NUEVOS ALCANCES METALOGENÉTICOS SOBRE EL ORIGEN DE LOS DEPÓSITOS DE URANIO EN EL SURESTE DEL PERÚ (REGIÓN PUNO – CUSCO)

RIVERA, Raymond. (INGEMMET); CONDORI, Neper (INGEMMET)
y VALENCIA, Jacinto (IPEN)

rrivera@ingemmet.gob.pe; ncondori@ingemmet.gob.pe; jvalencia@ipen.gob.pe

INTRODUCCIÓN.-

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico del Perú (INGEMMET) en convenio con Korea Resource Corporation (KORES) y el Instituto Peruano de Energía Nuclear (IPEN) llevaron a cabo un estudio de evaluación del potencial de uranio en el sureste del Perú. Dicha investigación tiene como objetivo principal determinar el modelo genético de las principales ocurrencias de uranio en la región de Puno y Cusco, además de proponer nuevas áreas de exploración con el fin de promover la inversión minera.

LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.-

La zona de estudio se encuentra ubicada en el SE del Perú (Fig. N° 01), hacia el noroeste del Lago Titicaca y abarca las regiones de Cusco y Puno.

Geomorfológicamente la zona de estudio ocupa gran parte de la Cordillera Oriental y el Altiplano de los Andes del sur del Perú, con extensas llanuras y altitudes que pasan los 4200 msnm.

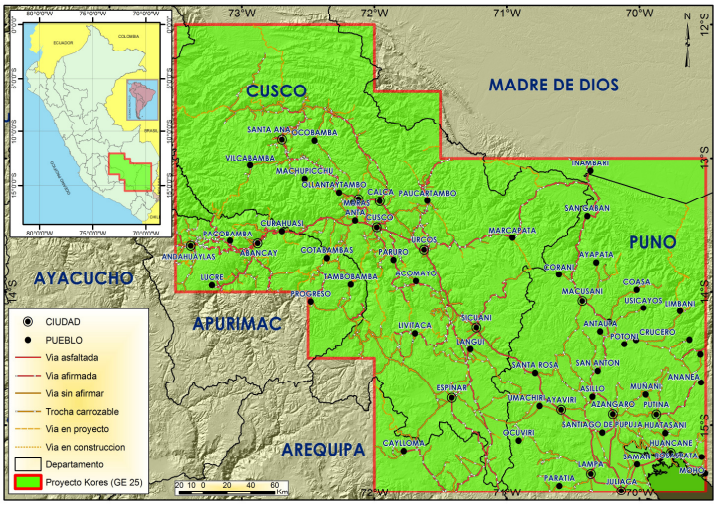


Fig. N° 01 Mapa de ubicación de la zona de estudio

EVALUACIÓN GEOLÓGICA.-

Para poder evaluar geológicamente todos estos depósitos se recolectó, recopiló, correlacionó y reinterpretó por primera vez información de carácter científico con información de carácter técnico.

GEOQUÍMICA DE ROCAS.-

Mediante la evaluación geológica de campo y la interpretación de elementos mayores y elementos traza se pudieron reconocer dos grandes provincias petrogenéticamente distintas: La primera de ellas estaría ligada a un magmatismo metaluminoso desarrollado sobre la Cordillera Occidental (Arco Principal) (Clark et al., 1990), el cual estaría ligado a los procesos de subducción. Las rocas intrusivas de esta provincia son clasificadas como granitos tipo "I" con mucha contaminación cortical (con valores de Rb < 200 ppm). La segunda provincia se refiere a un magmatismo peraluminoso desarrollado en el altiplano y la Cordillera Oriental (Arco Interno) (Clark et al., 1990) y el cual se encontraría ligado a procesos de anatexia de la corteza superior, siendo clasificados como granitos tipo "S", con valores de Rb > 200 ppm.

Mediante el diagrama de Alcalinidad (Fig. N° 02) se observa que las rocas volcánicas del arco interno relacionadas a la mineralización de uranio caen dentro del campo subalcalino al igual que muchas rocas que se encuentran relacionadas a los procesos de subducción, lo cual podría traer confusiones al confirmar líneas arriba que este magmatismo tipo S no se encuentra relacionado a los procesos de subducción. La diferencia se puede marcar por muchos parámetros, teniendo entre los principales el contenido de Sílice, Alúmina y Potasio.

