

LOS FANGOS TERMALES DE COPAHUE

Gisela Pettinari¹, Jorge Vallés^{1,2} y Miria Baschini¹

1. Universidad Nacional del Comahue, Departamento de Geología y Petróleo, CIMAR.
Neuquén - gpettina@uncoma.edu.ar 2. CONICET - jvalles@uncoma.edu.ar

RESUMEN

En el entorno del volcán Copahue, provincia del Neuquén, se encuentra un campo geotermal activo con variadas manifestaciones superficiales tales como fumarolas, manantiales calientes, conos de barro, olletas y lagunas. Este sistema causa la formación de fangos termales singulares, con significativa presencia de azufre y minerales arcillosos como componentes principales. Estos materiales, son usados para el tratamiento del reuma y artritis, de patologías musculares, osteoarticulares y dermatológicas así como para estética facial y corporal, bienestar y propósitos de relajamiento. Hasta el momento, los fangos han sido aplicados como se encuentran en las piletas naturales. La fracción acuosa de los barros es de media a alta mineralización y su pH es francamente ácido. La composición mineralógica dominante de la fase sólida consiste en: minerales arcillosos – beidellita y caolinita - , azufre á ortorrómbico, alunita, diferentes formas de sílice - cristobalita, opalo-A, cuarzo – y pirita. También está presente un componente biológico constituido por algas, microorganismos y bacterias. Los procesos que principalmente contribuyen a la formación de los barros termales son la acción de fluidos hidrotermales sulfurosos y la alteración que ellos producen en las rocas andesíticas aflorantes en el área. Como factores favorables en el comportamiento terapéutico de estos fangos, se destacan: elevada y estable retención de agua; alta superficie específica lo que asegura buen contacto con la piel; lento rango de pérdida de calor; buena trabajabilidad y extensividad y la sensación placentera que producen favorecidas por el fino tamaño de grano.

Palabras clave: Fangos termales, fangos arcillosos sulfurosos, alteración hidrotermal, Copahue

ABSTRACT

The thermal muds from Copahue. - The Copahue volcano is situated in the province of Neuquén, Argentina. Several geothermal features such as hot springs, ponds and fumaroles, occur in the surroundings of Villa Copahue, near the active volcano. The associated geothermal system causes the occurrence of singular thermal muds with significant presence of sulphur and clay minerals. This materials, called peloids, are used for treatment of rheumatic pathologies and arthritis, muscle and bond traumas and dermatological pathologies as well as aesthetic, wellness and relax purposes. The pH of the aqueous fraction of the mud is acidic, ranging from pH 2.2 to 3.4, and having medium to strong mineralization. The dominant mineralogical composition of solid phase is: clay minerals – beidellite and kaolinite - , orthorhombic α -sulphur, alunite, different forms of silica - cristobalite, opal-A, quartz - and pyrite. A biological component constituted of algae, microorganisms and bacteria is also present. The two processes that mainly contribute to the thermal mud formation are the influx of hydrothermal sulphate fluids and the alteration they produce on andesitic rocks outcropping in the area. These processes take place near the surface, at temperatures below 200°C, where the oxidation of sulphurous fluids in contact with the atmosphere and meteoric waters would permit the sufficient acidity for hydrolysis processes to take place. The adsorption isotherms show high and stable water retention on the muds. The specific surface values vary between 60 and 100 m²/g. The cooling kinetics curves show a low-cooling rate. They have a good workability due to their liquid limits and to the viscosity they develop. The application over the skin and the pleasant sensation they produce are favored by the fine grain size.

Key words: Thermal muds, clayey-sulphurous mud, hydrothermal alteration, Copahue

INTRODUCCIÓN

En los alrededores del volcán Copahue, en el oeste de la provincia del Neuquén y cerca del límite con Chile, se encuentra un campo geotermal activo con variadas manifestaciones superficiales tales como fumarolas, manantiales calientes, conos de barro, olletas y lagunas, agrupadas en cinco zonas principales: Centro Termal Copahue (Fig. 1A), Las Máquinas, Las Maquinitas, Anfiteatro y Chancho-Co, esta última en territorio chileno (JICA-EPEN 1992). Como producto de la actividad termal, se han formado fangos naturales constituidos por una fase sólida inorgánica de composición mineralógica compleja, una fase fluida consistente en soluciones con diversos contenidos salinos y gases disueltos así como un componente biológico constituido generalmente por algas, microorganismos y bacterias en equilibrio con las condi-

ciones imperantes en el lugar. Estos fangos, aguas asociadas y vapores, son utilizados en tratamientos terapéuticos de enfermedades reumáticas, artritis, dolencias traumatológicas así como de afecciones cutáneas, gástricas y de las vías respiratorias. También se destinan a la aplicación cosmética de máscaras de limpieza estética y más recientemente, con propósitos de bienestar y relajación. En el Centro Termal Copahue, se ha desarrollado una villa dotada de infraestructura e instalaciones para tratamientos alternativos de la salud con diferentes modalidades y bajo supervisión médica. Es el principal centro de la Argentina donde se emplea la fangoterapia con peloides naturales y obtenidos in situ. A diferencia de otros centros termales del mundo, en Copahue se utilizan los fangos formados en el lugar en el sistema geotermal activo, donde el proceso de maduración se desarrolla en forma natural.

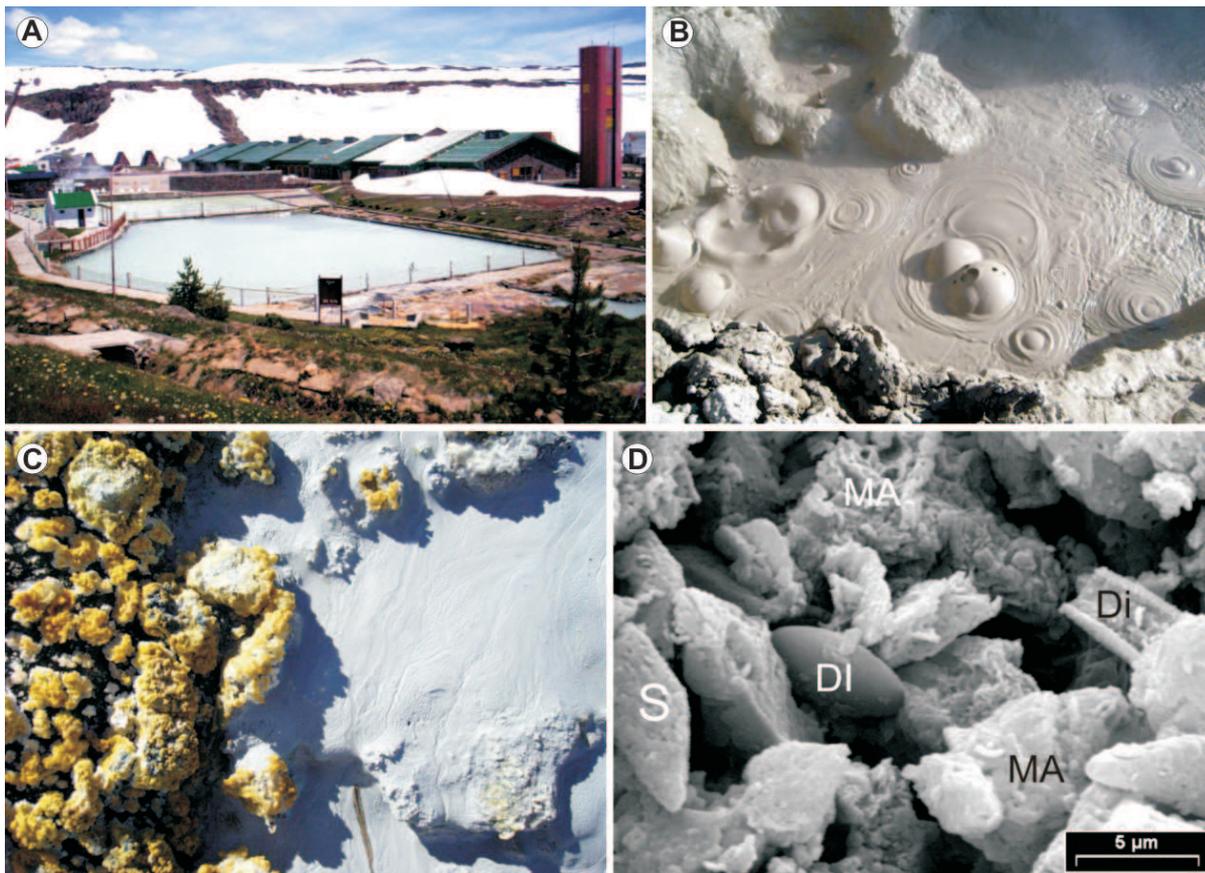


Figura 1: Fangos termales de Copahue. A) Laguna «Sulfurosa» en la villa termal Copahue. B) Fangos termales naturales. C) Fango gris y cristalización de azufre y sulfatos. D) Imagen SEM del fango termal de la Laguna del Chanco. S: azufre-alfa; D: diatomeas; M: minerales arcillosos

COMPOSICIÓN DE LA FASE SÓLIDA DE LOS FANGOS

La fase sólida de los fangos termales (Fig. 1B) está constituida por fragmentos monominerales diversos, fragmentos líticos, restos silíceos amorfos de microorganismos y agregados de sustancia orgánica. La composición mineralógica dominante comprende: minerales arcillosos, azufre elemental ortorrómbico (á-azufre), alunita y diferentes formas de sílice (cristobalita, ópalo-A y cuarzo) (Fig. 1C). En las fracciones más gruesas se encuentran feldspatos (potásico y plagioclasa), cuarzo y pirita y escasa anatasa (Vallés *et al.* 2004). En ciertas piletas, el azufre elemental es el mineral predominante, aún en fracciones más pequeñas que 10 μm ., alcanzando hasta el 53 % en peso. El sulfato presente es la alunita de una variedad potásica $(\text{K}_{0,96}, \text{Na}_{0,04})\text{Al}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_4$. Entre las variedades de sílice son abundantes las especies microcristalinas (á- cristobalita) y amorfas (ópalo-A), lo que en conjunción con la profusión de segregados de origen biogénico, particularmente diatomeas, evidencian una saturación