

PROSPECTO DE EVALUACION URANÍFERA

PICOTANI – PUTINA

RIVERA, Raymond & CONDORI, Neper

(INGEMMET)

INTRODUCCIÓN

Como resultado de los trabajos ejecutados por entidades estatales adscritas al Gobierno del Perú. En la década de los 60', se determinaron numerosos indicios de Uranio en todo el Perú, los cuales han sido priorizados por sectores teniéndose un criterio generalizado de la distribución y ubicación preferencial de los principales indicios geo-uraníferos, uno de estos indicios constituye el ubicado al NW de Picotani dentro de la unidad "Volcánicos Picotani"

En los últimos tiempos se ha despertado a nivel mundial, una fiebre de exploración de minerales radiactivos, incitados a lo mejor por la alta cotización de este metal. (\$42/libra), lo que se refleja en la multitud de peticiones que se tiene en el distrito volcánico de Quenamari, que prácticamente ya no queda espacio libre en el catastro minero, similar situación ocurre en la zona del Campo Volcánico de Picotani.

El trabajo más reciente que se tiene en la zona de Picotani es el de Solex Resources, que es una Compañía de promoción e Investigación Minera con personería Legal en el Perú y con capital Canadiense, la misma que se encuentra ejecutando investigaciones mineras en varios departamentos del Perú y uno de ellos lo ejecutó en el Proyecto denominado Escalera, ejecutando actividades geoquímicas y geofísicas (radiométricas), principalmente.

Los actuales trabajos de prospección efectuados dentro del Proyecto GE-28 "Evaluación de las ocurrencias de Uranio en el sureste del Perú", se orientan justamente a tener un mayor conocimiento geológico de las anomalías radiactivas descartando zonas sin ocurrencias interesantes y en definitiva separar zonas con potencial económico.

De manera colateral a estos recorridos se han efectuado mediciones radiométricas utilizando el Scintilómetro Scintrex, cuyos fines es determinar la presencia directa e indirecta de uranio; acciones que arrojaron buenos resultados.

Las anomalías son de características múltiples y se relacionan con la presencia de impregnaciones de minerales de autunita en paredes de fracturas y vetillas que ocurren en sitios puntuales, en algunos casos la mineralización de autunita está relacionado a costras de hierro en pareces; las potencias varían desde 1 a 3 cm, y la continuidad no pasa de los 10 m. Sin embargo en el Campo Volcánico de Quenamari las estructuras son 5 veces más que el Campo Volcánico de Picotani.

1. CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 Definiciones

El Uranio es un elemento litófilo, es decir se concentra preferentemente en las rocas silicatadas de la corteza terrestre. En el estado hexavalente forma el ion uranilo el cual es altamente soluble en aguas meteóricas, movilizándose hasta encontrar ambientes reductores, o la presencia de iones fosfatos, vanadatos, arseniatos, muy comunes en rocas sedimentarias.

El elemento Uranio jamás ocurre en su forma pura en la naturaleza, por el contrario siempre se halla combinado con otras sustancias para formar compuestos minerales. Se conocen más de 100 minerales uraníferos en algunos de ellos el uranio es el principal componente, mientras que en los otros solo forma una parte muy pequeña

De acuerdo a su genética se conocen dos tipos de minerales de uranio: primarios y secundarios: Los minerales primarios han sido formados por soluciones calientes que suben desde grandes profundidades desde el interior de la tierra. Los secundarios son aquellos que se han formado por cambios en los minerales primarios debido a la acción de las aguas subterráneas, intemperismo u otros procesos naturales; la apariencia de estos últimos es muy diferente al de los primeros, pudiendo ser depositado a varios metros de distancia de su punto de origen, por soluciones que gradualmente pasan a través de las rocas

Los minerales primarios de uranio se encuentran por lo general en vetas o en pegmatitas y generalmente son de color pardo oscuro o negro, perceptiblemente pesados con un lustre opaco como el betún. Comúnmente no se hallan en rocas superficiales expuestas a la intemperie.

Los más importantes son la Pechblenda y Uraninita que son esencialmente óxidos de uranio y son los componentes principales de todas las menas de ley elevada y se encuentra por lo general en vetas a menudo asociados a minerales de plata, cobalto níquel, cobre, plomo y zinc.

Los minerales secundarios de Uranio se caracterizan usualmente por su color amarillo anaranjado y verde brillante, ocurren por lo general en masas terrosas o en polvo, como grupos de minerales muy pequeños o como placas aplanadas, se presentan en casi todos los tipos de rocas y pueden no hallarse asociados a minerales primarios.

Los principales minerales secundarios, los cuales sin excepción contienen porcentajes de uranio más bajos que la pechblenda son la Carnotita, tiuyamunita, autunita, torbernita y meta torbernita.

El mineral que se observa en la zona de estudio (volcánicos Picotani) es la AUTUNITA, $\text{Ca (UO}_2\text{) (PO}_4\text{)}_2$ el mismo que presenta un color amarillo brillante, es blando y ocurre en fracturas de las rocas como manchas o impregnaciones delgadas o en cristales transparentes laminares, que expuestos a la luz ultravioleta adquieren un color verde manzana a amarillo brillante. También se presenta autunita terrosa rellenando fracturas con ligeras alteraciones de minerales de hierro en las paredes de las rocas hospedantes.

1.2. Objetivos

El desarrollo del proyecto a ejecutarse en varios sitios de la zona de estudio del proyecto Picotani, tiene como objetivo el de conocer y determinar en el subsuelo el potencial mineralizado del Uranio en áreas predeterminadas que abarca 5193 ha. Además en este trabajo se tiene el objetivo de determinar nuevas zonas potenciales que son cubiertas con material cuaternario.