Las rocas ígneas relacionadas a los procesos de anatexia tienen un contenido de sílice que sobrepasa el 70% (Ejemplo: Volcánicos Quenamari, Volcánicos Picotani, algunas facies de las ignimbritas Ocuviri y algunos stocks de la Cordillera de Carabaya), formando de esta manera un grupo muy selecto de rocas volcánicas e intrusivas. El contenido de Alúmina (Al_2O_3) también es mucho mayor llegando a alcanzar 13% y clasificándose como peraluminosas (Fig. N° 03). El contenido de potasio es igual o mayor a las rocas del campo alcalino del arco interno. Geoquímicamente se finaliza que las rocas ígneas con mejor potencial para hospedar uranio son las peraluminosas (ejemplo: Volcánicos Quenamari, Volcánicos Picotani y la Cordillera de Carabaya).

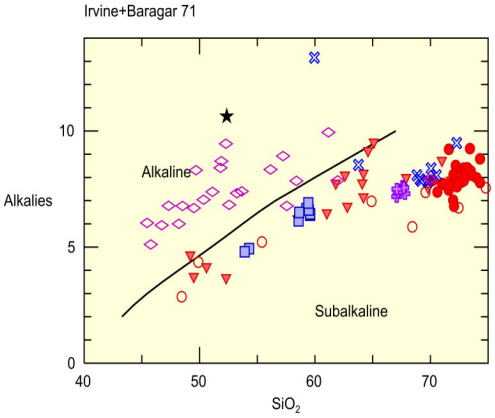


Fig. N° 02.- Diagrama de Alcalinidad

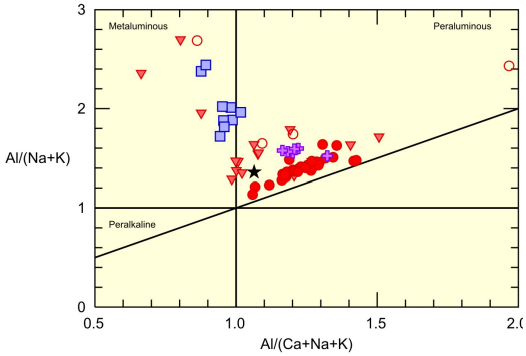
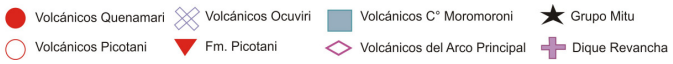


Fig. N° 03.- Diagrama de Saturación de Alúmina



enamari

GEOQUÍMICA ISOTÓPICA.-

Los datos isotópicos confirman la naturaleza anatexica de la rocas ígneas relacionadas a la mineralización de uranio. Los isótopos de plomo proponen como una fuente potencial del magmatismo a la corteza superior (Fig. N° 04), mientras que los isótopos de oxígeno lo reafirman como un magmatismo de origen sedimentario tipo "S", y los isótopos de Sr_i y ε_{Nd} infieren un origen continental pelítico.

Los valores isotópicos de Sr_i de Macusani han sido comparados con los de los granitos anatéxicos uraníferos de Suiza. El resultado fue que Macusani tiene valores mucho más altos (0.722) de Sr_i que los granitos de suiza (0.712) lo cual reafirma su carácter fuertemente uranífero y anatéxico. Los altos valores de ^{18}O indican una posible circulación de fluidos meteóricos, los cuales pueden haber transportado el uranio hexavalente altamente móvil.

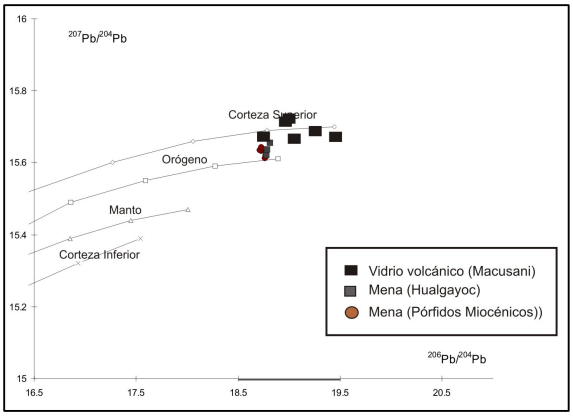


Fig. N° 04.- Diagrama plumbotectónico mostrando El origen de la fuente de los depósitos uraníferos.

GEOCRONOLOGÍA.-
Los datos geocronológicos permiten identificar tres campos volcánicos con carácterísticas peraluminosas que se han emplazado en sentido NO: Campo Volcánico de Quenamari (Mioceno – Plioceno), Campo Volcánico de Picotani (Mioceno medio) y la Fm Cayconi (Oligoceno superior). A este volcanismo Cenozoico se le suma un plutonismo Permo – Triásico también con características peraluminosas desarrollasdo en la Cordillera de Carabaya.

PETROMINERALOGÍA.-
Los estudios petromineralógicos han sido de vital importancia para la interpretación genética de los depósitos de uranio. La principal y más resaltante característica es que las venillas de uranio que cortan los flujos de tufos de ceniza no presentan alteración hidrotermal (Foto N°02), lo cual infiere que el fluido que transporto el uranio fue relativamente frío y de posible origen supérgeno. También se puede observa inclusiones sólidas dentro de los cristales de obsidiana y que muchas veces por desvitrificación segregan autunita (mineral secundario de uranio, Foto N° 01).

Foto. N° 01.- Autunita dentro de una fractura de obsidiana fuertemente radiogénica.

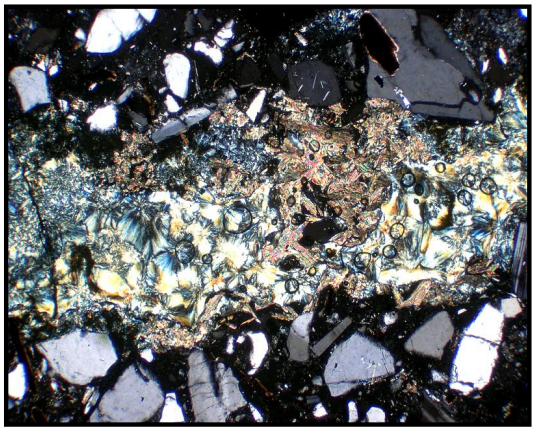


Foto. N° 02.- Venillas de autunita sin alteración hidroteramal

MODELO GENÉTICO.-
Todos los estudios geológicos indican que los campos volcánicos uraníferos de Quenamari y Picotani tienen un origen muy similar. Ambos tienen su origen en un magmatismo anatéxico que tiene como fuente la corteza superior (sedimentos pelíticos). Este magmatismo se manifestó durante el Mio-Plioceno en la Cuenca de Macusani y Crucero respectivamente formando estructuras volcánicas circulares (ejemplo: Macusani). La litología dominante son los fujos de tufos de ceniza (ash flow tufos), los cuales de por naturaleza ya eran enriquecidos en uranio (aproximadamente 25 – 40 ppm de uranio como background, siendo el contenido normal de la corteza 3 a 4 ppm). El uranio además de que se encontraba diseminado en las rocas piroclasticas, fue atrapado también en la obsidiana.
Los fluidos supérgenos relativamente frios y las lluvias ácidas post-caldera han removido el uranio de la matriz de la roca piroclástica fuertemente porosa y lo han lixiviado rellenando fracturas producto del enfriamiento rápido de las rocas piroclásticas, formando también lentes mineralizados en las facies más porosas de las facies piroclásticas. Es por tal motivo que la mineralización de uranio en ambos campos volcánicos se proyecta de arriba hacia abajo, siendo las partes superiores las más interesantes económicamente (miembro Yapamayo).
De esta manera hasta hace poco se conocía a las ocurrencias de uranio en Macusani y Picotani como depósitos de uranio en rocas volcánicas. Pero a la luz de los nuevos conceptos e investigaciones geológicas lo podemos clasificar de la siguiente manera: Depósito de uranio en rocas volcánicas Mio-Pliocénicas, Peraluminosas tipo “structure bond” y “strata bond” (Fig. N° 05)

