

Guías de exploración para uranio en el norte del Departamento de Puno

Neper Condori, Raymond Rivera, y Jorge Acosta

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), Av. Canadá 1470, San Borja, Lima, Perú (ncondori@ingemmet.gob.pe)

1. 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 en caracterizar guías de exploración para uranio en el norte del Departamento de Puno mediante la geoquímica de sedimentos de quebrada, geoquímica de elementos mayores, microscopía de rocas

hospedantes, y menas de las ocurrencias de uranio.

El área de estudio se encuentra al noroeste del Lago Titicaca en las zonas de Coasa, Macusani, Crucero, Ayaviri, Azangaro, Putina. Estas zonas del Departamento de Puno se ubican en el flanco suroccidental de la Cordillera Oriental (Fig. 1), en una topografía de relieve moderado con altitudes de 4200 msnm.

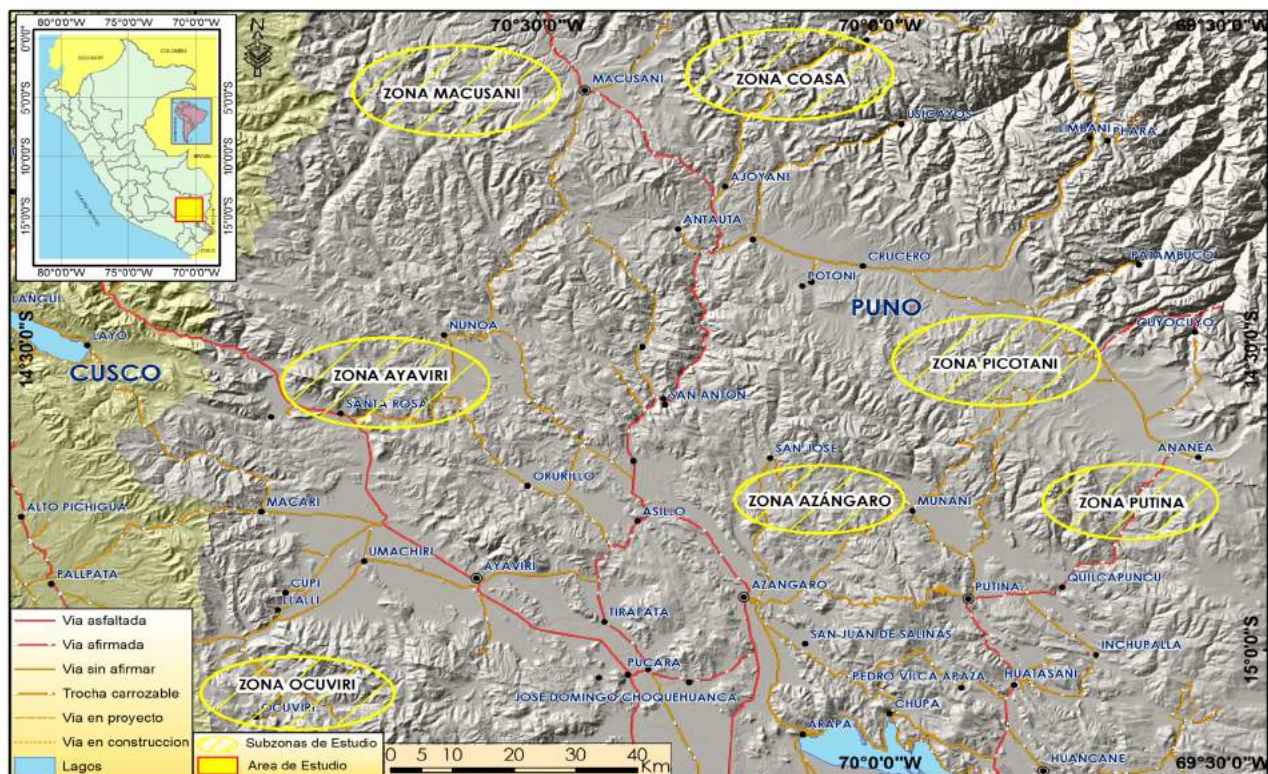


Figura 1. Ubicación de las áreas mencionadas en este trabajo.

2. Geología local

El campo intrusivo de Coasa se compone de rocas intrusivas peraluminosas, que afloran bajo la forma de los plutones de Limacpampa, Aricoma, Coasa, y Limbani. Las ocurrencias de uranio están relacionadas al granito del Batolito de Coasa (Clark et al., 1990).

