

Secuencia de Illitización en Rocas Volcánicas del Campo Geotermal Tinguiririca (Cordillera de los Andes, Chile central)

/ MERCEDES VAZQUEZ (1) BLANCA BAULUZ (2*), FERNANDO NIETO (3), DIEGO MORATA (1)

(1) Departamento de Geología y Centro de Excelencia de Geotermia de los Andes (CEGA), Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Plaza Ercilla 803, Santiago (Chile)

(2) Departamento de Ciencias de la Tierra. Universidad de Zaragoza. C/ Pedro Cerbuna 12. 50009, Zaragoza (España).

(3) Departamento de Mineralogía y Petrología e Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra, Universidad de Granada-CSIC. Avenida Fuentenueva, 18002, Granada (España)

INTRODUCCIÓN

Las arcillas dioctaédricas, esmectita, interestratificados illita-esmectita (I-S) e illita, son minerales ampliamente descritos como productos de alteración hidrotermal. La distribución secuencial de esmectita a illita, vía I-S en sistemas hidrotermales, ha sido establecida en numerosas ocasiones como una función de la temperatura (Ej. Bauluz et al. 2002, Murakami et al. 2005, entre otros). Sin embargo, su formación está controlada, además, por la composición química del fluido, la relación fluido/roca y la naturaleza del material

precursor. El objetivo de este trabajo es caracterizar los filosilicatos dioctaédricos de muestras tomadas a lo largo de un pozo en el campo geotermal activo Tinguiririca (Cordillera de los Andes, Chile central), para describir en detalle las transformaciones minerales que han tenido lugar e inferir la influencia de los factores citados en el sistema esmectita-illita en campos geotermales.

CONTEXTO GEOLÓGICO

Los campos geotermales en Chile están asociados al volcanismo activo

relacionado con la subducción de la Placa de Nazca bajo la Sudamérica. La geometría de esta subducción condiciona la configuración actual del arco, pudiendo definirse dentro de los Andes de Chile dos grandes zonas volcánicas, paralelas a la costa: la Zona Volcánica Norte (entre los 17°S-28°S) y la Zona Volcánica Central (33°S-46°S).

Droguet et al (2012) determinaron la composición mineralógica global del Campo Geotermal Tinguiririca (Fig. 1). Este campo geotermal está localizado a 150 km al SW de Santiago (Chile), en el flanco oeste del Volcán Tinguiririca. Las muestras fueron tomadas a lo largo del sondeo Pte-1 que atraviesa basaltos, andesitas basálticas y tobas y cenizas volcánicas, donde se midió directamente la temperatura a lo largo de 800m de profundidad. En la parte superficial se describieron esmectita, calcedonia e iddingsita, y en las zonas más profundas wairakita, prehnita y epidota (Droguet et al., 2012).

METODOLOGÍA

Se han estudiado seis muestras en el pozo Pte-1, correspondientes a tobas y cenizas volcánicas alteradas, a 262m, 281m, 282m, 325m, 328m y 408m de profundidad. Se han determinado por difracción de rayos X (XRD) los filosilicatos presentes en la fracción <2µm. En el caso de los interestratificados, se han caracterizado los componentes, sus proporciones relativas y el orden de apilamiento siguiendo los criterios de Moore y Reynolds (1989). Se han estudiado laminas delgado-pulidas de las muestras por microscopía electrónica de barrido (SEM) trabajando con electrones retrodispersados (BSE), lo que ha permitido caracterizar las relaciones texturales entre las diferentes fases así