1.3 Trabajos anteriores

Lamentablemente poco o nada de trabajos económico-geológico se realizaron en la zona, por tal razón se tiene que recurrir a trabajos de carácter regionales en donde mencionan que el Campo Volcánico de Picotani presenta características petrológicas y geoquímicas muy buenas para hospedar uranio, teniendo en cuenta estas condiciones se orientó prospecciones radiométricas en zonas específicas.

El trabajo de exploración mas reciente que se tiene es el que desarrollo la empresa minera dedicada a la evaluación de minerales radioactivos Solex Resources, empresa de capitales canadienses. Entonces contrataron a la empresa consultora Explo Andes especialistas en trabajos de evaluación geológico – minera. En el 2006 Explo Andes presenta su resultado de la exploración del Proyecto Escalera denominado “Exploración geológica de la mineralización de uranio” responsabilizado por Washington Palacios L, donde evaluaron 1800 ha, teniendo resultados muy prominentes en zonas muy puntuales dando valores hasta mayores a 4000 ppm de Uranio. No obstante, los trabajos se desarrollaron al lado Oeste de nuestra zona de estudio. La zona tiene un amplio sector de interés, donde se han planteado numerosas lecturas radimétricas que determinan zonas interesantes.

También se tienen los trabajos regionales desarrollados por, Laubacher (1978 a y b), Cheilllets, A y Arroyo, G. 1989, Valencia, J.1989, Alan Clarck 1999, Sandeman et al., 1990, Sandeman, H. 1995 y Rivera et al., 2009.

1.4 Ubicación y acceso

Geográficamente, el polígono de la zona de trabajo tiene vértices plotados en coordenadas UTM WGS 84 zona 19, siendo los siguientes:

Este	421801	421801	422799	422799	423798	423798	428814	428814	427792	427792
Norte	8394124	8392627	8392627	8390630	8390630	8383616	8383640	8389631	8389631	8393625

Políticamente el área de estudio, comprende parte de la provincia de Putina del Departamento de Puno y distrito de Ananea, geomorfológicamente la zona de estudio ocupa gran parte de la actual Cordillera Oriental la parte de su flanco izquierdo, con altitudes que sobrepasan los 4300 msnm.

Metalogenéticamente está zona se encuentra entre las zonas de transición de la franja I (Depósitos de Au en rocas metasedimentarias del Ordovícico y Devónico) y la franja II (Depósitos de Sn-Cu-W relacionado con intrusivos del Oligoceno – Mioceno y epitermales de Ag-Pb-Zn (Au). (Acosta et al., 2009).

Geológicamente la mayor parte de esta zona se encuentra ubicada dentro del arco interno, donde se desarrolla por lo general un magmatismo alcalino, relacionado a procesos de rifting y anatexia (Clark et al., 1990)

Las principales vías de acceso son por aire, partiendo desde el aeropuerto Jorge Chavez (Lima) hasta el aeropuerto Velazco Astete de Cusco y luego hacia el aeropuerto Inca Manco Capac (Juliaca) 1 hora. La otra vía es por acceso terrestre, existiendo dos tramos principales para llegar al prospecto uranífero Chacune:

- Por el Este, Juliaca – Putina (asfaltado, 2 horas), Putina – Ananea – Chacune (trocha carrozable, 2 horas)
- Por el Oeste, Juliaca – Azangaro - San Antón - Desvío Crucero (asfaltado, 3 horas), Desvío Crucero – Crucero - Chacune (trocha carrozable, 2.5 horas).

