

MINERALOGÍA DE LA ROCA HOSPEDANTE Y MENAS DE URANIO EN EL CAMPO VOLCÁNICO DE QUENAMARI

Neper Condori, Raymond Rivera y Richard Osorio

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico INGEMMET, Av. Canadá 1470, San Borja, Lima 41
 Email: ncondori@ingemmet.gob.pe; rrivera@ingemmet.gob.pe; rosorio@ingemmet.gob.pe

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se realizó en el marco del Proyecto GE25: “Metalogenia del Uranio en las Regiones de Cusco y Puno” en la Dirección de Recursos Minerales y Energéticos del Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET). El estudio consiste caracterizar macroscópicamente y microscópicamente la mineralógica de las rocas hospedantes y menas de las ocurrencias de uranio en el Campo Volcánico de Quenamari.

UBICACIÓN

Se encuentra en la Provincia de Carabaya (Macusani), departamento de Puno en el flanco izquierdo de la Cordillera Oriental, (Fig. N° 01). En una topografía de relieve moderado con altitudes de 4200 msnm.

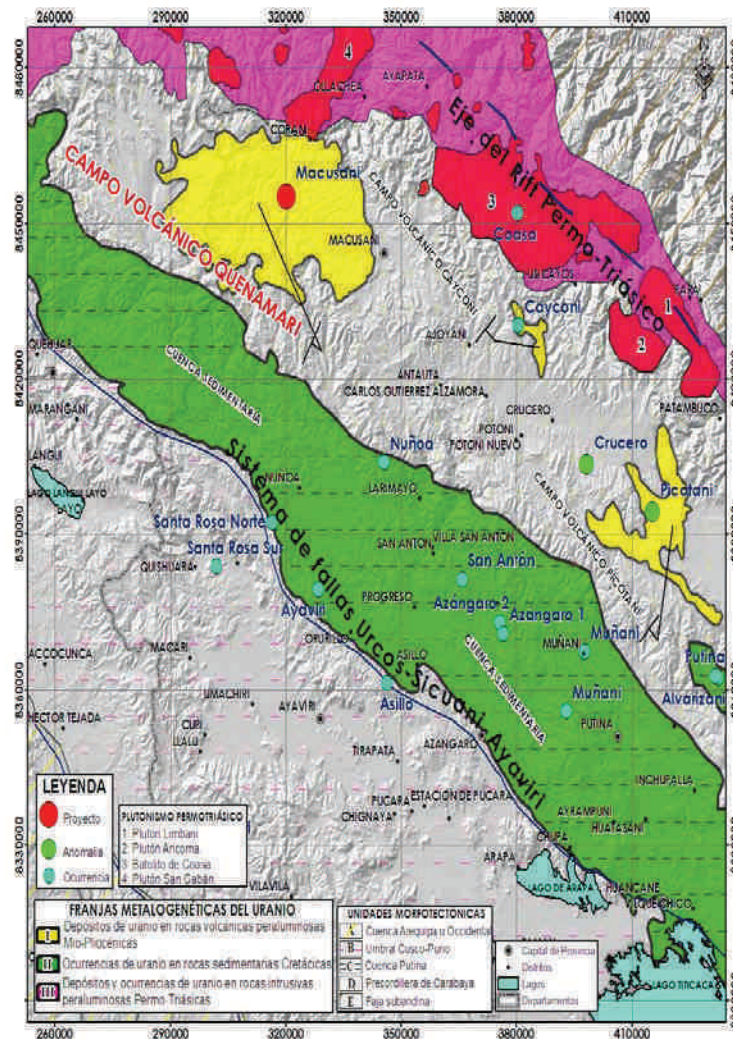


Figura 1. Mapa de ubicación del Campo Volcánico de Quenamari, las franjas metalogenéticas y los principales proyectos, anomalías y ocurrencias de uranio.

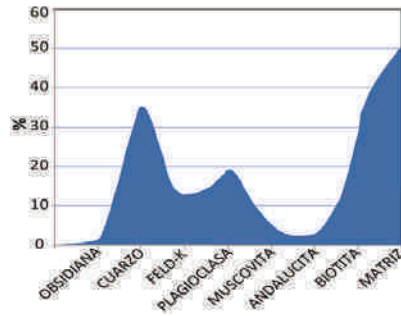


Figura 2. Porcentajes de minerales presentes en las tobas de flujo de ceniza.

