





**LAGUNA MAR CHIQUITA, CÓRDOBA,  
ARGENTINA: UN MAR DE SALUD EN LA  
LLANURA**

Andrea Maggio, Carlos Soria, Eduardo Piovano, Carolina Cuña-Rodríguez, Massimo Setti, Ana Monasterio, Manuel Pozo Rodríguez, Alberto López-Galindo, Mónica Rueda, Gisela Pettinari, María Eugenia Roca Jalil, Raúl Barbagelata y Miria Baschini

NEUQUÉN, 2016

Laguna Mar Chiquita, Córdoba, Argentina : un mar de salud en la llanura / Carlos Orlando Soria ... [et al.] ; editado por Carlos Orlando Soria ; Miria Teresita Baschini ; fotografías de Gustavo Daniel Llerena ; prólogo de Antonio Hernández Torres. - 1a ed . - Neuquén : Carlos Orlando Soria, 2016. Libro digital, PDF.

146 p. ; 21 x 15 cm.

Archivo Digital: descarga y online

ISBN 978-987-783-075-0

1. Hidroterapia. I. Soria, Carlos Orlando II. Soria, Carlos Orlando, ed. III. Baschini, Miria Teresita, ed. IV. Llerena, Gustavo Daniel, fot. V. Hernández Torres, Antonio, prolog. CDD 615.853

Editores: Miria Teresita Baschini y Carlos Orlando Soria.

Prólogo de Antonio Hernández Torres.

Fotos de portada e interiores: Gustavo Daniel Llerena.

Impreso en Argentina - Printed in Argentine.

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio, sin el permiso expreso de los editores.

## **Dedicatoria**

*a quienes vivieron y viven a orillas de la laguna  
Mar Chiquita y pueden ver en ella el inmenso  
potencial de vida que contiene*

*a Héctor Salvetti, farmacéutico e innato  
investigador de las propiedades de los fangos,  
quien contagiaba su pasión por el conocimiento*

*a quienes aportaron materiales, opiniones,  
historias, que enriquecieron el proceso de  
investigación que llevamos adelante*

## **Autores**

Andrea Maggio

Carlos Soria

Mónica Rueda

Gisela Pettinari

Diana Andrade

Raúl Barbagelata

María Eugenia Roca Jalil

Massimo Setti

Ana Monasterio

Carolina Cuña-Rodríguez

Eduardo Piovano

Manuel Pozo Rodríguez

Alberto López-Galindo

Miria Baschini

## Instituciones patrocinantes



Facultad de Ingeniería - Universidad Nacional del Comahue.

Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos,  
Biotecnología y Energías alternativas, PROBIEN (CONICET  
- Universidad Nacional del Comahue).

Asentamiento Universitario Zapala, Facultad de Ingeniería,  
Universidad Nacional del Comahue, Zapala, Neuquén.

Secretaría de Políticas Universitarias, Ministerio de Educación y  
Deportes, Presidencia de la Nación.

Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (CICTERRA);  
CONICET - Universidad Nacional de Córdoba, Córdoba,  
Argentina.

Municipalidad de Miramar de Ansenuza, Córdoba, Argentina.

Dip. Scienze della Terra e dell' Ambiente Università degli Studi di  
Pavia, Pavia, Italy.

Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra. CSIC-UGR, Granada,  
España.

Dpto. Geología y Geoquímica, Facultad de Ciencias, Universidad  
Autónoma de Madrid, Cantoblanco, Madrid, España.

Fundación "BÍLBILIS" para la investigación e innovación en  
Hidrología Médica y Balneoterapia, Madrid - Calatayud -  
España.

## **Abstract**

Mar Chiquita Lake, also known as Mar de Ansenusa, located in the Argentinian province of Córdoba, is the fifth biggest salt lake in the world. Its natural ecosystem is highly important for the American continent since it is a natural reserve of migratory birds. For this reason, it is an ecosystem included in the List of Wetlands of International Importance made by the Wetlands Convention on May 28th, 2002. However, the main focus of this book is on the therapeutic potential that the ecosystem has. The first official records of the use of the water and mud from the lake with therapeutic purposes are from the early 20th century, but it is known that the native people from the area made a good use of their healing properties, such as it has happened in other salt lakes around the world.

This book's purpose is to explain the results that recent investigations have shown about the mud, salt and water from Mar Chiquita Lake, and the use of these elements in the cosmetic field and in research of new treatments.

The book explores from the geological origin of the ecosystem, the properties of water, salt and mud, the

importance of the use of these elements, the variety of salts which can be obtained by natural or induced precipitation, up to the therapeutic purposes of these elements.

The research has been done by a team of chemists, engineers, geologists and doctors from all around the world, experts on the subject, all with one goal: do research on the ecosystem of Mar Chiquita Lake and use it as a natural resource that can make a big contribution to human health with its mud, water and salt.

---

## **Resumen**

La Laguna Mar Chiquita, o Mar de Ansenzuza, ubicada en la provincia de Córdoba (Argentina) es el quinto lago salado más grande del mundo, ecosistema natural de suma importancia en el continente americano por ser reserva natural de aves migratorias, razón por la cual es un ecosistema incluido en la Lista de Humedales de Importancia Internacional de la Convención sobre los Humedales el 28 de mayo de 2002.

Sin embargo, el enfoque de este trabajo es en relación al potencial terapéutico del ecosistema. Desde inicios del siglo XX se cuenta con alguna clase de registro acerca del uso de sus aguas y fangos con propósitos terapéuticos, aunque sin lugar a dudas ya los pueblos originarios aprovechaban sus propiedades en el campo de la salud humana, tal como ha sucedido con otros lagos salinos del mundo.

En este libro en particular se detallan los resultados alcanzados en recientes investigaciones realizadas sobre los fangos, sales y agua procedentes de la Laguna Mar Chiquita, en relación a sus propiedades de relevancia en el campo de la terapéutica y cosmética.

El libro explora desde el origen geológico del ecosistema, las propiedades del agua de la laguna, la composición y

---

parámetros de relevancia en los fangos, la variedad de sales que pueden obtenerse por precipitación natural o inducida, así como todo el potencial terapéutico de estos materiales.

El grupo que ha llevado a cabo estas investigaciones, conformado por Químicos, Ingenieros, Geólogos y Médicos establecidos en distintas partes del mundo y especializados en estas temáticas, ha confluído en un objetivo común: profundizar en el ecosistema Laguna de Mar Chiquita como recurso natural que puede aportar a la salud humana con sus fangos, aguas y sales.

---

## Agradecimientos

Los autores queremos agradecer muy especialmente al subsidio recibido en la Convocatoria 2014 de Proyectos de Vinculación Tecnológica: “Capacidades Universitarias para el Desarrollo Productivo, Amílcar Oscar Herrera”, Resolución SPU 1793/14, por el proyecto que presentamos, llamado: *Propuesta de obtención/elaboración de productos para tratamientos en terapéutica y cosmética usando los recursos actuales del sistema Mar Chiquita o Mar de Ansenuza, Córdoba, Argentina.*

Fue a partir de este subsidio que, no sólo pudo llevarse a cabo la investigación propuesta, sino también concretar la impresión de este libro.

Del mismo modo agradecemos el subsidio otorgado por la Universidad Nacional del Comahue.

Agradecemos al Dr. Anselmo Comba por sus aportes en el área de los usos terapéuticos de estos materiales y bibliografía relevante, a Bety Anomale por su contagioso entusiasmo, dedicación y memoria, acerca del uso y estudios previos sobre los fangos a través de la historia de Miramar, y muy especialmente a Gustavo Daniel Llerena por su aporte en las imágenes que muestran la belleza de Mar Chiquita desde el aire.

---

Un agradecimiento especial a nuestras colegas Paula Sette y Florencia Toschi, y a nuestras estudiantes de grado Evelyn Gamboa y Micaela Sánchez, por la valiosa colaboración prestada.

Este trabajo no hubiera sido posible sin la activa colaboración de los señores Adrian Walker, Intendente Municipal y Julio Escobar, Secretario de Turismo, de la Municipalidad de Miramar de Ansenúza, Córdoba, y la Subsecretaría de Vinculación y Transferencia Tecnológica de la Universidad Nacional del Comahue, en particular al Lic. Javier Santoni, a quienes agradecemos por su permanente acompañamiento durante este trabajo.

# Índice general

	<b>Página</b>
<b>prologo</b>	<b>ix</b>
<b>1 Geología de Mar Chiquita - E. Piovano y C. Cuña-Rodríguez</b>	<b>1</b>
<b>2 Aguas de Mar Chiquita - C. Soria, A. Maggio, M. E. Roca Jalil, D. E. Andrade, R. Barbagelata, y M. Baschini</b>	<b>9</b>
2.1 Salinidad. . . . .	12
2.2 Componentes disueltos en el agua. . . . .	17
2.3 Densidad y Tensión superficial. . . . .	21
2.4 Curvas de enfriamiento. . . . .	25
2.5 Capacidad antioxidante. . . . .	29
<b>3 Composición de los Fangos de Laguna Mar Chiquita - A. Maggio, C. Soria, M. Setti, G. Pettinari, M. Rueda y M. Baschini</b>	<b>33</b>
3.1 Valores de pH y conductividad. . . . .	35
3.2 Color de fangos. . . . .	37
3.3 Caracterización mineralógica. . . . .	39

## Índice general

---

3.4	Análisis químico. . . . .	41
3.5	Imágenes de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB). . . . .	45
3.6	Análisis granulométrico. . . . .	48
3.7	Materia Orgánica en el fango de laguna Mar Chiquita. . . . .	51
3.8	Materia Orgánica en otros fangos de uso terapéutico. . . . .	54
<b>4</b>	<b>Propiedades de los fangos de Laguna Mar Chiquita - M. Baschini, A. Maggio, C. Soria, M. E. Roca Jalil y M. Pozo Rodríguez</b>	<b>59</b>
4.1	Porcentaje de agua y densidad. . . . .	59
4.2	Propiedades térmicas - curvas de enfriamiento.	60
4.3	Capacidad de intercambio catiónico. . . . .	64
4.4	Capacidad de adsorción. . . . .	67
4.5	Capacidad antioxidante (CA). . . . .	70
<b>5</b>	<b>Beneficios en la salud otorgados con los recursos mineromedicinales de Mar Chiquita. Un mar de salud en la llanura - A. Monasterio</b>	<b>75</b>
5.1	Aguas mineromedicinales cloruradas sódicas.	75
5.1.1	Generalidades. . . . .	75

5.1.2	Mecanismo de acción de las Aguas Mineromedicinales (AMM) cloruradas sódicas. . . . .	79
5.1.3	Técnicas de crenoterapia que pueden utilizarse. . . . .	85
5.1.4	Indicaciones de las aguas cloruradas sódicas. . . . .	86
5.2	Fangos. . . . .	87
5.2.1	Técnicas de Fangoterapia que pueden utilizarse. . . . .	92
5.2.2	Indicaciones del fango. . . . .	92
5.2.3	Lo que se sabe acerca de los efectos terapéuticos de fangos salinos. . . . .	94
<b>6</b>	<b>Depósitos salinos costeros en cercanías de la localidad de Miramar de Ansenuza - M. Setti, A. López-Galindo, A. Maggio, C. Soria, M. Baschini y M. Pozo Rodríguez</b>	<b>97</b>
<b>7</b>	<b>Conclusiones</b>	<b>111</b>
<b>8</b>	<b>Adenda: Contaminación en Mar Chiquita</b>	<b>113</b>
	<b>Bibliografía general . . . . .</b>	<b>117</b>



## **Prólogo**

Se publican pocos libros de Hidrología Médica sobre aguas mineromedicinales. Menos aún, libros de peloterapia, pero buenos libros bien dirigidos y enfocados, con un contenido y nivel científico-técnico de calidad y profesional, son muy poquitos. Ahora estamos ante uno de ellos.

Cuando la Dra. Baschini, me invitó a escribir el prólogo de este libro, deseé inmediatamente empaparme “de un tirón” en conocer su contenido, pero luego durante el fin de semana fui descubriendo y adentrándome poco a poco en Mar Chiquita y el gran regalo que la Naturaleza nos brinda, a través de la mano de Dios.

Ayudar a los demás, mediante el don que se nos ha dado, el conocimiento y práctica de la medicina, es una inmensa labor y alegría. Fundamentar y escribir por qué es tan útil el ecosistema de Mar Chiquita, sus aguas, sus fangos, sus sales, un privilegio. Leerlo, un placer. Nos encontramos ante un trabajo minucioso, bien realizado, donde la descripción de los componentes y propiedades terapéuticas y geológicas, nos dan una idea clara de lo que el recurso natural de Mar Chiquita nos puede proporcionar.

Su parecido, a la composición química y caracterización mineralógica, con las aguas del Mar Menor (Murcia-España) es muy valorable y efectivamente gracias a su pH básico, su salinidad con presencia de cloruro sódico y sales sulfatadas, pero sobre todo de anhídrido silícico, le dotan, en su conjunto, de unas características antioxidantes que hacen de las aguas y fangos de Mar Chiquita una herramienta natural terapéutica con la que se obtienen y obtendrán una eficacia y resultados terapéuticos excelentes.

El estudio pormenorizado de sus fangos a través de sus curvas de enfriamiento, intercambio catiónico, adsorción, etc., así como conductividad, estudios microscópicos y análisis químicos, dan muestra de la profesional labor llevada a cabo por este equipo de investigadores, que conocen su trabajo y que mediante el mismo, nos enseñan y dan a conocer cómo acercarnos a la salud, con el uso de sus aguas y fangos.

Enhorabuena !!

Dr. Antonio Hernández Torres  
Científico Titular del Instituto de Salud “Carlos III”.  
Presidente de la Fundación “BÍLBILIS” para la investigación  
e innovación en Hidrología Médica y Balneoterapia  
(Madrid-Calatayud)-España.

# 1. Geología de Mar Chiquita - E. Piovano y C. Cuña-Rodríguez

La laguna de Mar Chiquita es un extenso cuerpo de agua mesosalina a hipersalina localizada en Córdoba, Argentina, con una pequeña parte en Santiago del Estero, entre los  $62^{\circ}10'$ – $63^{\circ}10'$  Oeste y los  $30^{\circ}$ – $31^{\circ}$  Sur. Este sistema ha experimentado a lo largo del tiempo modificaciones muy importantes en su extensión y profundidad, así como en la composición de sus aguas, asociado a las marcadas fluctuaciones de ingreso y evaporación del agua de la cuenca endorreica de la cual forma parte.<sup>1</sup>

El clima de la región central Argentina, donde se ubica la Laguna Mar Chiquita, está controlado por el Sistema Monzónico Sudamericano,<sup>2</sup> el cual ha mostrado una gran

---

Eduardo Piovano y Carolina Cuña-Rodríguez - Centro de Investigaciones en Ciencias de la Tierra (CICTERRA); CONICET-Universidad Nacional de Córdoba; Av. Vélez Sarsfield 1611; X5016GCA - Córdoba, Argentina.

*epiovano@efn.uncor.edu*

<sup>1</sup> E. L. Piovano, G. Zanon y D. Ariztegui. «Historia Geológica y Registro Climático». En: *Bañados del Río Dulce y Laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina)*. Ed. por E. H. Bucher. Academia Nacional de Ciencias (Córdoba, Argentina), 2006. Cap. 3, págs. 37-55.

<sup>2</sup> R. D. Garreaud y col. «Present-day South American Climate». En: *Palaeo3* 281 (2009), págs. 180-195.

## 1. Geología de Mar Chiquita - Piovano y Cuña-Rodríguez

variabilidad durante el siglo XX y los últimos cientos a miles de años. Esta variación se ve reflejada en los cambios de nivel y salinidad del agua de la laguna, como así también en sus sedimentos. Por ejemplo, una parte del siglo XX se caracterizó por el predominio de niveles bajos y salinidades altas como, por caso, 360 g/L en 1911, 251 g/L en 1951 y 270 g/L en 1970. Dentro de esta fase prolongada de niveles bajos, y sequías, también se registraron pulsos breves de incremento de nivel como por ejemplo durante 1915, o entre 1931 y 1935 y entre 1959 y 1961.

Luego del escenario caracterizado por niveles bajos, el registro de cotas indica que a partir de 1972 se produjo una tendencia creciente, definiéndose en el año 1977 una fase de nivel alto con bajas salinidades (29 g/L en 1986 y 35 g/L en 1989). Este cambio ha sido el resultado de uno de los mayores cambios hidroclimáticos ocurridos en ambientes continentales a nivel global, mostrando en algunos casos un aumento en las precipitaciones superior al 10 % del valor de la media anual.<sup>3</sup>

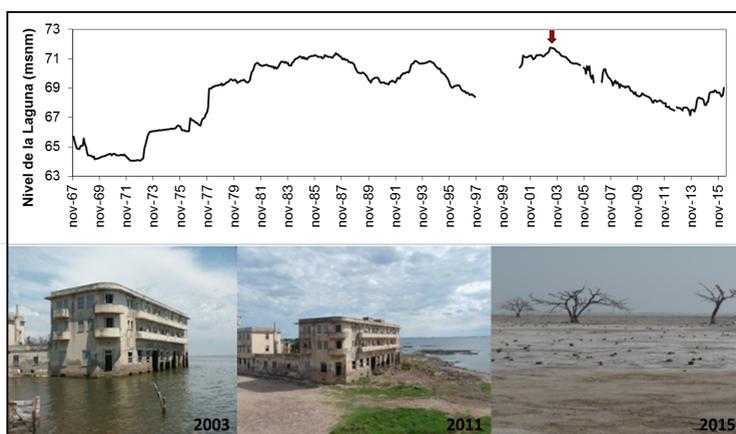
Esta fase de nivel alto no ha sido uniforme. El registro de cotas limnimétricas (Fig. 1.1) muestra notables variaciones

---

<sup>3</sup> M. Troin y col. «Hydrological modelling of a closed lake (Laguna Mar Chiquita, Argentina) in the context of 20th century climatic changes». En: *Journal of Hydrology* 393.3 (2010), págs. 233-244.

## 1. Geología de Mar Chiquita - Piovano y Cuña-Rodríguez

como por ejemplo las bajantes durante los años 1990, 1997-98 y un pico máximo e histórico en el año 2003 (71,79 msnm, metros sobre el nivel del mar), el cual fue seguido por un marcado descenso hasta el año 2013, acorde a la disminución regional observada en las precipitaciones. La tendencia decreciente ha sido interrumpida por un aumento de nivel, el cual sigue vigente.



**Figura 1.1:** Mitad superior: curva de fluctuación de la Laguna Mar Chiquita para el período Noviembre 1967 - Abril 2016. Nótese el máximo del año 2003 y la siguiente disminución de nivel hasta el año 2013. Mitad inferior de izquierda a derecha: Fotografías que ilustran la variación reciente. Año 2003, 2011 y exposición de sectores inundados previamente.

## 1. Geología de Mar Chiquita - Piovano y Cuña-Rodríguez

Piovano y col.<sup>4</sup> integraron la información histórica e instrumental de la variación de nivel de agua durante el siglo XX con el análisis de los sedimentos acumulados durante ese período. Sobre esta base se estableció que las fluctuaciones hidrológicas de la laguna (niveles altos o niveles bajos) controlan y controlaron claramente el tipo de sedimentos acumulados, su composición química, la presencia de minerales evaporíticos, el contenido de materia orgánica, entre otros atributos.

En particular, se distinguen dos tipos de sedimentos (Fig. 1.2). Fangos diatomáceos ricos en materia orgánica, se acumulan durante períodos de nivel alto, como por ejemplo durante la década de los años 80. El alto contenido de material orgánico de los sedimentos es consecuencia del aumento de productores primarios (fitoplancton) a baja salinidad. En estos sedimentos abundan las diatomeas (Fig. 1.2), las cuales son algas unicelulares microscópicas que presentan una pared celular silíceas, característica que promueve su preservación en los sedimentos. El aumento de la producción primaria ocurre a bajas salinidades. La baja concentración iónica

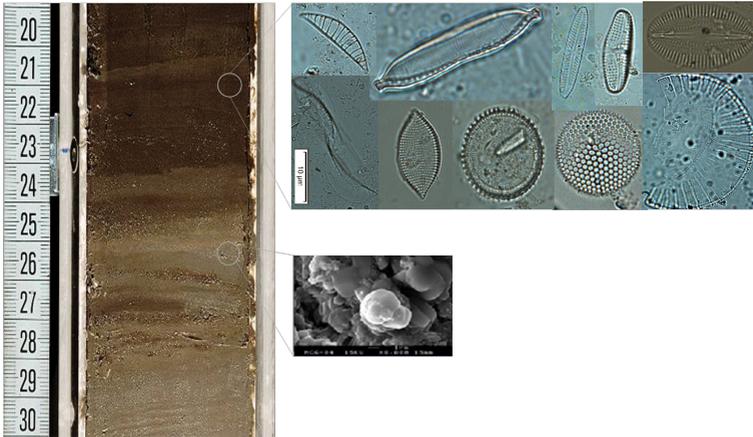
---

<sup>4</sup> E. L. Piovano, S. Damatto Moreira y D. Ariztegui. «Recent environmental changes in Laguna Mar Chiquita (central Argentina): a sedimentary model for a highly variable saline lake.» En: *Sedimentology* 49 (2002), págs. 1371-1384.

## 1. Geología de Mar Chiquita - Piovano y Cuña-Rodríguez

impide la formación de niveles evaporíticos, por lo cual estos sedimentos sólo presentan minerales carbonáticos dispersos en su masa. El otro tipo de sedimento corresponde a los fangos con evaporitas que se acumulan durante niveles bajos y alta salinidades de la laguna (por ejemplo, fin de la década de los años 60 e inicio de los años 70). Estos sedimentos se caracterizan por la presencia de evaporitas formadas por calcita, yeso y halita. El porcentaje de diatomeas y de materia orgánica disminuye marcadamente llegando a ser nulo en los niveles dominados por evaporitas.

## 1. Geología de Mar Chiquita - Piovano y Cuña-Rodríguez



**Figura 1.2:** Sedimentos oscuros, ricos en materia orgánica y diatomeas (sector superior derecho) acumulados durante niveles altos (sedimentos por arriba del nivel 24 cm). Sedimentos ricos en evaporitas (carbonatos, yeso y halita) depositados durante niveles bajos (por debajo del nivel 26). La transición observada entre los niveles 25-23 corresponde al incremento de nivel ocurrido durante la década de los años 70.

La variación observada recientemente en los niveles de la laguna Mar Chiquita, no es sólo una característica de estos tiempos. La gran sensibilidad que tiene para reaccionar frente a los cambios en las precipitaciones puede también ser

## 1. Geología de Mar Chiquita - Piovano y Cuña-Rodríguez

reconocida durante los últimos miles de años de historia.<sup>5</sup> Por ejemplo, situaciones de niveles altos han ocurrido hace 13.000 años antes del presente (AP), o niveles muy bajos y extremas sequías hace 4.700 años AP. Niveles altos similares a los desarrollados recientemente pueden reconocerse entre 1.500–1.100 años AP.

Podríamos sintetizar que la Laguna Mar Chiquita es y ha sido un sistema natural el cual responde a las variaciones en el balance hídrico que regulan una gran parte del continente Sudamericano. Sus fluctuaciones en nivel se producen en fase con respecto a otras lagunas de la región Pampeana<sup>6,7</sup> las cuales reflejan cambios ocurridos en las precipitaciones regionales.

---

<sup>5</sup> E. L. Piovano y col. «Hydrological Variability in South America Below the Tropic of Capricorn (Pampas and Patagonia, Argentina) During the Last 13.0 Ka». En: *Past Climate Variability in South America and Surrounding Regions: From the Last Glacial Maximum to the Holocene*. Ed. por F. Vimeux, F. Sylvestre y M. Khodri. Dordrecht: Springer Netherlands, 2009, págs. 323-351.

<sup>6</sup> F. Córdoba y col. «Una visión paleolimnológica de la variabilidad hidroclimática reciente en el centro de Argentina: Desde la Pequeña Edad de Hielo al siglo XXI.» En: *Lat. Am. j. sedimentol. basin anal.* 21.2 (2014), págs. 139-163.

<sup>7</sup> E. L. Piovano, F. E. Córdoba y S. Stutz. «Limnogeology in Southern South America: an overview.» En: *Lat. Am. j. sedimentol. basin anal.* 21.2 (2014), págs. 65-75.



## **2. Aguas de Mar Chiquita - C. Soria, A. Maggio, M. E. Roca Jalil, D. E. Andrade, R. Barbagelata, y M. Baschini**

El agua mineromedicinal (AMM) es un agente terapéutico caracterizado por su contenido en minerales, oligoelementos y otros componentes, así por su pureza de origen. Este efecto terapéutico está asociado a sus cualidades físicas, químicas y biológicas (especialmente mineralización y temperatura), a la vía de administración y técnicas de aplicación. La Hidrología Médica es la rama de la Terapéutica que estudia las AMM y sus efectos terapéuticos. En Argentina existe una gran riqueza de aguas termales, estas son AMM que al surgir presentan una temperatura superior al lugar donde afloran.<sup>1</sup>

La aplicación de las AMM junto a las condiciones ambientales propias del lugar se denomina balneoterapia. Por otro lado, se define hidroterapia a la aplicación tópica sobre

---

Carlos Soria, Andrea Maggio, María Eugenia Roca Jalil, Diana Elisa Andrade, Raúl Barbagelata, y Miria Baschini - Facultad de Ingeniería e Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos, Biotecnología y Energías alternativas, PROBIEN (CONICET-Universidad Nacional del Comahue)

*carlos.soria@fain.uncoma.edu.ar*

<sup>1</sup> J. C. San José Rodríguez. «Aguas mineromedicinales argentinas». En: *Balnea* 4 (2008), págs. 13-34.

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---

la piel o mucosas del agua potable ordinaria como vehículo de acciones físicas mecánicas y térmicas, sin considerar otros efectos tales como absorción, adsorción o depósito, que también pueden producirse. La principal diferencia radica en que en la balneoterapia, además de los efectos térmicos y mecánicos, se produce una absorción de los componentes mineromedicinales de las aguas (transmineralización), hecho que con la hidroterapia no puede ocurrir, al no disponer de los mismos. La aplicación terapéutica del agua de mar se denomina talasoterapia.<sup>2</sup>

La balneoterapia puede usarse para tratar alteraciones del aparato locomotor, respiratorio, digestivo, circulatorio, afecciones dérmicas, entre otras. Además es una técnica poco agresiva, suave, bien tolerada por el paciente y que rara vez produce efectos secundarios o anormales. El agua también es utilizada en dermatología con diversos fines, como hidratación de la piel para afectar el curso de diversas enfermedades; hidratar, limpiar y refrescar tejidos; también para vehiculizar principios activos.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> A. Hernández Torres. «Vías de administración. Hidrología Médica vs. Hidroterapia y tratamientos en spas urbanos». En: A y Col. Hernández Torres. *Técnicas y Tecnologías en Hidrología Médica e Hidroterapia - AETS*. ISCIII, 2006. Cap. 4, págs. 33-36.

<sup>3</sup> R. Meijide Failde y L. Mourelle Mosqueira. «Afecciones dermatológicas y cosmética dermotermal». En: A. y Col. Hernández

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---

Las técnicas que se utilizan en relación al uso de las aguas son variadas, entre ellas se incluyen los baños simples, de inmersión (con boquillas de aspersion) o aerobaños (con burbujeo de aire). También se utilizan piscinas que tienen la ventaja de permitir la movilidad del paciente. En tales casos los tiempos de aplicación varían entre los 10 y los 30 minutos y la temperatura a la que se encuentra el agua resulta levemente superior a la temperatura corporal, desde los 38 hasta los 42 °C.

El uso medicinal de las aguas es un tipo de terapia que ha sido llevada a cabo por el hombre desde la antigüedad,<sup>4</sup> y sus usos y modos de aplicación se encuentran ampliamente documentados en bibliografía.<sup>5,6</sup>

Si bien aparecen menciones bibliográficas acerca de las aguas de Mar Chiquita como fuente mineromedicinal

---

Torres. *AETS Técnicas y tecnologías en hidrología médica e hidroterapia*. Ed. ISCIII, 2006. Cap. 20, págs. 175-194.

<sup>4</sup> A. van Tubergen y S. van der Linden. «A brief history of spa therapy». En: *Ann. Rheum. Dis.* 61 (2002), págs. 273-275.

<sup>5</sup> H. Matz, E. Orion y R. Woolf. «Balneotherapy in dermatology». En: *Dermatologic Therapy* 16 (2 2003), págs. 132-140.

<sup>6</sup> S. Kneipp. *Método de hidroterapia - 1898*. Ed. por Kempton. Trad. por S. G. Ayuso. Ed. Maxtor, 2001.

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---

Argentina de relevancia,<sup>7,8</sup> no se informan sus posibles usos terapéuticos en tales publicaciones. Se cuenta sin embargo con registros de los baños de inmersión realizados en el centro balneológico termal local en la década del 90, con aguas de la laguna llevadas a temperatura de 37 a 39 °C, con una duración de entre 5 a 15 minutos, durante un lapso de 2 a 4 días para tratamientos anti estrés o de relax. También se describen para tratamientos específicos de diversas patologías tales como artrosis, afecciones crónicas de la piel, ciatalgias, eczemas, etc, tratamientos de baños de inmersión a realizar durante períodos más prolongados (7 a 14 días) acompañados de fangoterapia (Comba, 1992).<sup>9</sup>

### 2.1 Salinidad.

Las enormes fluctuaciones en el nivel de las aguas de la laguna Mar Chiquita, proceso asociado a la presencia de períodos húmedos y secos en la región continental en la que se encuentra, ha generado condiciones muy cambiantes en el

---

<sup>7</sup> M. O. Nanut y J. C. San José Rodríguez. «Fuentes Medicinales Argentinas». En: *Bol. Soc. Esp. Hidrol. Méd.* 14 (1 1999), págs. 7-15.

<sup>8</sup> Ver ref. 1

<sup>9</sup> Comba, A. A., comunicación personal.

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---

ambiente lacustre que ocupa.<sup>10,11</sup> La salinidad se define como los gramos de sales por cada litro de agua, y se representa con las unidades g/L.

En épocas recientes las mayores proporciones de sal por litro de agua han sido registradas en el año 1911, alcanzando los valores de saturación similares a los que hoy tiene el Mar muerto. Si bien se encuentra documentado que la menor superficie cubierta por la laguna que se haya registrado cartográficamente fue en el año 1891. Aún cuando no se dispone de los valores de salinidad de ese año, la concentración de sales solo puede haber sido la máxima permitida por la solubilidad del cloruro de sodio (alrededor de los 360 g/L), principal componente entre las sales del agua de Mar Chiquita.<sup>12</sup>

Hasta 1970 la salinidad, aún en descenso, se mantuvo alta pero hacia fines de esa década el continuo incremento de volumen en la laguna condujo a una marcada disminución

---

<sup>10</sup> Piovano y col., «Hydrological Variability in South America Below the Tropic of Capricorn (Pampas and Patagonia, Argentina) During the Last 13.0 Ka».

<sup>11</sup> E. H. Bucher, G. G. Pizarro y E. D. Curto. «Síntesis geográfica». En: *Bañados del Río Dulce y Laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina)*. Ed. por E. H. Bucher. Academia Nacional de Ciencias (Córdoba, Argentina), 2006. Cap. 1, págs. 15-27.

<sup>12</sup> Piovano, Zanor y Ariztegui, «Historia Geológica y Registro Climático».

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---

de la misma, alcanzando valores mínimos en el año 2003, inferiores a la cantidad de sales de los océanos. Al presente, si bien se registran incrementos respecto del 2003, aún se mantienen valores de salinidades que apenas representan un 20 a 25 % del máximo posible. La superficie cubierta mínima que ha podido documentarse ha sido de 110.000 ha en 1891 (75 km de este a oeste y 35 km de norte a sur), mientras que la máxima fue de 600.000 ha en el 2003 (110 km este-oeste y 90 km norte-sur). Su tamaño más frecuente en los últimos 130 años ha oscilado entre 200 y 300 mil hectáreas.

Dada su escasa profundidad, inferior a 10 metros, siendo el promedio de alrededor de los 5 metros, el mezclado permanente del agua está asegurado logrando valores prácticamente constantes en todo el volumen de Mar Chiquita para la salinidad. La excepción son las regiones donde desembocan los ríos que vierten sus aguas en ella.

En la Tabla 2.1 se muestra la salinidad global de la Laguna Mar Chiquita desde 1911 hasta el presente. En este trabajo se pesó la masa de residuo seco que corresponde a la evaporación de un litro (1 L) de agua de laguna.

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---

**Tabla 2.1:** Salinidad de la Laguna Mar Chiquita en los últimos años

Año	Salinidad (g/L)	Referencia (Año)
1890	60	Grumbkow (1890)
1906	223	Frank (1915)
1911	360	Frank (1915)
1912	291	Frank (1915)
1914	310	Frank (1915)
1915	84	Frank (1915)
1922	186,8	CADNE (1979)
1923	138,6	CADNE (1979)
1924	132,5	CADNE (1979)
1924	180,7	CADNE (1979)
1925	176,1	CADNE (1979)
1930	258	Frengelli y col. (1932)
1938	288	Vásquez y col. (1979)
1953	251	Bertoldi de Pomar (1953)
1970	270	Martínez (1991)
1986	29	Martínez (1994)
1992	35	Martínez y col (1994)
2001	34	Salvetti (1992)
2003	25	Promar (2016)
2011	70	Baschini y col. (2011)
2015	55	Soria y col. (2015)

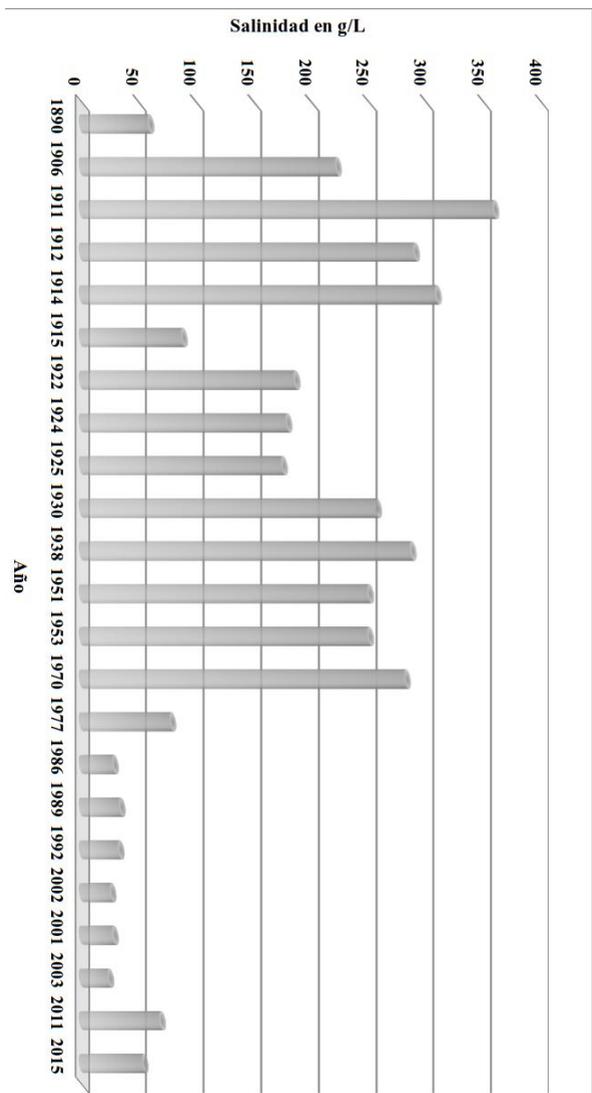
(Fuente: Bucher<sup>13</sup> y datos propios)

---

<sup>13</sup> E. H. Bucher y A. E. Bucher. «Limnología física y química». En: *Bañados del Río Dulce y Laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina)*. Ed. por E. H. Bucher. Academia Nacional de Ciencias (Córdoba, Argentina), 2006. Cap. 5, págs. 79-101.

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---



**Figura 2.1:** Evolución de la salinidad en aguas de la Laguna Mar Chiquita.

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---

El esquema de oscilaciones en la salinidad puede notarse mejor en la Fig. 2.1 de la página anterior.

Durante las épocas en las cuales las cantidades de sal se mantuvieron por debajo de los 50 g/L (1980 a 2005) se reprodujo en forma natural la especie pejerrey tan intensamente, que parte importante de la actividad productiva de la localidad se centró en su pesca.<sup>14</sup> Cabe destacar que hasta fines de 1970 la población de Miramar, radicada en la ribera de la laguna, no había presenciado la existencia de peces en sus aguas.

### **2.2 Componentes disueltos en el agua.**

Las sales disueltas en agua pueden resultar muy diferentes, y en cada ecosistema suelen prevalecer los aniones y cationes específicos del mismo, relacionados con la historia geológica del sitio y de sus afluentes. En la Laguna Mar Chiquita el predominio es de cloruro de sodio, lo que denominamos sal común de mesa, con cantidades importantes de sulfato de sodio y de calcio. Los iones disueltos en el agua de la Laguna Mar Chiquita son comparables, aunque

---

<sup>14</sup> E. H. Bucher y M. Etchegoin. «El pejerrey como recurso». En: *Bañados del Río Dulce y Laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina)*. Ed. por E. H. Bucher. Academia Nacional de Ciencias (Córdoba, Argentina), 2006. Cap. 12, págs. 201-217.

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---

no idénticos, a las de otros sistemas que se utilizan con propósitos terapéuticos, tales como las aguas del Mar Menor y las del Mar Muerto. En el Mar Muerto se destaca la presencia de magnesio como catión y es relevante la presencia de bromuro como anión, estando prácticamente ausente la presencia de sulfatos. Sin embargo el ecosistema del Mar Menor localizado en Murcia, España, aún siendo mucho más pequeño que Mar Chiquita, presenta una elevada similitud con ésta, en cuanto a los componentes de sus aguas.

Los análisis detallados de componentes y parámetros más destacados, tales como pH y conductividad se dan en las Tablas 2.2 y 2.3.

En términos generales y para un cierre del análisis químico razonable, la relación STD/Cond debe caer en el rango 0,55-0,70. Se observa que en varios casos esta relación se supera con holgura, indicando una subestimación en la medición de la conductividad: se conoce que a medida que las soluciones se tornan más salinas se pierde la proporcionalidad con la conductividad específica.

Si se evapora completamente una muestra de agua de la laguna se obtiene el residuo salino donde su composición en especies minerales es cloruro de sodio (NaCl) 76,0%, sulfato de sodio (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) 14,0% y sulfatos de sodio y

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---

**Tabla 2.2:** Composición fisicoquímica y comparativa de varios sistemas salinos

Parámetro	MC*	APL*	MC	MMu	MMe
pH	8,18	7,38	7,87		8,00
Cond. (mS/cm)	73,30	1,64	72,40		93,40
STD (g/L)	55,19	0,99	69,50	362	78,01

**Tabla 2.3:** Comparación química de varios sistemas salinos

Parámetro	MC*	APL*	MC	MMu	MMe
Aniones (en mg/L)					
Cloruros	33412	222	32162	239287	41475
Sulfatos	8921	325	11589	536	6497
Bicarbonatos	189	293	639	332	122
Carbonatos	48	nd	63	16	48
Cationes (en mg/L)					
Sodio	19788	362	20351	42090	23298
Potasio	241	14	250	8211	1025
Calcio	453	22	3302	18400	391
Magnesio	560	10	1285	47142	2823

MC: Mar Chiquita (2011); APL: Agua potable de la localidad;

MMu: Mar Muerto; MMe: Mar Menor

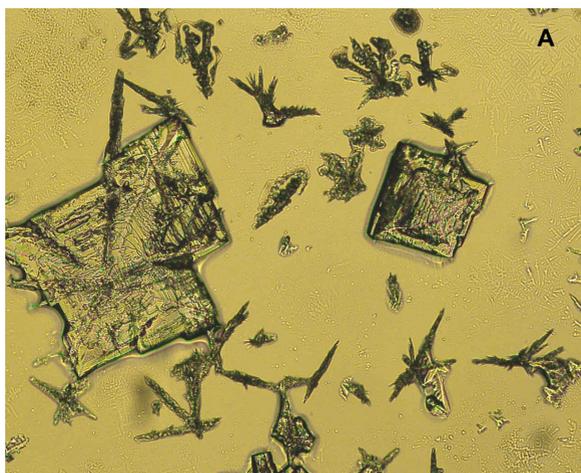
\* Estado actual

calcio de composición variada en un 10%. Si bien las sales obtenidas resultan totalmente dependientes de las condiciones de precipitación, como puede verse cuando se analizan los

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---

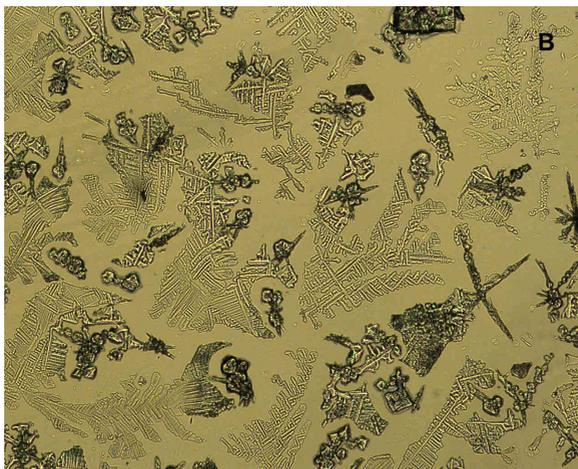
depósitos superficiales de la costa (Capítulo 6), sin duda los componentes salinos mayoritarios de las aguas de Laguna Mar Chiquita son cloruro de sodio y sulfato de sodio, ambos utilizados comúnmente en formulaciones de sales de baño.<sup>15</sup> Las Figs. 2.2 y 2.3 muestran cristales de cloruro y sulfato de sodio, respectivamente, obtenidos por evaporación del agua de la laguna.



**Figura 2.2:** Cristales de cloruro de sodio (A), obtenidos por evaporación de fuente natural.

---

<sup>15</sup> M. I. Carretero León y M. Pozo Rodríguez. *Mineralogía aplicada: salud y medio ambiente*. Ed. Paraninfo, 2007.



**Figura 2.3:** Cristales de sulfato de sodio (B), obtenidos por evaporación de fuente natural.

### **2.3 Densidad y Tensión superficial.**

El uso de las aguas en técnicas de inmersión e hidroterapia se basa en factores mecánicos, favorecidos por las mismas, que incluyen aspectos tales como flotación, densidad y tensión superficial. Una elevada flotación mejora la posibilidad de ejercitar el movimiento bajo el agua, lo cual es importante en pacientes con movilidad reducida. En estos casos se establece como propósito de la terapia que pueda lograr una recuperación progresiva, así como la reducción del estrés sobre las articulaciones y una mejora del equilibrio. Los

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---

elevados valores de densidad y de tensión superficial facilitan todo este proceso.

La densidad es una medida de la masa de agua por unidad de volumen, mientras más alto es el contenido de sales disueltas más se incrementa esta propiedad. La tensión superficial otorga una medida de la resistencia de la superficie del agua a separarse cuando un cuerpo se introduce en ella. Mientras más elevada es, mayor es el esfuerzo que debe realizar el paciente para llevar a cabo sus movimientos. En definitiva, una mayor presencia de sales aumenta los valores para ambos parámetros y facilita un incremento en la resistencia y el esfuerzo que debe realizar el paciente que recibe el tratamiento de hidroterapia.

En la Tabla 2.4 se comparan los valores para agua de la laguna, agua de consumo de la localidad y agua destilada (libre de sales), medidos a 20 °C.

**Tabla 2.4:** Valores de densidad ( $\delta$ ) y tensión superficial ( $\gamma$ ).

Muestra	$\delta$ (g/mL)	$\gamma$ (dinas/cm)
Agua de la laguna	1,047	80,0
Agua potable	1,009	78,7
Agua destilada	1,000	72,8

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---

El valor elevado (natural) de densidad del agua de laguna es altamente beneficioso para la realización de los baños de inmersión. Con el propósito de evaluar la posibilidad de mezclar agua de laguna con agua de consumo para su uso en bañeras, se determinaron los valores de densidad de diferentes proporciones combinadas. Para dichas muestras también fue evaluado el valor de conductividad resultante, lo cual representa al contenido de sales en cada sistema. Con fines comparativos estos mismos parámetros se determinaron para una muestra de solución fisiológica comercial, indicada en múltiples usos terapéuticos debido a su isotonicidad (tiene la misma concentración de sustancias) con el plasma sanguíneo y mucosas biológicas (Tabla 2.5).

Si bien en valores de densidad la solución fisiológica se parece al agua de consumo de la localidad, en cuanto a su conductividad se encuentra más próxima a la dilución donde el 80% es agua potable y el 20% agua de laguna, lo cual puede atribuirse a las diferentes composiciones en sales de cada sistema, ya que la solución fisiológica sólo contiene cloruro de sodio, mientras que el agua de la laguna presenta disueltas otras sales (además del cloruro de sodio).

El agua de la localidad procede de perforaciones realizadas para su consumo, de una napa de agua potable que

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---

**Tabla 2.5:** Valores de densidad y conductividad específica ( $\kappa$ ) a 20 °C, para mezclas de aguas de laguna y de consumo de la localidad

Muestra	$\delta$ (g/mL)	$\kappa$ (mS/cm)
SF*	1,0074	17,03
% de agua de laguna		
0	1,0089	1,64
20	1,0175	19,33
40	1,0203	31,30
60	1,0299	46,70
80	1,0385	50,00
100	1,0469	73,30

\* SF corresponde a solución fisiológica, a la misma temperatura

se encuentra a unos 70 metros de profundidad y que tiene una importante concentración de sales; no es agua de red que se distribuya por todo el pueblo.

A partir de estos resultados, y dependiendo de la salinidad del agua de laguna que cambia con los ciclos de lluvia y sequía del continente, sería posible organizar sistemas de baños de inmersión con diferentes proporciones de agua potable y agua de laguna, acorde a la flotabilidad que pretenda lograrse cuando se realicen los baños.

#### **2.4 Curvas de enfriamiento.**

La aplicación en balneoterapia o hidroterapia de las aguas mineromedicinales tiene efectos térmicos. El agua es un medio excelente para administrar o sustraer calor al organismo debido a sus altos valores de calor específico y conductividad térmica, lo cual le permite almacenar gran cantidad de calor y perderlo lentamente. Los efectos térmicos producidos en el organismo dependen esencialmente del tiempo de aplicación y de la temperatura del agua, pudiéndose ser aplicada a temperaturas superiores o inferiores a la corporal.

Las acciones más destacadas producidas en el organismo mediante el baño caliente son: vasodilatadora, relajante, analgésica, descontracturante muscular que, unidas a la acción mecánica del impulso o empuje del agua (efecto de flotación), facilitan extraordinariamente los movimientos dificultados por insuficiencia muscular, dolores, rigideces, etc.<sup>16</sup>

En aplicaciones externas o vía tópica de balneoterapia, se suelen aplicar baños termales generales con agua mineromedicinal a una temperatura de 37,5 a 39 °C, con una

---

<sup>16</sup> C. Aramburu de Vega, E. M. Muñoz Díaz y C. Igual Camacho. *Electroterapia, termoterapia e hidroterapia*. Ed. Síntesis, 1999.

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

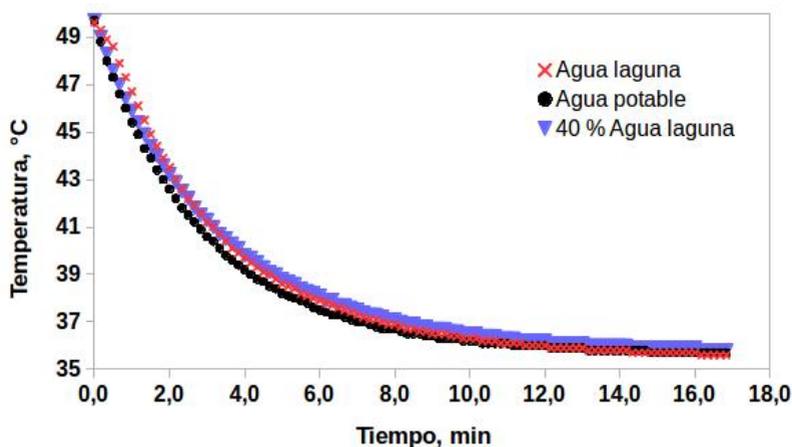
---

duración aproximada de 15 a 20 minutos. Luego de recibir el baño caliente, se produce una reacción orgánica con una fase de hipersudoración que es facilitada mediante un período de descanso con la cobertura total del cuerpo con mantas, durante unos 30 a 40 minutos. Otra forma de aplicación es mediante chorros a media presión y temperatura entre 39 y 42 °C, dando lugar a una intensa acción mecánica (presión) y térmica.

La evaluación de la velocidad de enfriamiento de una cierta masa de agua, denominada cinética de enfriamiento, permite clasificar al agua como adecuada o no para los tratamientos de hidroterapia. Para ello se evalúa el tiempo necesario en que una muestra de agua a temperatura de unos 50 °C alcance la temperatura corporal. Al realizar las correspondientes determinaciones con las muestras procedentes del agua de laguna, potable y una mezcla de ambas, se obtienen las curvas de enfriamiento que se muestran en la Fig. 2.4.

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---

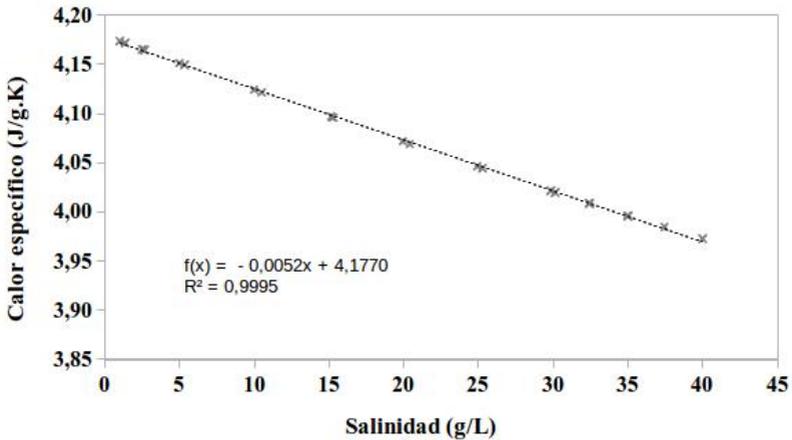


**Figura 2.4:** Curvas de enfriamiento de muestras de agua.

Si bien la velocidad de enfriamiento resulta similar para el agua de la laguna y el agua potable de la localidad, una mezcla de ambas produce una leve mejoría en relación a dicho parámetro, lo cual es promisorio si se piensa en baños de inmersión donde se utilice el agua de la laguna mezclada con agua de la localidad.

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---



**Figura 2.5:** Variación del calor específico con el contenido salino.

El calor específico mide la cantidad de calor necesaria para elevar en un grado la temperatura de un gramo de sustancia, y es justamente el agua quien tiene el calor específico más alto. Mientras mayor resulte el contenido salino en el agua el valor de calor específico irá disminuyendo gradualmente, tal como puede verse en la Fig. 2.5, obtenida con datos de Millero y col.<sup>17</sup>

---

<sup>17</sup> F. J. Millero, G. Perron y J. E. Desnoyers. «The heat capacity of seawater solutions from 5 to 35 °C and 0,5 to 22 % chlorinity». En: *Journal of Geophysical Research* 78 (1973), págs. 4499-4507.

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---

Por esa razón, a medida que la salinidad del agua se incrementa el calor específico de la misma disminuye. Sucede algo similar en los fangos, donde la presencia de una fase sólida incorporada al sistema, disminuye el calor específico del material.

Sin embargo la presencia de sales o de sólidos dispersos puede producir una sensación de bienestar en el momento de su aplicación. En el caso de la muestra del agua de laguna, el valor de calor específico obtenido fue 3,937 J/g K.

### 2.5 Capacidad antioxidante.

Algunos investigadores españoles<sup>18,19</sup> han evidenciado el efecto antioxidante de las aguas mineromedicinales sulfuradas y bicarbonatadas sulfatadas, mediante diferentes vías de administración: tópica, inhalatoria e hidropínica o de bebida. La acción de los antioxidantes se basa en la captura de radicales libres o en su capacidad reductora.

---

<sup>18</sup> A. Hernández Torres. «Niveles urinarios de los productos de peroxidación lipídica: Acción antioxidante en el organismo humano del tratamiento crenoterápico con aguas sulfuradas y peloides.» Tesis doct. Universidad Complutense de Madrid, 1997.

<sup>19</sup> E. Cuenca Giralde. «Influencia de la crenoterapia con aguas bicarbonatadas sulfatadas en el estrés oxidativo de una población balnearia». Tesis doct. Universidad Complutense de Madrid, 2003.

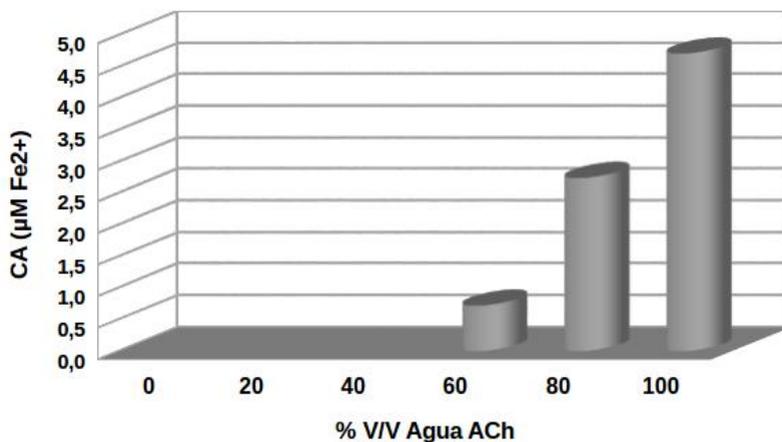
## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---

De esta manera se abren nuevas vías, mediante el uso terapéutico de las aguas termales, para tratar los procesos degenerativos como así también para actuar contra el propio proceso natural del envejecimiento, retrasando su avance. En el presente estudio se determinó la capacidad antioxidante del agua de la laguna, del agua de consumo de la localidad Miramar de Ansenusa, y de mezclas de ambas, encontrándose efecto antioxidante positivo a partir de mezclas conteniendo 60 % o mas, de agua de la laguna, como se muestra en la Fig. 2.6. Cuando se dejó transcurrir un tiempo mayor al estipulado por el método, se observaron señales de capacidad antioxidante en todas las muestras conteniendo agua de la laguna.

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---



**Figura 2.6:** Capacidad antioxidante (CA) de muestras de agua.

Los valores obtenidos, expresados en  $\mu\text{moles/L}$  de  $\text{Fe}^{3+}$  reducido son relativamente bajos; eso resulta notorio al comparar con los valores de capacidad antioxidante de los fangos. Sin embargo resulta muy promisorio que se hayan obtenido resultados positivos.

La presencia de sulfatos, aunque no sean los aniones mayoritarios, podría coadyuvar al carácter antioxidante del agua de la Laguna Mar Chiquita. En el caso del agua de consumo, es probable que no presente esta propiedad debido a la baja concentración de sulfatos, entre otras causas.

## 2. Aguas de Mar Chiquita - Soria y col.

---

Es importante aclarar que las investigaciones citadas han realizado el tratamiento con aguas en sus diferentes vías de administración (oral, tópica e inhalatoria) y analizado su efecto en diferentes combinaciones, para lo cual se requirió una muestra poblacional.

Por lo tanto, al igual que en el caso de los fangos, se propone seguir investigando esta propiedad de gran importancia encontrada en las muestras naturales analizadas, para poder anticipar si la aplicación del material mediante fangoterapia o hidroterapia tendrá o no actividad antioxidante.

### **3. Composición de los Fangos de Laguna Mar Chiquita - A. Maggio, C. Soria, M. Setti, G. Pettinari, M. Rueda y M. Baschini**

Los materiales que constituyen fangos o peloides para su aplicación directa sobre la piel suelen usarse tal como se extraen de sus sitios naturales de maduración, o acondicionados a partir de tratamientos que mejoren su presentación. Como ejemplo de estos últimos, se reconocen a nivel mundial los productos elaborados con materiales procedentes del Mar Muerto. Otras opciones son aquellos peloides que se obtienen a partir de una mezcla de arcillas con aguas mineromedicinales, a los que suelen agregarse componentes que tienen un efecto farmacológico específico.

---

Mónica Rueda - Asentamiento Universitario Zapala, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, 12 de Julio y Rahue, (8340) Zapala. Neuquén.

*monica.rueda@auza.uncoma.edu.ar*

Massimo Setti - Dip. Scienze della Terra e dell'Ambiente Università degli Studi di Pavia via Ferrata, 9 27100 Pavia (Italy). *massimo.setti@unipv.it*

Andrea Maggio, Carlos Soria, Gisela Pettinari y Miria Baschini - Facultad de Ingeniería e Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos, Biotecnología y Energías alternativas, PROBIEN (CONICET-Universidad Nacional del Comahue).

*miria.baschini@fain.uncoma.edu.ar*

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

En este capítulo en particular se presentan los aspectos relacionados a la composición de dos fangos o peloides procedentes de la laguna Mar Chiquita, Córdoba, quienes tienen como diferencia fundamental el tiempo de estacionamiento. Se los identifica como CH1 y CH2. El fango CH1 fue extraído desde el fondo de la laguna y dejado en contacto con mayor cantidad de agua que la que naturalmente retiene, en el proceso denominado maduración. Mientras que CH2 fue extraído y analizado inmediatamente.

También se comparan los resultados obtenidos con algunos previos en materiales anteriores, cuando desde el equipo de trabajo se escribió el primer libro de divulgación,<sup>1</sup> con niveles de volumen de agua considerablemente menores al actual. Esa muestra, cuando se la menciona, se identifica con el nombre de CH0. El detalle de las determinaciones experimentales, tanto para fangos como para el agua, puede encontrarse en el trabajo de Proyecto Integrador Profesional (PIP) desarrollado por la Ing. Andrea Maggio.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> M. Baschini, E. Piovano y M. Setti. *Aguas, Fangos y sales naturales con Potenciales Usos terapéuticos, Laguna Mar Chiquita – Córdoba – Argentina*. Ed. EDUCO, 2011.

<sup>2</sup> A. Maggio. *Caracterización y evaluación de productos naturales y maduros con potenciales usos en terapéutica y cosmética*. PIP. Neuquén: U. N. del Comahue, 2016.

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

#### 3.1 Valores de pH y conductividad.

El pH indica la concentración de iones hidrógeno ( $H^+$ ) en la muestra mientras que la conductividad específica mide la capacidad de una solución de conducir la electricidad, debido a la disociación electrolítica y se relaciona con la cantidad de iones presentes. En la Tabla 3.1 se muestran los resultados para CH1 y CH2, a 21 °C.

**Tabla 3.1:** Valores de pH y conductividad específica,  $\kappa$ .

Muestra	pH	$\kappa$ (mS/cm)
CH1	8,09	25,8
CH2	8,20	10,1

CH1 y CH2 presentan un medio levemente alcalino, ya que sus valores de pH se encuentran por encima de 7, y altas conductividades que se encuentran relacionadas en forma directa con la elevada presencia de sales. No se encuentran casos documentados de ecosistemas con estas características que se comporten como medios ácidos. Observamos que la conductividad de la muestra CH1 es notablemente superior a la que presenta CH2, diferencia que puede atribuirse al proceso de almacenamiento y maduración. En este sentido, la separación del material procedente del fondo de la laguna,

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

y su almacenamiento acompañado del agua de laguna como sobrenadante facilita una mayor precipitación de sales en el material.

Cuando se preparan suspensiones de estos sistemas en agua destilada resulta muy notable el contraste entre el sobrenadante límpido de CH1 respecto del sobrenadante con elevada turbidez de CH2. Esto puede atribuirse a la mayor presencia de sales de CH1, las cuales contribuyen a una mejor sedimentación del sistema, como se aprecia en la Fig. 3.1.



**Figura 3.1:** Suspensiones de las muestras CH1 y CH2 en agua destilada.

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

#### 3.2 Color de fangos.

En los fangos o peloides, el color en sí tiene relevancia en cuanto a su aceptabilidad o no por parte del paciente, ya que en general se asocia a una característica propia de cada material. El usuario identifica con facilidad a los fangos grises del sistema geotermal de Copahue, y fangos negros en las lagunas salobres como es el caso de Mar Chiquita. Por otra parte los colores oscuros en estos sistemas favorecen en forma natural una mayor absorción de radiación y, por ende, suelen considerarse mejores materiales para propiciar efectos termoterápicos (terapia asociada al calor). También es conocido que el color (en suelos, fangos y arcillas) guarda una estrecha relación con los componentes sólidos, lo cual se asocia en forma directa a su composición mineralógica.

Las medidas asociadas al color son  $L^*$  (luminosidad),  $a^*$  (cromaticidad sobre un eje que va del verde (-) al rojo (+)) y  $b^*$  (cromaticidad sobre un eje que va del azul (-) al amarillo (+)). A partir de estos valores numéricos se pueden calcular las funciones de color  $C^*_{ab}$  (croma) y  $h_{ab}$  (ángulo de tono). Los valores obtenidos en los fangos de Mar Chiquita son los que se muestran en la Tabla 3.2.

Los resultados indican que la luminosidad ( $L^*$ ), que mide la capacidad de reflejar la luz del negro al blanco (0-100),

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

**Tabla 3.2:** Resultados de los parámetros de color

Muestra	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*_{ab}$	$h_{ab}$
CH1	58,41	-0,42	8,49	8,50	92,83
CH2	55,79	-0,06	8,13	8,13	90,42

es menor para CH2 que para CH1. Los valores negativos de  $a^*$  indican un leve desplazamiento hacia el verde, pero su cercanía con el valor cero indica el predominio del color gris. Los valores de  $b^*$  se encuentran en la zona del amarillo. La función croma,  $C^*_{ab}$ , es la expresión relativa o la fuerza del color espectral y aumenta de acuerdo a la disminución de los grises. El menor valor de este parámetro se obtuvo para CH2.

Para los fangos es deseable una mayor capacidad de absorción de las radiaciones electromagnéticas, cuya energía puede ser cedida al paciente luego de su aplicación y exposición al sol o a lámparas luminosas en tratamientos de spa. La absorción de luz es inversa a la luminosidad.

Se observa que el fango CH2 presenta menor luminosidad que CH1, absorbiendo la mayor parte de la luz que incide sobre la superficie, lo cual le otorga el color gris característico. Aún cuando los parámetros de color son propicios en ambos sistemas, el fango usado sin maduración es más eficiente en esta propiedad respecto del madurado.

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

#### 3.3 Caracterización mineralógica.

La composición de estos fangos en cuanto a sus minerales constituyentes se obtiene a partir del análisis de los diagramas de difracción de Rayos X (DRX). La composición mineralógica de detalla en la Tabla 3.3 y se compara con los datos de composición obtenido para fangos hace 5 años (muestra CH0).

**Tabla 3.3:** Composición mineralógica de los fangos

Composición		CH0	CH1	CH2
Silicatos	Cuarzo	✓	✓	✓
	Mica	✓	✓	✓
	Feldespato potásico	✓	✓	✓
	MAND	✓	✓	✓
	Plagioclasa	✓	✓	✓
Cloruros	Halita	✓	✓	✓
Sulfatos	Glauberita	✓	✓	✓
	Yeso	✓		
	Sulfohalita	✓	✓	✓
Carbonatos	Calcita			✓

El símbolo ✓ indica presencia del componente.

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

La fórmulas químicas de los compuestos de la Tabla 3.3 son las que se indican a continuación:

- Cuarzo:  $\text{SiO}_2$
- Calcita:  $\text{CaCO}_3$
- Halita:  $\text{NaCl}$
- Mica (Moscovita):  $\text{KAl(OH,F)}_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$
- Feldespato potásico:  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$
- Sulfohalita:  $\text{Na}_6(\text{SO}_4)_2\text{FCl}$
- MAND: Minerales arcillosos no diferenciados
- Plagioclasa:  $(\text{Na,Ca})(\text{Si,Al})_3\text{O}_8$
- Glauberita:  $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$
- Yeso:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Los componentes mayoritarios resultan ser halita (cloruro de sodio) y cuarzo. Si bien no se han identificado las proporciones exactas de cada mineral se encuentra una importante diferencia en cuanto a la mayor proporción de halita para el fango CH1, seguido de cuarzo, mientras

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

que CH2 tiene un mayor contenido de cuarzo y en segundo lugar halita. En menor proporción, ambas muestras presentan minerales arcillosos, mica, glauberita, feldspatos y sulfosalita en el mismo orden de abundancia.

En cuanto al contenido de azufre, en los fangos actuales sólo se ha detectado presencia de sulfatos, presentes bajo la forma de los minerales glauberita y sulfosalita, mientras que en muestras anteriores pudo detectarse presencia de sulfuros.

#### 3.4 Análisis químico.

Los análisis químicos de estos fangos se realizaron mediante espectrometría de fluorescencia de rayos X (EFRX), técnica que a su vez permite evaluar la pérdida por calcinación (*PPC*). Este parámetro indica el contenido de compuestos volátiles, por ejemplo carbonatos (que se descomponen liberando  $\text{CO}_2$ ), azufre, sulfuros y sulfatos (que se descomponen liberando  $\text{SO}_2$ ), y materia orgánica.

La *PPC* se efectuó en horno mufla a 1000 °C durante una hora. El porcentaje de cenizas (*C*) es el contenido de componentes sólidos después de su incineración, es decir que se obtiene a partir de la siguiente relación:  $C = 100 - PPC$ . La composición química se detalla en la Tabla 3.4.

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

**Tabla 3.4:** Composición química porcentual de los fangos

Composición	CH1	CH2
SO <sub>3</sub> (Azufre)	3,40	2,52
SiO <sub>2</sub> (Silicio)	37,62	50,60
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Aluminio)	11,22	14,17
Na <sub>2</sub> O (Sodio)	7,25	3,89
CaO (Calcio)	4,32	4,61
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (Hierro)	3,27	3,80
K <sub>2</sub> O (Potasio)	2,37	2,79
MgO (Magnesio)	2,32	2,47
TiO <sub>2</sub> (Titanio)	0,45	0,59
MnO (Manganeso)	0,06	0,07
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Vanadio)	0,04	0,02
SrO (Estroncio)	0,03	0,03
ZrO <sub>2</sub> (Zirconio)	0,01	0,01
Rb <sub>2</sub> O (Rubidio)	0,01	0,01
ZnO (Zinc)	tr*	0,01
CuO (Cobre)	–	0,01
Cl (Cloro)	6,81	3,04
<i>PPC</i>	20,81	11,33

\* tr: Trazas

Los fangos CH1 y CH2 tienen un alto porcentaje de minerales de Si y Al, hecho concordante con la composición mineralógica observada. También se detecta elevada presencia de Na y Cl en estos dos materiales debido

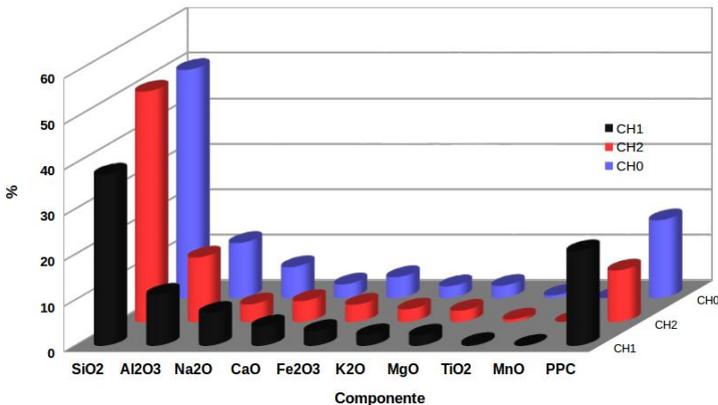
### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

a la cantidad de sales depositadas junto con el resto de los minerales. CH1 presenta mayor contenido de Na, Cl y menor contenido de Si y Al, es decir que tiene mayor proporción de sales (halita o cloruro de sodio) y menor proporción de cuarzo que CH2.

En cuanto a la PPC, observamos que es mayor en CH1. Esto tiene una importante influencia en las propiedades térmicas, lo cual se discute en la siguiente sección.

En la Fig. 3.2 se comparan gráficamente los contenidos de elementos entre los fangos procedentes de laguna Mar Chiquita, incluyendo CH0.



**Figura 3.2:** Composición porcentual mineral de los fangos.

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

Las principales diferencias encontradas entre las muestras radican en los valores de *PPC*, óxido de sodio y óxido de silicio, mostrando que las variaciones más notables se producen en el contenido de sales, razón por la cual cambia la proporción de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) y pérdida por calcinación (*PPC*).

En la Tabla 3.5 se comparan los resultados de los análisis químicos de los fangos de Mar Chiquita (CH0) con los procedentes del Mar Menor (Murcia, España) y del Mar Muerto (Israel, Jordania), publicados previamente.<sup>3</sup>

**Tabla 3.5:** Comparación composicional de fangos

Composición	Mar Chiquita	Mar Muerto	Mar Menor
$\text{SiO}_2$ (Silicio)	50,1	23,7–33,7	18,4
$\text{Al}_2\text{O}_3$ (Aluminio)	12,1	4,8–8,4	3,6
$\text{Fe}_2\text{O}_3$ (Hierro)	4,6	2,4–4,3	1,7
$\text{MgO}$ (Magnesio)	2,7	4,2–6,2	4,1
$\text{CaO}$ (Calcio)	3,0	20,6–27,9	26,5
$\text{Na}_2\text{O}$ (Sodio)	6,8	0,8–0,9	4,3
$\text{K}_2\text{O}$ (Potasio)	2,6	0,7–1,1	1,1
$\text{TiO}_2$ (Titanio)	0,6	0,4–0,8	0,2
$\text{P}_2\text{O}_5$ (Fósforo)	0,24		
$\text{MnO}$ (Manganeso)	0,07	0,07–0,1	0,02
<i>PPC</i>	17,1	s/d	37,7
<i>TOC</i> (Carbono total)	2,24	s/d	s/d

---

<sup>3</sup> Ver ref. 1 y datos citados allí.

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

Los datos de la tabla anterior indican una mayor presencia de aluminosilicatos en los fangos de Mar Chiquita en comparación con los del Mar Menor y los del Mar Muerto, situación que se invierte para el caso del calcio.

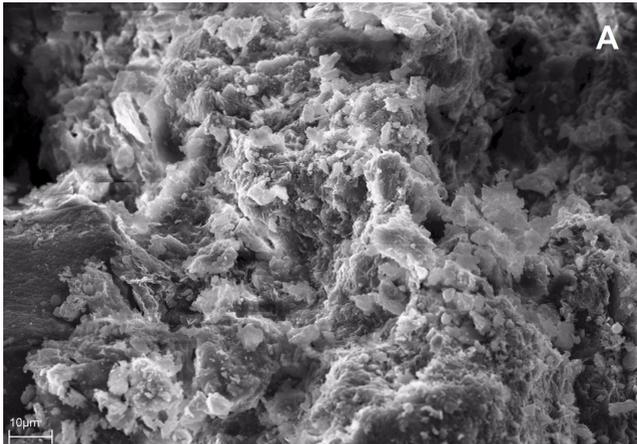
#### **3.5 Imágenes de Microscopía Electrónica de Barrido (MEB).**

Mediante esta técnica se analizó la textura del fango CH0, que se encuentra representada por los diferentes componentes mineralógicos, su tamaño, su hábito y las relaciones entre ellos. Tal como se observa en la Fig. 3.3, en una vista general, los espacios entre los minerales se encuentran ocupados por minerales arcillosos, estos denotan un hábito laminar, pseudorectangular de bordes irregulares, de un tamaño de 4 micrones y con una disposición entre ellos de tipo cara-cara. A modo de recubrimiento se observaron pequeñas partículas de cloruros y sulfatos. En la fotografía B de la Fig 3.4, tomada con mayor aumento (escala de 2 micrómetros = 0,002 milímetros) respecto a la A (escala 10 micrómetros = 0,010 milímetros) se pueden observar con mayor detalle las sales que revisten las partículas del fango.

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

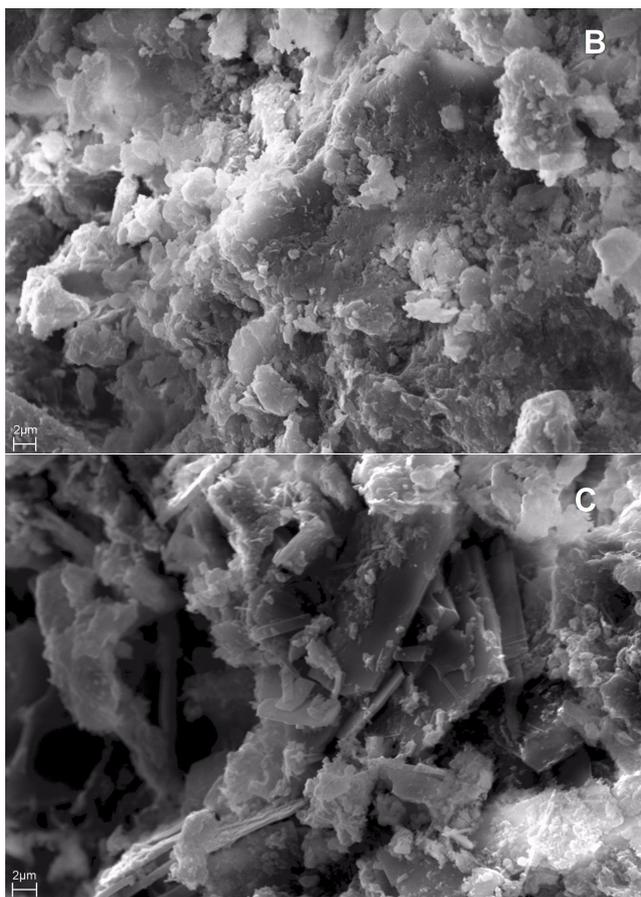
En la fotografía C de la misma figura se pueden diferenciar, en una disposición caótica, posibles sulfatos de hábito tabular de 7-8 micrones; sobre la superficie de éstos y en forma dispersa se encuentran partículas de hábito de tipo tablillas angostas de 2 a 4 micrones. Además se pueden diferenciar precipitados de hábito cúbico símil halita en el cuadrante superior derecho y también aglomeradas sobre las partículas de hábito tabular.



**Figura 3.3:** Microscopía electrónica del fango CH0 (A).

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---



**Figura 3.4:** Microscopía electrónica del fango CH0 (B y C).

A partir de estas observaciones es posible proponer que la sal no sólo reviste y penetra entre las partículas de los minerales que constituyen el fango sino que además,

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

por el mecanismo de intercambio iónico, pueden incluso intercalarse en la estructura de los minerales de las arcillas.

De este modo es probable que se pueda pensar en una contribución a producir efectos terapéuticos asociados a dos mecanismos: la presencia de las sales mismas y las modificaciones que sufren los minerales arcillosos que han adsorbido e intercambiado los iones de dichas sales.

#### 3.6 Análisis granulométrico.

Los peloides o fangos de uso terapéutico cuentan en su composición con partículas sólidas suspendidas en un medio acuoso. Estas partículas sólidas presentan diferencia en sus tamaños, variando desde los correspondientes a la fracción denominada arena, pasando por el limo y llegando a las más finas, denominada fracción arcilla (Tabla 3.6).

**Tabla 3.6:** Fracciones y tamaños asociados.

	Fracción		
	Arcilla	Limo	Arena
Tamaño ( $\mu\text{m}$ )	Menor de 2	2–62	62–2.000

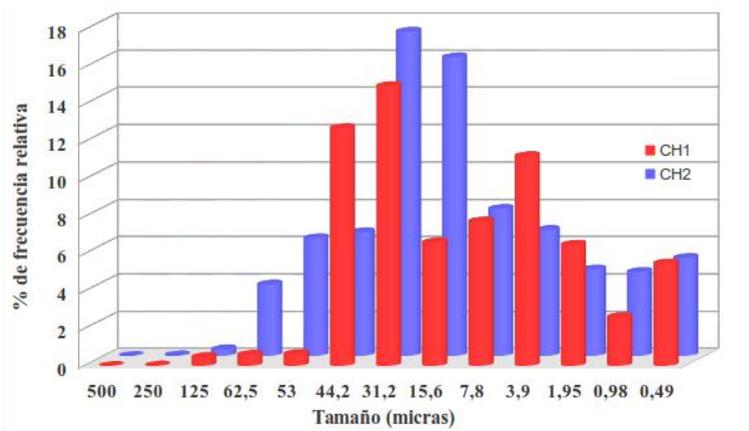
Es muy importante que predominen las partículas de menor tamaño ya que están constituidas por filosilicatos

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

(minerales de hábito laminar), los que deslizan entre sí favoreciendo el efecto durante la aplicación ya que producen una sensación de suavidad, además de ofrecer una superficie de contacto mas amplia con la piel. Si predominan las fracciones más gruesas tales como la arena, asociada a componentes de elevada dureza (abrasivos), la aplicación puede ocasionar molestias durante y con posterioridad a la misma.

Comparando los dos fangos aquí evaluados, es posible ver, tal como lo muestra la Fig. 3.5,



**Figura 3.5:** Porcentaje de frecuencia relativa de tamaño de partículas de la fase sólida.

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

que el tamaño de partícula predominante se encuentra a partir de los 62  $\mu\text{m}$  hacia abajo, lo cual es favorable en cuanto a su aplicación. En este caso CH1 presenta menores tamaños de partículas, aunque la distribución de tamaño resulta más simétrica para CH2.

Ambos fangos pueden clasificarse como limo–arcillosos, lo cual resulta muy apropiado en relación a sus propiedades terapéuticas.

Los límites de Atterberg permiten obtener los límites del rango de humedad dentro del cual el fango se mantiene en estado plástico. Los Límite Líquido (*LL*), Límite Plástico (*LP*) e Índice de Plasticidad (*IP*) resultan parámetros de importancia a la hora de aplicación, en especial por la relación entre los porcentajes de agua y de fase sólida implicados. El valor de *LP* indica el porcentaje de agua necesario para que el material pueda ser moldeado, mientras que el *LL* es el porcentaje de humedad de un material en el límite entre el estado semi-líquido y el estado plástico. Los límites obtenidos para ambas muestras se detallan la Tabla 3.7.

La cantidad de agua asociada a los *LL* y *LP* no resulta coincidente, lo cual implica que para CH1 las cantidades de agua asociadas en los fangos resultan superiores a los de la muestra CH2. Esto puede atribuirse a una mayor capacidad

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

**Tabla 3.7:** Límites de plasticidad.

Muestra	LL (%)	LP (%)	IP (%)
CH1	53	39,8	13
CH2	39,9	28,3	12

para la captación de agua debido a la elevada presencia de sales. Sin embargo, el *IP*, proporción de agua necesaria para pasar desde el estado plástico al líquido, resulta muy similar.

### **3.7 Materia Orgánica en el fango de laguna Mar Chiquita.**

La materia orgánica presente en los sedimentos de la laguna Mar Chiquita fue evaluada por da Silva y col.,<sup>4</sup> y también por Coianiz y col.<sup>5</sup> El porcentaje total de materia orgánica varía en relación con la profundidad de los sedimentos analizados, pero en general, en la fracción que corresponde a los 40 cm superiores de sedimentos, la

---

<sup>4</sup> L. S. V. da Silva y col. «Quantitative evaluation of sedimentary organic matter from Laguna Mar Chiquita, Argentina». En: *Organic Geochemistry* 39 (2008), págs. 450-464.

<sup>5</sup> L. Coianiz y col. «Environmental change in subtropical South America for the last two millennia as shown by lacustrine pigments». En: *Journal of Paleolimnology* 53.2 (2015), págs. 233-250. ISSN: 1573-0417.

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

proporción de materia orgánica se mantiene en proporciones superiores al 1 %, alcanzando valores máximos, del 3 %, a unos 2 cm de profundidad. En los análisis químicos que se muestran en la Tabla 3.5 puede verse que la cantidad de carbono total es de alrededor del 2 %, lo cual se relaciona con el contenido de materia orgánica y la presencia de carbonatos.

Los constituyentes de esta materia orgánica son una mezcla de hidrocarburos alifáticos, aromáticos y esteroides. Su origen corresponde a los procesos de degradación de algas, bacterias, plantas no vasculares y fitoplancton. La composición así como las estructuras químicas han sido ya descritas por da Silva y col.<sup>6</sup> En general, durante los niveles altos domina la materia orgánica de origen autóctono, es decir generada en la laguna, mientras que para los niveles bajos es de origen alóctono, generada fuera de la laguna.<sup>7</sup>

Las cantidades de materia orgánica halladas en estos sedimentos se corresponden con materiales no contaminados, mientras que la variabilidad observada se asocia a los períodos de elevación y descenso del nivel del agua en la laguna.<sup>8</sup>

---

<sup>6</sup> Ver ref. 4

<sup>7</sup> Ver ref. 4

<sup>8</sup> Piovano, Damatto Moreira y Ariztegui, «Recent environmental changes in Laguna Mar Chiquita (central Argentina): a sedimentary model for a

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

Abril y col.<sup>9</sup> han presentado un detallado estudio acerca de la población microbiana encontrada en aguas y sedimentos de la laguna Mar Chiquita, destacando las posibles interacciones que los mismos producen en su entorno. La presencia de estos microorganismos produce modificaciones en los componentes inorgánicos debido a sus características metabólicas, y constituyen una importante fuente de aporte para el contenido de materia orgánica.

La cantidad de materia orgánica que estos autores detectaron en las arenas costeras y fangos, varía entre 4,6–37,7 g/Kg de material lo cual se corresponde con porcentajes comprendidos entre el 0,46–3,77 % respectivamente.

Estudios previos llevados a cabo por el farmacéutico Salvetti, que datan del año 1992,<sup>10</sup> señalan la presencia de materia orgánica en los sedimentos de la laguna, alcanzando valores superiores a los documentados recientemente.

---

highly variable saline lake.»

<sup>9</sup> A. Abril, L. Noe y C. Merlo. «Grupos metabólicos microbianos de la laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina) y su implicancia en el ciclado de nutrientes.» En: *Ecol. austral* 20 (2010), págs. 81-88.

<sup>10</sup> Salvetti, H. - Comunicación personal

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

#### **3.8 Materia Orgánica en otros fangos de uso terapéutico.**

Respecto del contenido de materia orgánica en los sedimentos del Mar Muerto, Stiehl y col.<sup>11</sup> destacan la presencia de componentes derivados de la presencia de los organismos que viven en dicho sistema.

Los análisis geoquímicos de los fangos negros del Mar Muerto realizados por Nissenbaum y col.<sup>12</sup> muestran que el contenido de materia orgánica es relativamente bajo, entre un 0,6 a 0,8 %, y que dichos componentes tienen una muy baja proporción de ácidos húmicos, atribuyendo el aspecto oscuro y bituminoso a la presencia de sulfuros de hierro amorfos o poco cristalizados. En esta publicación los autores proponen que las propiedades terapéuticas de estos fangos podrían atribuirse a la presencia de las especies reducidas de sulfuros, al elevado contenido salino y a las propiedades fisicoquímicas de los sistemas, restando importancia a la

---

<sup>11</sup> T. Stiehl, J. Rullkötter y A. Nissenbaum. «Molecular and isotopic characterization of lipids in cultured halophilic microorganisms from the Dead Sea and comparison with the sediment record of this hypersaline lake». En: *Organic geochemistry* 36.9 (2005), págs. 1242-1251.

<sup>12</sup> A. Nissenbaum, J. Rullkötter e Y. Yechieli. «Are the Curative Properties of 'Black Mud' from the Dead Sea Due to the Presence of Bitumen (Asphalt) or Other Types of Organic Matter?» En: *Environmental Geochemistry and Health* 24.4 (2002), págs. 327-335.

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

materia orgánica que, aunque se encuentra presente, está en muy bajas proporciones.

En cuanto al contenido de materia orgánica en los fangos del Mar Menor, Carretero y col.<sup>13</sup> informan que sólo se encuentran en cantidades trazas en el mismo, lo cual implica una proporción muy baja, pero sin indicar porcentajes. No se han encontrado, hasta la fecha de divulgación de este material, publicaciones adicionales donde se haga un estudio más detallado acerca de la composición de la materia orgánica de los sedimentos del Mar Menor.

Un detallado estudio acerca de la materia orgánica presente en fangos de usos terapéuticos procedentes de 12 lagunas de salinidad elevada, localizadas en Mongolia, realizado por Tserenpil y col.<sup>14</sup> señala contenidos variables de materia orgánica, pero en casi todos los casos inferiores al 3%. Sólo en una de las lagunas forma parte del 15%. Entre esos 12 lagos las concentraciones salinas de los mismos varían entre los 4 a los 216 gramos de sal por cada litro de agua.

---

<sup>13</sup> M. I. Carretero León y col. «Mobility of elements in interaction between artificial sweat and peloids used in Spanish spas». En: *Applied Clay Science* 48 (2010), págs. 506-515.

<sup>14</sup> Sh. Tserenpil, G. Dolmaa y M. G. Voronkov. «Organic matters in healing muds from Mongolia». En: *Applied Clay Science* 49 (2010), págs. 55-63.

### 3. Composición de los fangos - Maggio y col.

---

Los lagos Khotont y Shargiin Tsagaan, con contenidos salinos de 68 y 59 g sal/L, respectivamente (similares a los niveles que actualmente tiene la laguna Mar Chiquita), tienen contenidos de materia orgánica próximos al 1 %.

Los contenidos de materia orgánica son más elevados en los lagos con aguas de menor salinidad, alcanzando, en la que tiene 4 gramos de sal por litro, hasta un 15 % del total de la composición del fango.

Los compuestos orgánicos presentes en estos fangos son ácidos húmicos, lípidos y carbohidratos. Los autores relacionan la presencia de estos componentes con la presencia de fitoplancton, bacterias que viven en las lagunas y plantas terrestres cercanas a las mismas.

Imágenes de la región estudiada.



Desembocadura del Rio Segundo



Hotel Viena en Miramar de Ansenúza - Vista posterior

## **4. Propiedades de los fangos de Laguna Mar Chiquita - M. Baschini, A. Maggio, C. Soria, M. E. Roca Jalil y M. Pozo Rodríguez**

Además de la composición de los materiales usados como peloides es fundamental conocer las diferentes propiedades que influyen en sus efectos terapéuticos, entre ellas se analizan en este capítulo densidad y contenido acuoso, cinética de enfriamiento y calor específico, capacidades adsorbente y de intercambio iónico y, finalmente, capacidad antioxidante.

### **4.1 Porcentaje de agua y densidad.**

Las propiedades térmicas y por ende termoterápicas de un fango están directamente relacionadas con la cantidad de agua que contiene el sistema. La densidad es la relación existente

---

Miria Baschini, Andrea Maggio, Carlos Soria y María Eugenia Roca Jalil - Facultad de Ingeniería e Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos, Biotecnología y Energías alternativas, PROBIEN (CONICET-Universidad Nacional del Comahue).

*miria.baschini@fain.uncoma.edu.ar*

Manuel Pozo Rodríguez -Dpto. Geología y Geoquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco, 28049 Madrid, España.

*manuel.pozo@uam.es*

#### 4. Propiedades de los fangos - Baschini y col.

---

entre la masa y el volumen de un determinado sistema y condiciona la manejabilidad del peloide. En la Tabla 4.1 se presentan los datos obtenidos para CH1 y CH2. La densidad de sólidos se refiere a mediciones sobre material seco.

**Tabla 4.1:** Porcentajes de agua y de sólidos, y densidad de fangos.

Muestra	% de agua	% de sólidos	Densidad (g/cm <sup>3</sup> )	
			Fangos	Sólidos
CH1	71,84	28,16	1,18	2,34
CH2	60,80	39,20	1,38	2,07

La densidad como fango es superior recién extraído respecto de madurado, también como consecuencia del contenido de agua.

#### 4.2 Propiedades térmicas - curvas de enfriamiento.

Una de las propiedades más importantes de los peloides es su cinética de enfriamiento, resultando conveniente que la misma sea lo más lenta posible. Esto se debe a que el calor aportado por el fango es en sí mismo un agente terapéutico y, por lo tanto, es deseable que se mantenga a una temperatura superior a la temperatura corporal durante el tiempo de aplicación al paciente. La temperatura de

#### 4. Propiedades de los fangos - Baschini y col.

---

aplicación habitualmente es de 42 a 45 °C, pudiendo alcanzar en algunos casos los 50 °C.

En términos farmacológicos, los excipientes son “aquellas materias que se añaden a los principios activos para servirles de vehículo, posibilitar su preparación y estabilidad, modificar sus propiedades organolépticas o determinadas propiedades fisicoquímicas y mejorar su biodisponibilidad”. Los excipientes mejoran la eficacia y la tolerancia de los principios activos. En un peloide, se considera al agua como el principio activo responsable de su acción termoterápica debido a su gran calor específico mientras que la fase sólida acompañante es considerada como un excipiente que le sirve de vehículo, mejorando su eficacia y tolerancia por el paciente, al moderar la transmisión de calor, con una textura y sensación agradable al aplicarlo sobre la piel.

El elevado calor específico del agua, que presenta un valor de 4,179 J/g K a 25 °C, y también su elevado coeficiente de conductividad térmica, hace imposible aplicarla directamente a un paciente a una temperatura de 45°C, que es una temperatura habitual de aplicación del fango. Por otro lado, los compuestos sólidos que entran a formar parte de los peloides (como la arcilla, el óxido de aluminio, el óxido de hierro, el óxido de magnesio, etc.) tienen un calor específico

#### 4. Propiedades de los fangos - Baschini y col.

---

entre 4 y 6 veces menor que el agua. Por lo tanto, la capacidad calorífica en los peloides es tanto más alta cuanto mayor es la proporción de agua y está directamente relacionada con la hidratación.

Las curvas de enfriamiento son resultados experimentales que surgen de registrar la temperatura del fango, a medida que transcurre el tiempo, si se encuentra en contacto con un baño termostático a 36 °C, simulando la temperatura corporal. Los resultados obtenidos se muestran en la Fig. 4.1.

A partir del tratamiento matemático de los datos<sup>1</sup> es posible calcular los valores de calor específico, coeficiente de conductividad térmica y retentividad, siendo:

- El calor específico es la cantidad de calor capaz de elevar o disminuir en un grado la temperatura de un gramo del fango; mientras mayor resulte este valor, mejores condiciones tiene el peloide de ceder calor a la zona de aplicación.
  
- El coeficiente de conductividad térmica  $\lambda$  de un peloide es la cantidad de calor que por unidad de superficie y de tiempo atraviesa un plano perpendicular al gradiente de temperatura, cuando este es igual a la unidad.

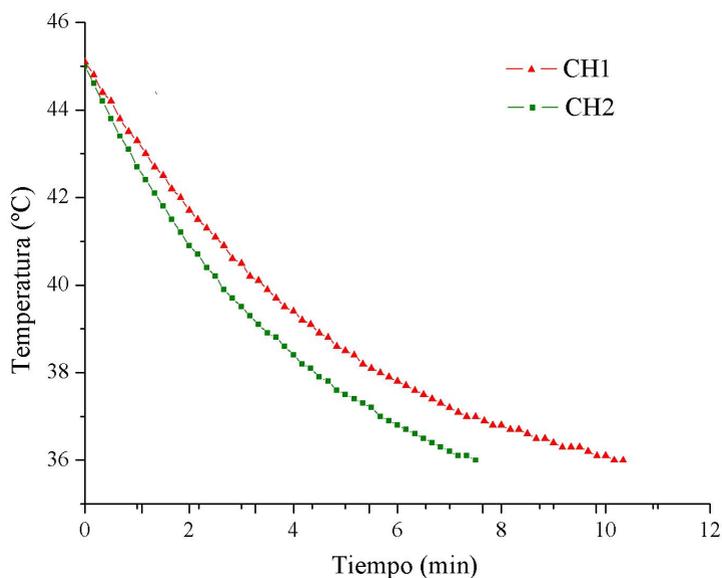
---

<sup>1</sup> Ver ref. 2, Cap. 3

#### 4. Propiedades de los fangos - Baschini y col.

---

- La retentividad se define como el tiempo que tarda la unidad de volumen de un fango en disminuir un grado su temperatura cuando la pérdida de calor por segundo es igual al coeficiente de conductividad térmica.



**Figura 4.1:** Curvas de enfriamiento para fangos.

#### 4. Propiedades de los fangos - Baschini y col.

---

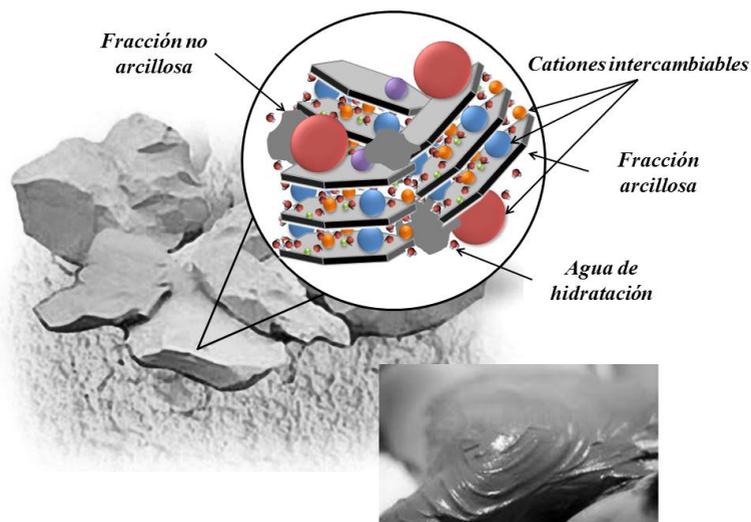
Acorde a estos resultados, es la muestra CH1 la que presenta menor velocidad de enfriamiento, mayor calor específico y mayor retentividad. Por ende el proceso de almacenamiento y maduración produce una leve mejoría en sus propiedades termoterápicas, siendo el mayor porcentaje de agua en ese fango responsable de gran parte de esas propiedades. Los calores específicos son, para CH1 y CH2 respectivamente, 3223 y 2822 J/kg.K, en tanto que para el agua de la laguna es de 3937 J/kg.K. (Cap. 2).

#### **4.3 Capacidad de intercambio catiónico.**

La capacidad de intercambio catiónico (*CIC*) se define como un proceso físicoquímico por el cual el fango puede tanto captar cationes (especies con carga positiva) de su entorno, como también cederlos. Esta propiedad depende del contenido y tipo de minerales presentes en el peloide, así como de la materia orgánica que contenga.

#### 4. Propiedades de los fangos - Baschini y col.

---



**Figura 4.2:** Vista y esquema de un sólido genérico del fango.

Cuanto más elevada es la *CIC* mayor es la capacidad de intercambiar iones, retirando los elementos tóxicos y nocivos de la interfase generada entre el fango y la piel (sudoración), y a la vez suministrar otros elementos que sean beneficiosos para el organismo.

Algunos autores como Täteo<sup>2</sup> han realizado diversas investigaciones estableciendo contacto entre arcillas, fangos

---

<sup>2</sup> F. Täteo y V. Summa. «Element mobility in clays for healing use». En: *Applied Clay Science* 36.1–3 (2007), págs. 64-76.

#### 4. Propiedades de los fangos - Baschini y col.

---

y soluciones similares al sudor humano (compuesto por cloruro de sodio principalmente). Analizando luego la composición de los lixiviados obtenidos, han detectado sustancias procedentes de estos materiales asociadas a sus características y composición mineralógica, evidenciando así el intercambio que se produce entre ellos y las soluciones fisiológicas de contacto.

Por otra parte, una buena capacidad de intercambio de cationes favorece la incorporación de nutrientes desde las aguas de los sistemas de maduración hacia el interior de los minerales constituyentes de los fangos. En la Tabla 4.2 se presentan los datos obtenidos para los casos bajo estudio.

**Tabla 4.2:** Capacidad de Intercambio Catiónico (*CIC*).

Muestra	<i>CIC</i> (meq/100 g)
CH0	24
CH1	23,4
CH2	18,8

Comparando los resultados obtenidos para los fangos, CH1 presenta la mayor *CIC*, cuestión que puede ser atribuible a su proceso de maduración, resultando similar al obtenido para muestras de la laguna de hace algunos años, CH0.

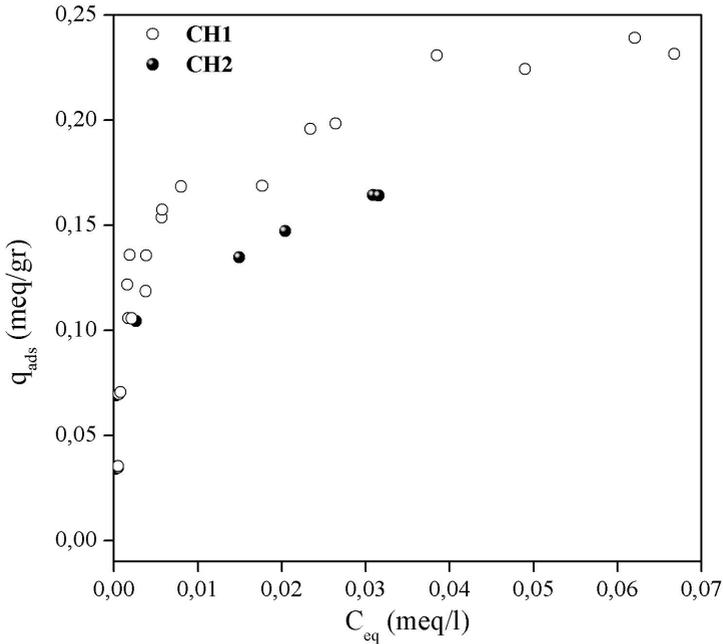
#### **4.4 Capacidad de adsorción.**

Un modo más amplio de evaluar la capacidad de interacción entre el peloide y la superficie de la piel es a partir de su comportamiento como adsorbente, lo cual consiste en medir la cantidad de una sustancia en particular que puede quedar retenida sobre la superficie del fango. La cantidad retenida se mide en alguna clase de unidad que representa cuanto de esa sustancia se asocia fuertemente a la superficie, en ese sentido suelen usarse colorantes al estilo del violeta de genciana y el azul de metileno. En este trabajo se eligió el azul de metileno (AM).

En una serie experimental se evalúa la cantidad de AM retenida sobre el fango en relación a la cantidad del mismo colorante que se queda en la solución de contacto. En la Fig. 4.3 se comparan los resultados obtenidos.

#### 4. Propiedades de los fangos - Baschini y col.

---



**Figura 4.3:** Adsorción de AM en las muestras CH1 y CH2.

La representación gráfica de la isoterma indica que, a una determinada cantidad adsorbida, el sólido no sigue adsorbiendo y esto se debe principalmente a que la superficie se satura y por lo tanto no puede retener mayor cantidad de colorante. Este valor de cantidad máxima adsorbida es representativo de la muestra y lleva una relación íntima con

#### 4. Propiedades de los fangos - Baschini y col.

---

la cantidad de cationes presentes en la misma dado que en general esta adsorción implica un intercambio entre las sustancias presentes en el medio de contacto con el fango y aquellas especies presentes en el mismo.

En la primera parte del gráfico la curva se acerca mucho al eje vertical, lo cual es indicativo de alta afinidad de la sustancia (en este caso AM) por la superficie del peloide. Este comportamiento puede observarse en ambos materiales. Por esa razón es posible aseverar que, aún teniendo mayor capacidad adsorbente el fango madurado, los dos materiales presentan elevada tendencia a interactuar con sustancias ubicadas en los fluidos con los cuales está en contacto.

La capacidad adsorbente de la muestra CH1 es de 0,24 meq/g, es decir una vez y media superior a la de CH2 que retuvo 0,16 meq/g, de acuerdo a los ajustes realizados según el modelo de Langmuir.

Los resultados obtenidos de capacidad de adsorción de cada fango (Tabla 4.3) concuerdan con la *CIC*, esto es debido a que al ser el intercambio iónico uno de los mecanismos capaces de producir la adsorción, al aumentar la *CIC* también lo hace la capacidad de adsorción de un fango.

#### 4. Propiedades de los fangos - Baschini y col.

---

**Tabla 4.3:** Correlación de los valores de adsorción máxima ( $q_m$ ) y  $CIC$ .

Muestra	$q_m$ (meq/g)	$CIC$ (meq/g)
CH1	0,24	0,234
CH2	0,16	0,188

#### 4.5 Capacidad antioxidante (CA).

Nuestro organismo necesita de energía diaria para poder efectuar toda una serie de procesos naturales como la respiración, digestión y el metabolismo en general. Productos residuales, colaterales de este proceso de creación de energía son los radicales libres (RLs), especies que tienen electrones solitarios que las convierten en sustancias muy reactivas, en especial sucede con los derivados del oxígeno que usamos durante la respiración. Estos RLs, debido a su gran capacidad reactiva, ejercen una acción oxidante y destructora, lesionando las células y envejeciendo nuestros órganos y tejidos. Ciertas moléculas son capaces de actuar como antioxidantes celulares volviendo más lento el proceso de envejecimiento. Algunos de estos antioxidantes son generados por nuestro propio organismo (los denominamos antioxidantes endógenos)

#### 4. Propiedades de los fangos - Baschini y col.

---

mientras que otros son aportados especialmente a través de la comida (antioxidantes exógenos): Vitamina C1, Vitamina E, Betacarotenos, etc.

La presencia en el organismo de los RLs puede ocasionar daño en las macromoléculas que constituyen los tejidos (lípidos, proteínas y ácidos nucleicos), provocando el deterioro y la muerte de células, lo cual lleva a la aparición de enfermedades y envejecimiento del organismo.

Un antioxidante, como los anteriormente mencionados, es cualquier sustancia capaz de impedir la acción de los RLs al captar el electrón solitario que los vuelve tan reactivos. La capacidad de un cierto material para actuar como antioxidante puede ser medida a partir de reacciones de formación de productos coloreados, al evitar el pasaje de hierro con carga 2+ a carga 3+, denominados  $\text{Fe}^{2+}$  y  $\text{Fe}^{3+}$ , respectivamente.

Cuando un fango presenta actividad antioxidante puede aseverarse que tiene un enorme potencial extra respecto de sus aplicaciones ya que, además de sus efectos termoterápicos y adsorbentes, cuenta en este caso con potencial para disminuir la velocidad de las reacciones de envejecimiento.

Se analizó esta propiedad en los fangos de Laguna Mar Chiquita, y se los comparó con los resultados en arcillas naturales puras, de las que suelen utilizarse en los centros

#### 4. Propiedades de los fangos - Baschini y col.

---

de spa. Estas últimas dieron resultados negativos al ensayo, mientras que CH1 y CH2 dieron resultados positivos y elevados, como se muestra en la Tabla 4.4.

**Tabla 4.4:** Capacidad antioxidante de fangos (CA).

Muestra	CA ( $\mu\text{mol de Fe}^{3+}/100 \text{ g}$ )
CH1	447,53
CH2	259,68

Esta característica hallada resulta relevante y destacada para los tratamientos de fangoterapia. En los fangos procedentes de la laguna Mar Chiquita la capacidad antioxidante se manifiesta intensificada cuando el material es estacionado y almacenado, como es el caso de CH1.

La realización de ensayos a diferentes tiempos demuestra que se producen cambios, en general incrementos, a medida que se aumenta el tiempo de los mismos. Este parámetro puede ser relevante al considerar el tiempo de aplicación del fango sobre los pacientes.

#### 4. Propiedades de los fangos - Baschini y col.

---

Algunos autores como Prior y col., y Pulido y col.<sup>3,4</sup> señalan que esta propiedad podría estar asociada a la presencia de azufre en el sistema (en sus diferentes estados de oxidación).<sup>5</sup> Esto está basado en investigaciones realizadas sobre el efecto antioxidante que producen determinados tipos de aguas mineromedicinales (sulfuradas y carbonatadas-sulfatadas) mediante diferentes vías de administración (oral, tópica e inhalatoria) en el paciente.

Como se explicó anteriormente, el AMM es la fase líquida que constituye el fango y en la cual se produce su maduración. Se discutió este tema en la sección precedente del capítulo 2, donde se realiza la determinación de capacidad antioxidante a las muestras de agua. Cabe destacar que los compuestos con azufre encontrados en estos fangos son sales sulfatadas, y CH1 tiene la proporción más alta.

---

<sup>3</sup> R. L. Prior, X. Wu y K. Schaich. «Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements». En: *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53 (10 2005), págs. 4290-4302.

<sup>4</sup> R. Pulido, L. Bravo y F. Saura-Calixto. «Antioxidant Activity of Dietary Polyphenols As Determined by a Modified Ferric Reducing/Antioxidant Power Assay». En: *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48 (8 2000), págs. 3396-3402.

<sup>5</sup> Ver tabla 3.4, pág. 40

#### 4. Propiedades de los fangos - Baschini y col.

---

Este campo de estudio no había sido desarrollado con anterioridad en el grupo de investigación, razón por la cual se propone profundizar las investigaciones en este tema, para poder estimar cuales son los componentes constituyentes que le otorgan a los fangos y al agua de la laguna las propiedades antioxidantes.

## **5. Beneficios en la salud otorgados con los recursos mineromedicinales de Mar Chiquita. Un mar de salud en la llanura - A. Monasterio**

### **5.1 Aguas mineromedicinales cloruradas sódicas.**

#### 5.1.1 Generalidades.

Denominamos aguas mineromedicinales (AMM), aquellas aguas que alumbran natural o artificialmente con cualidades y características declaradas de bien público. Un agua para que sea declarada de bien público debe demostrar sus beneficios terapéuticos o preventivos.<sup>1,2,3,4,5</sup>

---

Ana María Monasterio - Médica Generalista, Doctora en Hidrología Médica - Mapuche 116, Caviahue, Neuquén, Argentina - Ministerio de Salud Pública del Neuquén, Argentina.

*doctoramonasterio@hotmail.com*

- <sup>1</sup> M. Armijo Valenzuela y J. San Martín Bacaicoa. *Curas balnearias y climáticas. Talasoterapia y Helioterapia*. Primera. Ed. Complutense, 1994.
- <sup>2</sup> M. Fernández. *Principios de hidroterapia y balneoterapia*. McGraw-Hill Interamericana de España S.L., 2005.
- <sup>3</sup> M<sup>a</sup>. L. Mourelle Mosqueira y col. *Técnicas Hidrotermales y estética del bienestar*. Primera revisada. Ed. Paraninfo, 2009.
- <sup>4</sup> J. M. Carbajo y col. *Estética Hidrotermal*. Primera revisada. Ed. Videocinco, 2007.
- <sup>5</sup> F. Maraver Eyzaguirre. «Importancia de la medicina termal». En: *Balnea* 4 (2008), págs. 35-50.

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

La OMS (1969) define a este tipo de agua como agua bacteriológicamente incontaminada que procede de una fuente subterránea natural o perforada, contiene una determinada mineralización y puede inducir efectos favorables para la salud, debiendo estar así reconocido por la autoridad pertinente del país. La legislación argentina aún no ha definido este aspecto por lo que debiésemos llamarlas aguas minerales; ahora bien, por encontrar este término en la mayoría de la literatura es que, en este capítulo, a las aguas minerales las denominaremos mineromedicinales.

Las aguas mineromedicinales pueden clasificarse según diferentes parámetros. Uno de ellos es la temperatura. Si bien existen diferentes clasificaciones, la que nos interesa en salud es aquella que toma como referencia la temperatura a la que se otorgan los tratamientos terapéuticos. El parámetro será, entonces, la temperatura corporal (36,5 - 37°C) por lo que según su termalidad se clasifican en Hipertermal (más de 37°C), Mesotermal (35 - 37°C) e Hipotermal (menos de 35°C).<sup>6,7,8</sup>

---

<sup>6</sup> Ver refs. 1-5

<sup>7</sup> F. Maraver Eyzaguirre y F. Armijo Castro. *Vademécum II de aguas mineromedicinales españolas*. Ed. Complutense, 2010.

<sup>8</sup> A. Hernandez Torres y col. *AETS Técnicas y tecnologías en hidrología médica e hidroterapia*. Ed. ISCIII, 2006.

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

Atendiendo a la mineralización global (según el residuo seco a 110°C), se han dividido las aguas minerales en Oligometálicas (menos de 100 mg/L), Mineralización muy débil (entre 100 y 250 mg/L), Mineralización débil (entre 250 y 500 mg/L), Mineralización media (entre 500 y 1000 mg/L) y Mineralización fuerte (superior a 1000 mg/L).<sup>9</sup>

La clasificación más difundida es la basada en el contenido aniónico y catiónico predominante y especial, es decir en su composición. No sólo se tiene en cuenta el ion predominante, aquel que representa más del 20 % del contenido total, sino también aquellos que ejerzan efectos sobre el organismo humano. Así tenemos, según la cantidad o tipo de sustancia mineralizante:

- Aguas con más de 1 g/L (Cloruradas, Sulfatadas y Bicarbonatadas).
- Con factores mineralizantes especiales (Sulfuradas, Ferruginosas, Radiactivas y Carbogaseosa).
- Aguas con menos de 1 g/L (Oligometálicas).<sup>10,11</sup>

---

<sup>9</sup> Ver refs. 1-5 y 7-8

<sup>10</sup> Ver refs. 1-5 y 7-8

<sup>11</sup> A. Monasterio. *Caminemos por las termas del Neuquén*. Ed. Caleuche, 2012.

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

En la historia de la medicina encontramos que Hipócrates, padre de la medicina, explicó las virtudes terapéuticas de las aguas mineromedicinales, entre ellas el agua de mar, recomendando recurrir a ella para recuperar la salud, explicándolo muy bien en su obra “Sobre los aires, aguas y lugares”.<sup>12</sup>

En Europa, durante la Edad Media, se desprestigió a los tratamientos terapéuticos con aguas mineromedicinales (AMM), entre ellas las aguas cloruradas sódicas. Pero en el siglo XVI el rey de Francia Enrique III recibió tratamientos marinos y en el año 1760 el inglés Richard Russell escribe el primer libro que habla sobre los beneficios del agua de mar, “El uso del agua de mar en las enfermedades de las glándulas”.<sup>13, 14, 15</sup>

La talasoterapia (técnica de balneoterapia que utiliza agua de mar) es actualmente una técnica reconocida y utilizada en muchos países, especialmente del continente europeo. El

---

<sup>12</sup> Hipócrates. *Tratados hipocráticos. Volumen II: Sobre los aires, aguas y lugares*; Editorial Gredos, 1997.

<sup>13</sup> R. Russell. *A Dissertation on the Use of Sea Water in the Diseases of the Glands*. Ed. por W. Owen. Homer's Head, Temple Bar, 1760.

<sup>14</sup> M. Nuñez y C. Navarro. *Cómo cura el mar: Beneficios de la talasoterapia*. RBA Libros integral, 2001.

<sup>15</sup> A. Gracia y H. Bustos Serrano. *El poder curativo del agua de mar*. Ed. Morales i torres editores, 2004.

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

agua que nos proporciona la Laguna de Mar Chiquita, en la Provincia de Córdoba, se puede clasificar como un agua hipotermal, de fuerte mineralización (clorurada sódica con presencia de sulfatos), en muchos aspectos muy similar al agua de mar.<sup>16</sup>

### 5.1.2 Mecanismo de acción de las Aguas Mineromedicinales (AMM) cloruradas sódicas.

Se consideran aguas cloruradas sódicas a aquellas que adopten la denominación de aguas de fuerte mineralización por poseer más de 1 g/L de minerales y que los iones que predominen en más del 20% sean cloruro y sodio, aunque es frecuente que en su composición se encuentren otros elementos.

Constituyen un agente terapéutico importante en el tratamiento de múltiples patologías. En el agua de la Laguna Mar Chiquita encontramos cloruro, sodio y sulfatos; también se encuentran en menor proporción calcio, magnesio y bicarbonatos.<sup>17</sup> Los efectos que este tipo de aguas produce

---

<sup>16</sup> M. Baschini y col. «Composición y propiedades de fangos (peloides) agua y sales procedentes de lagunas y lagos salinos usados con fines terapéuticos y cosméticos». En: Ed. Fundación Bilbilis, 2014, págs. 145-154.

<sup>17</sup> Ver ref. 16

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

en el organismo se deben a factores mecánicos, térmicos y fisicoquímicos. Los factores mecánicos se encuentran ligados a la mineralización del agua: a mayor mineralización, mayor incidencia de estos factores.

El agua de la Laguna de Mar Chiquita, es un agua cuya mineralización es fuerte, con una densidad similar al agua de mar, por lo que los factores mecánicos son responsables de muchos de los beneficios que estas aguas provocan en el organismo humano. Incluyen beneficios hidrostáticos, basados en el principio de flotación definido por Arquímedes y el factor de compresión definido por Pascal. Estos factores son los responsables de hacernos flotar en el momento en que nos introducimos en el agua. Nuestro cuerpo pesará menos, se elevará el centro de gravedad, facilitará los equilibrios estático y dinámico, podremos movernos mejor y disminuir el estrés de carga que sufren nuestras articulaciones al soportar un menor peso.

Estas acciones nos permiten realizar movilizaciones pasivas, asistidas y contrarresistidas, de las articulaciones que se encuentren sumergidas ayudando a la relajación. Mejoran la flexibilidad de las articulaciones y fortalecen los músculos débiles. El aumento de la circulación sanguínea y, por tanto, una mejora en la oxigenación muscular, junto

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

con la disminución de la sensibilidad de los nociceptores, proporcionan un efecto analgésico favoreciendo la relajación muscular. El factor hidrostático influye en la función respiratoria, sistema circulatorio y cavidades corporales, de manera que puede llegar a reducir el perímetro torácico y abdominal en unos centímetros, produciendo una disminución del consumo de oxígeno y una hipotonía muscular.

La incidencia del factor hidrostático en el individuo dependerá de la profundidad a la que se sumerja, edad, sexo, peso corporal y capacidad vital. Al factor hidrostático se suman los factores hidrodinámico e hidrocínético, en el momento que se incorpora turbulencia en el agua (chorros, duchas, jets, etc.). Todo cuerpo que se sumerge en agua y se mueve va a sufrir una resistencia al movimiento 900 veces mayor que la del aire opone a ese mismo movimiento; esta resistencia es un factor importante en el momento de indicar tratamientos de rehabilitación.

Las presiones hidrodinámica e hidrocínética otorgan sobre la superficie del cuerpo un efecto de percusión, cuya intensidad dependerá de las atmósferas de presión que se apliquen al agua, del ángulo de incidencia sobre el cuerpo y de la existencia de algún tipo de resistencia.

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

Los factores mecánicos se potencian si agregamos diferentes técnicas de hidrokinesioterapia como pueden ser las utilizadas en el método Baz Ragaz, método Feldenkrais, método Halliwick o Watsu.<sup>18</sup>

El factor térmico en el agua es un factor relevante ya que es un medio excelente para aportar o restar calor al organismo debido a una serie de propiedades como el calor específico, la conductividad térmica y la transferencia térmica en cualquiera de sus modalidades (conducción, convección, evaporación y radiación).

Sus efectos tienen relación con el gradiente térmico, se aplican a nivel superficial, por lo tanto actúan sobre los vasos sanguíneos y los receptores nerviosos cutáneos; si la temperatura del agua supera la temperatura corporal del individuo producirá en el organismo los siguientes efectos:

---

<sup>18</sup> Ver refs. 1-5, 7-8 y 11

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

- Analgesia por aumentar el umbral de los nociceptores cutáneos disminuyendo la conducción nerviosa y mejorando la contracción muscular. Este efecto también se produce por la eliminación al torrente sanguíneo de endorfinas y encefalinas.
- Aumento de la temperatura local y general como resultado de vasodilatación; aumentan el caudal sanguíneo, que trae mayor concentración de solutos, las células sanguíneas, incrementa la salida de catabolitos y la llegada de linfocitos y macrófagos, acelerando los procesos de reparación tisular y el efecto antiinflamatorio.
- Disminución del tono muscular cuando se aplica más de 10 minutos; en tiempos menores el tono muscular aumenta.
- Disminución de la rigidez articular, disminución de carga o tensión a nivel articular e incremento de la amplitud de los movimientos.
- Efecto sedante a temperaturas entre 37 y 38°C. Si la temperatura del agua es inferior a la temperatura corporal producirá:

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

- Disminución del flujo sanguíneo, vasoconstricción cutánea.
- Aumento del tono muscular.
- A temperaturas inferiores a los 33°C producirán insomnio y excitación.
- El efecto analgésico se produce al lograr disminuir el metabolismo tisular y reducir la acción enzimática de por ejemplo la bradicinina, la serotonina y la sustancia *P*.
- Inhibe la vía aferente de las fibras C, quienes transmiten la información dolorosa a la medula espinal. También favorecen la sinapsis de las fibras A que llevan información no dolorosa.<sup>19</sup>

Al considerar el factor químico que da beneficios al organismo, consideramos los elementos iónicos del agua. En la Laguna Mar Chiquita, al ser un agua clorurada sódica sulfatada, los beneficios capaz de ofrecer son los siguientes:

- Aceleran los procesos metabólicos.

---

<sup>19</sup> Ver refs. 1-5, 7-8 y 11

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

- Efecto antiséptico y antiflogístico, especialmente en aplicaciones tópicas, donde luego de evaporarse dejan una fina película salina que al absorberse produce estos efectos.
- Inhaladas mejoran la vascularización, trofismo y capacidad de respuesta de las vías respiratorias; los mismos efectos producen si se aplican en el aparato genital femenino.
- Estimulan la secreción y motilidad gástrica al igual que el peristaltismo intestinal.
- Efecto antiseborreico, estimulan la cicatrización.
- Efecto antioxidante.<sup>20,21</sup>

### 5.1.3 Técnicas de crenoterapia que pueden utilizarse.

Las técnicas que pueden ser utilizadas para producir un beneficio en la salud de quien recibe un agua mineromedicinal, como lo es el agua de la Laguna Mar Chiquita, son las denominadas técnicas crenotépicas.

---

<sup>20</sup> Ver refs. 1-5, 7-8, 11 y 14-15

<sup>21</sup> A. Hernández Torres. *Peloterapia aplicaciones médicas y cosméticas de fangos termales*. Ed. Fundación Bilbilis, 2014.

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

Estas técnicas minimizan o exacerbaban los mecanismos de acción (factores térmicos, químicos y mecánicos) sobre el organismo. Se las clasifica según la presión (con o sin presión), según la temperatura (fría o caliente), y según la vía de administración (tópica, oral o hidropínica, atmiátrica o inhalatoria).

El profesional instruido en hidrología médica, deberá elegir para cada paciente, según las características del recurso mineromedicinal y la disponibilidad en la infraestructura, que técnica o técnicas otorgará, considerando la edad, el estado físico y la patología del paciente. Entre las diferentes técnicas encontramos cura hidropínica o vía oral, baños de inmersión al aire libre, gabinetes individuales, piscinas dinámicas, baños de burbujas, hidromasajes, ducha en lluvia, con capas concéntricas, continuas, babeante, filiforme, escocesa, finlandesa, masajes subacuáticos, tanques de movilización, pasillos de marcha, etc.<sup>22</sup>

### 5.1.4 Indicaciones de las aguas cloruradas sódicas.

- Procesos que requieren rehabilitación: secuelas de traumatismos, patologías osteoarticulares, neurológicas.

---

<sup>22</sup> Ver refs. 1-5, 7-8, 11, 14-15 y 21

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

- Patologías dermatológicas (eccemas, psoriasis, dermatitis).
- Enfermedades inespecíficas de las vías respiratorias: rinitis, laringitis.
- En tratamientos cosméticos por sus propiedades antioxidantes, desensibilizantes.
- Útil en filtros solares por su capacidad neutralizante de radicales libres e inhibir la respuesta eritematogena.<sup>23</sup>

### 5.2 Fangos.

Los fangos o limos son agentes terapéuticos derivado de las aguas mineromedicinales. Para lograr un peloide se debe contar con la presencia de un agua mineromedicinal, un componente inorgánico (arcilla con solutos suspendidos, de determinadas características) y un componente orgánico. Al ser un agua clorurada sódica sulfatada, hipotermal, tiene la capacidad de producir un fango o limo. En cada fango o limo, se consideran determinados factores para poder definir la calidad del fango y sus posibles indicaciones, las características son el aspecto, color,

---

<sup>23</sup> Ver refs. 1-5, 7-8, 11, 14-15 y 21

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

plasticidad, granulometría, olor, acidez, intercambio iónico, capacidad calorífica, conductividad térmica, retención de calor.<sup>24,25</sup>

El fango que nos ofrece la Laguna Mar Chiquita posee en su composición iónica cloruros, sodio, sulfatos, potasio, calcio y magnesio. En su composición mineralógica predominan silicatos tales como cuarzo o feldespato de potasio, filosilicatos tales como mica y minerales de la arcilla, carbonatos tales como calcita o dolomita, y cloruros tales como halita, acompañados del componente orgánico.<sup>26</sup>

Se considera que la fangoterapia provoca beneficios por su poder termoterápico, aunque muchos estudios avalan su uso por la capacidad de ceder iones al cuerpo humano y los beneficios que estos producen. Entre los efectos sobre la actividad metabólica y enzimática, podemos decir que incrementa la tasa metabólica de los tejidos, activa los sistemas enzimáticos y aumenta la captación de oxígeno por parte de los mismos.

- A nivel vascular se puede observar por mecanismos locales, vaso dilatación, además de una respuesta

---

<sup>24</sup> Ver refs. 1-5, 8

<sup>25</sup> L. Mourelle Mosqueira y col. *Curso de Termalismo. Peloides termales*. Servizo de Publicacións da Universidade de Vigo, 2008.

<sup>26</sup> Ver ref. 16

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

inflamatoria por la liberación de mediadores como la histamina y prostaglandinas y por mecanismos reflejos es decir, por estimulación de los termos receptores que transmiten impulsos a la médula espinal y cerebro, liberando mediadores como la sustancia *P*, prostaglandinas y prostaciclina. Estos efectos vasculares son los responsables de mejorar la nutrición y oxigenación celular, aumentan la resorción de productos patológicos, las acciones bactericida, antiinflamatoria, analgésica, antiespasmódica, y restaura el tejido tisular.

- Produce efectos neuromusculares: el efecto depende de la intensidad y de la duración de los estímulos, si son estímulos muy calientes y de corta duración aumentan el tono muscular y la sensibilidad nerviosa y los de larga duración favorecen la relajación muscular, son sedantes y analgésicos.
- El efecto analgésico es producto de varios factores; al combatir los espasmos musculares, el dolor cede. La isquemia produce dolor; al aumentar el flujo de sangre el dolor cede, además el calor aumenta el umbral al dolor y por último el aumento de neurotransmisores

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

como la encefalina y beta endorfinas calman el dolor.

- La fangoterapia produce un aumento de  $17\beta$ -estradiol plasmático, factor protector para pacientes con dolencias articulares inflamatorias/degenerativas.
- El aumento de cortisol indica la estimulación del eje hipotálamo- hipófisis suprarrenal produciendo esteroides antiinflamatorios. Poseen acción estrogénica.
- La fangoterapia disminuye en forma acentuada la presencia del agente pro inflamatorio interluquina 1 (IL-1), que desempeña una acción directa en procesos inflamatorios.
- En el fango, mediante estudios de investigación se ha demostrado el efecto inhibitorio a cepas de *stafilococos aureus*, *streptococos epidermidis*, *estreptococos faecalis*, *enterococus faccium* y levaduras de *candida albicans*. Este efecto bactericida y antimicótico además es el sustento para indicar estas terapias en patologías dermatológicas.
- Regeneran el tejido en procesos con solución de continuidad.

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

- Poseen acción anti radicales libres, efecto muy importante en medicina estética.
- Efecto lipolítico, especialmente en los estadios iniciales, grado I y II.
- En los fangos producidos con aguas salobres, el responsable del efecto antioxidante y metabólico que produce colágeno es el cobre; el manganeso posee un efecto antioxidante contra el daño tisular producido por la combustión de las grasas, y el selenio es el componente de una enzima antioxidante, la glutatión peroxidasa.<sup>27,28,29,30</sup>

---

<sup>27</sup> Ver refs. 1-5, 7-8, 11, y 21

<sup>28</sup> M. Untura Filho y col. «Niveles plasmáticos de interleukina, 1-beta cortisol, 17-beta estradiol y ESG tras fangoterapia y fisioterapia en mujeres postmenopáusicas con artrosis». En: *Anales de Hidrología Médica* 2 (2007). Ed. por Universidad Complutense - Servicio de publicaciones, págs. 65-74.

<sup>29</sup> D. De Michele y col. «Efectos Sistémicos de los fangos minerales. Revisión de la literatura en los últimos 10 años». En: *Anales de Hidrología Médica* 1 (2006). Ed. por Universidad Complutense - Servicio de publicaciones, págs. 135-142.

<sup>30</sup> M. C. Porte y col. «Guía de buenas prácticas termales.» En: *Anales de Hidrología Médica* 2 (2007). Ed. por Universidad Complutense - Servicio de publicaciones, págs. 95-150.

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

### 5.2.1 Técnicas de Fangoterapia que pueden utilizarse.

Al igual que en las aguas mineromedicinales, en fango el profesional podrá seleccionar la técnica que otorgue más beneficios al paciente. Dentro de las técnicas encontramos:

- Aplicaciones locales: en diferentes formas, como una fina lámina o en gruesas capas, dependiendo de la afección, sobre la zona a tratar.
- Aplicaciones totales: sumergiéndose en el barro en gabinetes o en la laguna misma.
- Envolturas: se utiliza para lesiones locales.
- Masajes: técnica poco indicada en Argentina, solo puede ser utilizada con fangos que tengan determinadas características reológicas.<sup>31</sup>

### 5.2.2 Indicaciones del fango.

Las sesiones de fangoterapia están indicadas en:

- Tratamientos osteo-articulares: Síndromes dolorosos asociados, artropatías degenerativas, reumatismo,

---

<sup>31</sup> Ver refs. 1-5, 7-8, 11, 14-15 y 28

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

mialgias, espondilosis, traumatismos osteoarticulares y artrosis en distintas partes del cuerpo, fibromialgias.

- Tratamientos de flebopatías: Insuficiencia venosa crónica.
  
- Enfermedades neurológicas: por sus propiedades de disminuir la espasticidad y ser relajantes.
  
- Enfermedades de piel, tales como psoriasis, dermatitis, acné, infecciones dermatológicas.
  
- Tratamientos estéticos: para pieles desvitalizadas, hidratan y son utilizados en limpieza cutánea por la absorción de desechos celulares que producen. Tratamientos antienvjecimiento y reafirmantes: generan cierta activación enzimática y neutralizadora de los radicales libres según el contenido en selenio, hierro, zinc que posean. Tratamientos para celulitis.<sup>32</sup>

---

<sup>32</sup> Ver refs. 1-5, 7-8, 11, 21, 27-30

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

### 5.2.3 Lo que se sabe acerca de los efectos terapéuticos de fangos salinos.

De acuerdo a la revisión bibliográfica realizada por De Michelle y col.<sup>33</sup> acerca de los efectos terapéuticos producidos por fangos minerales y salinos, se ha comprobado que los mismos son capaces de producir efectos sistémicos, no solo locales en la zona de aplicación, actuando a través de mediadores químicos, hormonas, compuestos involucrados en la homeostasis del cartílago articular, fenómenos de oxidorreducción y mediadores del estrés.

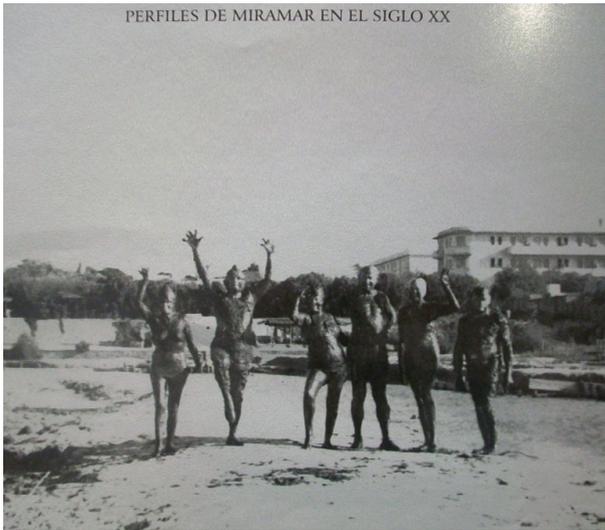
Los autores señalan que esta característica de los fangos salinos de actuar in situ y a distancia a través de mediadores químicos, da a los fangos salinos un status de herramienta terapéutica singular en procesos articulares y cutáneos. Una mención especial, merece por lo singular, la línea terapéutica desarrollada por autores israelíes con los fangos hipersalinos únicos provenientes del Mar Muerto, en el manejo de algunas entidades reumáticas y cutáneas tales como psoriasis, artritis psoriática, fibromialgia, etc.

---

<sup>33</sup> Ver ref. 29

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---



**Figura 5.1:** Fotografía de turistas con fangoterapia en Mar Chiquita (1959).

También destacan la actividad bactericida de algunos fangos hipersalinos, mencionando entre ellos a los del Mar Muerto y a los procedentes del volcán Copahue. Esta clase de actividad no ha sido ensayada con las aguas y fangos procedentes de la laguna Mar Chiquita. Sin embargo, se ha comprobado una importante actividad antioxidante en estos materiales, aspecto de suma relevancia en cuanto a su potencial terapéutico.

## 5. Beneficios en la salud - Monasterio

---

La aplicación de los fangos, y el uso de las aguas, asociados a un ambiente de tranquilidad y paz, un paisaje en armonía, el relax y el placer, sin duda son agentes que potencian el denominado efecto placebo de estos materiales.

## **6. Depósitos salinos costeros en cercanías de la localidad de Miramar de Ansenusa - M. Setti, A. López-Galindo, A. Maggio, C. Soria, M. Baschini y M. Pozo Rodríguez**

Alrededor de la Laguna Mar Chiquita se encuentran frecuentes depósitos salinos, producto de evaporaciones naturales en el ecosistema. Estos depósitos se vuelven especialmente importantes cuando el nivel de las aguas desciende, ya que aumentan por cuestiones inherentes a

---

Massimo Setti - Dip. Scienze della Terra e dell'Ambiente Università degli Studi di Pavia via Ferrata, 9 27100 Pavia (Italy). *massimo.setti@unipv.it*

Alberto López-Galindo - Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra. CSIC-UGR, Granada, 18100, España.

*alberto@ugr.es*

Andrea Maggio, Carlos Soria y Miria Baschini - Facultad de Ingeniería e Instituto de Investigación y Desarrollo en Ingeniería de Procesos, Biotecnología y Energías alternativas, PROBIEN (CONICET-Universidad Nacional del Comahue).

*miria.baschini@fain.uncoma.edu.ar*

Manuel Pozo Rodríguez -Dpto. Geología y Geoquímica, Facultad de Ciencias, Universidad Autónoma de Madrid, Cantoblanco, 28049 Madrid, España.

*manuel.pozo@uam.es*

## 6. Depósitos salinos costeros - Setti y col.

---

la solubilidad. Un campo promisorio en este contexto resulta el potencial uso de las sales evaporadas, natural o artificialmente, procedentes de este ecosistema.

Adicionalmente, en años recientes (2006, 2007) se produjeron fenómenos de formación de nubes de sal transportadas por el viento, alcanzando unos 100-200 km de distancia, lo cual produce modificaciones en el entorno circundante debido a sus efectos en aire, agua y suelo.

Los componentes hallados en el agua de la laguna fueron mencionados en el capítulo 2, mientras que parte de información acerca de la composición de los depósitos salinos costeros en inmediaciones de la localidad Miramar de Ansenusa fue previamente publicada por Baschini y col.<sup>1</sup>

Para esta publicación se seleccionaron sales procedentes de tres localizaciones, cercanas a la localidad de Miramar, tomando en cada lugar una serie de muestras sobre una línea de distancia cercana a la costa, en sus primeros 100 metros, separadas unos 15 metros entre sí, con el propósito de encontrar la composición de estos materiales y establecer posibles diferencias entre los mismos en función de las precipitaciones selectivas que pudieran darse acordes al

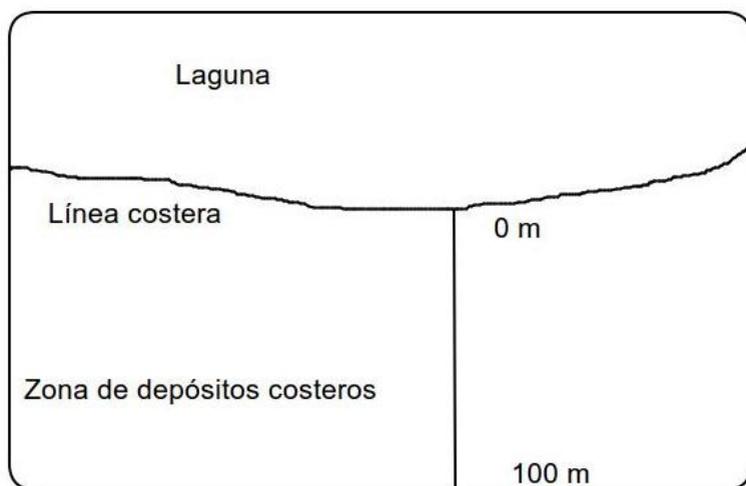
---

<sup>1</sup> Baschini, Piovano y Setti, *Aguas, Fangos y sales naturales con Potenciales Usos terapéuticos, Laguna Mar Chiquita – Córdoba – Argentina.*

## 6. Depósitos salinos costeros - Setti y col.

---

volumen de agua de la laguna. La toma de muestras se realizó siguiendo el esquema de la Fig. 6.1 y los materiales obtenidos fueron designados como V, S y N, acompañadas por un número asociado con la distancia desde la costa. Por ejemplo, mientras V1 corresponde a un sitio próximo a la laguna, V6 está a unos 90 metros del borde del agua.



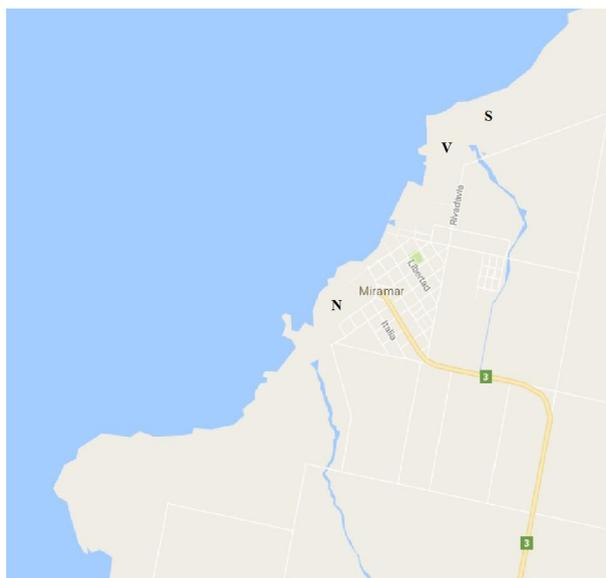
**Figura 6.1:** Esquema para la recolección de muestras de sales.

En la Tabla 6.1 se dan las coordenadas GPS y distancias de algunos sitios de muestreo, y en la Fig.6.2 se muestra una imagen de los mismos.

## 6. Depósitos salinos costeros - Setti y col.

**Tabla 6.1:** Localización de muestras

Muestra	Coordenadas	Distancia (m)
V1	30°54.228' S y 62°40.352' O	5
V4	30°54.243' S y 62°40.331' O	59
S2	30°54.152' S y 62°40.069' O	20
S7	30°54.195' S y 62°40.072' O	95
N5	30°55.137' S y 62°41.070' O	85
N10	30°55.163' S y 62°41.039' O	160



**Figura 6.2:** Imagen de localización de las muestras.

### **Evaluación mineralógica de componentes de los depósitos salinos.**

Los Diagramas de Difracción de Rayos X (DRX) permiten conocer la composición de minerales constituyentes del sistema, identificando las especies cristalinas presentes en los diferentes depósitos salinos. Los datos obtenidos aportan información relevante sobre estos sistemas.

La información que se obtiene en este caso es acerca de la naturaleza de las diversas sustancias que componen cada material, pudiendo otorgarse a cada uno de ellos una fórmula química en particular, y en algunos casos, obtener incluso los porcentajes de cada componente. En las Tablas 6.2 a 6.4 pueden observarse los resultados obtenidos, ya sea en forma cuantitativa o cualitativa, para los siguientes minerales:

Cuarzo:  $\text{SiO}_2$ , Feldespato potásico:  $\text{KAlSi}_3\text{O}_8$

Calcita:  $\text{CaCO}_3$ , Cristobalita:  $\text{SiO}_2$ , Albita:  $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$

Yeso:  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ , Eugsterita:  $\text{Na}_4\text{Ca}(\text{SO}_4)_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

Thenardita:  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , Halita:  $\text{NaCl}$ , Glauberita:

$\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$

Mica (Illita, Moscovita):  $\text{KAl}(\text{OH},\text{F})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$

6. Depósitos salinos costeros - Setti y col.

**Tabla 6.2:** Composición mineralógica porcentual de las Muestras V

Composición	V1	V2	V3	V4	V5	V6
Distancia (m)	(5)	(20)	(35)	(44)	(74)	(89)
Cuarzo	22	3	7	5	7	18
Mica	18	5	5	7	9	12
Silicatos Plagioclasa	15	2	10	7	4	10
Carbonatos Calcita				2		10
Cloruros Halita	26	85	5	6	6	12
	Yeso	3			8	21
Sulfatos	Thenardita		55	57	36	
	Eugsterita		18	14		
	Glauberita	16	5		10	17

6. Depósitos salinos costeros - Setti y col.

**Tabla 6.3:** Composición mineralógica porcentual de las Muestras S

Composición	S1 (5)	S2 (20)	S3 (35)	S4 (50)	S5 (65)	S6 (80)	S7 (95)
Distancia (m)							
Cuarzo	19	√	20		12	29	44
Mica		√	3	tr		tr	tr
Silicatos							
Cristobalita	3						
Albita		√	19	32		23	10
Carbonatos							
Calcita	8	√	3		5	3	7
Cloruros							
Halita	59	√	18	20	54	30	27
Sulfatos							
Yeso	3	√	10	6	3	15	12
Thenardita	9	√					
Eugsterita		√					
Glauberita			27				28

6. Depósitos salinos costeros - Setti y col.

**Tabla 6.4:** Composición mineralógica porcentual de las Muestras N

	Composición Distancia (m)	N2	N3	N4A	N4B	N5	N6	N7	N8	N9	N10	
		(40)	(55)	(70)	(70)	(85)	(100)	(115)	(130)	(145)	(160)	
Silicatos	Cuarzo	✓	7	✓		✓	12	20	23	✓	✓	15
	Feldespato potásico	✓				✓						
	Mica	✓	23	✓	✓	✓	tr.	5	3		✓	3
	Plagioclasa	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
	Cristobalita Anfiboles					✓					✓	
Carbonatos	Calcita	✓									✓	8
Cloruros	Halita	✓	18	✓	✓		12	30	17	✓	✓	6
	Yeso	✓							2	✓	✓	16
Sulfatos	Thenardita	✓			✓					✓	✓	37
	Eugsterita	✓		✓						✓	✓	15
	Glauberita		28				26	25	20			

## 6. Depósitos salinos costeros - Setti y col.

---

En todos los sistemas analizados, si se descarta la fracción de minerales no solubles en agua, las sales presentes corresponden principalmente a cloruro de sodio, sulfato de sodio y carbonato de calcio, más algunas variantes de sulfatos de sodio y calcio.

Debe destacarse que estos compuestos precipitan de modo natural a causa de la evaporación del agua durante los estadios en los cuales el nivel de la laguna disminuye. Cuando se producen incrementos en el nivel de Laguna Mar Chiquita, tal como ha sucedido en años recientes, dichas sales vuelven a disolverse en el sistema. El comportamiento del ecosistema respecto a las variaciones de salinidad de la laguna, producida por el cambio de volumen de la misma, es hasta el momento impredecible (aún cuando se encuentra asociada a los períodos de lluvia y sequía del continente sudamericano), razón por la cual la presencia natural de estos depósitos también es muy cambiante.

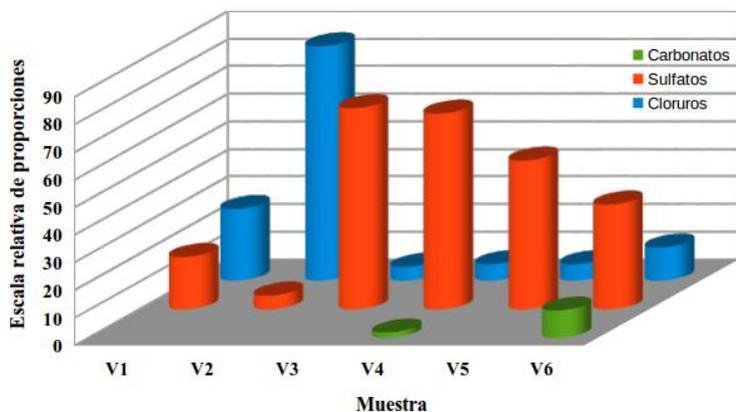
El porcentaje de sales (totales) precipitadas resulta sin duda dependiente de la distancia desde la línea costera. Aún cuando no puede establecerse una tendencia estricta de patrones de distribución, se encuentra evidencia acerca de la importancia de los aniones que las constituyen, tal como muestra la Fig. 6.3. En la misma cada anión (parte inferior

## 6. Depósitos salinos costeros - Setti y col.

---

de la Tabla 6.2) se detalla teniendo en cuenta las diferentes sustancias bajo las que se presenta.

Así resulta evidente la precipitación natural de sulfatos a distancias mayores de la costa, y la precipitación natural de cloruros en la línea más cercana al agua. La presencia de carbonatos es en general superior, del mismo modo que los sulfatos, en las zonas más alejadas de la costa. La precipitación de los cloruros, muy solubles, sucede cuando el volumen global del agua de la laguna disminuye considerablemente, lo cual ocurre en las zonas más cercanas a la línea costera.



**Figura 6.3:** Distribución de sales de acuerdo al tipo de anión componente.

## 6. Depósitos salinos costeros - Setti y col.

---

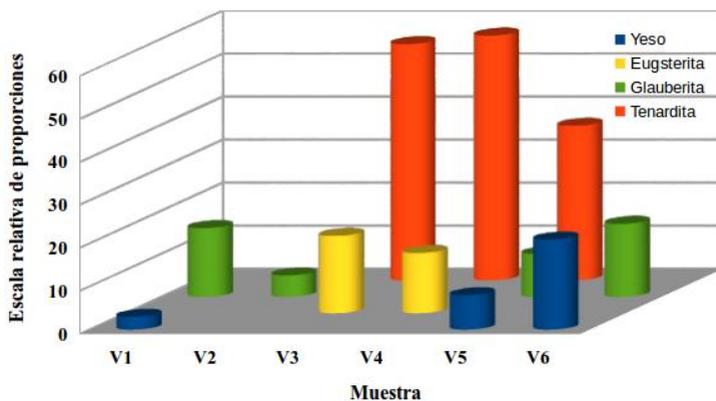
Este hecho puede atribuirse a las diferentes solubilidades de los aniones implicados, siendo los sulfatos y carbonatos menos solubles que los cloruros.<sup>2</sup> Estos últimos, casi independientemente de los cationes acompañantes, resultan solubles.

