

Características preliminares del sistema hidrotermal volcánico Casiri - Purupuruni

Daniel Ramírez, Pablo Masías, Fredy Apaza, Jorge Alcántara y Gianella Paredes

Observatorio Vulcanológico del INGEMMET Arequipa - Perú)

Palabras clave: Sistema hidrotermal, características químicas y volcán.

RESUMEN

Dentro de la zona volcánica central de América del Sur en la región de Tacna encontramos a los volcanes Tutupaca, Yucamani, Purupuruni y Casiri. Cada uno de ellos cuenta con un sistema hidrotermal asociado el cual tiene características inherentes en la composición química de sus aguas.

El volcán Casiri es considerado como un complejo volcánico latente, y el volcán Purupuruni es considerado como un domo inactivo (Fidel Smoll et al., 1997). Ambos cuentan con sistemas hidrotermales asociados los cuales son objeto de interés en el presente resumen.

La importancia de caracterizar las zonas hidrotermales cercanas a los volcanes activos como el Casiri es para poder monitorear los cambios que se pueden generar en estas por la activación de un ciclo eruptivo y de esta forma contribuir con el entendimiento de los peligros asociados a los volcanes y aportar indicios para la gestión de riesgos asociados a los peligros volcánicos en la zona. (Bromley et al., 2019).

Además, la caracterización del sistema hidrotermal que posiblemente se encuentre relacionado al volcán Casiri nos brindara un mayor entendimiento de su comportamiento y estructura como base para mayores estudios.

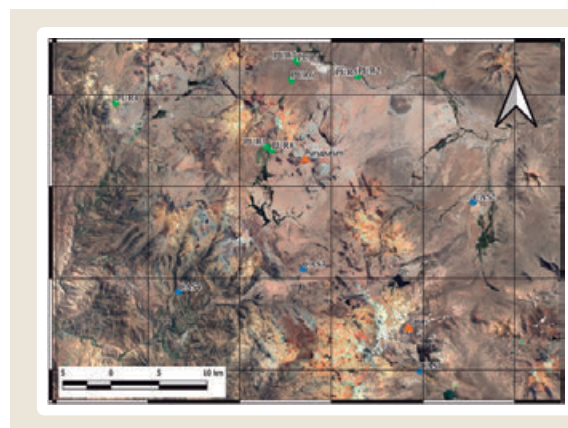
INTRODUCCIÓN

La hidroquímica es la parte del monitoreo volcánico que se encarga de evidenciar la interacción del magma y sistema hidrotermal asociado a un volcán activo, a través de la composición química del agua termal y fría. Es por ello por lo que mediante el análisis de la composición química de estas fuentes podremos determinar las características de los sistemas hidrotermales de estos volcanes.

El Casiri se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas: 17.467° latitud sur; 69.813° longitud oeste y tiene una altitud de 5650 m.s.n.m. Se sitúa a aproximadamente a 76 km al noreste de la ciudad de Tacna.

El Purupuruni se encuentra ubicado en las coordenadas geográficas: -17.309167° latitud sur; -69.914719° longitud oeste y tiene una altitud de 5315 m.s.n.m. Está situado en el distrito de Ticaco, provincia de Tarata, región de Tacna. (Cruz Paucara et al., 2020).

Este cuenta con la zona geotermal se encuentra en la parte oriental de la Cordillera Occidental de los Andes entre 4200 a 4800 m s. n. m. de altitud, en una zona Altiplánica, de la cual analizaremos varias fuentes termales para determinar las características y posible procedencia de cada una de ellas.



► Fig. 1 - Mapa de ubicación de las fuentes termales analizadas para el volcán Casiri y el volcán Purupuruni.

METODOLOGÍA

En el presente estudio se tiene como objetivo caracterizar del sistema hidrotermal asociado a los volcanes Casiri y Purupuruni para lo que se tomaron 8 puntos de muestreo.

Tabla. 1 - Coordenadas de las fuentes termales analizadas para el volcán Casiri y Purupuruni.

CODIGO	LATITUD	LONGITUD
CAS1	-17.508441°	-69.802017°
CAS2	-17.350607°	-69.749648°
CAS3	-17.413207°	-69.916487°
CAS4	-17.434418°	-70.038486°
PUR1	-17.218975°	-69.922099°
PUR2	-17.232598°	-69.862602°
PUR3	-17.299019°	-69.953047°
PUR4	-17.258175°	-70.099972°
PUR5	-17.232822°	-69.863083°
PUR6	-17.236657°	-69.928062°
PUR7	-17.218081°	-69.923947°
PUR8	-17.302525°	-69.947570°

El muestreo de agua, se realizó utilizando 2 botellas de plástico de alta densidad, de 250 mL, una se llena por inmersión simple, la otra se llena con agua filtrada (0.45 μm) y preservada con HNO_3 1:1. La primera, para aniones y la segunda para metales disueltos. Estas muestras se trasladan en condiciones óptimas al laboratorio de INGEMMET.