GEOLÓGIA LOCAL

En el Campo Volcánico de Quenamari afloran tobas de flujos de ceniza (ash flow tuff) de composición riolítica expuestos aproximadamente sobre 2500 Km² hacia el Oeste del poblado de Macusani. Estas rocas son el equivalente volcánico de los granitos tipo S enriquecidos en REE y fuertemente peraluminosos (Rivera et al., 2010). Se ha reportado edades de K/Ar de 10 a 4 Ma, en biotita (Clark et al., 1990). En el Campo Volcánico aflora la Formación Quenamari, la cual está compuesta de tres miembros: Chacaoniza (Inferior), Sapanuta (Medio) y Yapamayo (Superior). Los tres miembros son geológicamente muy parecidos, pero desde el punto de vista geológico – minero el de mayor interés es el Miembro Superior debido a que en él se encuentran las principales ocurrencias de uranio. La secuencia volcánica se encuentra en discordancia angular con el basamento, el cual está conformado por rocas metasedimentarias paleozoicas del Grupo Mítu.

PETROMINERALOGÍA DE LA ROCA HOSPEDANTE

Está formada por cuarzo, cuarzo ahumado, cuarzo negro, feldespato potásico, plagioclasas, biotita, andalucita, moscovita, etc. Los minerales secundarios son óxidos de hierro y arcillas.

La **obsidiana** se presenta como un mineral amorfo y está relacionado directamente con la mineralización de uranio. Esto se puede notar en las rocas que contienen obsidiana, las cuales presentan una mayor radiactividad y por ende altas concentraciones de uranio. Los minerales de uranio como la metatorbernita $Cu^{+2}(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8H_2O$ y metautunita $Ca(UO_2)_2(PO_4) \cdot 2-6H_2O$ posiblemente se encuentran dentro de la estructura amorfa de la obsidiana. Posteriormente, por desvitrificación de la obsidiana se originan minerales uraníferos secundarios con más contenido de agua (Rivera, et al. 2010), como la torbernita $Cu^{+2}(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8-12H_2O$ y autunita $Ca(UO_2)_2(PO_4) \cdot 10-12H_2O$. Algo similar sucede con el feldespato potásico, donde con luz ultravioleta se puede observar cómo la autunita se desvitrifica de sus redes cristalinas (Fig. N° 04). La obsidiana y el feldespato potásico se encuentran en mayor proporción en el Campo Volcánico de Quenamari que en el Campo Volcánico de Cayconi y Picotani

Se ha reconocido tres tipos de **Biotita**, el primero es el más importante y presenta halos pleocroicos. Este tipo está asociado, con la obsidiana y uranio. El segundo tipo presenta alteración a moscovita y el tercero corresponde a una biotita inalterada que no tiene relación con a la mineralización de uranio.



Figura 4. Minerales de uranio y roca hospedante (izquierda). Autunita en redes cristalinas de feldespato potásico observada con luz ultravioleta (derecha).

El **cuarzo ahumado** se presenta como cuarzo hialino en sección delgada. Tiene una forma predominante euhedral a subhedral con modos de ocurrencia fragmentados y fenocristales ligeramente corridos y rotos. Existen algunos cristales anhedrales indicando ligero arrastre en el momento de la depositación de flujos tobáceos, esta característica no está relacionada a la mineralización. Algunas veces se puede observar cuarzo negro, que puede ser confundido con la obsidiana. La concentración de cuarzo en las muestras varían entre 20 y 35% (Fig N° 02), la mayor concentración de cuarzo ahumado se encuentra en el Campo Volcánico de Quenamari con respecto a Picotani.

El **feldespato potásico** está representado por la sanidina y microclina. Su concentración varía entre 5 a 15 % (Fig. N° 02) y se presentan en forma euhedral, raras veces subhebral Su modo de ocurrencia es en fenocristales de hasta 2 mm, raras veces corroídos. Está asociado con la mineralización de uranio terroso en matriz.

La **plagioclasa** varía entre 10 a 20% y su forma es euhedral (Fig. N° 02). Se presenta como fragmentos rotos y corroídos en matriz criptocristalina y fenocristales de hasta 1cm. Es el mineral principal de las tobas de flujos de ceniza riolítica de Quenamari y Picotani.

La **andalucita** es muy escasa, macroscópicamente se observa en forma tabular de color pardo rosáceo.