Debido a su menor solubilidad los sulfatos precipitan del agua en forma prioritaria a los cloruros, por eso se los encuentra en cantidades mayoritarias en las zonas más alejadas de la costa, tal como puede observarse en la Fig. 6.3. La Fig. 6.4 muestra el modo en que se distribuyen las diferentes formas de precipitación de las sales de sulfatos. Las proporciones elevadas de sulfato de calcio predominan en las zonas más lejanas de la costa (V5 y V6). A distancias intermedias se presentan como más abundante el sulfato de sodio mientras que el sulfato de sodio y calcio se distribuye en todo el rango de distancias. En la Fig. 6.5 se muestra la apariencia de los cristales de yeso precipitados.

---

<sup>2</sup> Los cloruros insolubles son los de plata, plomo (II) y mercurio (I)

## 6. Depósitos salinos costeros - Setti y col.



**Figura 6.4:** Distribución de sales con anión sulfato.



**Figura 6.5:** Cristales de yeso precipitados en la zona costera.

## 6. Depósitos salinos costeros - Setti y col.

---

Cuando se preparan sistemas de precipitación selectiva, a partir de aguas naturales salobres (marinas o de lagunas), en diversos estanques de concentración, se observan: la precipitación del carbonato de calcio en primero, cuando las concentraciones son de 80 a 140 g sal/L, luego la de sulfato de calcio, para rangos de 300 a 325 g sal/L, y finalmente, a concentraciones que son unas diez veces superiores a la del agua de mar, ocurre la precipitación de los cloruros de sodio o de otros cationes acompañantes.<sup>3</sup>

Merece destacarse que entre los materiales que se depositan naturalmente, o que forman parte de los sólidos insolubles de los sedimentos costeros, se encuentra una amplia variedad cuyas aplicaciones en terapéutica y cosmética son conocidas y aprovechadas en diversos centros de balneoterapia y spa.<sup>4</sup> Estos materiales se dan en la Tabla 6.5.

Esta es la razón por la cual el ecosistema es un lugar con enorme potencial en el aporte de recursos y materiales que pueden ser utilizados en el campo de la salud humana.

---

<sup>3</sup> G. A. Ballesteros Pelegrín y J. F. Fernández Ramos. «La explotación industrial de las salinas de San Pedro del Pinatar (Murcia, España)». En: *Papeles de Geografía* 57-58 (2013). Ed. por Universidad de Murcia, págs. 55-68.

<sup>4</sup> M. I. Carretero León y M. Pozo Rodríguez. «Clay and non-clay minerals in the pharmaceutical industry Part I. Excipients and medical applications». En: *Applied Clay Science* 46 (2009), págs. 73-80.

## 6. Depósitos salinos costeros - Setti y col.

---

**Tabla 6.5:** Compuestos presentes en el ecosistema Mar Chiquita y sus usos en terapéutica.

Material	Uso en salud
<b>Calcita</b> , $\text{CaCO}_3$	Material abrasivo y limpiante en pastas dentales
<b>Halita</b> , $\text{NaCl}$	Sales de baño
<b>Thenardita</b> , $\text{Na}_2\text{SO}_4$	Sales de baño
<b>Yeso</b> , $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	Excipiente de tabletas
<b>Mica (Illita, Moscovita)</b> , $\text{KAl}(\text{OH},\text{F})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$	Componente en cremas, emulsiones y pomadas de uso tópico

## **7. Conclusiones**

Los materiales procedentes del ecosistema Laguna de Mar Chiquita (Córdoba, Argentina) tienen un enorme potencial tanto en terapéutica como en cosmética, tal como se encuentran en su forma natural.

El agua de la Laguna Mar Chiquita ha mostrado tener capacidad antioxidante, aún cuando en menor proporción a la que presentan los fangos analizados. La posibilidad de utilizar este recurso, tanto en forma directa, como en diversas diluciones en bañeras de inmersión, es altamente promisorio, generándose soluciones con densidades apropiadas para técnicas hidroterápicas.

En cuanto a los fangos, el proceso de estacionamiento de los mismos produce mejoras en varias de sus propiedades, lo cual en principio puede atribuirse al incremento del contenido salino que aporta este proceso. De todas maneras, tanto en fango recién extraído como en el almacenado las propiedades adsorbentes, de intercambio de iones y comportamiento térmico resultan muy adecuadas para tratamientos de fangoterapia.

Es destacable la presencia de actividad antioxidante en estos materiales, capacidad no encontrada en minerales

## 7. Conclusiones

---

arcillosos puros (bentonita, caolinita) comúnmente utilizados en spas o centros de balneoterapia.

Por otro lado el ecosistema tiene un enorme potencial en relación a los depósitos salinos naturales o en cuanto a la posibilidad de obtener sales por precipitación selectiva, las cuales pueden ser utilizadas en cosmética y terapéutica.

## **8. Adenda: Contaminación en Mar Chiquita**

En años reciente se han publicado trabajos centrados en el tema de la contaminación, conservación y uso sustentable del ecosistema de la Laguna Mar Chiquita. Una extensa revisión de estas temáticas ha sido realizada por Bucher y col. en el año 2006.<sup>1</sup>

En dicha publicación se destaca el valor que, como área protegida, tiene en relación a la biodiversidad de las especies que sustenta, a su condición de humedal, reserva de aves migratorias y de diversas especies animales y vegetales.

En ese sentido los potenciales riesgos de deterioro son múltiples, asociados no solo a los vertidos que pueden llegar a través de los ríos o escorrentías pluviales hasta la laguna, sino a las medidas que se toman en cuanto a las construcciones de represas, río arriba, desviando una importante cantidad de agua, lo cual modifica el caudal natural de la laguna.

La misma publicación documenta, a modo de ejemplo, la muerte masiva de peces, ocurrida en las zonas de los ríos o cercanas a las desembocaduras, atribuyendo las mismas

---

<sup>1</sup> E. H. Bucher y col. «Conservación y uso sustentable». En: *Bañados del Río Dulce y Laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina)*. Ed. por E. H. Bucher. Academia Nacional de Ciencias (Córdoba, Argentina), 2006. Cap. 21, págs. 327-340.

## 8. Adenda

---

a cambios en la salinidad, en el contenido de oxígeno del agua o, muy posiblemente, al derrame o vertido de cantidades elevadas de pesticidas, asociados a las actividades agropecuarias de la región.

Un aspecto relevante a considerar es el elevado contenido de arsénico presente en las aguas subterráneas de gran parte de la provincia de Córdoba, tal como se detalla en la publicación de Blarasin y col. (2014),<sup>2</sup> ya que tanto el agua potable de la localidad de Miramar, como los surgentes que vierten el agua dentro de la laguna (remanentes del período de inundación), pertenecen a los acuíferos que presentan esta propiedad indeseable. Por ende, deberían existir programas de monitoreo continuo para las concentraciones de arsénico en agua, e implementarse, en caso de exceder los límites permitidos, estrategias para su reducción.

En trabajos recientes se detallan los niveles, por encima de los permitidos, de algunos pesticidas y sus derivados, en especial en la zona de la laguna del Plata, conectada con la Laguna de Mar Chiquita.<sup>3</sup>

---

<sup>2</sup> M. Blarasin, A. Cabrera y E. Matteoda. *Aguas subterráneas de la Provincia de Córdoba*. 1ra. UniRío Editora, 2014.

<sup>3</sup> M. L. Ballesteros y col. «Multimatrix measurement of persistent organic pollutants in Mar Chiquita, a continental saline shallow lake». En: *Science of The Total Environment* 490 (2014), págs. 73-80.

## 8. Adenda

---

Esto debe llamar la atención en cuanto a que, si se quiere contar con recursos de calidad, no solo en el plano de la biodiversidad del ecosistema sino también en cuanto al uso de sus materiales en el área de la salud humana, se deben tomar medidas gubernamentales que lo protejan de las diversas modalidades de contaminación antrópica.

Bucher y col. han propuesto una serie de medidas basadas en generar conciencia acerca de la importancia del ecosistema, que debieran ser práctica común en cuanto a protegerlo, tales como el establecimiento de un programa de educación, extensión y participación que asegure la integración de la comunidad local; también asegurar la disponibilidad de agua necesaria para mantener la integridad del sistema, etc.

Finalmente, para garantizar la calidad de los fangos, aguas y sales como potenciales agentes terapéuticos, debieran realizarse mediciones periódicas en zonas estratégicas, evaluar los contenidos de potenciales contaminantes tales como pesticidas y metales pesados, y tomando las medidas de prevención y/o corrección correspondientes.



## **Bibliografía general**

Abril, A., L. Noe y C. Merlo. «Grupos metabólicos microbianos de la laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina) y su implicancia en el ciclado de nutrientes.» En: *Ecol. austral* 20 (2010), págs. 81-88.

Aramburu de Vega, C., E. M. Muñoz Díaz y C. Igual Camacho. *Electroterapia, termoterapia e hidroterapia*. Ed. Síntesis, 1999.

Armijo Valenzuela, M. y J. San Martín Bacaicoa. *Curas balnearias y climáticas. Talasoterapia y Helioterapia*. Primera. Ed. Complutense, 1994.

Ballesteros Pelegrín, G. A. y J. F. Fernández Ramos. «La explotación industrial de las salinas de San Pedro del Pinatar (Murcia, España)». En: *Papeles de Geografía* 57-58 (2013). Ed. por Universidad de Murcia, págs. 55-68.

Ballesteros, M. L. y col. «Multimatrix measurement of persistent organic pollutants in Mar Chiquita, a continental saline shallow lake». En: *Science of The Total Environment* 490 (2014), págs. 73-80.

- 
- Baschini, M., E. Piovano y M. Setti. *Aguas, Fangos y sales naturales con Potenciales Usos terapéuticos, Laguna Mar Chiquita – Córdoba – Argentina*. Ed. EDUCO, 2011.
- Baschini, M. y col. «Composición y propiedades de fangos (peloides) agua y sales procedentes de lagunas y lagos salinos usados con fines terapéuticos y cosméticos». En: Ed. Fundación Bilbilis, 2014, págs. 145-154.
- Blarasin, M., A. Cabrera y E. Matteoda. *Aguas subterráneas de la Provincia de Córdoba*. 1ra. UniRío Editora, 2014.
- Bucher, E. H. y A. E. Bucher. «Limnología física y química». En: *Bañados del Río Dulce y Laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina)*. Ed. por E. H. Bucher. Academia Nacional de Ciencias (Córdoba, Argentina), 2006. Cap. 5, págs. 79-101.
- Bucher, E. H. y M. Etchegoin. «El pejerrey como recurso». En: *Bañados del Río Dulce y Laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina)*. Ed. por E. H. Bucher. Academia Nacional de Ciencias (Córdoba, Argentina), 2006. Cap. 12, págs. 201-217.
- Bucher, E. H., G. G. Pizarro y E. D. Curto. «Síntesis geográfica». En: *Bañados del Río Dulce y Laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina)*. Ed. por E. H. Bucher.

- 
- Academia Nacional de Ciencias (Córdoba, Argentina), 2006. Cap. 1, págs. 15-27.
- Bucher, E. H. y col. «Conservación y uso sustentable». En: *Bañados del Río Dulce y Laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina)*. Ed. por E. H. Bucher. Academia Nacional de Ciencias (Córdoba, Argentina), 2006. Cap. 21, págs. 327-340.
- Carbajo, J. M. y col. *Estética Hidrotermal*. Primera revisada. Ed. Videocinco, 2007.
- Carretero León, M. I. y M. Pozo Rodríguez. «Clay and non-clay minerals in the pharmaceutical industry Part I. Excipients and medical applications». En: *Applied Clay Science* 46 (2009), págs. 73-80.
- *Mineralogía aplicada: salud y medio ambiente*. Ed. Paraninfo, 2007.
- Carretero León, M. I. y col. «Mobility of elements in interaction between artificial sweat and peloids used in Spanish spas». En: *Applied Clay Science* 48 (2010), págs. 506-515.
- Coianiz, L. y col. «Environmental change in subtropical South America for the last two millennia as shown by lacustrine pigments». En: *Journal of Paleolimnology* 53.2 (2015), págs. 233-250. ISSN: 1573-0417.

- 
- Córdoba, F. y col. «Una visión paleolimnológica de la variabilidad hidroclimática reciente en el centro de Argentina: Desde la Pequeña Edad de Hielo al siglo XXI.» En: *Lat. Am. j. sedimentol. basin anal.* 21.2 (2014), págs. 139-163.
- Cuenca Giralde, E. «Influencia de la crenoterapia con aguas bicarbonatadas sulfatadas en el estrés oxidativo de una población balnearia». Tesis doct. Universidad Complutense de Madrid, 2003.
- da Silva, L. S. V. y col. «Quantitative evaluation of sedimentary organic matter from Laguna Mar Chiquita, Argentina». En: *Organic Geochemistry* 39 (2008), págs. 450-464.
- De Michele, D. y col. «Efectos Sistémicos de los fangos minerales. Revisión de la literatura en los últimos 10 años». En: *Anales de Hidrología Médica* 1 (2006). Ed. por Universidad Complutense - Servicio de publicaciones, págs. 135-142.
- Fernández, M. *Principios de hidroterapia y balneoterapia*. McGraw-Hill Interamericana de España S.L., 2005.
- Garreaud, R. D. y col. «Present-day South American Climate». En: *Palaeo3* 281 (2009), págs. 180-195.

- 
- Gracia, A. y H. Bustos Serrano. *El poder curativo del agua de mar*. Ed. Morales i torres editores, 2004.
- Hernández Torres, A. «Niveles urinarios de los productos de peroxidación lipídica: Acción antioxidante en el organismo humano del tratamiento crenoterápico con aguas sulfuradas y peloides.» Tesis doct. Universidad Complutense de Madrid, 1997.
- *Peloterapia aplicaciones médicas y cosméticas de fangos termales*. Ed. Fundación Bilbilis, 2014.
- «Vías de administración. Hidrología Médica vs. Hidroterapia y tratamientos en spas urbanos». En: Hernández Torres, A y Col. *Técnicas y Tecnologías en Hidrología Médica e Hidroterapia - AETS*. ISCIII, 2006. Cap. 4, págs. 33-36.
- Hernandez Torres, A. y col. *AETS Técnicas y tecnologías en hidrología médica e hidroterapia*. Ed. ISCIII, 2006.
- Hipócrates. *Tratados hipocráticos. Volumen II: Sobre los aires, aguas y lugares*; Editorial Gredos, 1997.
- Kneipp, S. *Método de hidroterapia - 1898*. Ed. por Kempton. Trad. por S. G. Ayuso. Ed. Maxtor, 2001.
- Maggio, A. *Caracterización y evaluación de productos naturales y maduros con potenciales usos en terapéutica y cosmética*. PIP. Neuquén: U. N. del Comahue, 2016.

- 
- Maraver Eyzaguirre, F. «Importancia de la medicina termal». En: *Balnea* 4 (2008), págs. 35-50.
- Maraver Eyzaguirre, F. y F. Armijo Castro. *Vademécum II de aguas mineromedicinales españolas*. Ed. Complutense, 2010.
- Matz, H., E. Orion y R. Woolf. «Balneotherapy in dermatology». En: *Dermatologic Therapy* 16 (2 2003), págs. 132-140.
- Meijide Failde, R. y L. Mourelle Mosqueira. «Afecciones dermatológicas y cosmética dermotermal». En: Hernández Torres, A. y Col. *AETS Técnicas y tecnologías en hidrología médica e hidroterapia*. Ed. ISCIII, 2006. Cap. 20, págs. 175-194.
- Millero, F. J., G. Perron y J. E. Desnoyers. «The heat capacity of seawater solutions from 5 to 35 °C and 0,5 to 22 ‰ chlorinity». En: *Journal of Geophysical Research* 78 (1973), págs. 4499-4507.
- Monasterio, A. *Caminemos por las termas del Neuquén*. Ed. Caleuche, 2012.
- Mourelle Mosqueira, L. y col. *Curso de Termalismo. Peloides termales*. Servizo de Publicacións da Universidade de Vigo, 2008.

- 
- Mourelle Mosqueira, M<sup>a</sup>. L. y col. *Técnicas Hidrotermales y estética del bienestar*. Primera revisada. Ed. Paraninfo, 2009.
- Nanut, M. O. y J. C. San José Rodríguez. «Fuentes Medicinales Argentinas». En: *Bol. Soc. Esp. Hidrol. Méd.* 14 (1 1999), págs. 7-15.
- Nissenbaum, A., J. Rullkötter e Y. Yechieli. «Are the Curative Properties of 'Black Mud' from the Dead Sea Due to the Presence of Bitumen (Asphalt) or Other Types of Organic Matter?» En: *Environmental Geochemistry and Health* 24.4 (2002), págs. 327-335.
- Nuñez, M. y C. Navarro. *Cómo cura el mar: Beneficios de la talasoterapia*. RBA Libros integral, 2001.
- Piovano, E. L., F. E. Córdoba y S. Stutz. «Limnogeology in Southern South America: an overview.» En: *Lat. Am. j. sedimentol. basin anal.* 21.2 (2014), págs. 65-75.
- Piovano, E. L., S. Damatto Moreira y D. Ariztegui. «Recent environmental changes in Laguna Mar Chiquita (central Argentina): a sedimentary model for a highly variable saline lake.» En: *Sedimentology* 49 (2002), págs. 1371-1384.
- Piovano, E. L., G. Zanor y D. Ariztegui. «Historia Geológica y Registro Climático». En: *Bañados del Río Dulce y*

- 
- Laguna Mar Chiquita (Córdoba, Argentina)*. Ed. por E. H. Bucher. Academia Nacional de Ciencias (Córdoba, Argentina), 2006. Cap. 3, págs. 37-55.
- Piovano, E. L. y col. «Hydrological Variability in South America Below the Tropic of Capricorn (Pampas and Patagonia, Argentina) During the Last 13.0 Ka». En: *Past Climate Variability in South America and Surrounding Regions: From the Last Glacial Maximum to the Holocene*. Ed. por F. Vimeux, F. Sylvestre y M. Khodri. Dordrecht: Springer Netherlands, 2009, págs. 323-351.
- Porte, M. C. y col. «Guía de buenas prácticas termales.» En: *Anales de Hidrología Médica 2* (2007). Ed. por Universidad Complutense - Servicio de publicaciones, págs. 95-150.
- Prior, R. L., X. Wu y K. Schaich. «Standardized Methods for the Determination of Antioxidant Capacity and Phenolics in Foods and Dietary Supplements». En: *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53 (10 2005), págs. 4290-4302.
- Pulido, R., L. Bravo y F. Saura-Calixto. «Antioxidant Activity of Dietary Polyphenols As Determined by a Modified Ferric Reducing/Antioxidant Power Assay».

- 
- En: *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48 (8 2000), págs. 3396-3402.
- Russell, R. *A Dissertation on the Use of Sea Water in the Diseases of the Glands*. Ed. por W. Owen. Homer's Head, Temple Bar, 1760.
- San José Rodríguez, J. C. «Aguas mineromedicinales argentinas». En: *Balnea* 4 (2008), págs. 13-34.
- Stiehl, T., J. Rullkötter y A. Nissenbaum. «Molecular and isotopic characterization of lipids in cultured halophilic microorganisms from the Dead Sea and comparison with the sediment record of this hypersaline lake». En: *Organic geochemistry* 36.9 (2005), págs. 1242-1251.
- Tateo, F. y V. Summa. «Element mobility in clays for healing use». En: *Applied Clay Science* 36.1-3 (2007), págs. 64-76.
- Troin, M. y col. «Hydrological modelling of a closed lake (Laguna Mar Chiquita, Argentina) in the context of 20th century climatic changes». En: *Journal of Hydrology* 393.3 (2010), págs. 233-244.
- Tserenpil, Sh., G. Dolmaa y M. G. Voronkov. «Organic matters in healing muds from Mongolia». En: *Applied Clay Science* 49 (2010), págs. 55-63.

---

Untura Filho, M. y col. «Niveles plasmáticos de interlukina, 1-beta cortisol, 17-beta estradiol y ESG tras fangoterapia y fisioterapia en mujeres postmenopáusicas con artrosis». En: *Anales de Hidrología Médica* 2 (2007). Ed. por Universidad Complutense - Servicio de publicaciones, págs. 65-74.

van Tubergen, A. y S. van der Linden. «A brief history of spa therapy». En: *Ann. Rheum. Dis.* 61 (2002), págs. 273-275.