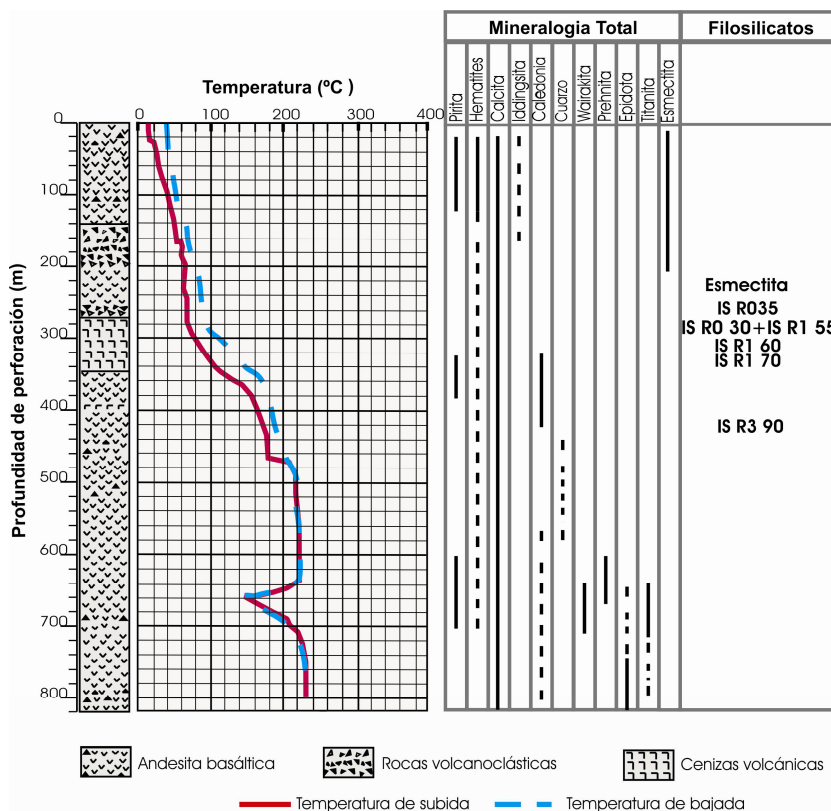


fig. 1. Litología y distribución de minerales secundarios del pozo Pte1 en el campo geotermal Tinguiririca (Chile central), tomado de Droguet et al (2012). Se incluye además la mineralogía de los filosilicatos determinada en este estudio.

palabras clave: alteración hidrotermal, arcillas dioctaédricas, XRD, SEM.

key words: hydrothermal alteration, dioctahedral clays, XRD, SEM

como su composición química por medio de análisis de energía dispersiva de rayos X (EDS). Las fórmulas de los filosilicatos se han calculado asumiendo 22 cargas negativas.

RESULTADOS

La mineralogía de la fracción arcilla (XRD) se muestra de modo simplificado en la figura 1. La esmectita está presente en la parte más superficial del pozo, y por debajo aparecen fases I-S, en lugar de esmectita. Los I-S muestran un incremento en el orden y contenido de capas de illita, progresando desde 30% de capas de illita con orden R0 en la muestra 281 hasta 90% de capas de illita con orden R3 a los 408 m. Cabe destacar la coexistencia de I-S R0 con un 35% de capas de illita junto con I-S R1 con 55% de capas de illita en la muestra 282.

Las imágenes de SEM reflejan que en todas las muestras las arcillas dioctaédricas han cristalizado durante el proceso hidrotermal reemplazando la matriz de las rocas y fragmentos originalmente vítreos. En contraste, se observa que los fenocristales de plagioclasa han sido escasamente alterados o reemplazados (fig. 2).

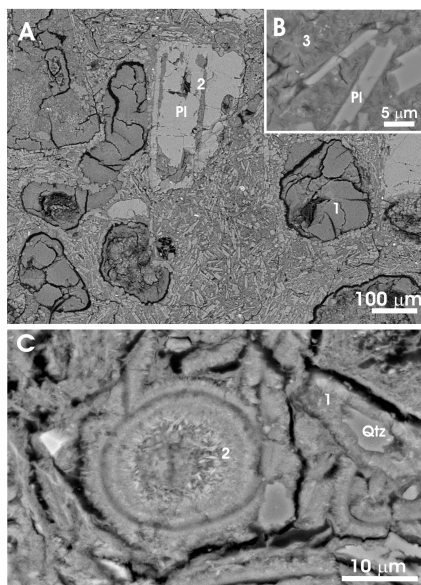


fig 2. Imágenes de SEM/BSE. A: Imagen textural de la muestra 262, se observa esmectita reemplazando fragmentos de vidrio (1), reemplazando plagioclasa (Pl) (2) y en la matriz (3). B: Detalle de la matriz de la muestra 262. C: Imagen textural de la muestra 282, las fases IS forman la matriz (1) y han reemplazado fragmentos vítreos (2).

Los análisis de EDS confirman los resultados de XRD (tabla 1). La muestra 262 está formada por esmectita (montmorillonita); las composiciones

químicas de las fases IS de la muestra 281 y de la matriz de la 282 corresponderían a los interestratificados IS R0 30-35; los interestratificados IS que han reemplazado fragmentos vítreos en la muestra 282 y los de la 325 corresponderían a IS R1 con contenidos de illita entre 60-70%, y finalmente los de la muestra 408 corresponderían a IS R3 90%.

Las arcillas formadas en esta secuencia se caracterizan por constituir una serie desde términos esmectíticos a términos más illíticos, que queda reflejado en su composición química por una paulatina disminución en el contenido en Si e incremento en el contenido en la interlámina que cada vez es más rica en potasio.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

La secuencia de arcillas dioctaédricas formada en el campo geotermal Tinguiririca está formada a partir de los componentes vítreos de las rocas volcánicas, lo que indica que el fluido tuvo una composición y una temperatura apropiadas para la disolución del vidrio, menos estable, pero escasamente disolvió los componentes cristalinos.

La montmorillonita evolucionó a R0 IS cerca de los 80°C, R1 IS a temperaturas de 90-100°C y éstas a R3 IS cercano a los 150°C. Por lo tanto, la evolución de los filosilicatos dioctaédricos en este campo geotermal es dependiente de la temperatura y consistente con el clásico patrón ampliamente descrito en ambientes hidrotermales.

De acuerdo con los datos obtenidos, la secuencia de esmectita a illita es

Muestras	262	281	282		325	408
	n=20	n=13	n=10 (1)	n=13 (2)	n=15	n=15
Si	3.99	3.83	3.81	3.66	3.73	3.63
Al IV	0.01	0.17	0.19	0.34	0.27	0.37
AlVI	1.47	1.42	1.47	1.40	1.56	1.53
Mg	0.33	0.31	0.23	0.31	0.27	0.28
Fe	0.24	0.35	0.35	0.41	0.22	0.25
Ti	0.02	0.03	0.04	0.03	0.02	0.01
K	0.08	0.23	0.16	0.33	0.48	0.60
Ca	0.14	0.10	0.13	0.10	0.03	0.03
Na	0.03	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02
Σ oct	2.06	2.11	2.09	2.15	2.06	2.06
Carga Int.	0.39	0.47	0.44	0.56	0.56	0.69

Tabla 1. Fórmulas promedio de las arcillas dioctaédricas del campo geotermal Tinguiririca, ajustadas a 22 cargas negativas. En el caso de la muestra 282 se han diferenciado las composiciones correspondientes a arcillas que han reemplazado fragmentos vítreos (2) de las que forman la matriz (1).

aparentemente continua, si bien la coexistencia de dos tipos de IS (R0 y R1) en la muestra 282 indica la existencia de fases intermedias de tipo metaestable y cierta discontinuidad en la secuencia.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación ha sido financiada por los Proyectos de Investigación Fondecyt-Regular-1140629 y FONMAP-CONICYT-15090013 (Chile) y el Gobierno de Aragón (Grupos Consolidados). Los autores desean agradecer a la empresa Energía Andina (EASA) y, especialmente a Richard Sutil, por facilitar el acceso a las muestras. Igualmente se agradece la colaboración del Servicio General de Apoyo a la Investigación - SAI, Universidad de Zaragoza.

REFERENCIAS

- Bauluz, B., Peacor, D.R., Ylagan, R.F. (2002): Transmission electron microscopy study of smectite illitization during hydrothermal alteration of a rhyolitic hyaloclastite from Ponza, Italy. *Clays and Clay Minerals* **50**, 157-173.
- Droguett, B., Morata, D., Clavero, J., Pineda, G., Morales, S., Carrillo, F.J., (2012): Mineralogía de alteración en el pozo Pte-1, campo geotermal Tinguiririca, Chile. Congreso Geológico Chile-2012.
- Moore, D.M., Reynolds, R.C., Jr., 1997. X-ray diffraction and the Identification and Analysis of Clay Minerals, 2nd edition. Oxford University Press, New York, pp. 227-296.
- Murakami, T, Inoue, A, Lanson, B., Meunier, A. & Beaufort, D. (2005): Illite-smectite mixed-layer minerals in hydrothermal alteration of volcanic rocks and formation mechanisms. *Clays & Clay Minerals*, **53**, 440-451.