En el campo volcánico de Quenamari afloran tobas de flujos de ceniza de composición riolítica. Estas rocas son el equivalente volcánico de granitos de tipo S enriquecidos en REE y fuertemente peraluminosos (Rivera et al., 2010). Se han reportado edades K-Ar de 10 a 4 Ma en biotita (Clark et al., 1990). El miembro superior Yapamayo de esta secuencia volcánica es el de mayor interés desde el punto de vista geológico-minero.

El campo volcánico de Picotani presenta también facies piroclásticas más diferenciadas, que son similares a las de Quenamari, donde las riolitas y riocitas se extienden en un área aproximada de 15 km² y han arrojado edades K-Ar de 27 a 16 Ma (Sandeman et al., 1990).

Sedimentos cretácicos afloran en la llamada "cuenca Putina", la cual tiene una orientación NO-SE y está

separada del umbral Cusco-Puno por el sistema de fallas Urcos-Sicuani-Ayaviri (Carlotto et al., 2005).

3. Petromineralogía de la roca hospedante

La **obsidiana** se presenta como un mineral amorfo y está relacionada directamente con la mineralización de uranio (Fig. 2). Esto se puede notar en las rocas que contienen obsidiana porque presentan una mayor radiactividad y por ende altas concentraciones de uranio. Es posible que minerales de uranio como la metatorbernita $\text{Cu}^{+2}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ y la metaautunita $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4) \cdot 2-6\text{H}_2\text{O}$ se encuentran dentro de la fracción amorfa de la obsidiana.

La desvitrificación de la obsidiana originó minerales uraníferos secundarios con más contenido de agua, como la torbernita $\text{Cu}^{+2}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 8-12\text{H}_2\text{O}$ y la autunita $\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4) \cdot 10-12\text{H}_2\text{O}$.

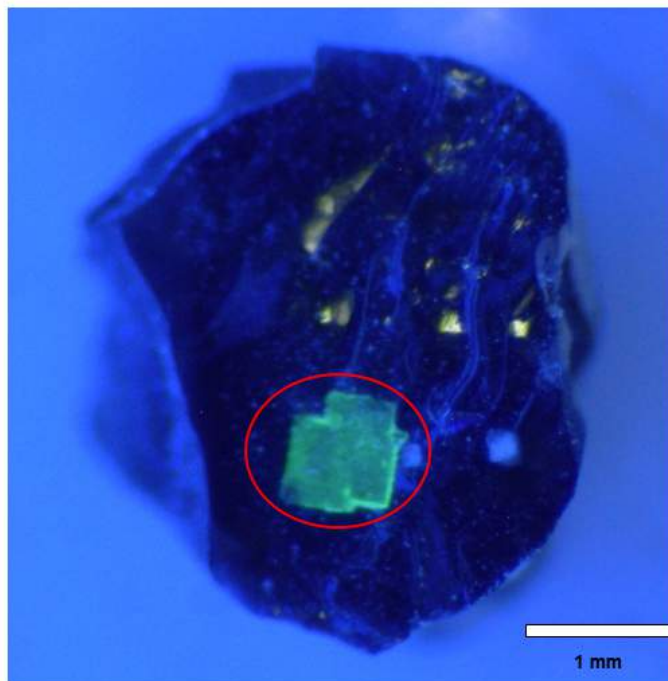
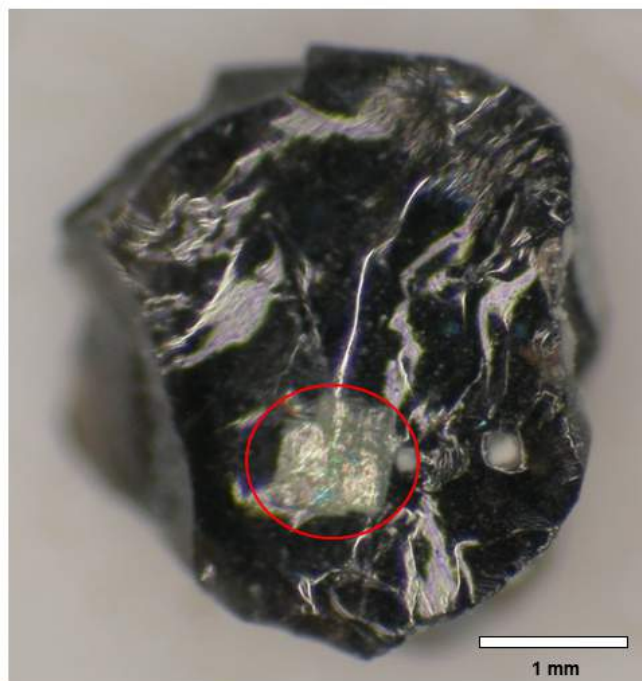


Figura 2. Obsidiana con autunita tabular. Der.: con luz natural. Izq.: con luz ultravioleta, que permite distinguirla mejor.