La **muscovita** se encuentra entre 2 a 5% en la roca. Tiene forma euhedral y se presenta como fenocristales corroídos y en matriz.

Entre otros minerales, se observan sillimanita, cianita, zircón, turmalina y apatito. Estos minerales se encuentran hospedados e incluidos en los feldespatos (sanidina, microclina y plagioclasas) y raras veces en el cuarzo (Pichavant et al., 1988b). Los minerales secundarios generalmente no están relacionadas con las principales ocurrencias de uranio, sin embargo, la limonita de coloración amarilla y muy ligera alteración de arcillas se encuentra en las paredes de algunas fracturas rellenas con uranio.

MINERALOGÍA DE LAS MENAS DE URANIO

Pechblenda. Tiene forma anhedral y ocurre dentro de fragmentos subredondeados < 4cm de obsidiana y cuarzo negro en matriz de color gris (Fig. N° 05 derecha). Estos fragmentos se encuentran formando parte de los rellenos de autunita en las estructuras. De esta manera es un buen indicador para encontrar estructuras lenticulares de autunita cristalizada y terrosa. La pechblenda está asociada a metaautunita, autunita, fosfuranilita, es característica del Campo Volcánico de Quenamari.

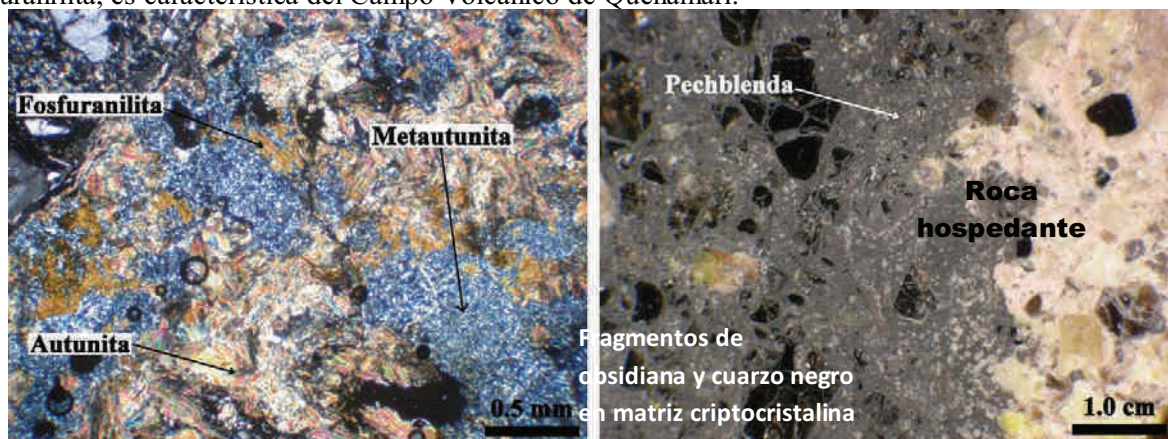


Figura 5. Micrografía de metaautunita, autunita y fosfuranilita relleno estructuras (izquierda). Micrografía de pechblenda en fragmento subredondeado en contacto con roca hospedante (derecha).

Metaautunita $[Ca(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 2-6H_2O]$. Se presenta de dos maneras. La primera como desvitrificación de la obsidiana y la segunda como alteración de la pechblenda. La metaautunita está asociada a la autunita y fosfuranilita (Fig. N° 05 izquierda) y presenta dificultades para su caracterización.

Metatorbernita $[Cu^{+2}(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 8H_2O]$. Se presenta de manera similar que la metaautunita, como desvitrificación de la obsidiana y como alteración de la pechblenda. Son minerales que tienen un periodo de desintegración corto, motivo por el cual no se les ve con frecuencia en las fracturas rellenas de minerales de uranio.

Autunita $[Ca(UO_2)_2(PO_4)_2 \cdot 10-12H_2O]$. Ocurre de forma, cristalizada y terrosa. La primera tiene un determinado tiempo de cristalización, lo que externamente se ve cristalizado también podría estar amorfo

internamente, la autunita es metamictica. La terrosa tiene un color amarillo intenso, también llamada *yellowcake* o pasta amarilla, ocurre rellenando fracturas verticales y subverticales (Fig. N° 06 derecha). Este tipo de autunita terrosa predomina localmente en el Campo Volcánico de Quenamari, formando estructuras a manera de lentejones discontinuos de hasta 20 a 50 m. También se encuentra en la matriz de la toba riolítica muy finamente diseminada con background de 40 ppm de uranio. La autunita también ocurre en ambas formas (terrosa y cristalizada) en estructuras y –halos de 10 a 20 cm. Microscópicamente presenta hábito tabular. En el contacto entre la toba y la estructura rellena de autunita y metaautunita no se observan alteraciones hidrotermales (Fig. N° 06).