silíceo en el sistema. Los minerales arcillosos identificados son caolinita y esmectita de la variedad aluminica beidellita, en proporciones relativas variables entre los fangos obtenidos de diferentes lagunas. También se identificó halloisita como minoritario. Los restos de microorganismos cuyos segregados son de composición silíceo amorfa están representados principalmente por frústulos de diatomeas y espículas de esponjas (Fig. 1D). En algunos de los fangos su presencia es

muy numerosa, llegando a constituir más del 5 % de las partículas.

La presencia de carbono detectada en análisis químicos es debida a la materia orgánica proporcionada por algas, diatomeas, otros microorganismos y sus metabolitos. El fango con más alto contenido alcanza 5.7 % de C.

COMPOSICIÓN DE LA FASE FLUIDA

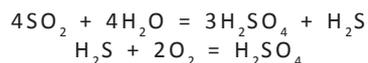
La fracción acuosa de los distintos fangos es ácida, con variaciones del pH entre 1.75 y 3.3. De acuerdo a la concentración de sales disueltas totales, se clasifican como aguas de mineralización media a alta. La acidez favorece la permanencia de iones en solución. Entre los aniones, el que predomina notablemente es el sulfato con pequeñas proporciones de cloruro, fluoruro, nitrito y nitrato. Como lo muestra el pH, el protón es el catión dominante, seguido por Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} y K^+ . (Vallés *et al.* 2004).

ORIGEN DE LOS FANGOS

Los peloides de Copahue son fangos naturales o primarios originados por la acción de soluciones hidrotermales surgentes predominantemente ácidas, que alteran a las rocas andesíticas aflorantes en la región (Vallés *et al.* 2005; Mas *et al.* 1996). La continua acción de la hidrólisis sobre las rocas ha provocado la formación y acumulación



de fangos asociados a aguas sulfatadas, la mayoría a temperaturas mesotermales a hipertermales. El proceso que se ve favorecido por la temperatura de los fluidos y por las emanaciones de vapor. El ambiente preferido para la formación sería principalmente la zona vadosa, por encima de la capa freática donde comúnmente forman un manto caracterizado por la asociación alunita-cristobalita-caolinita-azufre nativo. Allí, los gases portadores de azufre en ascenso entran en contacto con las aguas meteóricas cerca de la superficie, se oxidan y aumentan su acidez de acuerdo a reacciones del tipo:



Este fenómeno se observa en el agua de las lagunas cuyos valores de pH oscilan entre 2,2 y 3,4, donde además predomina el anión sulfato. Estas soluciones ácidas a temperaturas elevadas, tienen capacidad suficiente para lixiviar de las rocas la mayor parte del sodio, calcio, magnesio, potasio, aluminio, resultando en consecuencia nuevas asociaciones más simples independientemente de las rocas parentales. La reacción conduce a la transformación de los feldespatos en caolinita. La sílice liberada en la reacción es un subproducto que, como residuo sólido, se encuentra formando cuarzo, cristobalita de baja temperatura y ópalo A.

Respecto a la temperatura de formación, ciertos minerales son definitorios de la temperatura alcanzada por los fluidos de alteración. Comparando con rangos de estabilidad de minerales hidrotermales deducidos de estudios geotermales, Vallés *et al.* (2005) estiman entonces que la alteración de las rocas se produjo a temperaturas inferiores a 200° C. Los minerales encontrados en el fango, satisfacen los requerimientos de estabilidad termal y son compatibles con las soluciones en contacto. El carbono detectado en el análisis químico, es atribuible a un origen biológico, ya que no se encuentran minerales que contengan este elemento.

PROPIEDADES Y CARACTERÍSTICAS

Seis tipos de lodos naturales ensayados por Baschini *et al.* (2010) muestran una alta y estable retención de agua. Las isothermas de adsorción indican que retienen entre 22 y 36 % más de agua respecto a una montmorillonita patrón

ensayada y entre 360 y 600 % más que una caolinita. Los valores de superficie específica también son elevados y se encuentran entre 60 y 100 m²/g lo que asegura buen contacto con la piel. Las curvas de cinética de enfriamiento muestran un lento rango de enfriamiento. Emplastos preparados con diferentes muestras de fangos tardan entre 45 y 95 minutos para enfriarse desde 50° C a 25° C. Los valores de calor específico se encuentran comprendidos entre 2,2 y 3,4 J/C° gr. Tienen buena trabajabilidad y extensividad debido a sus límites líquidos (entre 45 y 71 %) y a la viscosidad que desarrollan. La aplicación sobre la piel y la sensación placentera que producen son favorecidas por el tamaño fino de grano, desde que la fracción menor de 62 µm varía entre 93 y 99% y la arenosa no excede del 8 %.

Agradecimientos

A la Dra. Ana Monasterio por su colaboración permanente y por su intermedio al Ente Provincial de Termas del Neuquén.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

- Baschini, M., Pettinari, G., Vallés, J., Aguzzi, C., Cerezo, P., López-Galindo, A., Setti, M. & Viseras, C. 2010. Suitability of natural sulphur-rich muds from Copahue (Argentina) for use as semisolid health care products. *Appl. Clay Science* 49: 205-212.
- Mas, G., Mas, L. & Bengochea, L. 1996. Alteración ácido-sulfática en el campo geotérmico Copahue, Provincia de Neuquén. *Revista Asociación Geológica Argentina* 51 (1): 78-86
- JICA - EPEN. 1992. The Feasibility Study on the Northern Neuquén Geothermal Development Project. Final Report. Japan International Cooperation Agency - Ente Provincial de Energía del Neuquén.
- Vallés, J., Baschini, M., Pettinari, G. & García, N. 2004. Characterization of muds and waters of the Copahue geothermal field, Neuquén Province, Patagonia, Argentina. 8^o International Congress on Applied Mineralogy, en Applied Mineralogy, Developments in Science and Technology. Sao Paulo, Brazil.
- Vallés, J., Pettinari, G., Baschini, M. & Grathoff, G. 2005. La formación de peloides termales y la alteración ácido-sulfática de las rocas en Las Máquinas, campo geotérmico Copahue, provincia de Neuquén. 16^o Congreso Geológico Argentino, Actas 2 (695-702). La Plata.