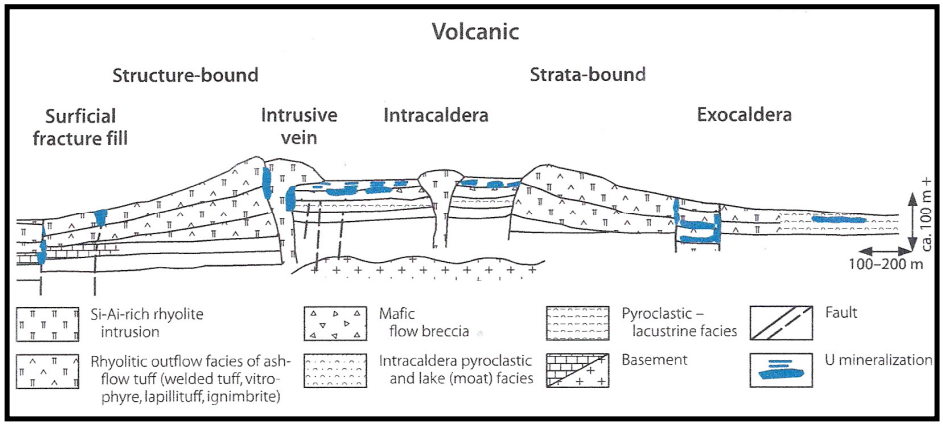


Fig. N° 05.- Modelo genético para los depósitos de uranio (ejemplo: Macusani y Picotani).

Cabe resaltar que también se evaluaron las antiguas ocurrencias de uranio en el distrito de Vilcabamba (Cusco). Estas ocurrencias se relacionan a vetas polimetálicas de Cu-Co-Ni y U antiguamente clasificadas como depósitos pirometasomáticos (Gabelman, 1962) y después como depósitos unconformity (Jemielita, 2005). Pero de acuerdo a los nuevos conceptos e investigaciones geológicas se propone una clasificación relacionada a depósitos de uranio en vetas polimetálicas tipo epigraníticas relacionadas a cuerpos intrusivos peraluminosos (Fig. N° 06).

Estos nuevos alcances sobre los modelos de depósito de uranio, será motivo de evaluación por los geólogos exploradores quienes pueden cambiar su filosofía en la exploración.

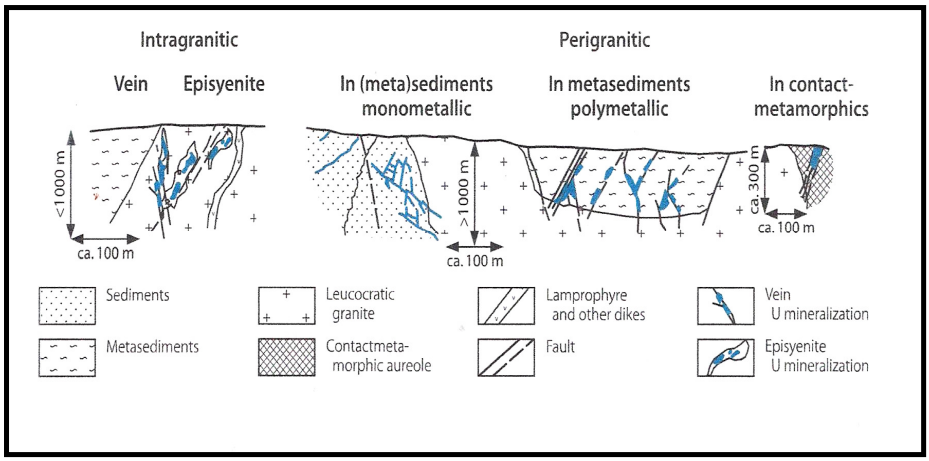


Fig. N° 06.- Modelo genético para los depósitos de uranio (ejemplo: Vilcabamba).

BIBLIOGRAFÍA.-

- Jemielita, Richard (2005). Reporte interno de Solex Resource Corporation.
- Gabelman J. W. (1962) Vilcabamba uranium deposits, Cusco department, Peru. En: Informe Técnico de la Junta Central de Energia Atômica RME - 4551. Pág. 19.
- Clark, A. H., Farrar, E., Kontak, D. J., Langridge, R. J., Arena, M. J. (1990) Geologic and Geocrhonologic Contraints on the Metallogenoic Evolution of the Andes of Southeastrn Peru. In: Economic Geology, vol. 85, pag. 1520 – 1583.