4. Guías de exploración uranífera

El estudio de las rocas que hospedan uranio en los campos volcánicos de Quenamari y Picotani ha permitido establecer que hay una baja probabilidad que se encuentren minerales de uranio cuando las tobas de flujos de ceniza presentan cuarzo hialino. En cambio, la presencia de cuarzo ahumado indica zonas cercanas a estructuras mineralizadas. El cuarzo negro indica buena probabilidad de encontrar estructuras mineralizadas de uranio (Fig. 3). Es muy probable que esto se deba al conocido hecho que la radiactividad natural del uranio daña la estructura cristalina de los cuarzos vecinos a minerales uraníferos, lo que los hace parecer más oscuros.

5. Mineralogía de las menas de uranio

5.1. Pechblenda (UO_2)

La pechblenda con forma anhedral ocurre aparentemente en fragmentos (Fig. 4). Está asociada a metaautunita, autunita, y fosfuranilita. Es característica del campo volcánico de Quenamari.

5.2. Metaautunita [$\text{Ca}(\text{UO}_2)_2(\text{PO}_4) \cdot 2-6\text{H}_2\text{O}$]

La metaautunita se presenta de dos maneras: como desvitrificación de la obsidiana, y como alteración de la pechblenda, asociada a la autunita.

5.3. Autunita $[Ca(UO_2)_2(PO_4) \cdot 10-12H_2O]$

La autunita ocurre en forma que puede ser cristalizada o terrosa.

Microscópicamente presenta generalmente un hábito tabular (Fig. 4).

5.4. Fosfuranilita $[Ca(UO_2)_3(PO_4)_2(OH)_2 \cdot 6H_2O]$

La fosfuranilita es un mineral que se altera a autunita, dándole un color amarillo pálido. No es visible a simple vista: sólo se observa en secciones delgadas, similar a la autunita (Fig. 4). Se diferencia por no presentar fluorescencia.