Fosfuranilita $[\text{Ca}(\text{UO}_2)_3(\text{PO}_4)_2(\text{OH})_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$. Es un mineral que se altera a la autunita, dándole un color amarillo pálido. No es visible a simple vista sólo se observa en secciones delgadas, similar a la autunita (Fig. N° 05 izquierda), y se diferencia por no presentar fluorescencia.

Torbernita $[\text{Cu}^{+2}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8-12\text{H}_2\text{O}]$. Macroscópicamente se reconoce por su color verde a verde amarillento. Se diferencia de los demás minerales radiactivos por la falta de fluorescencia. Microscópicamente es difícil su determinación, su presencia es menor en las fracturas principales y está asociada con la autunita. Se presenta casi siempre diseminada.

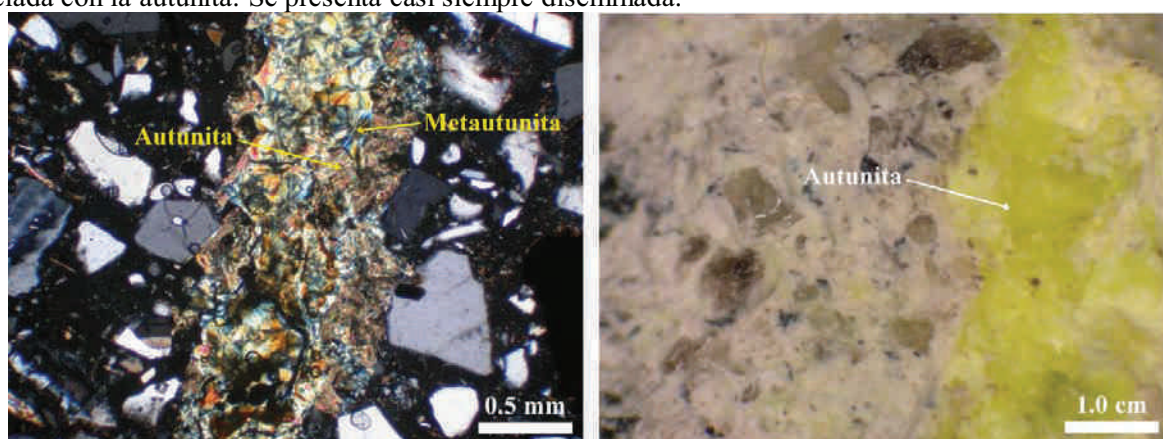


Figura 6. Micrografía de una venilla de autunita y metaautunita (izquierda). Contacto ente venilla de autunita y toba volcánica (derecha).

REFERENCIAS

- Clark, A. H., Farrar, E., Kontak, D. J., Langridge, R. J., Arena, M. J. (1990) Geologic and Geochronologic Constraints on the Metallogenic Evolution of the Andes of Southeastern Peru. In: Economic Geology, vol. 85, pag. 1520 – 1583.
- Melgarejo, J. C. (2003) Atlas de asociaciones minerales en láminas delgadas. Universidad de Barcelona. España, 2 tomos.
- Pichavant, M., Kontak, D. J., Briquieu, L., Valencia, J., Clark, A. H. (1988b). The Miocene – Pliocene Macusani volcanics, SE Peru: II. Geochemistry and origin of a felsic peraluminous magma. In: Contr. Mineralogy Petrology, Vol. 100, pag. 325 – 338.
- Rivera, R., Condori, N (2009). Geología, caracterización geoquímica, isotópica y petromineralógica de los depósitos de uranio del sureste del Perú y su comparación con los modelos actuales. Informe Técnico Científico Interno. INGEMMET.
- Rivera, R., Condori, N., Valencia, J. (2010). Nuevos alcances metalogenéticos sobre el origen de los depósitos de uranio en el sureste del Perú (Región Puno – Cusco) (en prensa este congreso)