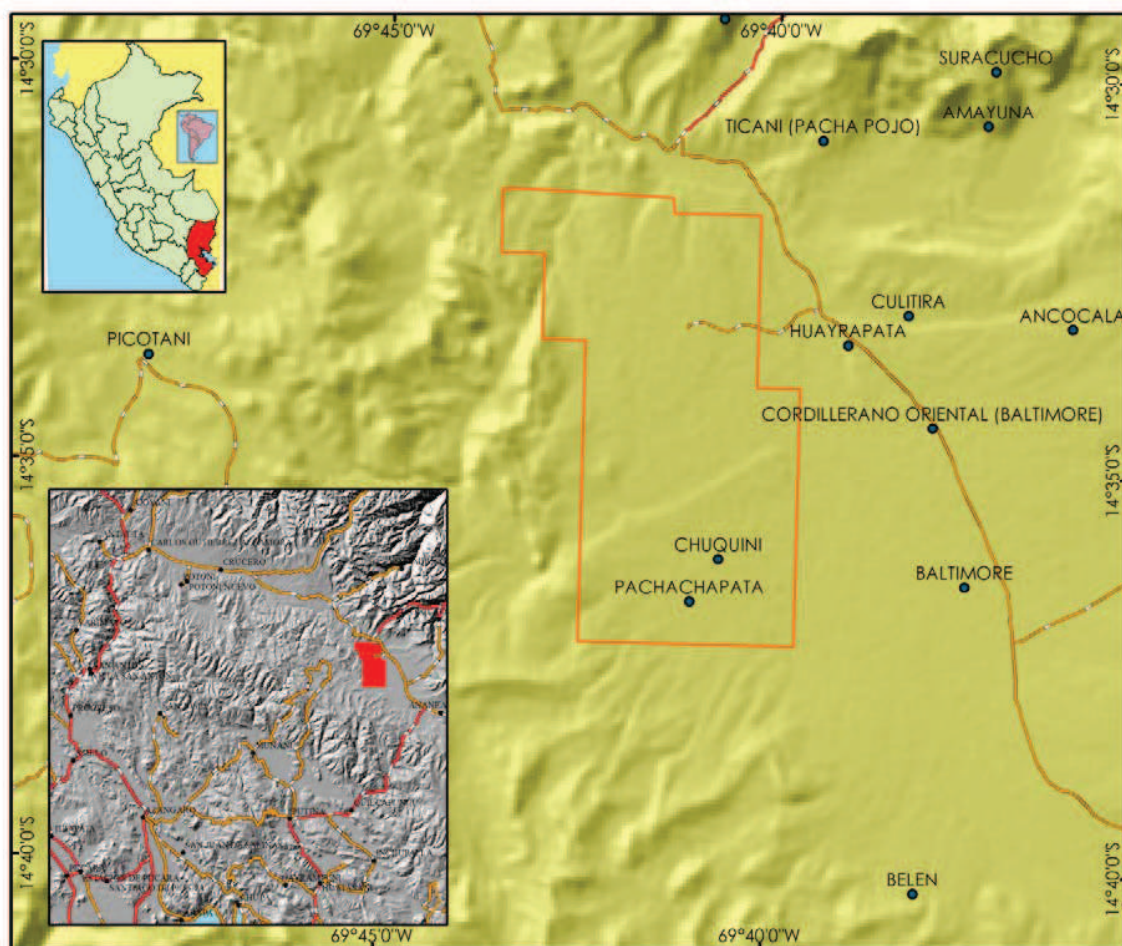


Figura N° 1. Mapa de ubicación del área de estudio

1.5 Morfología y drenaje

La topografía en la zona de estudio es de relieve moderada a llano en su flanco Este, pero con drenaje generalmente en dirección NE, además existe disyunciones columnares de moderado a baja pronunciación no mayor a 7 m de altura, comprende el segmento izquierdo de la Cordillera Oriental, ubicado en el nudo de Ancocala entre la cuenca Crucero – Ancocala y Ancocala – Ananea.

2. ASPECTOS GEOLOGICOS

2.1 Geología regional

El Campo Volcánico de Picotani se encuentra al margen Norte de la Precordillera de Carabaya, separa a la depresión de Crucero al Oeste y la cuenca Ananea Ancocala al Este. Laubacher (1978 a y b) a esta roca eruptiva de Picotani lo asigna como rocas volcánicas riolíticas Macusani por su similar composición geoquímica, sin embargo, Laubacher et al., 1988; Sandeman et al., 1990) muestran que no solo están compuestos por ash flow tuff similares al del Campo Volcánico de Quenamari, además el área de Picotani expone volúmenes considerables de basaltos y de tufos riolíticos porfiríticos de sanidina, biotita y cordierita. Laubacher et al., (1988) asigna problemáticamente toda la unidad del área de Picotani a Formación Cayconi con una sección en el área de Crucero. Sandeman, H. (1995), mediante litoestratigrafía, geocronología, geoquímica e isótopos define tres grandes campos volcánicos denominados Campo Volcánico de Quenamari, Cayconi y Picotani con dirección NO-SE. Rivera et al., (2010) propone a estos campos como una franja metalogénica de “Depósitos y ocurrencias de uranio en rocas volcánicas peraluminosas Mio-Pliocénicas de Sur del Perú (Figura N° 2).

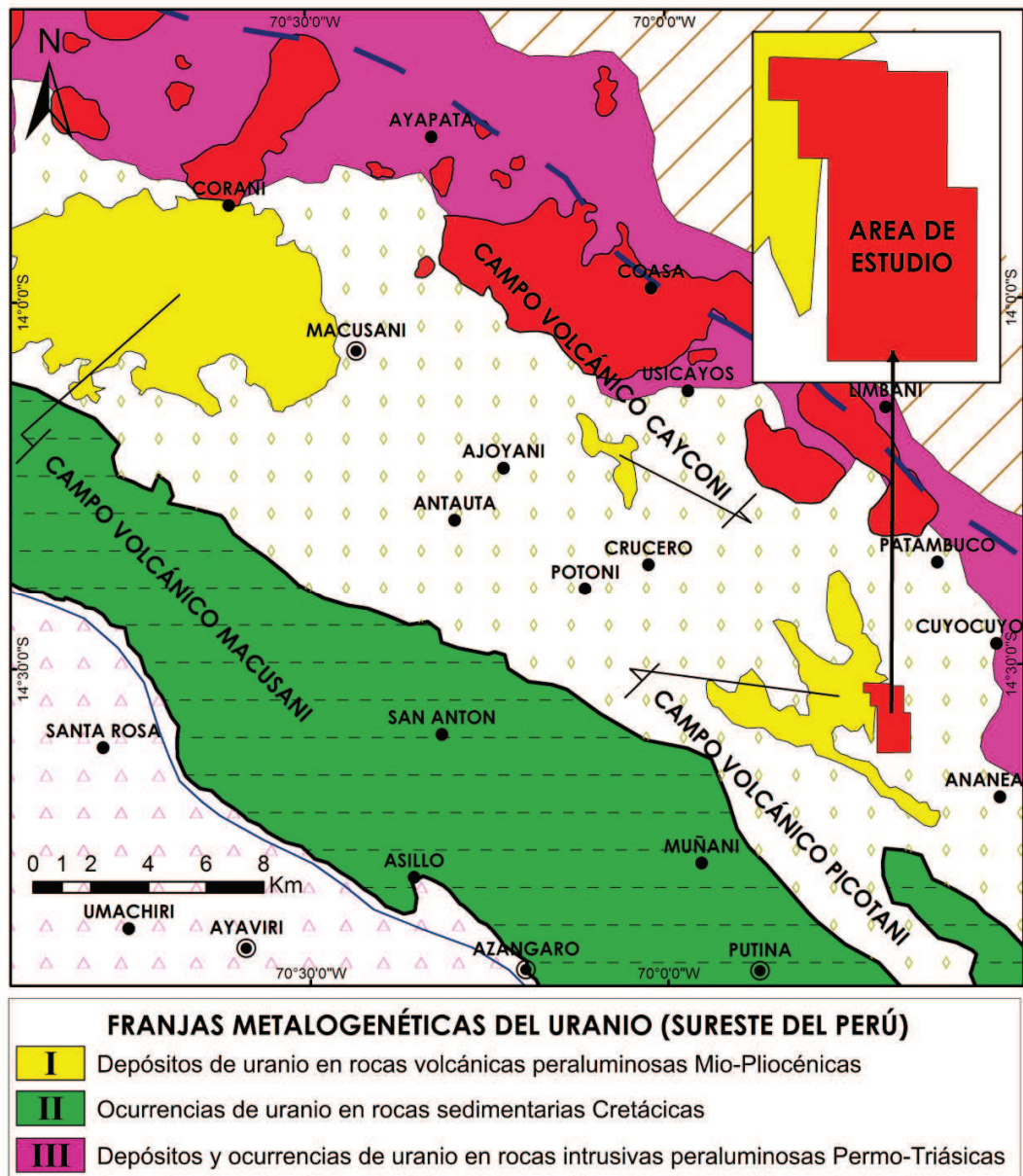


Figura N° 2. Mapa metalogénico del uranio en el sureste del Perú (Rivera et al., 2009).

Los datos geocronológicos de K-Ar, para el Campo Volcánico de Picotani fueron presentados por Kontak (1985, en Pichavant et al., 1988) y por Bonhomme et al., (1998) y Laubacher et al., (1988). Datos de 22.9 a 24.8 Ma, son obtenidos para los basaltos y riodacitas, de 16.7 ± 0.4 a 17.9 ± 0.6 Ma, para las suprayacentes riolitas. Sandeman et al., (1990) presenta datos de $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ de 15.99 ± 0.48 Ma, demostrando la mayor persistencia de la erupción, distinguiendo dos facies en las riolitas jóvenes, la unidad inferior con prominente moscovita y fenocristales de biotita, y el superior con biotita sillimanita,

ninguno identificados en el Campo Volcánico de Quenamari, posteriormente inicia la actividad piroclástica de larga escala del Campo Volcánico de Quenamari, 10 Ma.

Preliminarmente las investigaciones de Arenas, (1985) han mostrado que el Cerro Lintere, esta subrayada por cerca de 1 Km de diámetro moderadamente elíptica de un stock rico en moscovita (leocogranito) intensamente fracturado. Al Norte y al Sur el contacto del stock es suavemente transgresivo con respecto a las capas de ash flow tuff, estas muestran fenocristales de biotita alterada pero escasa moscovita y son así petrográficamente similares a las tempranas ignimbritas riodacíticas del Campo Volcánico de Picotani. Sandeman et al., (1990). Al Oeste del stock leocogranítico, un enclave de pequeña falla de conglomerados con intercalación de areniscas es discordante por subhorizontales flujos de basalto con facies superiores vesiculares. Estos basaltos tienen fenocristales de olivino y clinopiroxenos, con alto contenido de K_2O (2.10 Wt %) y matriz rica en sanidina permite clasificar como una absarokita. El contacto entre los basaltos y el granito no son bien expuestos, al este superpuesto en términos generales conformado por tufos riodacíticos.

Vetas mineralizadas cortan a ambas rocas sedimentarias y el leocogranito, en las pendientes del Sur del Cerro Lintere, las venas cortan especularita, hematita, kaolinita y carbonatos (venillas tipo D), o pirita y cuarzo (venillas tipo C). Por lo tanto la mayor veta del área es de tipo B, expuesto en lo bajo de la altitud del valle al oeste del Cerro Lintere contiene intercrecimientos de esfalerita ricos en Fe masivo con casiterita tabular y acicular y escasa pirita, marcasita, arsenopirita, calcopirita, fluorita y cuarzo. Vetas tipo B son delgadas pero mineralógicamente similares a las vetas tipo A de buzamientos abruptos y penetrantes al sureste y a manera de delgadas fracturas al margen occidental de la intrusión del Cerro Lintere (Arenas, 1985) (Figura N° 3). El principal segmento de vetas tipo B, cuyo buzamiento es alrededor de 80° y de 2 a 4 m de potencia, Cheillet, A y Arroyo, G. (1989). Alrededor del intrusivo ninguno de las vetas corta los ash flow tuff, pero Laubacher et al., (1988) registra la existencia de tufos turmalinizados en el Norte de la pendiente del Cerro Lintere, y caolinitización extensiva, es evidente que al Sur de la montaña se sugiere una actividad hidrotermal que ha afectado al espesor del área. Las vetas han sido exploradas por Minsur, S.A., como prospecto Yesica con leyes de 2 a 3 % de Sn que han sido reportados. La edad para los flujos basálticos (26.00 ± 17 Ma) perteneciente al Oligoceno Tardío y de (23.99 ± 0.17 Ma) para las riodacitas Picotani y significativamente joven de (17.40 ± 0.14 Ma) del Mioceno Temprano para el leocogranito



Las primeras exploraciones de mineralizaciones de uranio han sido reportadas por Valencia, J. documento personal (1989) en el área de Llojarani Grande cerca del margen

Norte del Campo Volcánico de Picotani. Diseminaciones de autunita presumiblemente después de la pechblenda ocurren en ahs flow tuff félsicas porfiríticas con sanidina y moscovita, característicos de las riolitas tempranas del distrito.

Depósitos fluvioglaciares han sido explotados por algunos años por oro y en menor medida casiterita Roberston, (1978) en los alrededores de la Hacienda Huacchani. La vetas y los mantos cerca del Cerro Carabarcuna Fornari et al., (1988) representaría la fuente del Au y Sn de la gravas del distrito de Huacchani pero las derivaciones lo conseguimos posiblemente también retrabajadas en los depósitos fluvioglaciares de la cuenta Ananea-Ancocala.

La Formación Picotani, fue denominada así por AUDEBAUDE (1973), y ocupa en este cuadrángulo un área aproximada de 100 km².

Regionalmente están constituidos por rocas de los Intrusivos Permo – triásicos, metamórficos del Paleozoico, sedimentarios continentales del Paleozoico, sedimentario marino del Paleozoico, Volcánicos del Permo – triásico, sedimentario continental del Cretáceo, sedimentario marino del Cretáceo, sedimentario continental del Paleozoico y los Volcánicos Cenozoicos del Arco Interno Peraluminoso. Las rocas con mayores favorabilidades para hospedar uranio son las de composición peraluminosa ellas están caracterizadas por los campos volcánicos de Quenamari, Cayconi y Picotani. El área de estudio se encuentra ubicada en el Campo Volcánico de Picotani que comprende 5193 ha, en la (Figura N°4), se observa que la subzona más importante está ubicada en la parte noreste por cortar justamente el gran Campo Volcánico de Picotani, a su vez es importante la zona adyacente no se visualiza óptimamente por estar cubierto por material cuaternario.

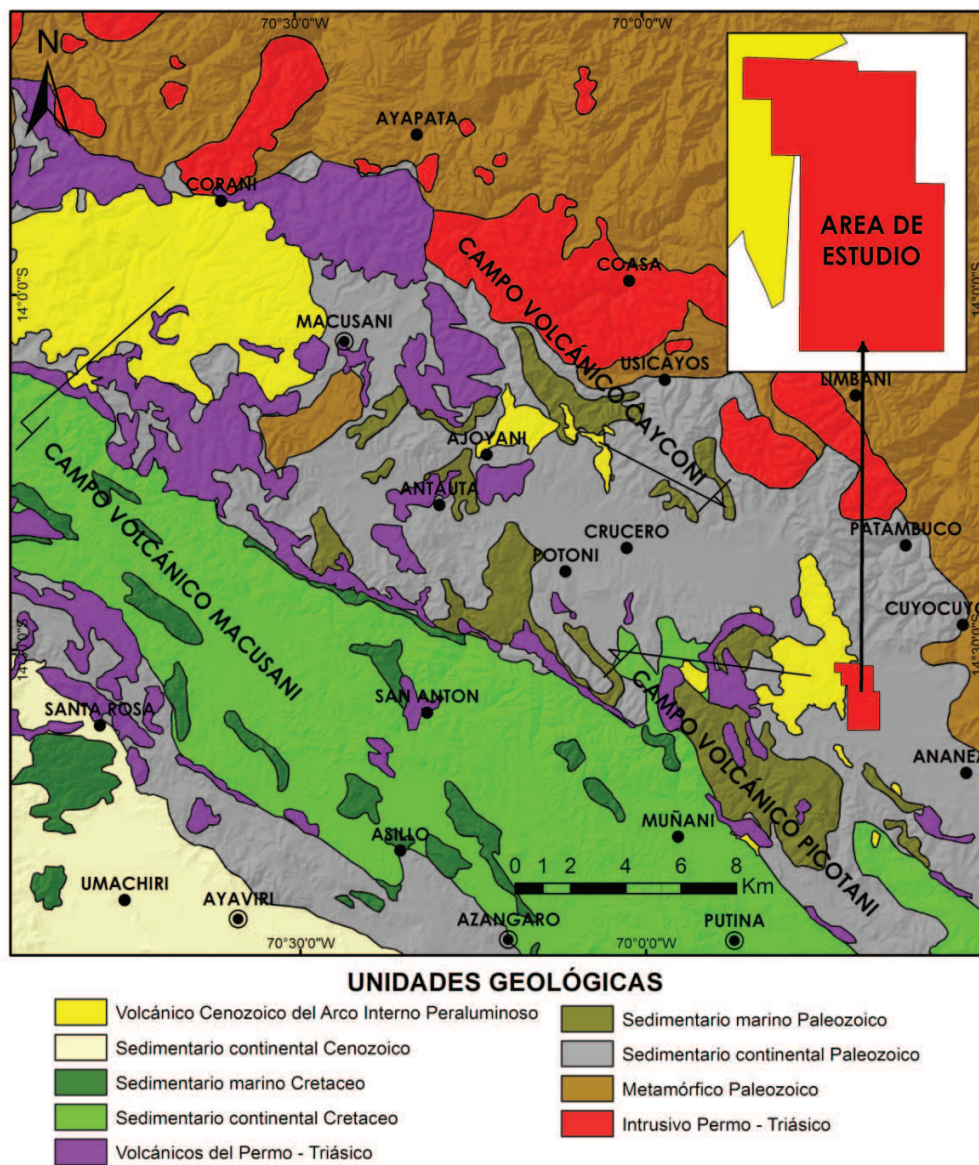


Figura N° 4. Afloramiento de las principales litologías

2.2 Geología local

La Formación Picotani fue descrita por los trabajos realizados por Exploandes (Solex Resources 2006) como parte de los ash flow tuff de Macusani con tres miembros principales (Chacaconiza, Sapanuta y Yapamayo), observaron hasta tres eventos piroclásticos y tres fases ignimbríticas relacionándolos erróneamente a la Formación Picotani con el Miembro Yapamayo. Realizando trabajos detallados en campo se

observaron principalmente dos facies piroclásticas uno de ash flow tuff riódacíticos porfiríticos de sanidina, biotita y cordierita. Y el otro de ash flow tuff riolíticos, distinguiendo dos facies en las riolitas, la unidad inferior con prominente moscovita y fenocristales de biotita, y el superior con biotita sillimanita, estas consideraciones no siempre son fácilmente distinguibles en el campo y no presentan una formal secuencia estratigráfica.

Aparentemente presenta una litología homogénea, con unidades piroclásticas de color blanco y relativamente bien soldadas, sin litoclastos ni grado de vesicularidad, con coloraciones amarillas en venillas y fracturas que indican una alteración supérgena, por no presentar minerales de alteración hidrotermal en los halos. Los ash flow tuff presentan un buzamiento de 5 – 8° hacia el NE. Su grosor total varía entre 100 a 400 m, con una textura pórfiroclástica y composición riódacítica a riolíticas.

Los principales indicios de uranio encontrados hasta la fecha están en la parte inferior de la secuencia volcánica riolítica, la mineralización es de carácter secundario, se encuentra rellenando fracturas y diaclasas, de origen tectónico y de enfriamiento respectivamente, predominando las fracturas subverticales con diverso grado de impregnación en la roca caja; las fracturas mineralizadas tienen espesores variables desde 1 a 5 cm.

2.3 Mineralogía de la roca

Las rocas volcánicas de Picotani tienen un carácter eminentemente carácter peraluminoso, en el área en estudio se ha observado un complejo de rocas piroclásticas que se asume que fueron formados a partir de diversos conos volcánicos, mismos que en la actualidad se encuentran erosionados. La mayor parte de las tobas son de texturas variables relativamente friables y de textura vitreoclástica, donde los cristales y líticos están groseramente alineados; los líticos finos corresponden a pelitas, andesitas, pizarras y fragmentos riolíticos de color blanco entre 2 – 4 cm, son de diferente compactación lo que depende fundamentalmente del grado de consolidación de la matriz.

Los ash flow tuff están constituidos por cuarzo bipiramidal hialino y ahumado, también se observa cuarzo negro similar a la obsidiana, obsidiana, feldespatos potásicos, biotita, moscovita y escasa andalucita, etc. Todo esto dentro de una matriz cuarzo-feldespática - biotita.

2.4 Geoestructuras

Los volcánicos Picotani yacen sobre un substrato Paleozoico, bajo el sistema estructural de graben y horst, la fracturación principal controla la red hidrográfica de los volcánicos Picotani en direcciones predominantes NO-SE y NE-SO.

La estructura más destacada es la disyunción columnar y la pseudoestratificación, la primera se produce por varios juegos de diaclasas que se interceptan entre sí en direcciones E-O, NE-SO, N-S, siendo el predominante N-S, etc y cuyos planos son intersectados por varios planos de discontinuidad horizontales y subhorizontales. La pseudoestratificación es debido a las superficies de discontinuidad y a un sistema de diaclasas paralelas o de relajamiento (horizontal a subhorizontales), las primeras corresponden a la separación entre los niveles tobáceos y tobaceos mas compactados, y su origen es el relajamiento por perdida de presión, luego de producirse la disyunción columnar.

Finalmente hay otras diaclasas que afectan a todos los niveles, razón por lo cual se identifica su origen como tectónico. En este dominio la sucesión de ash flow tuff están afectados por un fallamiento y fracturamiento de dirección NE de $5 - 8^\circ$, en el que presumiblemente se ha emplazado la mineralización de uranio, sabiendo que la mineralización no es uniforme.

2.5 Alteraciones

Las únicas alteraciones que se pueden visualizar en las estructuras de minerales de uranio son los óxidos de hierro de coloración amarillo pardusco que frecuentemente se presenta a manera de halos y una ligera argilización que presumiblemente es de carácter epigenético por ser arcillas débilmente alteradas. Estas alteraciones se presentan en zonas puntuales no mayores a 20 m^2 , algunos relacionados a fracturas mineralizadas y otras no.

2.6 Mineralización

Sobre los dominios de ash flow tuff se han estudiado indicios de Uranio de mediano a altos tenores, pero de difícil control estructural, estratigráfico y el mineralógico es que más ayuda a la determinación del uranio, las rocas con mayores favorabilidades para hospedar uranio son los ash flow tuff que presentan en su composición mineralógica a los cuarzos

negros y a la obsidianas. La paragénesis secundaria consiste de metaautunita, autunita y escasa torbernita, no se ubica ninguna zona donde exista intrusiones que generen hidrotermalismo mucho menos zonas de alteración, además no se puede observar estructuras circulares de cuellos volcánicos.

Los piroclastos están constituidos por cuarzo bipiramidal hialino y ahumado, feldespatos potásicos de color blanco, plagiocalsas, biotita y escasa moscovita y andalucita

2.7 Controles de la mineralización

Las manifestaciones conocidas, señalan aunque no de manera categórica, tres tipos principales de factores que estarían controlando a la mineralización uranífera ellos son el control estructural, litológico y mineralógico.

El control estructural está determinado por la presencia de diaclasas, fracturas menores y fallamiento (tobas aglomeráticas o lapílicas), estructuras en las cuales el uranio ha podido precipitar, particularmente como autunita y asociada con óxido de hierro y manganeso, en un sistema complejo de vetillas con espesores variables de 1 - 3 cm y con eventuales impregnaciones de diseminaciones de autunita laterales en las rocas caja de hasta 30 cm. La continuidad en longitud de estas vetillas puede superar los 7 m, existiendo pequeños reemplazos laterales, pero que en conjunto y de acuerdo a la densidad de las fracturas mineralizadas, podrían integrar franjas mineralizadas de varias decenas de metros.

El principal control litológico de la mineralización de uranio de los principales indicios se encuentra en los niveles riolíticos de los ash flow tuff y en menor grado en los niveles inferiores riodacíticos. La gran permeabilidad de algunos ash flow tuff, ha permitido la circulación y recirculación de soluciones uraníferas a través de ellas se precipitaron la autunita, metaautunita, etc en cuerpos silicificados de formas tabulares (estructuras lenticulares) y en asociación con obsidiana, biotita y óxido de hierro.

El control mineralógico se halla en ash flow tuff caracterizadas por el incremento de obsidiana y cuarzo bipiramidal negro (parecido a la obsidiana), biotita y cuarzo hialino, el principal control mineralógico en la presencia de obsidiana, en zonas con presencia de este mineral amorfo se tiene una certeza del 60 % de tropezarse con indicios de radiactividad uranífera.

2.8 Evolución de los depósitos de uranio en ambientes volcánicos (Campo Volcánico de Picotani)

Las ocurrencias de uranio en el Campo Volcánico de Picotani, es similar a los que ocurren en el Campo Volcánico de Quenamari, donde se realizaron diferentes trabajos de investigación tanto locales como regionales. Uno de los esquemas mas aceptados por los geólogos de exploración uranífera es la propuesta por el **Dr. Laurence Stefan (2008)**. Que consta de tres eventos de formación de minerales de uranio.

Primer y segundo evento de la formación de minerales de uranio

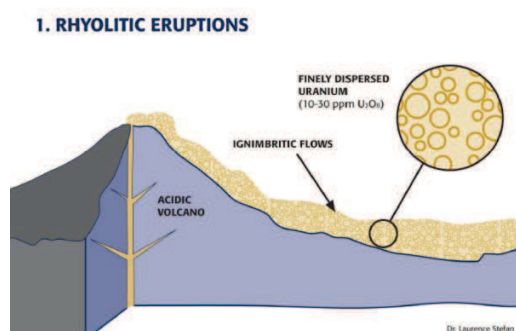


Figura N° 5

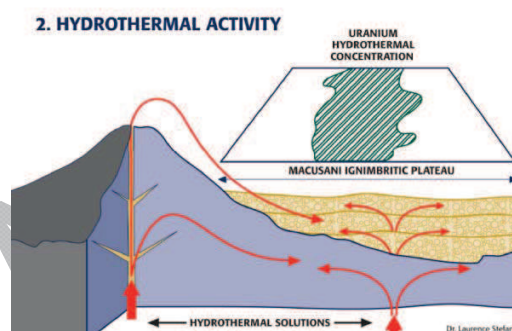


Figura N° 6

Figura N° 5. Durante el mioceno (24 a 20 M.A.) se activa varios centros volcánicos en el distrito de Macusani en Puno, el uranio fue llevado a la superficie por magmas ácidos, formando flujos de lava ríolíticas estos flujos de magma ricos en uranio se extendió desde el centro volcánico y hacia todas las direcciones abarcando más de 21000 Km². Figura N° 6. Posteriormente, el calor liberada por los fluidos hidrotermales por la misma profundidad de la cámara magmática y los fluidos hidrotermales atrapados en las corrientes de la lava viscosa emergieron y fluyeron hacia abajo de las laderas de los centros de erupción volcánica.

Tercer evento de la formación de minerales de

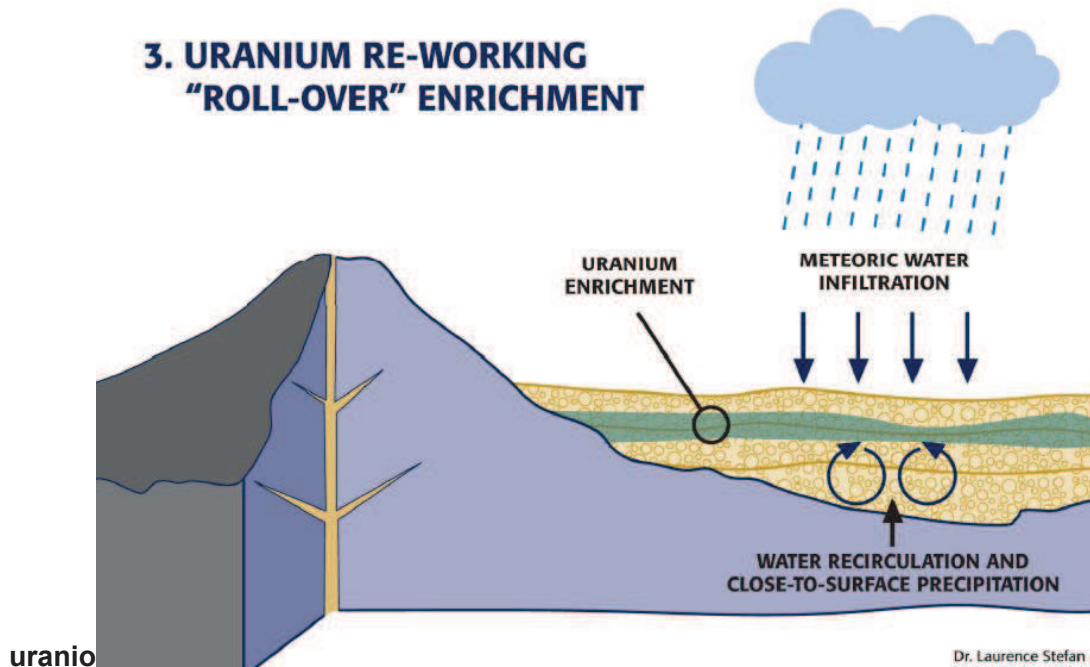


Figura N° 7

Figura N° 7. Repetidos procesos de solubilidad y precipitaciones pluviales han incrementado el contenido de una baja diseminación de uranio en las lavas ácidas, en capas de rocas ricas en uranio.

2.9 Tipo de depósito con mayor certeza

Si nos ajustamos a la clasificación mundial de los depósitos minerales de uranio (Dahlkamp, 1993), Picotani tiene las similitudes del depósito volcánico con características structure bound y strata bound. La primera característica incluye rellenos de fracturas superficiales. Ejemplo Macusani (Perú), Nopal I (México) y Cotaje (Bolivia). La segunda característica se refiere a diseminaciones e impregnaciones de uranio en flujos reactivos permeables dentro de la caldera. Ejemplo: Aurora (USA). Una característica esencial de este tipo de depósitos es que su mineralización es siempre errática.

Desde el punto de vista metalogenética un prerequisite para la existencia de este tipo de depósitos es que las facies volcánicas tengan exceso de uranio en relación a la abundancia natural de la corteza continental. Esta característica es suministrada

principalmente por rocas de composición riolítica peraluminosa que no se encuentran soldadas y tienen vidrio volcánico en su matriz. El uranio confinado en la matriz es fácilmente lixiviable por desvitrificación y aguas supérgenas meteóricas, las cuales tienden a transportarlo a otros sitios para su deposición (fracturas o capas permeables).

Los depósitos de uranio de Picotani (Chacune) son iguales que los de Macusani y muy parecido pero no igual al depósito de uranio de Cotaje (Bolivia) donde la mineralización está irregularmente distribuida en fracturas abiertas que forman una serie de venillas y zonas diseminadas que están comúnmente oxidadas. Las estructuras mineralizadas son de 10 a 60 metros de longitud raramente pasan los 100 metros y 0.1 a 10 metros de ancho que persisten desde la superficie hasta una profundidad de 30 metros.

Finalmente asumimos que Picotani (Chacune) es un depósito de uranio epigenético hospedado en rocas volcánicas piroclásticas peraluminosas del Mio – Plioceno tipo Structure bound y strata bound (Dahlkamp, 1993 y Rivera, et al., 2009 documento no publicado). (Figura N° 8).

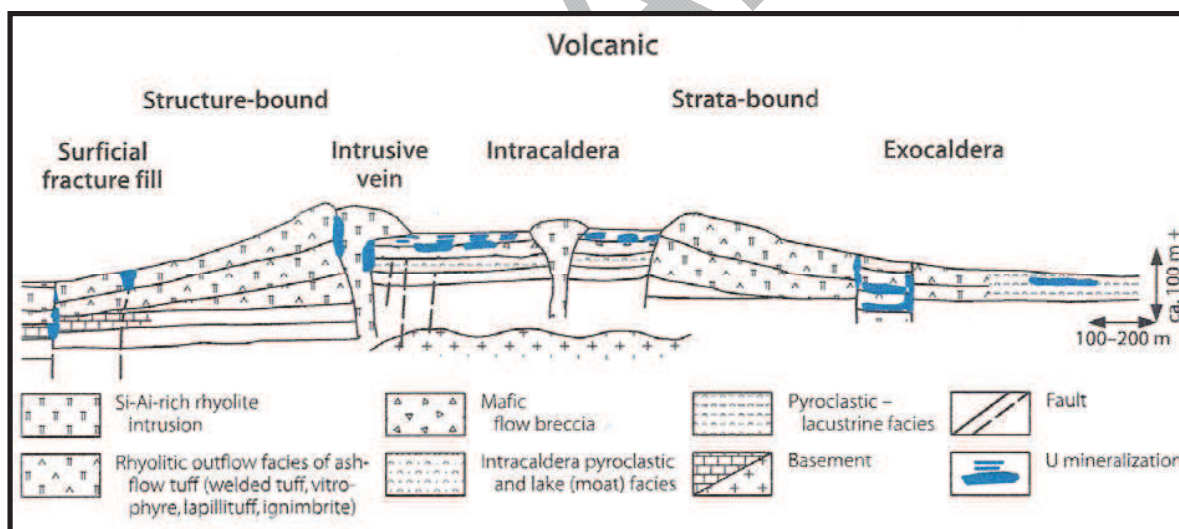


Figura N° 8. