



CENUR
Litoral Norte
Salto



Screening preliminar de oligoelementos y componentes de tierras raras con posibles propiedades minero-medicinales en el agua del Sistema Acuífero Guaraní de la fuente termal de Daymán-Salto, Uruguay.

Alvareda Elena^{1*}, Salvo Matías¹, Ramos Julián¹, Lucas Christine¹, Carrión Roberto², Freire Magariños Antonio³, Victoria Matías⁴, Veroslavsky Gerardo², Ernst Ana⁵, Colina Rodney⁴, Blanco Rosa⁶, Moriondo Ana⁶, Cattani Carlos⁷, Lavecchia Flavia⁸ y Gamazo Pablo¹

¹Departamento del Agua, Centro Universitario Regional Litoral Norte, Universidad de la República, Salto, Rivera 1350, CP 50000, Uruguay.

²Consultor, PEDECIBA Geociencias- Geología. Eduardo Acevedo 1139, Montevideo CP 11200, Uruguay / Facultad de Ciencias, Iguá 4225, Montevideo.

³Departamento de asesoría medicinal de Gala Termal. 36890 Mondariz Balneario, Pontevedra Spain

⁴Laboratorio de Virología Molecular, Departamento de Ciencias Biológicas, Centro Universitario Regional Litoral Norte, Universidad de la República, Salto, Rivera 1350, CP 50000, Uruguay.

⁵Medicina General, Avda. Garibaldi s/n esq Camino del Exodo. CP 50000, Salto, Uruguay.

⁶Dirección Departamental de Salud de Salto, Ministerio de Salud Pública, Uruguay 364, CP 50000, Salto Uruguay.

⁷Intendencia de Salto, Artigas 377, CP 50000, Salto Uruguay.

⁸Comisión de turismo, Centro Comercial de Salto. Artigas 652, CP 50000, Salto Uruguay.

*Email: alvareda@fq.edu.uy ORCID ID 0000-0002-6065-5741

Resumen

El presente estudio es un *screening* de 62 elementos entre ellos iones mayoritarios, metales, metaloides y elementos traza como ser lantánidos, actínidos (algunos constituyentes de las tierras raras) y otros parámetros fisicoquímicos, con el fin de caracterizar una fuente de agua geotermal en Salto, Uruguay. Mediante evaluación hidroquímica, se desarrolló una metodología que puede ser replicada en otras fuentes termales para su caracterización de acuerdo a estudios que relacionan a la medicina geológica. Los resultados obtenidos describen posibles propiedades minero-medicinales del agua, sugiriendo su uso en técnicas de Balneoterapia para esta clase de agua termal. Se definen usos recomendados del agua geotermal contribuyendo mediante un enfoque holístico a la salud humana, el bienestar físico mental y emocional aportando información preliminar interesante para aportar al valor agregado a este recurso natural.



CENUR
Litoral Norte
Salto



Se hace énfasis en la necesidad de promover este tipo de estudios interdisciplinarios a nivel de otros centros termales en los cuales se logra un producto tangible directo para el bienestar de la sociedad.

Palabras clave: agua subterránea termal, hidroquímica, balneoterapia, tierras raras, elementos traza.

Introducción

El 13 de marzo del 2020 en Uruguay se declara el estado de emergencia nacional sanitaria como consecuencia de la pandemia generada por COVID-19 (Decreto, Poder Ejecutivo 93/020). Desde entonces, y hasta julio 2020, al decretarse la cuarentena, que llevó al cierre total de actividades sociales y comerciales presenciales en el Centro Termal Daymán, el sector turístico y comercial de la zona se vio profundamente afectado.

En ese periodo, el Ministerio de Salud Pública representado por la Dirección Departamental del Salud de Salto, convoca a varias instituciones entre ellas al Departamento del Agua y Laboratorio de Virología Molecular del CENUR LN, Universidad de la República, para poder investigar y estudiar el posible comportamiento del virus SARS-CoV2 y características físicas, químicas y microbiológicas en las aguas termales (Convenio Multilateral denominado *Aguas Termales*, 31 de agosto del 2020).

Parte de las actividades que se propusieron en los muestreos y análisis de las aguas fueron apoyadas por la Convocatoria a Proyectos de Extensión (CSEAM) para atender la Emergencia Social ante el COVID 19 (2020-2021) de la UdelaR, con la aprobación del Proyecto denominado ID 62, “*Aguas termales en tiempos de COVID-19*” y se aprueba. (Expediente UdelaR, N° 006200-001781-20).

Una vez reactivadas las actividades presenciales en el Parque Termal Daymán y mediante el uso de protocolos sanitarios, y de acuerdo a las actividades propuestas en el Convenio se comenzó con el monitoreo de las aguas en la zona del Parque Termal Daymán, de manera de poder detectar la posible presencia del virus SARS-CoV-2 en efluentes de piscinas, aguas residuales y superficiales.

De esa manera, uno de los objetivos, fue poder generar conocimiento científico, que permitiera conocer si era posible el uso recreativo de las aguas termales mediante protocolos sanitarios adecuados ante la emergencia sanitaria y ampliar la información existente de la fuente de agua termal.

Otro de los objetivos planteados fue caracterizar la fuente termal, los efluentes de piscinas, efluentes de aguas residuales y superficiales desde el punto de vista físico, químico y microbiológico. Era necesario ampliar el conocimiento de las propiedades



CENUR
Litoral Norte
Salto



químicas, sobre todo de la fuente de agua termal, con el fin de evaluar si el virus era detectado en piscinas y si este podría o no sobrevivir dependiendo de las características de esa agua termal. Además para ampliar la información se estudiaron posibles propiedades médico-medicinales de esta fuente hidrotermal, proveniente del Sistema Acuífero Guaraní (SAG), uno de los reservorios de agua dulce más importantes del mundo.

Los resultados obtenidos pretenden generar información útil para los tomadores de decisiones y operadores termales para el buen uso del recurso hídrico, brindando seguridad al usuario. Mediante un perfil químico dado por el contenido de metales, no metales, metaloides, iones y elementos pertenecientes a las tierras raras (lantánidos y actínidos), se postularán hipótesis sobre posibles técnicas de Balneoterapia sugeridas para esta agua termal de Daymán con interés de generar valor agregado a este recurso hídrico.

La fuente termal

La zona termal de Daymán, se ubica a 10 km aproximadamente, al Sur este del centro de la ciudad de Salto, Uruguay. Cuenta con 3 perforaciones infrabasálticas, que están separadas a poco menos de 2-4 km cada una y de más de 1000 m de profundidad que captan agua del SAG.

En cuanto a la fuente termal, las aguas subterráneas de los ambientes de Daymán en el Departamento de Salto están contenidas en acuíferos jurásico-cretácicos y en formaciones Neopaleozoicas pre-Sistema Acuífero Guaraní: Buena Vista y Yaguarí (Carrión y Mazza, 2010). Si bien hay varias perforaciones que captan agua de esas formaciones geológicas, cada una presenta un perfil químico que las define y que fueron descritas por Carrión y Mazza (2010).

Este estudio hidroquímico, se centra en la perforación ubicada dentro del predio Municipal del Parque Termal Daymán. La misma finalizó el 22 de enero de 1957 y fue realizada en el marco de una campaña de prospección de petróleo de ANCAP en la Cuenca Norte. El pozo está activo, surgente y con una profundidad de 2204 m. Su caudal de surgencia de 125 m³/h con temperatura registrada en la boca del pozo, de 45° C (Carrión y Mazza, 2010).

Según R. Carrión R. el perfil de la perforación, desde la superficie hasta el basamento cristalino consta de: desde la superficie 955 m de basalto de la Fm. Arapey, 190 m de Fm. Tacuarembó, 518 m de Fm. Buena Vista, 355 m de Fm. Fraile Muerto, 165 m de Fm. Cerro Pelado. En el año 1997 la perforación fue entubada con un diámetro de 24,4 cm hasta la profundidad de 960 metros a los efectos de aislar las pérdidas por fracturas del basalto y fue limpiado hasta los 1405 m de profundidad.

En cuanto a la hidroquímica, como antecedentes a ésta investigación se tomaron como referencias, informaciones existentes relacionadas a caracterizaciones mediante el uso de parámetros fisicoquímicos como alcalinidad, dureza, pH, T, conductividad eléctrica (CE) y los iones mayoritarios (sodio, potasio, calcio, magnesio, cloruro, bicarbonato, y sulfato). Asimismo, los datos aportados sobre iones mayoritarios por Manzano y Guimaraens (2012) y Carrión y Mazza (2010). Sin embargo, no se cuenta con información sobre otros elementos químicos en particular, relacionados a las propiedades mineromedicinales de las aguas termales del Sistema Acuífero Guaraní como fuente termal, en Salto, Uruguay.

Propiedades minero-medicinales desde el punto de vista de la Balneoterapia

Se encontraron registros de uso de agua termal en antiguas civilizaciones pero al parecer sería la civilización Griega en donde nació el termalismo, alcanzando el auge durante el imperio Romano (Gianfaldoni et al., 2017). A lo largo de los siglos, el agua termal se consideró beneficiosa para la salud humana debido a la respuesta adaptativa del cuerpo al calor (Scapagnini et al., 2014).

El Rey Fernando VII el 29 de julio de 1816 a petición de la Junta Superior de Medicina de España, dispone que en “todos los baños acreditados del reino debía establecerse un profesor con suficiente conocimiento de las virtudes de las aguas y de la parte médica necesaria para determinar su aplicación y uso” (Vademecum, 2017). Es por ello que en 1877 se cree la Sociedad Española de Hidrología Medica quien permita evaluar la aplicación práctica y racional del agua mineral con destino para balneoterapia.

