusitis); enfermedades cutáneas (eccema, acné, urticaria, ictiosis, psoriasis); reumatismos (artritis, artrosis, neuritis); enfermedades ginecológicas, fatiga, estrés y depresión; e higiene bucal, tanto de dientes y como de encías.

Los cambios osmóticos se favorecen si la temperatura del agua de mar se acerca a la temperatura normal del cuerpo humano (35-37°C). La eficacia de la





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

la talasoterapia es mayor pues cuando mayor es la salinidad como la temperatura del agua.

Estas aguas son utilizadas en los centros termales donde actúan como estimulantes sobre las funciones orgánicas y metabólicas, mejoradoras del trofismo celular y de los procesos de cicatrización y reparación tisular, favoreciendo la circulación sanguínea y linfática (Carbajo y Maraver, 2018; Maraver et al. 2020).

Por otra parte, los peloides constituyen un recurso terapéutico utilizados desde tiempo inmemorial tanto en Balnearios como en Centros de Talasoterapia (Maraver, 2006). Desde mediados del siglo pasado los peloides se definen como "... lodos madurado o una suspensión o dispersión de barro con propiedades curativas o propiedades cosméticas, compuesto de una mezcla compleja de materiales de grano fino de origen geológico y/o biológico, agua mineral o agua de mar o lago salado, y compuestos orgánicos comúnmente originados por una actividad metabólica biológica" (Gomes et al. 2013); por tanto, los peloides pueden ser considerados como "Sistemas heterogéneos, con una fase sólida formada por una mezcla de sólidos orgánicos y/o inorgánicos, suspendidos o humectados con una fase líquida, formada por una disolución de iones y moléculas de origen inorgánico y orgánico cuyo solvente es el agua" (Armijo, 1991).





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

METODOLOGÍA

De la Salmuera

En función de la analítica que nos ha sido proporcionada por don José Gómez Mateo de las aguas de La Laguna Rosa (ver anexo), podremos confirmar su elevada salinidad alrededor de 300 g/L y un pH ligeramente alcalino, todo ello dependiente del lugar de toma, estacionalidad y pluviometría anual (Gomez, 2019). Ello la hace ser clasificada como un agua hipertónica con propiedades muy claramente definidas tanto en terapéutica como en cosmética.

Aunque se desconoce la relevancia exacta de los electrolitos en la piel, las mediciones químicas directas han indicado que la piel es un depósito de agua y cloruro sódico. Titze et al. (2002) describieron que los glucosaminoglicanos en la piel se polimerizan y facilitan el almacenamiento de sodio cutáneo osmóticamente inactivo, sin un aumento proporcional en el contenido de agua cutánea.

La exposición cutánea a la salmuera puede ser ocupacional, como en los trabajadores de las salinas y los pescadores, recreativa como en los surfistas y nadadores marinos, y terapéutica como en los baños de salmuera, la aplicación de agua de mar, los baños del Mar Muerto y también en los cosméticos fabricados empleando como ingrediente, al menos en parte, el agua salina.





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

Del Pelloide

Según nuestra experiencia los posibles peloides o limos obtenidos en este entorno serían similares a los explotados en Carhue (Argentina) (Maraver et al. 2014, 2021; Armijo et al. 2015), el Mar Muerto (Israel) (Carretero, 2020a; Kamitsou et al. 2018; Ma'or et al. 2006, Maraver et al. 2021), Salina de Sečovlje (Eslovenia) (Glavas et al. 2017) y Lo Pagán (España) (Armijo 2007; Pozo et al. 2013, Maraver et al. 2021).

ANÁLISIS/CUERPO DEL INFORME

De la Salmuera

El agua salina de origen marino o mineral se utiliza y se caracteriza por su alto contenido en minerales, su alta densidad y su composición química rica en cloruros y sodio además de magnesio, calcio, potasio y yodo.

Las sales, además de ejercer actividad osmótica, son capaces de aportar por su composición y características algunas cualidades a la salud cutánea. El complejo salino de la Laguna Rosa de Torre Vieja constituye un humedal hipersalino con una concentración salina aproximada de 334,5 g/L y una densidad media de 1,23 g/L, todos los datos determinados entre los años 2019-2012. Consecuentemente constituye un medio hipertónico rico en aniones como cloruros (177,6 g/L), sulfatos (37,5 g/L) y bicarbonatos (0,4 g/L); así como





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

cationes como sodio (86,7 g/L), magnesio (22,8 g/L), potasio (6,3 g/L), bromo (1,1 g/L) y calcio (0,2 g/L), entre otros minerales, y to ello a un pH medio de 7,80 (ver anexo)

El agua se mueve fácilmente cruzando las membranas celulares por ósmosis a través de unos canales proteicos. La higroscopia de los iones modifica este tránsito, pues al necesitar solvatare para estabilizar su estructura, los medios más salinos absorben agua o lo que lo mismo, el agua se dirige hacia donde existe una mayor concentración de iones.

Las células de la piel poseen membranas semipermeables sensibles a los cambios de la presión osmótica externa. Se adaptan a la presión osmótica externa a través de la acumulación de iones inorgánicos de bajo peso molecular y moléculas orgánicas que regulan el contenido de agua. Estas moléculas de denominan osmolitos.

Estos osmolitos son capaces de garantizar la constancia del volumen celular que requieren los queratinocitos en cada nivel de la epidermis y se previenen así las alteraciones del metabolismo celular, incluso en concentraciones de sales elevadas. Estas moléculas han demostrado efectividad frente a la salinidad, el calor, la deshidratación y el congelamiento (Welch & Brown, 1996), incluso frente al estrés oxidativo (Yancey et al., 1982), frente a daños originados por la radiación ultravioleta (Rosette et al., 1996) y en los procesos se cicatrización (Degim et al., 2002).





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

El suero fisiológico constituye el modelo isotónico para las células animales. Esta solución de NaCl (sal) en agua a una proporción del 0,9%, estabiliza las estructuras celulares previniendo sobre los efectos osmóticos. Cuando se emplean medios isotónicos la vida celular es perfecta y las células realizan sus procesos biológicos con normalidad; incluso si el cosmético se introduce accidentalmente en la mucosa ocular, no producirá ni irritación ni escozor.

En condiciones hipotónicas, hay un movimiento de agua hacia dentro de la célula y ésta se infla, de tal forma que si el agua no es expulsada puede incluso estallar y destruirse.

Contrariamente, en condiciones hipertónicas, hay un movimiento de agua hacia el medio extracelular y la célula se encoge y deshidrata, perdiendo la mayoría de las funciones fisiológicas y facultad de dividirse. En este caso se ocasiona sobre la piel un efecto exfoliante regenerativo por eliminación de las capas más superficiales de la epidermis. Este fenómeno se indica en pieles envejecidas, fotoenvejecidas, psoriásicas, atópicas y en general todos aquellos epitelios que necesiten una regeneración.