Los análisis realizados fueron los siguientes:

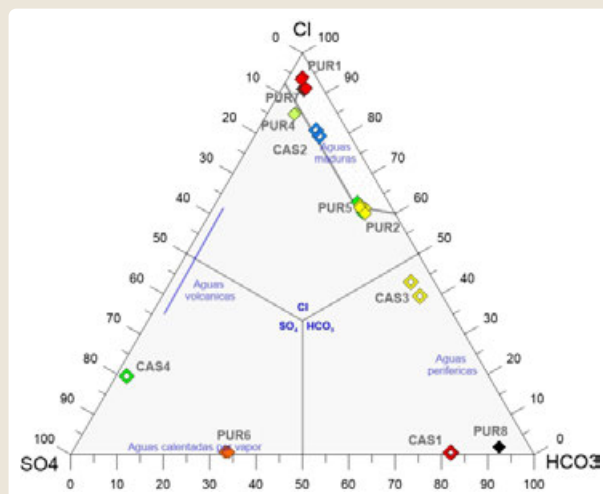
Metales disueltos (Na, Mg, K, Ca, Sr, Li, SiO_2 , B, Ba, Be, Bi, Fe, S y Zn) por Espectrometría de Emisión Atómica por Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-OES) utilizando un equipo marca VARIAN modelo waterproof. (Ag, Al, As, Cd, Ce, Co, Cr, Cu, La, Mn, Mo, Ni, Pb, Se, Sn, Th, Tl, Ti, U, V, W, Y) por Espectrometría de Masa por Plasma Acoplado Inductivamente (ICP-MS), utilizando un equipo marca Perkin Elmer modelo Nexion 300D.

Aniones (F^- , Cl^- , NO_3^- , SO_4^{2-} , NO_2^-) por cromatografía iónica, utilizando un equipo marca Thermo Scientific - Dionex modelo ICS 5000. Además (CO_3^{2-} , HCO_3^-) por método Titrimétrico, utilizando un equipo marca Thermo Scientific.

RESULTADOS

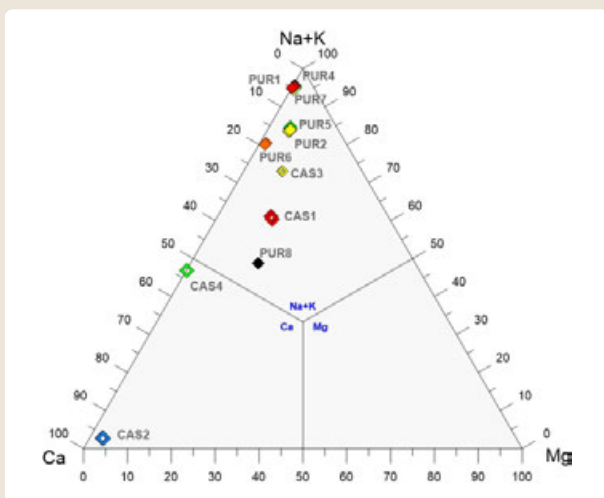
Al procesar los resultados de laboratorio y tener los valores de concentraciones de los analitos podemos graficar de acuerdo a diferentes criterios.

Entre los diagramas ternarios más utilizados se encuentra el de Na - K - Mg propuesto por Giggenbach (1988), el cual permite evaluar el equilibrio agua mineral e identificar el tipo de aguas entre completamente equilibradas, parcialmente equilibradas (mezcladas) o inmaduras y permite estimar la temperatura del reservorio. El diagrama ternario de Cl - SO_4 - HCO_3 permite relacionar el contenido de estos aniones con los procesos que experimenta el fluido en su ascenso a la superficie; clasificando los yacimientos termales en origen volcánico si la composición es elevada en sulfatos, maduras si poseen elevado contenido de cloruros, pluvial (periféricas) si presentan contenidos importantes de carbonato/bicarbonato o calentadas por vapor geotérmico. (Robles-Chaves & Arias-Molina, 2022).



► Fig. 2 - Resultados del monitoreo de fuentes graficados en el diagrama ternario SO_4 -Cl- HCO_3 modificado de Giggenbach, (1998).

De las fuentes analizadas podemos observar que muchas de ellas tienen mayor cantidad de cloruros y en su minoría contienen sulfatos y bicarbonatos sin embargo, también podemos encontrar algunas que muestran una composición mixta entre bicarbonatos y cloruros.



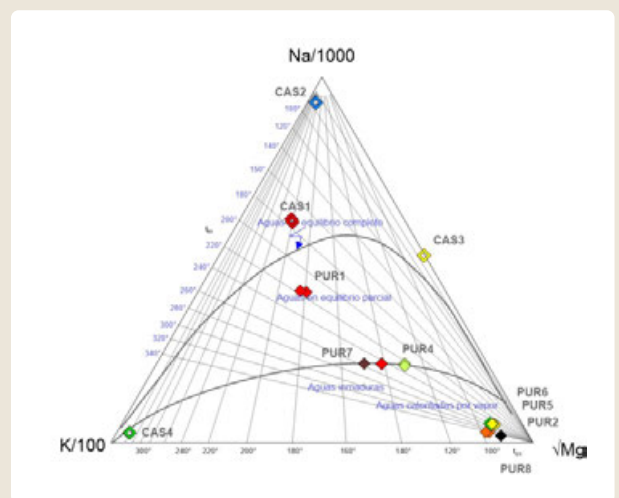
► Fig. 3 - Resultados del monitoreo de fuentes graficados en el diagrama ternario SO₄-Cl-HCO₃ modificado de Giggenbach, (1998).

Si analizamos la composición de cationes entonces podemos encontrar que la mayoría de las fuentes en estudio poseen sodio y potasio y solo una de ellas tiene mayor influencia de calcio.

La grafica del geotermómetro nos muestra gran que estas fuentes en su mayoría son aguas inmaduras o que han sido calentadas por vapor en el sistema hidrotermal al que están asociadas.

I. DISCUSION

Al observar y analizar las graficas podemos decir que la fuente CAS4 tiene influencia volcánica dado su que tiene aguas sulfatadas (Fig. 2), las fuentes PUR1, PUR2, PUR4, PUR7 y CAS2 son aguas maduras las cuales tienen gran cantidad de cloruros lo que indica que pueden tener influencia de la fallas cercanas a la zona y las fuentes PUR2, PUR5 y CAS3 son aguas cloruradas-bicarbonatadas esto puede deberse a la dilución de las aguas maduras con aguas superficiales de origen meteórico; además tenemos las fuentes CAS1 y PUR8 las que podemos caracterizar como bicarbonatadas y son principalmente aguas periféricas (Fig. 2).



► Fig. 4 - Diagrama del geotermómetro de las fuentes relacionadas a los sistemas hidrotermales en estudio.

Analizando los resultados de la siguiente gráfica podemos decir que las fuentes PUR1, PUR2, PUR4, PUR5, PUR6, PUR7, CAS1 y CAS3 son aguas alcalinas y las fuentes CAS2 y CAS4 son alcalinas terreas (Fig. 3).

En la gráfica del geotermómetro encontramos que las fuentes PUR2, PUR4, PUR5, PUR6, PUR7 y CAS4 son fuentes que tienen aguas inmaduras o influenciadas por vapores de agua del sistema, así mismo la fuente PUR1 tiene un equilibrio parcial lo que indica un mayor recorrido sin influencia de aguas periféricas y las fuentes CAS1, CAS2 y CAS3 son aguas maduras lo que denota un gran recorrido en el sistema por ello una gran carga de cationes y sales (Fig. 4).

En conclusión, de acuerdo con los resultados podemos decir que las fuentes analizadas tienen diferentes orígenes y al mismo tiempo que es importante mantener su monitoreo constante de sulfatos, cloruros, bicarbonatos entre los cationes y aniones y sodio, potasio y magnesio para los metales disueltos además debemos tener en cuenta parámetros fisicoquímicos como la temperatura y el pH, dado que los cambios que estos presenten nos darán indicios de la actividad del volcán Casiri y del volcán Purupuruni.

REFERENCIAS

- ▶ Bromley, G.R.M., Thouret, J., Schimmelpfennig, I., Mariño, S., Valdivia, D., Rademaker, K., Vivanco, S., Aster Team, Aumaître, G., Bourlès, D., Keddadouche, K. (2019). In situ cosmogenic ^3He and ^{36}Cl and radiocarbon dating of volcanic deposits refine the Pleistocene and Holocene eruption chronology of SW Peru. *Bulletin of Volcanology*, 81(11), 64.
- ▶ Cruz Paucara, V., Flores Jacobo, R., & Velarde Benavente, Y. (2020). Caracterización y evaluación del potencial geotérmico de la zona geotermal Casiri- Kallapuma, Región Tacna.
- ▶ <https://repositorio.ingemmet.gob.pe/handle/20.500.12544/2801>
Fidel Smoll, L., Morche, W., & Nuñez Juarez, S. (1997). Inventario de volcanes del Perú.
- ▶ Giggenbach, W. F. (1988). Geothermal solute equilibria. Derivation of Na-K-Mg-Ca geoindicators. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 52(12), 2749-2765. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(88\)90143-3](https://doi.org/10.1016/0016-7037(88)90143-3)
- ▶ Robles-Chaves, D., & Arias-Molina, O. A. (2022). Implementación de metodologías analíticas para la caracterización de aguas geotérmicas para aplicación en usos directos. *Revista Tecnología en Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v35i2.5561>