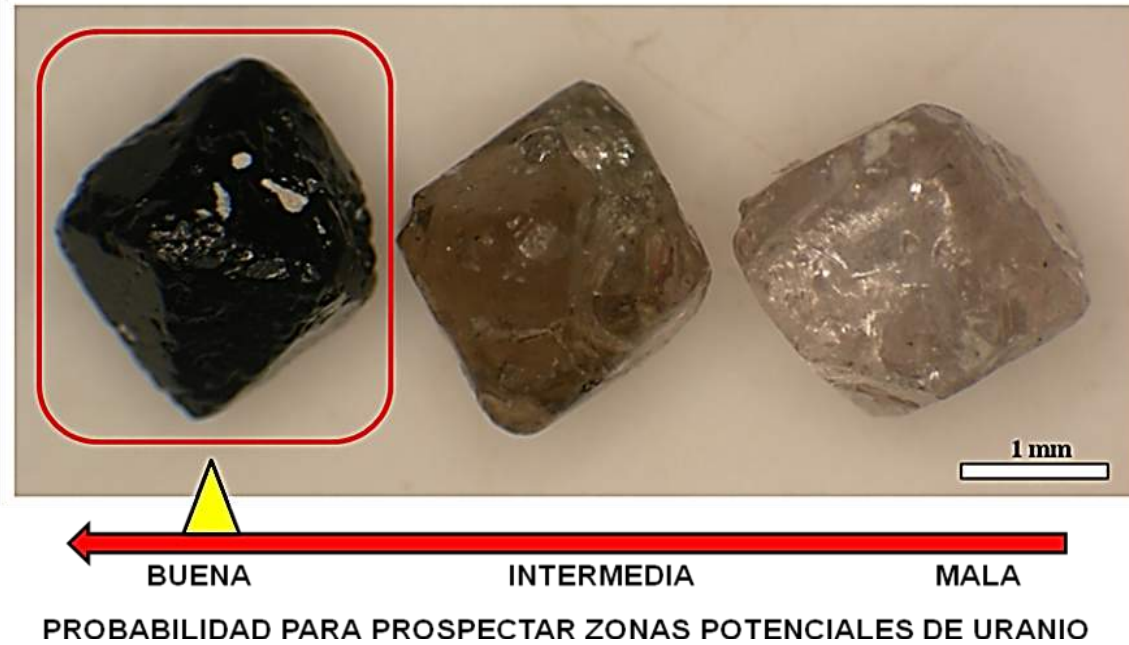


Figura 3. Cristales bipiramidales de cuarzo hialino (der.), ahumado, y negro (izq.).

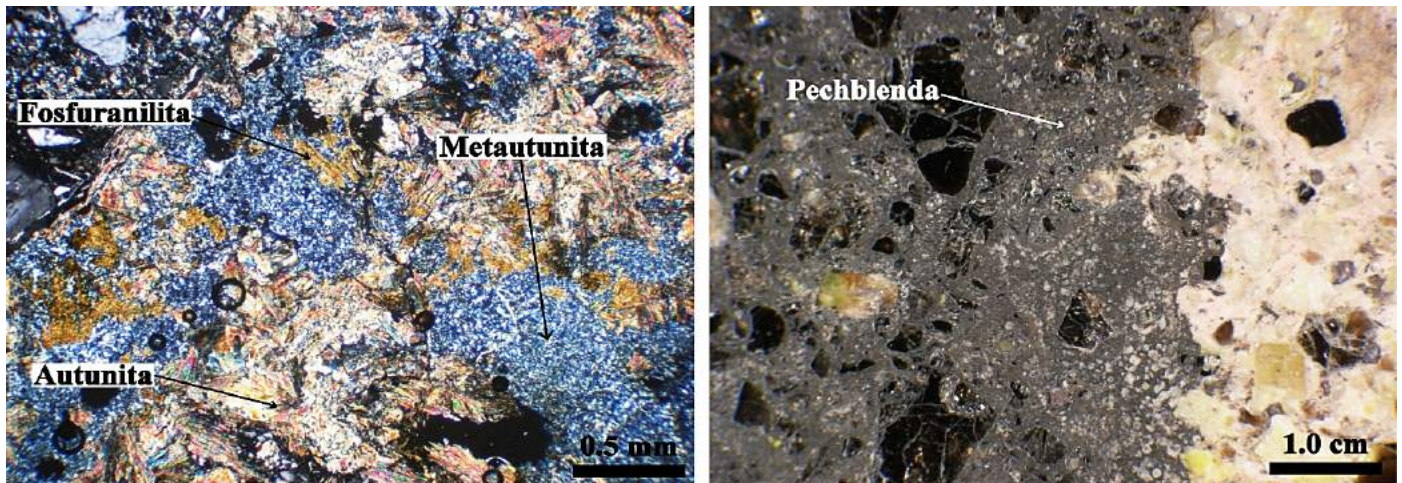


Figura 4. Izq.: micrografía de metaautunita, autunita, y fosfuranilita relleno estructuras. Der.: micrografía de pechblenda subredondeada en contacto con la roca hospedante.

6. Interpretación geoquímica de rocas volcánicas

De todos los grupos de rocas estudiadas, las más importantes son las de los campos volcánicos de Quenamari y Picotani.

A partir de las firmas geoquímicas de las rocas hospedantes se puede determinar guías para la exploración de uranio mediante el comportamiento de las tierras raras.

En la Figura 5 se observa los espectros de las rocas

hospedantes de los campos volcánicos de Quenamari y Picotani. Se puede distinguir que las tierras raras pesadas son menos enriquecidas en Quenamari que en Picotani, lo cual indica que los magmas del campo de Quenamari llegaron a estados más evolucionados que en Picotani.

Esto también manifiesta que las últimas actividades volcánicas fueron más favorables para hospedar minerales de uranio.

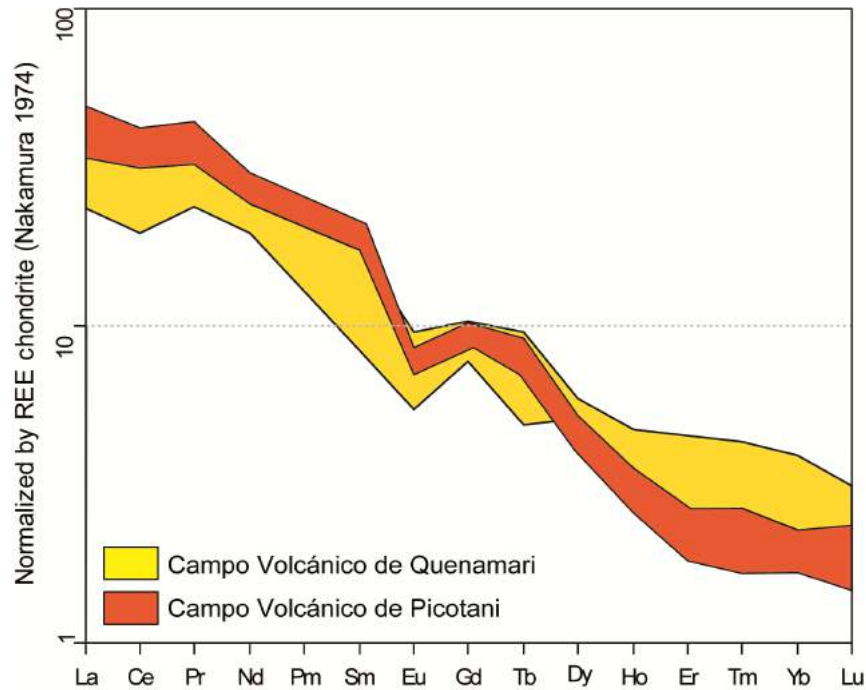


Figura 5. Comparación de espectros geoquímicos, que manifiesta que las mejores rocas para hospedar uranio se encuentran en Quenamari (gráfico normalizado a la condrita; Nakamura, 1974).

7. Interpretación geoquímica de sedimentos de quebrada

La Figura 6 expone cuáles son los elementos guías que el estudio ha permitido definir en los distintos campos (Fig. 1).

Los elementos que tienen mayores concentraciones de dispersión secundaria en el campo intrusivo de Coasa son

As, Be, Bi, Mo, Ti, V, e Y. Por lo tanto, estos elementos representarían las guías de exploración de uranio en ambientes intrusivos.

En el campo volcánico de Quenamari, los elementos guías son Be, K, Na, P, Ti, Y, y Zr.

<p>Campo Coasa</p> <p>Dispersión secundaria en el DAI relacionados a rocas Intrusivas del Permo-Triásico</p> <p>As, Be, Bi, Mo, Ti, V e Y</p> <p>Rocas Intrusivos Peraluminosas y Metaluminosas del Permo-Triásico (Coasa)</p>	<p>Campo Macusani</p> <p>Dispersión secundaria en el DAI relacionados a rocas volcánicas Mio-Pliocénicas</p> <p>Be, K, Na, P, Ti, e Y</p> <p>Rocas Volcánicas Cenozoicas Peraluminosas del Dominio del Arco Interno (Quenamari)</p>	<p>Campo Picotani</p> <p>Dispersión secundaria en el DAI relacionados a rocas volcánicas Oligoceno-Mioceno</p> <p>As, Be, K, P, V, Y y Zr</p> <p>Rocas Volcánicas Cenozoicas Peraluminosas del Dominio del Arco Interno (Picotani)</p>
<p>Campo Ayaviri-Azángaro-Putina</p> <p>Dispersión secundaria relacionado con la zona de transición</p> <p>Ninguna Relación</p> <p>Rocas Sedimentarias Cretácicas (Ayaviri - Azángaro - Putina)</p>	<p>Campo Ocuvirí</p> <p>Dispersión secundaria en el DAP relacionados a rocas volcánicas del Oligoceno-Mioceno</p> <p>As, Ca, Na, P, Ti, V, Y e Zr</p> <p>Rocas Volcánicas Cenozoicas Peraluminosas del Dominio del Arco Principal (Ocuvirí)</p>	<p>Principales Elementos Indicadores</p> <p>Otros Elementos Indicadores</p> <p>DAI Dominio del Arco Interno</p> <p>DAP Dominio del Arco Principal</p>

Figura 6. Resumen de las correlaciones de elementos de dispersión secundaria en los diferentes grupos de rocas.

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. *Economic Geology*, v. 85, p. 1520-1583.

Rivera, R., Condori, N., Valencia, J. 2010. Metalogenia del uranio en Puno y Cusco. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) e Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN), 180 p.