El agua de La Laguna Rosa de Torrevieja es muy rica en cloruro sódico. Este hecho se relaciona con diversos estudios que determinan que las fuerzas osmóticas de las aguas cloruradas sódicas tienen un papel muy importante en la pérdida transepidérmica de agua (TEWL) (Patricia et al., 2004), favoreciendo





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

la capacidad regenerativa de la piel y facilitando la recuperación de la función barrera cutánea. Esta afirmación se constató cuando se determinó que los queratinocitos expresan canales de sodio similares a las células epiteliales del riñón y colon (Brouard et al., 1999).

Wiedow et al. (1989) demostraron que el choque hiperosmótico de aguas salinas origina la liberación de una elastasa leucocitaria que tiene la capacidad de inhibir los procesos irritantes. Esta propiedad fue atribuida a la concentración en cloruro de sodio y potasio, siendo independiente de su contenido en cloruro de cálcico y magnesio (Yoshizawa et al. 2001; Levin & Maibach, 2001). De esta forma la inmunología cutánea se puede ver afectada por la aplicación tópica de soluciones salinas hipertónicas (Kolsen-Petersen, 2004). Se ha demostrado modificaciones del comportamiento de los neutrófilos polimorfonucleares (Ciesla et al., 2000) y citoquinas (Mittra et al., 2017).

Léauté-Labrèze et al. (2001) estudiaron la capacidad del agua salina y su combinación con radiación solar ultravioleta B en el tratamiento de la psoriasis. Determinaron que el agua salina influye notablemente en el blanqueamiento psoriásico, si bien también demostraron que el mayor blanqueamiento era producido por la radiación UVB, independientemente de que se convine o no con el agua salina. En cualquier caso, las soluciones hipersalinas han demostrado eficacia en psoriasis con o sin empleo conjunto de la radiación UVB (Brockow et al., 2007; Tabolli et al., 2009; Klein et al., 2011).





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

La salmuera de La Laguna Rosa de Torre vieja es rica en calcio y principalmente en magnesio. Como se conoce, el calcio y magnesio regulan la homeostasis cutánea y los queratinocitos expresan canales para el calcio, que tiene una notable influencia en la formación del cemento existente entre las células de la epidermis, el “cemento intercorneal” (Denda et al., 2003).

El calcio epidérmico determina el estado de la función barrera cutánea. La disminución de la proporción de calcio intraepidérmico y la disminución del pH son los principales factores influyentes en la mejora de la función barrera cutánea (Said et al., 2002).

Es conocida la permeabilidad cutánea del calcio y de magnesio (Laudanska et al., 2002). Está demostrado que las sales de magnesio aplicadas tópicamente disminuyen el grado de descamación (Hanada et al., 1992). Parece que el mecanismo se establece por inhibición de algunas poliamidas cutáneas que tienen una actividad pro-psoriásica (Lowe et al., 1982) y que la molécula de magnesio, por competencia celular con calcio, origina vasodilatación (Shani et al. 1995).

En pieles atópicas las aguas ricas en magnesio aumentan la capacidad de la función barrera cutánea, favorecen la hidratación y reducen la reacción inflamatoria (Proksch et al., 2005). Ello puede ser debido a que las aguas ricas en magnesio inhiben la presentación de antígenos al sistema inmunitario (Schempp et al., 2000).





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

La dermatitis atópica se caracteriza por defectos en la barrera cutánea y además las salmueras parecen mejorar la función de barrera cutánea (Yoshizawa et al., 2003; Jantsch et al, 2015), la hidratación del estrato córneo, así como actividad en la sequedad y la inflamación (Proksch et al., 2005), donde el poder antiséptico de las salmueras (Ong et al, 2002), especialmente frente al *Staphylococcus aureus*, tiene gran importancia (Akiyama et al., 1998). Este fenómeno parece afectar a la inmunología cutánea de forma contraria a la acumulación por extravasación salina de plasma sanguíneo (Schatz et al. 2017).

Las aguas bicarbonatadas ácidas, que no es el caso de La Laguna Rosa de Torre vieja cuyo pH es ligeramente alcalino, mediatizan la liberación de dióxido de carbono (CO_2), estabilizándose en medio alcalino. Se conoce que el sistema carbonato/bicarbonato es el principal mecanismo de control del pH en el agua a través de la formación de un sistema estabilizador que se denomina tampón. En este caso y como veremos en el siguiente apartado cuando se analice el limo de la laguna, las sales carbonatadas deben ser las primeras en precipitar por saturación con el calcio y deben formar la primera capa precipitante del mismo.

En conclusión, la simple inmersión en la salmuera de la Laguna Rosa de Torre vieja debe ser beneficiosa para procesos dermatológicos descamativos como, psoriasis y para-psoriasis, ictiosis, pitiriasis rosada, pityriasis rubra pilaris.





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

ris, liquen plano, liquen escleroso, dermatitis atópica e incluso en dermatitis seborreica descamativa.

Además de estas afecciones han sido descrita soluciones terapéuticas con salmueras a problemas reumatológicos y de las vías respiratorias altas.

Como ya se destacó en el informe intermedio, las aplicaciones cosméticas de las salmueras son innumerables. Los baños de uñas, pies y baños para la limpieza y rejuvenecimiento con la adición de aceites esenciales en los spas de belleza y salones de belleza sólo constituyen un ejemplo de las posibles aplicaciones de las salmueras en el campo de la cosmética y la dermatología.

Igualmente, la salmuera de la Laguna Rosa de Torreveja puede entrar perfectamente en la composición de cosméticos para afecciones cosméticas descamativas o en productos de limpieza e hidratación.

Del Pelloide

Maraver (2000, 2008, 2015), Morer (2016), Gomes et al. (2019) y Gomes et al. (2021) estudiaron los diferentes conceptos e historia de la talasoterapia, las propiedades físicas y químicas de las aguas salinas, los métodos de aplicación del agua de mar con fines terapéuticos, así como sus productos derivados (barro, arena, algas, sal y aerosoles), donde la climatoterapia tiene una notable influencia en el tratamiento (Maraver et al., 2011).





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

Los beneficios de la talasoterapia para la salud humana se atribuyen a los minerales (Morer et al., 2017), ya sea disueltos en agua de mar o participando en la composición de productos del mar (Gomes et al., 2021).

Los minerales se incorporan al organismo a través de la piel por ósmosis, bien por ingesta, por vía tópica o inhalación de aerosoles. En el caso de la ósmosis, el contacto de la piel con el agua suele durar de 15 a 20 min y puede conducir a modificaciones en la fisiología corporal (Carbajo y Maraver, 2018) a las que se le pueden atribuir propiedades farmacológicas (El-Amawy y Sarsik, 2020).

Comacchi y Hercogova (2004) demostraron a su vez que un solo tratamiento cutáneo con peloides o limos salinos normaliza la hidratación del estrato córneo, la pérdida de agua transepidérmica, el pH de la superficie cutánea y regula su contenido sebáceo. Asimismo, la peloterapia con limos salinos se ha empleado también con éxito en psoriasis, dermatitis atópica, acné y úlceras cutáneas, debido principalmente a su concentración salina (Quist et al., 2011).

Algunas circunstancias ambientales originan un fenómeno poco común en la naturaleza que concurren en La Laguna Rosa de Torrevejeja: capas delgadas de salmuera de muy poca profundidad de agua con intensa insolación, alta temperatura y concentración salina, además de un pH del agua relativamente poco alcalino (Revsbech et al., 1983).

En estas circunstancias se produce una gran evaporación de agua que





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

origina una concentración de la salmuera y una precipitación ordenada de los minerales disueltos. Esta precipitación es progresiva debido a que el agua se evapora y la salmuera se satura de las distintas sales y precipitan en función de su índice de saturación en agua (Tamez, 2009).

Los primeros que precipitan son los carbonatos y bicarbonatos en forma de calcita (CaCO_3) y dolomita ($\text{Ca-Mg}(\text{CO}_3)_2$), que con una evaporación del 50% del agua se saturan y precipitan.

Cuando la evaporación del agua es mayor y alcanza el 80% son los sulfatos los que precipitan en forma de yeso ($\text{CaSO}_4 \cdot 1/2 \text{H}_2\text{O}$) y anhidrita (CaSO_4).

Finalmente, cuando la evaporación del agua de la salmuera alcanza más de un 90% de su concentración son los cloruros los que precipitan, principalmente en forma de halita (Cloruro sódico, NaCl) y en menor proporción de cloruro de magnesio (MgCl).

De esta forma se origina en el fondo de esta laguna vadeable un sustrato hábil para el crecimiento de microorganismos halófilos, tanto aerobios como anaerobios. Proporcionando la superficie del limo un medio ideal para el desarrollo de microorganismos aeróbicos y un ambiente libre de oxígeno en el interior del lodo idóneo para el crecimiento de la microbiota anaeróbica salina. Las especies microbianas anaeróbicas suelen situarse por debajo de la saturación del yeso, obteniendo los nutrientes y elemento traza (Javor, 2002) de las aguas que se encuentran por encima (Martí, 2010).





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

Estos microorganismos generan sustancias activas y bajo estas condiciones de luz, temperatura, saturación y pH, pueden ocasionar estos precipitados denominamos "evaporitas" que originan un limo activo con propiedades beneficiosas para la salud de la piel (Revsbech et al., 1983; Van Gemerden, 1993; Singh y Singh, 2017).

En hidrología la carga microbiana de aguas salinas no siempre se ha considerado importante, incluso durante un tiempo se ha creído que la vida en medios hipersalinos era poco probable y no se consideraba capaz de ejercer actividad fisiológica.

Este concepto ha cambiado radicalmente. Los ambientes hipersalinos son frecuentes en el planeta (Spear et al, 2003). Cuando se concentra una salmuera, la fauna está dominada por microorganismos halotolerantes, impidiendo la vida de los seres microscópicos convencionales del agua, permaneciendo sólo organismos moderadamente halófilos (hasta unos 150 g/kg de salinidad) y extremadamente halófilas (con concentraciones de sal superiores a 250 g/kg) (Tamez, 2009), como es probablemente el caso de La Laguna Rosa de Torrevieja.

La ecología de microorganismos en salmueras, dependiendo de las características de temperatura, concentración salina y luminosidad, está generalmente constituida por fito y zooplancton, bacterias, arqueas, hongos y levaduras (Martí, 2010).





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

En el fitoplancton conviven procariotas (ciano-protozoos) y eucariotas como algunas diatomeas y la *Dunaliella spp.*, especialmente la *Dunaliella salina* (Oren, 2005). Se ha determinado que en las salmueras naturales existe una población específica de microorganismos muy resistentes a los medios hiperosmóticos, como es el caso de la microalga *Dunaliella salina*, capaz de liberar sustancias útiles para la piel en el ámbito cosmético-dermatológico (Apone et al.; 2019).

La microalga *Dunaliella salina*, microalga verde unicelular con reconocidas propiedades antioxidantes originadas por su contenido en lípidos polares, betacarotenos, carotenoides y vitamina B₁₂ (Monte et al., 2020). Posee además claras virtudes en la cosmética hidratante por su contenido en glicerol y sus propiedades antienviejimiento por la referida capacidad antioxidante (Bahador et al, 2019), donde la vitamina B₁₂ tiene probablemente su influencia (Kumudha y Sarada; 2016). Además, se le ha descrito una marcada capacidad antimicrobiana (Herrero et al, 2006).

En estos medios hipersalinos son frecuentes las bacterias halotolerantes como los fotótrofos oxígeno dependientes (cianobacterias) y las anorexígenos; o los quimioautótrofos: bacterias oxidantes del azufre, heterótrofos aeróbicos y anaeróbicos y bacterias sulfato reductoras (SRB) (Martí, 2010, Javor, 2012; Fourçans et al., 2004), capaces de convertir los iones sulfato en sulfuro de hidrógeno. El sulfuro de hidrógeno posee muy interesantes propiedades cutá-





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

neas tanto en el ámbito de la cosmética como en el de la dermatología (Carbajo y Maraver, 2017).

Cabe especialmente destacar que en ambientes similares a los que rodean a La Laguna Rosa de Torre Vieja, son muy abundantes las arqueas (Archaea). Organismos unicelulares carentes de núcleo, similares a las bacterias de las que se diferencia en que sus membranas citoplasmáticas están compuestas principalmente de lípidos unidos al glicerol mediante enlace éter, mientras que en las bacterias los lípidos se unen al glicerol mediante enlace éster.

Estas arqueas producen exopolisacáridos, carotenoides y proteínas para adaptarse a condiciones extremas del medio, así como algunos pigmentos rojos con una capacidad antioxidante mucho más activa que lo betacarotenos (Singh y Singh, 2017). Como curiosidad destacar que estos pigmentos le proporcionan el color rosado intenso al plumaje de los flamencos cuando lo filtran para alimentación (Yim et al, 2015).

La pigmentación rojiza se debe a la formación de carotinoides como la bacterioruberina y derivados, como la monoanhidrobacterioruberina y bisanhidrobacterioruberina (de la Vega et al, 2016) y la bacteriorodopsina (Oren, 2002).

La bacterioruberina además, a diferencia de los betacarotenos que poseen 9 dobles enlaces conjugados sin grupo hidroxilo, tiene mayor capaci-





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

dad antioxidante debido a sus 13 dobles enlaces conjugados y cuatro grupos hidroxilo (Fang et al, 2010).

Estos pigmentos carotinoides rojizos se incrustan en la membrana celular de las arqueas y poseen unos 50 átomos de carbono y en algunos casos se acompaña de un pigmento retiniano rojizo denominado bacteriorodopsina (Simón, 2009). Este pigmento contiene fracciones de Retinal (Retinaldehído) con marcadísimas propiedades cosméticas antienvjecimiento como precursor, como el Retinol (vitamina A), del ácido retinoico cutáneo, responsable del recambio celular cutáneo (Belyaeva OV et al., 2019).

A ellos se les atribuyen multitud de propiedades beneficiosas para la salud y están siendo empleados como activos y conservantes/antioxidantes de alimentos, compuestos farmacéuticos y cosméticos (Kirti et al, 2014). Esta además por contrastar su capacidad de inhibir la enzima ciclooxigenasa-2 y activar la tirosinasa, lo que lo indicaría en los trastornos hiperpigmentarios de la piel (Gómez-Villegas et al, 2020).

Martínez-Espinosa (2003) aisló en las próximas salinas de Santa Pola los géneros *Halobacterium* y *Haloferax*, concretamente la *Haloferax mediterranei*, por lo que no sería extraño su crecimiento en La Laguna Rosa de Torre Vieja.

En consecuencia, los medios hipertónicos salinos tienen su propia microbiota ambientalmente dependiente, y esta microbiota tiene propiedades muy importantes para su uso en preparaciones dermatológicas y cosméticas.





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

No obstante, la principal acción reconocida a los peloides o limos salinos es la termoterápica, son numerosos los estudios que demuestran sus acciones antiinflamatorias, condroprotectoras e inmunológicas que se atribuyen a composición química y microbiológica (Maraver et al. 2021).

Desde el punto de vista de la termoterapia se pueden distinguir efectos locales y generales.

Los locales son: Aumento de la temperatura en el punto de aplicación, que el paciente experimenta como picor y calor; Vasodilatación e hiperemia local; mejorando la irrigación sanguínea en la piel y tejidos subyacentes, mejorando el trofismo y alimentación de los tejidos. Liberación de histamina y acetilcolina y modificaciones de los niveles séricos de aminoácidos, como triptófano, cisteína y citrulina (Maraver et al. 2015).

Los generales: Aumento de la frecuencia respiratoria y cardíaca transitoria; aumenta la sudoración; sensación de calor agradable y tendencia al sueño; hipotensión arterial; aumento de la temperatura corporal y disminución de la diuresis y mayor concentración de esta. En aplicaciones prolongadas, aumento de las proteínas plasmáticas; descenso de la reserva alcalina, con un aumento de la frecuencia respiratoria; facilita respuesta inmunológica, por estímulo neuroendocrino y neurovegetativo; activa la función oxidativa de los neutrófilos que estimula los mecanismos de defensas; efectos condroprotectores y efectos analgésicos, sedantes y anti espásticos (Maraver et al. 2015).





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

Desde el punto de vista de los efectos de la peloterapia hipertermal en la respuesta inmune, la inflamación y la condrolisis, como señala Meijide (2020) se observa: *primero*, una disminución de los marcadores de inflamación del cartílago y destrucción tisular en pacientes y modelos experimentales (Reducción de los niveles de IL-1, IL-6 y TNF- α ; Bloqueo de los receptores de TNF α ; Disminución de PGE₂ y Leucotrieno; Disminución de óxido nítrico y mieloperoxidasa; Disminución de la adiponectina); *segundo*, una disminución de producción de enzimas catabólicas del cartílago (Reducción de las MMP 3; Acción sinérgica con la terapia farmacológica; Reducción de la producción de ROS y NO circulante); *tercero*, un incremento de las defensas antioxidantes en el suero de pacientes con OA (Disminución de radicales libres y productos de peroxidación lipídica y aumento de GSH); y *cuarto*, un aumento de factores de crecimiento del cartílago (Incremento de los niveles circulantes de IGF1; Incremento de los niveles circulantes de TGF- β y Mejoría en los marcadores del metabolismo del colágeno en OA con ejercicio).

La utilización de estos recursos ha puesto en evidencia que las indicaciones más efectivas de la peloterapia salina son las afecciones reumáticas (Katz et al. 2012; Carretero, 2020b) y más concretamente: los reumatismos inflamatorios (Suknik et al. 1990, 1992 y 1994; Elkayam et al. 2000; Codish et al. 2005); fibromialgia (Suknik et al. 2001 y el dolor crónico de espalda (Abu-Shakra et al. 2014), entre otros. Así mismo estos peloides son





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

también eficaces en afecciones dermatológicas (Matz et al. 2003; Katz et al. 2012), especialmente en la psoriasis (Shani et al. 1985; Even y Shani 1989); y neurológicas (Morer et al. 2017, 2020).

RESULTADOS/CONCLUSIONES

De la Salmuera

Por similitud con otras aguas hipersalinas, se deduce que la salmuera de La Laguna Rosa de Torrevieja (Alicante) posee propiedades cosméticas y dermatológicas susceptibles de ser aprovechadas, bien como factor Talasohídrico en un centro de Talasoterapia o bien como materia prima para la elaboración de cosméticos y preparados dermatológicos que tendrían:

1. Efecto regulador cutáneo
2. Acción limpiadora y desinfectante
3. Propiedades exfoliantes y renovadoras cutáneas
4. Propiedades antiinflamatorias y antiálgicas
5. Efecto regulador del contenido sebáceo
6. Acción suavizante sobre la piel
7. Prevención del envejecimiento prematuro





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

Del Pelloide

El posible peloide o limo salino podría tener excelentes propiedades cosméticas y dermatológicas, que merecerían un estudio aparte para su aprovechamiento.

Desde el punto de vista de la termoterapia por similitud con los ya citados de Carhue (Argentina), el Mar Muerto (Israel), Salina de Sečovlje (Eslovenia) y Lo Pagán (España), podrían tener utilidad terapéutica en el tratamiento de las enfermedades del aparato locomotor y en dermatología.

Si se decidiera obtener peloides de la Laguna Rosa de Torrevieja, teniendo en cuenta la necesidad de conservar y proteger el medio ambiente y evitar acciones sensibles sobre esta, habría que considerar la posibilidad de preparar peloides extemporáneos utilizando como fase líquida las aguas de la Laguna y seleccionando una fase sólida adecuada a la misma,

Dadas todas las especiales condiciones que se dan en el entorno de la Laguna Rosa habría que considerar la posibilidad de crear un centro de Talasoterapia que aprovechara las aguas del mar y de la propia laguna.

Madrid, 15 de septiembre de 2021

Fdo.: Francisco Maraver
DIRECTOR GRUPO INVESTIGACIÓN UCM “911757 HIDROLOGÍA MÉDICA”





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

BIBLIOGRAFÍA

- Abu-Shakra M, Mayer A, Friger M, Harari M. Dead Sea mud packs for chronic low back pain. *Isr Med Assoc J.* 2014 Sep;16(9):574-7
- Akiyama H, Yamasaki O, Kanzaki H, Tada J, Arata J. Effects of various salts and irradiation with UV light on the attachment of *Staphylococcus aureus* strains. *J Dermatol Sci.* 1998; 16(3) :216–25
- Apone F, Barbulova A, Colucci MG. Plant and microalgae derived peptides are advantageously employed as bioactive compounds in cosmetics. *Front Plant Sci.* 2019; 10: 756
- Armijo F. Propiedades térmicas de los peloides. *Bol Soc Esp Hidrol Med.* 1991; 6: 151-157
- Armijo F, Carbajo JM, Vázquez I, Ubogui J, Gasparri EA, Maraver F. Los fangos del lago Epecuén (Buenos Aires - Argentina). *Balnea.* 2015;10: 228-230
- Armijo O. Estudio de los Peloides españoles [tesis]. Madrid: Universidad Complutense, 2007
- Bahador E, Einali A, Azizian-Shermeh O, Sangtarash MH. Metabolic responses of the green microalga *Dunaliella salina* to silver nanoparticles-induced oxidative stress in the presence of salicylic acid treatment. *Aquat Toxicol.* 2019; 217: 105356
- Belyaeva OV, Adams MK, Popov KM, Kedishvili NY. Generation of Retinaldehyde for Retinoic Acid Biosynthesis. *Biomolecules.* 2019; 10(1): 5
- Brockow T, Schiener R, Franke A, Resch KL, Peter RU. A Pragmatic Randomized Controlled Trial on the Effectiveness of Highly Concentrated Saline Spa Water Baths Followed by UVB Compared to UVB Only in Moderate to Severe Psoriasis. *J Altern Complement Med.* 2007; 13(7): 725–32.





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

- Brouard M, Casado M, Djelidi S, Barrandon Y, Farman N. Epithelial sodium channel in human epidermal keratinocytes: expression of its subunits and relation to sodium transport and differentiation. *J Cell Sci.* 1999; 112 (Pt 19): 3343-52
- Carbajo JM. Evaluación de los cambios en la piel tras la aplicación de cosméticos elaborados a partir del sedimento de las aguas mineromedicinales Lanjarón-Capuchina mediante métodos de bioingeniería cutánea [tesis]. Madrid: Universidad Complutense, 2014
- Carbajo JM, Maraver F. Sulphurous Mineral Waters: New Applications for Health. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2017; 2017:8034084
- Carbajo JM, Maraver F. Salt water and skin interactions: new lines of evidence. *Int J Biometeorol.* 2018; 62(8): 1345-1360
- Carretero MI. Clays in pelotherapy. A review. Part I: Mineralogy, chemistry, physical and physicochemical properties. *Appl Clay Sci.* 2020a; 189: 105526
- Carretero MI. Clays in pelotherapy. A review. Part II: Organic compounds, microbiology and medical applications. *Appl Clay Sci.* 2020b; 189: 105531
- Chen Y, Shen Y, Guo X, Zhang C, Yang W, Ma M, Liu S, Zhang M, Wen LP. Transdermal protein delivery by a coadministered peptide identified via phage display. *Nat Biotechnol.* 2006; 24(4): 455-60
- Chen L, Han L, Lian G. Recent advances in predicting skin permeability of hydrophilic solutes. *Adv Drug Deliv Rev.* 2013; 65(2): 295-305
- Chen J, Chen Y, Chen Y, Yang Z, You B, Ruan YC, Peng Y. Epidermal CFTR suppresses MAPK/NF- κ B to promote cutaneous wound healing. *Cell Physiol. Biochem.* 2016; 39: 2262–3227
- Chiu W-T, Vi Tran T-T2 3, Pan S-C, Huang H-K, Chen Y-C, Wong T-W. Cystic Fibrosis Transmembrane Conductance Regulator: A Possible New Target for Photodynamic Therapy Enhances Wound Healing. *Adv Wound Care (New Rochelle).* 2019; 8(10):476-486





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

- Chizmadzhev YA, Indenbom AV, Kuzmin PI, Galichenko SV, Weaver JC, Potts RO. Electrical properties of skin at moderate voltages: contribution of appendageal macropores, *Biophys. J.* 1998; 74: 843-856.
- Chopra R, Vakharia PP, Sacotte R, Silverberg JI. Efficacy of bleach baths in reducing severity of atopic dermatitis: A systematic review and meta-analysis. *Ann Allergy Asthma Immunol.* 2017; 119(5): 435-440
- Ciesla DJ, Moore EE, Zallen G, Biffi WL, Silliman CC. Hypertonic saline attenuation of polymorphonuclear neutrophil cytotoxicity: timing is everything. *J Trauma.* 2000; 48(3): 388-95
- Codish S, Abu-Shakra M, Flusser D, Friger M, Sukenik S. Mud compress therapy for the hands of patients with rheumatoid arthritis. *Rheumatol Int.* 2005 Jan;25(1):49-54
- Comacchi C, Hercogova J. A single mud treatment induces normalization of stratum corneum hydration, transepidermal water loss, skin surface pH and sebum content in patients with seborrhoeic dermatitis. *J Eur Acad Dermatol Venereol* 2004; 18: 372–374
- de la Vega M, Sayago A, Ariza J, Barneto AG, León R. Characterization of a bacterioruberin- producing Haloarchaea isolated from the marshlands of the Odiel river in the southwest of Spain. *Biotechnol. Prog.* 2016; 32: 592–600
- Degim Z, Celebi N, Sayan H, Babul A, Erdogan D, Take G. An investigation on skin wound healing in mice with taurine-chitosan gel formation. *Aminoacids.* 2002; 22: 187-98
- Denda M, Fuziwara S, Inoue K. Influx of calcium and chloride ions into epidermal keratinocytes regulates exocytosis of epidermal lamellar bodies and skin permeability barrier homeostasis. *J Invest Dermatol.* 2003; 121(2): 362-7
- El-Amawy HS, Sarsik SM. Saline in Dermatology: A literature review. *J Cosmet Dermatol.* 2021;20(7):2040-2051





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

- Elkayam O, Ophir J, Brener S, Paran D, Wigler I, Efron D, Even-Paz Z, Politi Y, Yaron M. Immediate and delayed effects of treatment at the Dead Sea in patients with psoriatic arthritis. *Rheumatol Int.* 2000;19(3):77-82
- Even-Paz Z, Shani J. The Dead Sea and psoriasis. *Int J Dermatol* 1989; 28: 1–9
- Fang CJ, Ku KL, Lee MH, Su NW. Influence of nutritive factors on C 50 carotenoids production by *Haloferax mediterranei* atcc 33500 with two-stage cultivation. *Bioresour. Technol.* 2010; 101: 6487–6493
- Fioravanti A, Cantarini L, Guidelli GM, Galeazzi M. Mechanisms of action of spa therapies in rheumatic diseases: what scientific evidence is there? *Rheumatol Int.* 2011; 31(1): 1-8
- Fourçans A, García de Oteyza T, Wieland A, Solé A, Diestra E, Van Bleijswijk J, Grimalt JO, Kühl M, Esteve E, Muyzer G, Caumette P, Duran, R. Characterization of functional bacterial groups in a hypersaline microbial mat community (Salins-de-Giraud, Camargue, France). *FEMS Microbiology Ecology.* 2004; 51: 55 - 70.
- Glavas N, Mourelle ML, Gómez CP, Legido JL, Smuc NR, Dolenc M, Kovac N. The mineralogical, geochemical, and thermophysical characterization of healing saline mud for use in pelotherapy. *Appl. Clay Sci.* 2017; 135: 119-128
- Gomes C, Carretero MI, Pozo M, Maraver F, Cantista P, Armijo F, Legido JL, Teixeira F, Rautureau M, Delgado R. Peloids and Pelotherapy: Historical Evolution, Classification and Glossary. *Appl Clay Sci.* 2013; 75-76: 28-38
- Gomes CSF, Silva JBP, Viegas Fernandes J, Viegas Fernandes FM. Thalassotherapy in Porto Santo Island of the Madeira Archipelago: Facts and Prospects. *Bol Soc Esp Hidrol Méd.* 2019; 34(1):9–33
- Gomes CSF, Fernandes JV, Fernandes FV, Silval JBP. Salt Mineral Water and Thalassotherapy. In: Gomes & Rautureau. *Minerals latu sensu and Human Health.* Springer. 2021: 631-653





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

- Gómez Mateo P. Historia de las Salinas de Torrevieja [Internet]. 2019 [cited 24 April 2021]. Available from: <https://www.youtube.com/watch?v=6cI8XvcxGV0>
- Gómez Villegas P, Vígara J, Vila M, Varela J, Barreira L, León R. Antioxidant, Antimicrobial, and Bioactive Potential of Two New Haloarchaeal Strains Isolated from Odiel Salterns (Southwest Spain). *Biology (Basel)*. 2020; 9(9): 298
- Gutenbrunner C, Bender T, Cantista P, Karagülle Z. A proposal for a worldwide definition of health resort medicine, balneology, medical hydrology and climatology. *Int J Biometeorol*. 2010; 54(5): 495-507
- Halevy S, Sukenik S. Different modalities of spa therapy for skin diseases at the Dead Sea area. *Arch Dermatol*. 1998; 134(11): 1416-20.
- Hanada K, Mitsuhashi Y, Hashimoto I.: Inhibitory effect of the leukotriene B4 receptor antagonist against hypomagnesian diet-induced dermatitis in hairless rats. *J Dermatol* 1992; 19(8):456-60
- Herrero M, Ibáñez E, Cifuentes A, Reglero G, Santoyo S. Dunaliella salina microalga pressurized liquid extracts as potential antimicrobials. *J Food Prot*. 2006; 69(10): 2471-7
- Holyńska-Iwan I, Szewczyk-Golec K. Analysis of changes in sodium and chloride ion transport in the skin. *Sci Rep*. 2020; 10(1):18094
- Huang A, Seité S, Adar T. The use of balneotherapy in dermatology. *Clinics in Dermatology*. 2018; 36(3): 363-368
- Jantsch J, Schatz V, Friedrich D, Schroder A, Kopp C, Siegert I, Maronna A, Wendelborn D, Linz P, Binger KJ, Gebhardt M, Heinig M, Neubert P, Fischer F, Teufel S, David JP, Neufert C, Cavallaro A, Rakova N, Kuper C, Beck FX, Neuhofer W, Muller DN, Schuler G, Uder M, Bogdan C, Luft FC, Titze J. Cutaneous Na storage strengthens the antimicrobial barrier function of the skin and boosts macrophage-driven host defense. *Cell Metab*. 2015; 21:493–501
- Javor BJ. Industrial microbiology of solar salt production. *Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology*. 2002; 28: 42-47.





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

Javor BJ. Hypersaline environments: Microbiology and Biogeochemistry. Springer- Verlag. New York, 2012.

Kamitsou MD, Sygouni V, Kanellopoulou DG, Gardikis K, Koutsoukos PG. Physicochemical characterization of sterilized muds for pharmaceuticals/cosmetics applications. *Environ Geochem Health*. 2018;40(4):1449-1464

Karagülle M, Karagülle MZ. Effectiveness of balneotherapy and spa therapy for the treatment of chronic low back pain: a review on latest evidence. *Clin Rheumatol*. 2015; 34(2): 207-14

Karagülle M, Kardeş S, Karagülle O, Dişçi R, Avcı A, Durak İ, Karagülle MZ. Effect of spa therapy with saline balneotherapy on oxidant/antioxidant status in patients with rheumatoid arthritis: a single-blind randomized controlled trial. *Int J Biometeorol*. 2017; 61(1): 169-180

Katz U, Shoenfeld Y, Zakin V, Sherer Y, Sukenik S. Scientific evidence of the therapeutic effects of dead sea treatments: a systematic review. *Semin Arthritis Rheum*. 2012 Oct;42(2):186-200

Kim C-G, Lee D-G, Oh J, Lee Y-H, Lee YJ, Song PH, Song C-H, Ku S-K. Effects of Balneotherapy in Jeju Magma-Seawater on Knee Osteoarthritis Model. *Sci Rep*. 2020; 10(1): 6620

Kirti K, Amita S, Priti S, Mukesh Kumar A, Jyoti S. Colorful World of Microbes: Carotenoids and Their Applications. *Adv. Biol*. 2014; 2014: 1–13

Klein A, Schiffner R, Schiffner-Rohe J, Einsele-Krämer B, Heinlin J, Stolz W, Landthaler M. A randomized clinical trial in psoriasis: Synchronous balneophototherapy with bathing in Dead Sea salt solution plus narrowband UVB vs. narrowband UVB alone (TOMESA-study group). *J Eur Acad Dermatology Venereol*. 2011; 25(5): 570–8

Kolsen-Petersen JA. Immune effect of hypertonic saline: fact or fiction? *Acta Anaesthesiol Scand* 2004; 48: 667–678

Kumudha A, Sarada R. Characterization of vitamin B12 in Dunaliella salina. *J Food Sci Technol*. 2016; 53(1): 888–894





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

- Laudanska H, Lemancewicz A, Kretowska M, Reduta T, Laudanski T. Permeability of human skin to selected anions and cations--in vitro studies. *Res Commun Mol Pathol Pharmacol*. 2002; 112(1-4): 16-26
- Léauté-Labrèze C, Saillour F, Chêne G, Cazenave C, Luxey-Bellocq ML, Sanciaume C, Toussaint JF, Taïeb A. Saline Spa Water or Combined Water and UV-B for Psoriasis vs Conventional UV-B. *Arch Dermatol* 2001; 137: 1035-1039
- Levin CY, Maibach HI. Do cool water or physiologic saline compresses enhance resolution of experimentally-induced irritant contact dermatitis? *Contact Dermatitis*. 2001 Sep;45(3):146-50
- Lowe NY, Breeding Y, Russel D. Cutaneous polyamines in psoriasis. *Br J Dermatol* 1982; 107: 21-26
- Manoharan P, Kaliaperumal K. Salt and skin. *Int J Dermatol*. 2021 Apr 22. doi: 10.1111/ijd.15588
- Ma'or Z, Henis Y, Alon Y, Orlov E, Sørensen KB, Oren A. Antimicrobial properties of Dead Sea black mineral mud. *Int J Dermatol*. 2006 May;45(5):504-11
- Maraver F. Talasoterapia. En: Sánchez C (dir.). *Técnicas Hidrotermales*. Madrid: Videocinco, 2000: 151-163
- Maraver F. Antecedentes históricos de la peloterapia. *An Hidrol Med*. 2006; 1: 17-42
- Maraver, F.; Armijo, O.; Armijo F. Los peloides españoles: en la Catedra de Hidrología Médica. In: Cendrero, A.; Gómez, J.; Fernandez, P.L.; Quindos, L.S.; Ródenas, C.; Sainz, C. (ed) *Contribuciones científicas en memoria del profesor Dr. Jesús Soto Torres*, Universidad Cantabria: Santander, Spain, 2008: 97-110
- Maraver F, Michán A, Morer C, Aguilera L. Is thalassotherapy simply a type of climatotherapy? *Int J Biometeorol*. 2011; 55:107-108





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

- Maraver F, Armijo F, Ubogui J, Gasparri EA. Estudio del fango mineromedicinal terapéutico extraído del lecho del lago Epecuén (Termas de Carhue-Buenos Aires. República Argentina). *Bol Soc Esp Hidrol Med.* 2014; 29: 211-212
- Maraver F. Talasoterapia: conceptos y antecedentes. En: *Proceedings del I Congreso Internacional de Talaso. Salud y Bienestar.* Baiona, 22-25 de noviembre de 2015. Vigo: Sociedade Galega de Talasoterapia, 2015: 1-7
- Maraver F, Fernández-Torán MA, Corvillo I, Morer C, Vázquez I, Aguilera L, Armijo F. Peloterapia, una revisión. *Med Naturista.* 2015; 9: 38-46
- Maraver F, Vazquez I, Armijo F. *Vademecum III de aguas mineromedicinales españolas.* Madrid: Complutense, 2020
- Maraver F, Armijo F, Fernandez-Toran MA, Armijo O, Ejeda JM, Vazquez I, Corvillo I, Torres-Piles S. Peloids as Thermoherapeutic Agents. *Int. J. Environ. Res. Public Health.* 2021; 18(4):1965
- Martí CM. Caracterización ecológica y establecimiento de los criterios para determinar el potencial ecológico en las salinas de la comunidad valenciana. [tesis]. Valencia: Universidad de Valencia, 2010
- Martínez-Espinosa RM. Fisiología de la asimilación de nitrógeno en *Haloferax mediterranei*. Purificación y caracterización de nitrato y nitrito reductasas asimilativas. [tesis]. Alicante: Universidad de Alicante, 2003
- Matz H, Orion E, Wolf R. Balneotherapy in dermatology. *Dermatol Ther.* 2003;16(2):132-40.
- Meijide Faílde R. Medicina termal en enfermedades reumáticas. Evidencia científica y actualidad de los mecanismos de acción. *Bol Soc Esp Hidrol Med,* 2020; 35(2): 127-153
- Mitra S, Schiller D, Anderson C, Gamboni F, D'Alessandro A, Kelher M, Silliman CC, Banerjee A, Jones KL. Hypertonic saline attenuates the cytokine-induced pro-inflammatory signature in primary human lung epithelia. *PLoS ONE.* 2017; 12(12): e0189536





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

- Mitragotri S, Anissimov YG, Bunge AL, Frasch HF, Guy RH, Hadgraft J, Kasting GB, Lane ME, Roberts MS. Mathematical models of skin permeability: an overview, *Int J Pharm.* 2011; 418: 115–129.
- Monte J, Ribeiro C, Parreira C, Costa L, Brive L, Casal S, Brazinha C, Crespo JG. Biorefinery of *Dunaliella salina*: Sustainable recovery of carotenoids, polar lipids and glycerol. *Bioresour Technol.* 2020; 297:122509
- Morer C. Talasoterapia. *Bol Soc Esp Hidrol Med.* 2016; 31:119–146
- Morer C, Roques CF, Françon A, Forestier R, Maraver F. The role of mineral elements and other chemical compounds used in balneology: data from double-blind randomized clinical trials. *Int J Biometeorol.* 2017;61(12):2159-2173
- Morer C, Boestad C, Zuluaga P, Alvarez-Badillo A, Maraver F. Efectos de un programa intensivo de talasoterapia y terapia acuática en pacientes con ictus. Estudio piloto. *Rev Neurol.* 2017;65(6):249-256
- Morer C, Michan-Doña A, Alvarez-Badillo A, Zuluaga P, Maraver F. Evaluation of the Feasibility of a Two-Week Course of Aquatic Therapy and Thalassotherapy in a Mild Post-Stroke Population. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(21):8163
- Ong PY, Ohtake T, Brandt C, Strickland I, Boguniewicz M, Ganz T, Gallo RL, Leung DY. Endogenous Antimicrobial Peptides and Skin Infections in Atopic Dermatitis. *N Engl J Med.* 2002; 347(15): 1151–60
- Oren A. Molecular ecology of extremely halophilic archaea and bacteria. *FEMS Microbial Ecology.* 2002; 39: 1-7
- Oren A. A hundred years of *Dunaliella* research: 1905–2005. *Saline Syst.* 2005; 1, 2
- Pang Z, Sakamoto T, Tiwari V, Kim YS, Yang F, Dong X, Güler AD, Guan Y, Caterina MJ. Selective keratinocyte stimulation is sufficient to evoke nociception in mice. *Pain.* 2015; 156: 656–665





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

- Patricia M. van Kemenade, Mark M. J. Houben, Jacques M. Huyghe and Lucien F. A. Douven: Do osmotic forces play a role in the uptake of water by human skin? *Skin Res Technol.* 2004; 10(2): 109-12
- Polefka TG, Bianchini RJ, Shapiro S. Interaction of mineral salts with the skin: a literature survey. *Int J Cosmet Sci.* 2012; 34(5):416-23
- Portugal-Cohen M, Cohen D, Ish-Shalom E, Laor-Costa Y, Ma'or Z. Dead Sea minerals: New findings on skin and the biology beyond. *Exp Dermatol.* 2019; 28(5): 585-592
- Pozo M, Carretero MI, Maraver F, Pozo E, Gómez I, Armijo F, Martín Rubí JA. Composition and physical-physicochemical properties of peloids used in Spanish spas: a comparative study. *Appl Clay Sci.* 2013; 83-84: 270-279
- Proceedings of the International Conference; International Congress. Spa Therapy with Saline Waters in Health Resorts. *Österr Z Phys Med Rehabil* 2010, 20(2) 51-63.
- Proksch E, Nissen HP, Bremgartner M, Urquhart C. Bathing in a magnesium-rich Dead Sea salt solution improves skin barrier function, enhances skin hydration, and reduces inflammation in atopic dry skin. *Int J Dermatol.* 2005; 44(2): 151-7
- Quist SQ, Wiswedel I, Quist J, Gollnick HP. Anti-inflammatory effects of topical formulations containing sea silt and sea salt on human skin in vivo during cutaneous microdialysis. *Acta Derm Venereol.* 2011; 91(5): 597-9
- Revsbech NP, Jørgensen BB, Blackburn TH, Cohen Y. Microelectrode studies of the photosynthesis and O₂, H₂S and pH profiles of a microbial mat. *Limnology and Oceanography.* 1983; 28: 1062-1074
- Rosette C, Karin M. Ultraviolet light and osmotic stress: activation of the JNK cascade through multiple growth factor and cytokine receptors. *Science.* 1996; 274: 1194-7





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

- Said L, Serup J, Rebel C. Epidermal calcium release (ECR) in vivo sampled with a simple washout chamber technique. *Skin Res Technol.* 2002; 8(4): 219-26
- Schatz V, Neubert P, Schröder A, Binger K, Gebhard M, Müller DN, Luft FC, Titze J, Jantsch J. Elementary immunology: Na⁺ as a regulator of immunity. *Pediatr Nephrol.* 2017; 32(2): 201–210
- Schempp CM, Dittmar HC, Hummler D, Simon-Haarhaus B, Schulte-Monting J, Schopf E, Simon JC.: Magnesium ions inhibit the antigen-presenting function of human epidermal Langerhans cells in vivo and in vitro. Involvement of ATPase, HLA-DR, B7 molecules, and cytokines. *J Invest Dermatol.* 2000; 115(4): 680-6
- Seltmann K, Meyer M, Sulcova J, Kockmann T, Wehkamp U, Weidinger S, dem Keller U, Werner S. Humidity-regulated, CLCA2 protects the epidermis from hyperosmotic stress. *Sci Transl Med.* 2018; 10(440):eaao4650
- Shani J, Barak S, Levi D, et al. Skin penetration of minerals in psoriatics and guinea pigs bathing in hypertonic salt solutions. *Pharmacol Res Commun* 1985; 17: 501–512
- Shani J, Kushelevsky AP, Harari M, Even-Paz Z. Sustained decreased of blood pressure in psoriatic patients during treatment at the Dead Sea. *Pharmacol Res* 1995; 31: 355–359
- Simón R. Influencia de la movilidad de las hélices en la función de la bacteriorodopsina. [tesis]. Barcelona: Universidad Autónoma de Barcelona, 2009
- Singh A, Singh AK. Haloarchaea: Worth exploring for their biotechnological potential. *Biotechnol. Lett.* 2017, 39, 1793–1800
- Spear JR, Ley RE, Berger AB, Pace NR. Complexity in natural microbial ecosystems: the Guerrero Negro experience. *Biol Bull.* 2003; 204(2): 168-73





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

- Sukenik S, Buskila D, Neumann L, Kleiner-Baumgarten A, Zimlichman S, Horowitz J. Sulphur bath and mud pack treatment for rheumatoid arthritis at the Dead Sea area. *Ann Rheum Dis.* 1990 Feb;49(2):99-102
- Sukenik S, Buskila D, Neumann L, Kleiner-Baumgarten A. Mud pack therapy in rheumatoid arthritis. *Clin Rheumatol.* 1992 Jun;11(2):243-7
- Sukenik S, Giryas H, Halevy S, Neumann L, Flusser D, Buskila D. Treatment of psoriatic arthritis at the Dead Sea. *J Rheumatol.* 1994 Jul;21(7):1305-9
- Sukenik S, Baradin R, Codish S, Neumann L, Flusser D, Abu-Shakra M, Buskila D. Balneotherapy at the Dead Sea area for patients with psoriatic arthritis and concomitant fibromyalgia. *Isr Med Assoc J.* 2001 Feb;3(2):147-50
- Tabolli S, Calza A, Di Pietro C, Sampogna F, Abeni D. Quality of life of psoriasis patients before and after balneo - or balneophototherapy. *Yonsei Med J.* 2009; 50(2): 215-21
- Tamez Hidalgo P. Diversidad filogenética de arqueas halófilas extremas cultivables de Exportadora de Sal, S.A., Guerrero Negro. [tesis de grado]. La Paz: Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste SC, 2009
- Tang H, Blankshtein D, Langer RS. Prediction of steady-state skin permeabilities of polar and nonpolar permeants across excised pig skin based on measurements of transient diffusion: characterization of hydration effects on the skin porous pathway. *J Pharm Sci.* 2002; 91: 1891-1907
- Titze J, Maillet A, Lang R, MD, Gunga HC, Johannes B, Gauquelin-Koch G, Kihm E, Larina I, Gharib C, Kirsch KA. Long-Term Sodium Balance in Humans in a Terrestrial Space Station. Simulation Study. *Am J Kidney Dis.* 2002; 40(3): 508-16
- Van Gernerden H. Microbial mats: A joint venture. *Marine Geology.* 1993; 113: 3-25.





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

- Varga C. Problems with classification of spa waters used in balneology. *Health*. 2010; 2(11): 1260–1263
- Welch WJ, Brown CR. Influence of molecular and chemical chaperones on protein folding. *Cell Stress Chaperones* 1. 1996; 109-15
- Wiedow O, Streit V, Christophers E, Stander M. Liberation of human leukocyte elastase by hypertonic saline baths in psoriasis. *Hautartz* 1989; 40: 518–522
- Xu W, Hong SJ, Zhong A, Xie P, Jia S, Xie Z, Zeitchek M, Niknam-Bienia S, Zhao J, Porterfield DM, Surmeier DJ, Leung KP, Galiano RD, Mustoe TA. Sodium channel Nax is a regulator in epithelial sodium homeostasis. *Sci Transl Med*. 2015;7(312):312ra177
- Yancey PH, Clark ME, Hand SC, Bowlus RD, Somero GN. Living with water stress: evolution of osmolyte systems. *Science*. 1982; 217: 1214-22
- Yim KJ, Kwon j, Cha I-T, Oh K-S, Song HS, Lee H-W, Rhee JK, Song E-J, Rho JR, Seo ML, Choi J-S, Choi H-J, Lee S-j, Nam H-D, Roh SW. Occurrence of viable, red-pigmented haloarchaea in the plumage of captive flamingoes. *Sci Rep*. 2015; 5:16425
- Yoshizawa Y, Tanojo H, Kim SJ, Maibach HI. Sea water or its components alter experimental irritant dermatitis in man. *Skin Res Technol*. 2001; 7(1): 36-9
- Yoshizawa Y, Kitamura K, Kawana S, Maibach HI. Water, salts and skin barrier of normal skin. *Ski Res Technol*. 2003; 9:31-3.





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA

ANEXOS

Laguna Rosa de Torrevieja Medias: 2009-2010-2011-2012 (Torrevieja – Alicante)

DETERMINACIONES FISICOQUÍMICAS

.....	22,5° C.
pH	7,8
Densidad	1,23 g/l

DETERMINACIONES QUÍMICAS

CATIONES

	mg/l	mEq/l	% mEq
Sodio (Na ⁺)	86669	3770,1	64,75
Potasio (K ⁺)	6319	164,1	2,82
Calcio (Ca ²⁺)	225	11,2	0,19
Magnesio (Mg ²⁺)	22812	1877,2	32,24

ANIONES

	mg/l	mEq/l	% mEq
Cloruro (Cl ⁻)	177580	5009,5	86,11
Bromuro (Br ⁻)	1118	13,9	0,24
Bicarb. (HCO ₃ ⁻)	400	6,5	0,12
Sulfatos (SO ₄ ²⁻)	37549	781,7	13,44

mg/l

IONES TOTALES = 334500





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA



Desplazamiento 27 de mayo 2021





UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE MEDICINA

ESCUELA PROFESIONAL DE
HIDROLOGIA MEDICA E HIDROTERAPIA



Desplazamiento 1 de julio 2021

El presente trabajo forma parte de un proyecto cofinanciado por la Unión Europea a través del Programa Operativo del Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER) de la Comunitat Valenciana 2014-2020