Según San Martín Bacaicoa, *“las aguas oligometálicas o de débil mineralización se caracterizan por su escasa mineralización, si bien entre sus componentes figuran gran número de cationes y aniones; y a veces radioemanación y torioemanación. En su surgencia, estas aguas son diáfanas, desprovistas de sabor y con temperatura variable en un amplio rango, clasificándose en acratotermas y acratopegas del prefijo “acratos” (sin mezcla) y un sufijo que refleja su termalidad, según tengan más o menos de 20 °C”*, (Armijo Valenzuela y San Martín Bacaicoa, 1994).

La “Cura Balnearia” o Crenoterapia refiere a la utilización de las aguas mineromedicinales con fines terapéuticos. Este concepto engloba tanto el ambiente circundante a la fuente de AMM (Agua Minero Medicinal), a la acción sobre el organismo del agua que surge, es decir su composición química, así como también las técnicas de aplicación, la alimentación y un adecuado equilibrio entre ejercicio y reposo, el sueño y el descanso, así como el alejamiento de las actividades cotidianas.

Según Armijo Valenzuela y San Martín Bacaicoa (1994), dentro de los mecanismos de acción de estas aguas, ofrecen mayor interés los efectos producidos precisamente por su temperatura en aplicaciones tópicas, en forma de baños, duchas, chorros, entre otras, determinantes de efectos esencialmente vasculares, tróficos, analgésicos, antiespasmódicos y descontracturantes”.

Aunque sigue habiendo escepticismo por parte de la medicina tradicional con respecto a los efectos de la balneoterapia, algunas investigaciones han confirmado sus efectos beneficiosos para muchas formas de artritis inflamatoria, incluida la artrosis de rodilla, cadera y manos, reumatismo crónico, neuropatía central y periférica, gota, enfermedades de la piel y enfermedades relacionadas al estrés (Davinelli et al., 2019; Hasan, 2021).

En 2013, las pautas de la Sociedad Internacional de Investigación en Osteoartritis, Osteoarthritis Research Society International (sigla en inglés OARSI) incluían a la balneoterapia con azufre para la terapia de artrosis de múltiples articulaciones (Davinelli et al., 2019). Sin embargo, la Balneoterapia no se recomienda para personas con algunos cánceres y síntomas de inmunodeficiencia (Hasan, 2021).

Los componentes inorgánicos de las aguas mineromedicinales están relacionados con los efectos terapéuticos de los baños (Balneoterapia); especialmente el uso potencial de aguas sulfurosas para enfermedades inflamatorias, principalmente de la piel, broncoalveolares u osteoarticulares (Davinelli et al., 2019).

La Balneoterapia se utiliza en la prevención, tratamiento y rehabilitación de procesos patológicos de patologías crónicas del aparato locomotor, como el reumatismo (Santos et al., 2016; Brosseau et al., 2002). Masiero en sus investigaciones, reveló las ventajas en inmunología humana de la Balneoterapia en el período COVID-19 en 2020 (Masiero et al., 2020b).

La multiplicidad de factores presentes en este tipo de curas, hace difícil determinar la acción específica de determinada agua en patologías específicas. En general, todas las enfermedades que afecten al sistema osteoneuromuscular, de lenta evolución, se benefician con este tipo de tratamientos. Estos procedimientos, ampliamente utilizados por numerosos países de Europa y otras regiones a lo largo de la historia, permitieron el desarrollo de los balnearios que, de acuerdo al conocimiento de las características físico-químicas de las aguas surgentes en dichos establecimientos, determinaron su especialización en el tratamiento de distintas patologías. A lo largo de la historia estos establecimientos balnearios tuvieron épocas de avances y retrocesos, pero sin duda es un recurso natural beneficioso para la salud al cual no debemos desestimar.

Dentro de las contraindicaciones de la crenoterapia figuran aquellos procesos agudos de tipo inflamatorios, patologías graves como son el cáncer, patologías que determinen una inmuno-supresión. Este tipo de tratamientos debe estar supervisado por un médico con conocimientos en hidrología médica, el cual determinará tipo de aplicación, la duración del tratamiento, así como el seguimiento del paciente.

En Uruguay no existen estudios en el área de la Balneoterapia de aguas termales, y tampoco la especialidad médica Hidrología Médica, por lo que este trabajo intenta comenzar la discusión sobre la posibilidad de abrir líneas de investigación sobre esta área. Se generará conocimiento con el propósito de saber qué tipo de técnica de



CENUR
Litoral Norte
Salto



Balneoterapia podría ser sugerida para la fuente termal Daymán, con la posibilidad de extender el estudio a otras fuentes termales.

Específicamente, en el caso de las aguas termales de Daymán provenientes del Acuífero Guaraní dado que aún no se conoce en profundidad la composición química de la misma, será un desafío ampliar la información en esa área para definir criterios para agua tipo mineromedicinal, constituyendo una potencialidad en el uso terapéutico de estas aguas en nuestra región.

Por lo tanto, este estudio representa un *screening* químico preliminar que podría representar una oportunidad para desarrollar nuevas líneas de investigación que puedan además generar valor agregado a este recurso hídrico, así como potenciar el turismo termal, sector afectado por la pandemia COVID-19.

Los resultados permitirán abrir camino a investigaciones más profundas para tratamientos preventivos y terapéuticos desarrollados en centros termales como balneoterapias.

Objetivos del estudio

Mediante química del agua termal como herramienta para la metodología desarrollada sobre muestras de una fuente termal y de acuerdo a la bibliografía disponible, se busca aportar al conocimiento de las propiedades minero-medicinales para uso de la misma en balneoterapia.

Metodología

Muestreo

En junio de 2020 iniciaron los monitoreos en efluentes de piscinas, de aguas residuales y de agua superficial de SARS-CoV-2, enterococos, pH, temperatura, conductividad eléctrica, potencial redox, nitrato y amonio por un periodo de 12 meses. Además se tomaron muestras para analizar un *screening* para la caracterización química de la fuente termal subterránea.

En cuanto al muestreo, se consideró coleccionar muestras durante dos caudales diferentes de funcionamiento de la bomba del pozo ubicado dentro del predio municipal del Parque termal Daymán, con el fin de conocer posibles variaciones en los niveles de los componentes químicos a analizar.

Se tomaron 10 submuestras a un caudal entre 10-20 m³/h, se monitoreó el pH, conductividad eléctrica (CE) y potencial redox (ORP) mediante sonda multiparamétrica SensION 101 de HACH durante la colecta de las submuestras y se formó una muestra compuesta denominada ID1 promediando los resultados de parámetros fisicoquímicos



CENUR
Litoral Norte
Salto



in situ, se la acondicionó en frasco de PET, se rotuló adecuadamente y se la almacenó refrigerada a 4 °C en conservadora para su transporte a los laboratorios para posteriores análisis. Luego se dejó encendida la bomba y purgando durante un periodo de 6-8 h a un caudal entre 70-80 m³/h, caudal de uso frecuente en el funcionamiento habitual del pozo termal de Daymán, y se realizó igual procedimiento que para ID1, la muestra nueva compuesta generada en éste último proceso se la denominó ID2. Una alícuota de cada muestra ID1 e ID2 se enviaron a ACTALBS en Canadá para el estudio de metales, no metales, metaloides, y elementos de las tierras raras y el resto se envió al Laboratorio de Agua y Suelos del Departamento del Agua (LASDA), del CENUR Litoral Norte, Uruguay.

Analítica

La metodología analítica utilizada se basó en los métodos estándares de aguas y aguas residuales (APHA, 2017) y para la evaluación minero-medicinal se utilizó el Vademécum de Aguas Minero-medicinales de Balnearios de España (Vademecum 2017).

Para las muestras analizadas en el LASDA se determinaron la alcalinidad (APHA, 2320-B), dureza cálcica (APHA, 2340-C) e iones mayoritarios por Cromatografía iónica (APHA, 4110-A y B) en el Cromatógrafo Iónico Thermo Scientific Dionex Aquion[®]. Se usó agua ultra pura obtenida por el Purificador Arium Mini Plus de Sartorius[®]. Los reactivos fueron comprados a Merck[®] puros para análisis, las soluciones de calibración se compraron a HACH[®] y los estándares para iones por cromatografía se compraron a Thermo[®].

En cuanto a los resultados del *screening* químico de iones mayoritarios, alcalinidad, pH, T, CE y dureza, los mismos fueron comparados con los antecedentes reportados por Manzano y Guimaraens (2012); Carrión (2006); Carrión y Mazza (2010). Para ampliar el estudio, complementariamente se determinó el contenido mineral y potencial Redox (ORP), (analizados en LASDA).

Para las muestras enviadas al Laboratorio ACTLABS de Canadá, se analizaron los siguientes elementos:

Los metales, semimetales y metaloides analizados fueron: Boro, Litio, Berilio, Bario, Galio, Aluminio, Estaño, Cromo, Vanadio, Manganeso, Hierro, Cobalto, Níquel, Cobre, Zinc, Selenio, Rubidio, Estroncio, Ytrio, Plata, Cadmio, Zirconio, Molibdeno, Antimonio, Germanio, Cesio, Mercurio, Tantalio, Hafnio, Tungsteno (Wolframio), Talio, Plomo, Bismuto, Silicio, y Azufre.

Los elementos de las tierras raras analizados fueron: Lantánidos: Niobio, Indio, Telurio, Lantano, Cerio, Praseodimio, Neodimio, Samario, Europio, Gadolinio, Terbio, Disprobio, Holmio, Erblio, Tulio, Yterbio, Lutecio y Escandio que a veces se lo encuentra en depósitos geológicos de tierras raras.



CENUR
Litoral Norte
Salto



Los Actínidos analizados fueron Torio y Uranio.

Resultados

En cuanto a los estudios virológicos, no se detectó la presencia de SARS-CoV-2 en ninguna de las muestras de los desbordes de piscinas desde la apertura del parque y en un monitoreo mensual de 12 meses. Esto sugiere que las aguas termales no serían, en principio, una fuente de transmisión para este virus. Estos resultados aún están siendo procesados para una publicación científica.

Hidroquímica

En cuanto al primer perfil químico preliminar, los resultados de 20 submuestras extraídas bajo dos tipos de caudales (entre 10-20 m³/h y entre 70-80 m³/h) de funcionamiento del pozo indicaron que esta fuente de agua termal, es del tipo hipertermal, de mineralización débil a media y de dureza blanda.

Según la clasificación de iones mayoritarios mediante diagrama de Piper (EasyChem 5.0, 2012) es un agua del tipo bicarbonatada-sulfatada clorurada sódica con mezcla del tipo sulfatado sódico e incluso de tipo clorurado sódico.

En la Tabla A se encuentran los elementos detectados en el Laboratorio ACTLABS de Canadá, estos resultados son confidenciales del Convenio, ante consultas puede escribir a los autores.

En la Tabla B (Anexo) se muestran los resultados de la caracterización química por iones mayoritarios y otros parámetros fisicoquímicos medidos/detectados en el Laboratorio de Agua y Suelos del Departamento del Agua del CENUR LN.

Se calcularon diferencias absolutas entre los niveles de cada elemento e ion de ID1 e ID2 y se detectó que la máxima diferencia entre los niveles fue con el sodio con un valor absoluto de 2000 ug/L, luego le sigue el calcio con 700 ug/L y luego el potasio con 190 ug/L. Esto ameritaría continuar con los estudios para una evaluación más precisa y conocer si esto podría ser indicativo de posibles procesos de meteorización de los minerales subterráneos presentes que están siendo acelerados al aumentar el caudal de uso del pozo.

Propiedades minero-medicinales y Balneoterapia

De acuerdo a la clasificación de las aguas presentes en Daymán, se trata de aguas oligometálicas, con mineralización inferior a 1 g/L.

En cuanto a las posibles aplicaciones terapéuticas, y teniendo en cuenta su temperatura de aproximadamente 42-46 °C, este tipo de aguas según el Vademecum Español “se utilizan, sobre todo, en aplicaciones tópicas (baños, duchas, entre otras) y están

indicadas en el tratamiento de afecciones reumáticas y en procesos, en particular del aparato locomotor, que precisen rehabilitación hidroterápica (Vademecum, 2017).

Desde el punto de vista del uso del agua termal de Daymán como Balneoterapia, según Freire Magariños A., podría llegar a ser efectiva en el tratamiento medicinal en algunas patologías como el reuma, en el tratamiento de algún tipo de lesiones pos-trauma como fracturas ya que favoreciendo la consolidación y mineralización de estas, para algunas luxaciones, esguinces y contusiones, según lo indican estudios en humanos realizados en centros termales italianos, israelí, holandeses, españoles, entre otros (Masiero et al., 2020a; Cozzi et al., 2018; Santos et al., 2016; Bender et al., 2005; Verhagen et al., 2008). También para el tratamiento de ciertas afecciones de la piel según lo que indica los estudios de Porowski (2018), en la recuperación de la fatiga muscular al mejorar la irrigación y oxigenación de los músculos.

Las técnicas de Balneoterapia sugeridas en este informe por el Dr. Freire Magariños para aplicación del agua termal se presentan en la siguiente tabla (Vademecum, 2017).

Tabla 1. Descripción de las técnicas de Balneoterapia sugeridas para el agua termal de Daymán. Los códigos corresponden a los definidos en el Vademecum Español (Vademecum, 2017).

TIPO DE TÉCNICA	DESCRIPCION
TÉCNICAS DE BALNEACIÓN	<p>Código 201. BAÑO TERMAL. Balneación simple, de forma individual.</p> <p>Código 202. BAÑO DE BURBUJAS. Balneación añadiendo aire a presión, de forma individual.</p> <p>Código 203. BAÑO DE HIDROMASAJE. Balneación añadiendo agua a presión, de forma individual.</p> <p>Código 204. BAÑO CON CHORRO MANUAL SUBACUÁTICO. Balneación con aplicaciones a presión dirigidas manualmente por los técnicos termales sobre las localizaciones prescritas. Se hace de forma individual</p> <p>Código 205. BAÑOS PARCIALES ó LOCALES. PEDILUVIOS. Balneación local de miembros inferiores. Se hace de forma individual</p> <p>Código 206. BAÑOS PARCIALES ó LOCALES. MANILUVIOS. Balneación local de miembros superiores. Se hace de forma individual</p> <p>Código 210. PISCINA TERMAL MINEROMEDICINAL. Balneación colectiva</p>

<p>TÉCNICAS DE APLICACIONES A PRESIÓN</p>	<p>simple.</p> <p>Código 301. CHORRO TERMAL ó CHORRO GENERAL. Aplicación a presión con un orificio de salida y alta presión</p> <p>Código 302. CHORRO TERMAL PARCIAL ó LOCAL. Aplicación a presión con un orificio de salida y alta presión aplicado localmente</p> <p>Código 303. CHORROS BAJO INMERSIÓN EN PISCINA. Aplicaciones a presión con un orificio de salida y alta presión mediante tubos fijos o móviles en la pared del vaso de forma que permiten un automasaje en inmersión.</p> <p>Código 304. CHORRO FILIFORME. Aplicación a presión con un orificio de salida y presión >10 atmósferas.</p> <p>Código 305. DUCHA TERMAL GENERAL. Aplicaciones a presión con varios orificios de salida y baja presión.</p> <p>Código 306. DUCHA CIRCULAR. Aplicaciones a presión con varios orificios de salida y baja presión dispuestas de forma circular con varios puntos de salida de agua.</p> <p>Código 307. DUCHA TERMAL PARCIAL ó LOCAL. Aplicación a presión con varios orificios de salida y baja presión aplicada localmente (lumbar, gingival, vaginal, nasal, faríngea...)</p> <p>Código 308. MASAJE BAJO DUCHA. Aplicaciones de masaje bajo el agua.</p>
<p>TÉCNICAS ATMIÁTRICAS</p>	<p>Código 501. ESTUFA HÚMEDA COLECTIVA. Vaporarium o estufa de vapor de agua termal o de gas termal.</p> <p>Código 502. AEROSOL INDIVIDUAL. Inhaladores de vapores o gases que generan partículas de un diámetro inferior a <10 m garantizan una buena cobertura de las vías respiratorias superiores y medianas.</p> <p>Código 503. NEBULIZADOR HUMIDIFICADOR INDIVIDUAL. Inhaladores de gota gruesa (>10 m) que quedan en suspensión y se depositan sobre mucosas próximas, rinofaríngea y faríngea.</p> <p>Código 504. PULVERIZADOR NASAL/FARINGEO INDIVIDUAL. Pulverizan el agua a temperatura y presión regulable, con la ayuda de un tamiz.</p> <p>Código 505. DUCHA NASAL o IRRIGACIONES NAsALES. Recipiente sobre</p>

	<p>elevado conectado por un tubo con una cánula con forma de oliva, bajo presión controlada el agua penetra sucesivamente en cada fosa nasal arrastrando con suavidad las secreciones infectadas y las costras, conllevando una acción antiinflamatoria local.</p>
<p>TÉCNICAS DE MOVILIZACIÓN EN PISCINA</p>	<p>Código 601. PISCINA DE MOVILIZACIÓN COLECTIVA. Sesiones de movilización general en piscina de pequeños grupos que presenten la misma patología, la dirige el terapeuta desde el borde de la piscina Código 602. PISCINA DE MOVILIZACIÓN INDIVIDUAL. El terapeuta realiza sobre el paciente en inmersión una movilización pasiva, activo-pasiva o resistida, de una o más articulaciones o del raquis.</p>

Cura Termal por Ingestión

La Cura Termal por Ingestión es otro tipo de Técnica de uso en Balneoterapia como lo indica en Vademecum de Aguas minero-medicinales de España (Vademecum, 2017).

Sin embargo, cabe resaltar que el agua termal de Daymán no sería recomendable para su uso por ingestión (bebida) de manera frecuente, ya que posee algunos minerales de origen natural con niveles que superan los recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2011). Algunos de estos componentes, fueron detectados en este trabajo y coinciden con los descriptos en las investigaciones de Morales-Simfors et al. (2020) y en la de Machado et al. (2020).

Por último, Uruguay no presenta estudios exhaustivos de propiedades minero-medicinales de la fuente termal Daymán y el uso frecuente en población usuaria, por lo tanto, estas sugerencias realizadas en este informe deben ser consultadas previamente al uso por el médico tratante o especialista del usuario que pretende recibir una cura termal.

Conclusiones

Este trabajo aborda un área nueva de estudios en Balneoterapia o Cura Balnearia mediante la química como herramienta para definir las propiedades minero-medicinales de las aguas termales, de la fuente geotermal del Parque Termal Daymán, Salto, Uruguay.



CENUR
Litoral Norte
Salto



Al momento de generar estos resultados, es de conocimiento de los autores que este es el primer trabajo en Uruguay de estas características.

Además, se obtuvo conocimiento sobre el SARS-CoV2, en el agua termal, efluentes de agua residuales, y superficiales para que los tomadores de decisiones de la gestión del Parque Termal y los operadores turísticos pudieran generar protocolos sanitarios adecuados para el uso seguro de las aguas termales.

Este tipo de estudios representan para Uruguay la posibilidad de abrir paso a futuras investigaciones en el campo de la Balneoterapia en todos los centros termales del país.

Dicha información obtenida, es un hito a nivel nacional que abre un abanico de posibles investigaciones en estas áreas de Balneoterapia y medicina geológica (Hasan, 2021), de manera de contribuir a la salud humana y brindar valor agregado a este recurso natural.

Específicamente y en estos momentos que atraviesa el turismo termal de Uruguay, es necesario hacer énfasis en la necesidad de promover este tipo de estudios interdisciplinarios a nivel de otros centros termales, y para ello se debe tener en cuenta, el generar recursos que permitan llevar adelante estas investigaciones que son para el bien común de la sociedad.

Agradecimientos

A la Fundación Salto Grande por la gestión de los fondos económicos donados anónimamente, que hicieron posible llevar adelante estos estudios. A la Comisión Sectorial de Investigación Científica (CSIC) de la UDELAR, por el apoyo económico para la caracterización química. A la Comisión Sectorial de Extensión y Actividades en el Medio (CSEAM) de la UDELAR por apoyar la difusión de los resultados a través del Proyecto aprobado “Aguas termales en tiempos de COVID-19”. A quienes colaboraron desde el Departamento del Agua, en alguna de las etapas de este estudio como ser en los muestreos, como ser el Bach. Rafael Banega y el Ing. Armando Borrero. A los Ing. civiles Manuel Giménez y Agustín Menta del IMFIA de Facultad de Ingeniería por su colaboración en el envío de las muestras a ACTLABS (Canadá).

Referencias

- APHA. (2017). American Public Health Association Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. Washington, DC: American Public Health Association; 2017.
- Armijo Valenzuela Manuel y San Martín Bacaicoa, Josefina (1994). Curas balnearias y climáticas: talasoterapia y helioterapia. Editorial Complutense. Madrid.



CENUR
Litoral Norte
Salto



- Bender, T., Karagulle, Z., Balint, G. P., Gutenbrunner, C., Balint, P. V., & Sukenik, S. (2005). Hydrotherapy, balneotherapy, and spa treatment in pain management. *Rheumatology International*, 25, 220–224.
- Brosseau, L., Robinson, V., Léonard, G., Casimiro, L., Pelland, L., Wells, G., & Tugwell, P. (2002). Efficacy of balneotherapy for rheumatoid arthritis: a meta-analysis. *Physical therapy reviews*, 7(2), 67-87.
- Carrión R. (2006). CEREGAS. Proyecto para la Protección Ambiental y Desarrollo Sostenible del Sistema Acuífero Guaraní. Programa de seguimiento y control de calidad informe de actividades. Pasantía del Licenciado Carrión entre 01/11/06 al 31/12/06. Disponible en <http://ceregas.org/files/Pasantias/Informe%20final%20Roberto%20Carri%C3%B3n.pdf>, acceso 18/08/2021.
- Carrión R. y Mazza E. (2010). Caracterización hidroquímica de las regiones termales recreativas de Uruguay.
- Cozzi, F., Ciprian, L., Carrara, M., Galozzi, P., Zanatta, E., Scanu, A., ... & Punzi, L. (2018). Balneotherapy in chronic inflammatory rheumatic diseases—a narrative review. *International journal of biometeorology*, 62(12), 2065-2071.
- Davinelli S., Bassetto F, Vitale M., Scapagnini G., (2019). Chapter 10 - Thermal Waters and the Hormetic Effects of Hydrogen Sulfide on Inflammatory Arthritis and Wound Healing, Editor(s): Suresh I.S. Rattan, Marios Kyriazis, *The Science of Hormesis in Health and Longevity*, Academic Press, 2019, Pages 121-126, ISBN 9780128142530, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814253-0.00010-3>.
- Decreto Nacional 253/79 de Uruguay, Recomendaciones para prevenir la contaminación del medioambiente mediante el control de las aguas. Disponible en <https://www.impo.com.uy/bases/decretos/253-1979>, acceso 21/04/2021.
- EasyChem 5.0. Grupo de Hidrología Subterránea - Departamento de Ingeniería del Terreno de la Universidad Pontificia de Catalunya, España. Disponible en <https://h2ogeo.upc.edu/es/investigacion-hidrologia-subterrania/software>, acceso 21/04/2021.
- Gianfaldoni, S., Tchernev, G., Wollina, U., Rocchia, M. G., Fioranelli, M., Gianfaldoni, R., & Lotti, T. (2017). History of the baths and thermal medicine. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*, 5(4), 566.
- Hasan, S. E. (2021). Medical geology. *Encyclopedia of Geology*, 684. Publicado online el 2 de Diciembre del 2020. doi: 10.1016/B978-0-12-409548-9.12523-0.
- Machado, I., Falchi, L., Bühl, V., & Mañay, N. (2020). Arsenic levels in groundwater and its correlation with relevant inorganic parameters in Uruguay: A medical geology perspective. *Science of The Total Environment*, 721, 137787.



CENUR
Litoral Norte
Salto



- Manzano, M. y Guimaraens, M., 2012. Hidroquímica del Sistema Acuífero Guaraní e implicaciones para la gestión. Bol. Geol. Minero 123, 3, 281-295. Disponible en http://www.igme.es/boletin/2012/123_3/10_ARTICULO%206.pdf, Acceso 05/28/2021.
- Masiero S, Litwocenko S, Agostini F (2020a) On behalf section of Rehabilitation in Environmental Thermal for Italian Society of Physical Medicine and Rehabilitation. Rehabilitation in an Italian thermal setting: a new therapeutic strategy for patients with musculoskeletal disability-the results of an Italian survey. Int J Biometeorol. 64(6):951–954.
- Masiero S, Maccarone MC, Magro G (2020b) Balneotherapy and human immune function in the era of COVID 19. Int J Biometeorol64:1433–1434. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-01914-z>
- Morales-Simfors, N., Bundschuh, J., Herath, I., Inguaggiato, C., Caselli, A. T., Tapia, J., & López, D. L. (2020). Arsenic in Latin America: A critical overview on the geochemistry of arsenic originating from geothermal features and volcanic emissions for solving its environmental consequences. Science of the Total Environment, 716, 135564.
- OMS (2011). Organización Mundial de la Salud. Guidelines for Drinking Water Quality, Vol. 1: Recommendations (4th Ed.), Geneva: Switzerland.
- Porowski, A., 2018. Mineral and thermal waters. Encyclopedia of Sustainability Science and Technology; Meyers, RA, Ed.; Springer Science+ Business Media LLC: Berlin, Germany.
- Santos, I., Cantista, P., & Vasconcelos, C. (2016). Balneotherapy in rheumatoid arthritis—a systematic review. International journal of biometeorology, 60(8), 1287-1301.
- Scapagnini G, Davinelli S, Fortunati NA, Zella D, Vitale M. (2014). Thermal hydrotherapy as adaptive stress response: hormetic significance, mechanisms, and therapeutic implications. Hormesis in health and disease. Boca Raton, FL: CRC Press; 2014. p. 151_64.
- Vademecum. (2017). Vademecum de las aguas minero medicinales Españolas. Cátedra de Hidrología Médica USC-Balnearios de Galicia, España. Campus Vida 15782. © Santiago de Compostela usc.es/publicaciones. Cátedra de Hidrología Médica de la Universidad Complutense de Madrid y la ANET (Asociación Nacional de Estaciones Termales). Depósito legal código: M 34.345, ISBN 84-95463-19-9, NIPO 354-03-009-0. Disponible en <file:///C:/Users/ElenaAlvareda/Desktop/Elena/2021/AGUAS%20TERMALE>



CENUR
Litoral Norte
Salto



S%20MANUSCRITO/VADEM%C3%89CUM_Minero%20medicinal_Galicia_2017.pdf, acceso 06/29/2021.

Verhagen, A. P., Bierma Zeinstra, S. M., Boers, M., Cardoso, J. R., Lambeck, J., de Bie, R., & de Vet, H. C. (2004). Balneotherapy for rheumatoid arthritis. Cochrane Database of Systematic Reviews, (1).

ANEXO

Tabla B. Iones mayoritarios mediante cromatografía iónica y parámetros fisicoquímicos analizados en el Laboratorio de Agua y Suelos del Departamento del Agua del CENUR LN.

Muestra	ID1	ID2
Parámetros	Resultados	Resultados
CE (uS/cm)	693	754
T (°C)	42.8	43.2
pH	7.35	7.32
ORP (mv)	163.6	190.5
Alcalinidad (mg/L CaCO ₃)	221.00	218.00
Dureza (mg/L CaCO ₃)	26.83	24.91
STD (mg/L)	443.52	482.56
Aniones mayoritarios		
HCO ₃ ⁻ (mg/L)	348.2	341.7
SO ₄ ⁻² (mg/L)	53.3	48.1
Cl ⁻ (mg/L)	40.7	40.2
NO ₃ ⁻ (mg/L)	1.81	1.95

Cationes Mayoritarios		
Na ⁺ (mg/L)	154.0	152.0
K ⁺ (mg/L)	3.59	3.78
Ca ⁺² (mg/L)	7.0	6.3
Mg ⁺² (mg/L)	2.27	2.23
Balance iónico error (%)	-8.74	-7.52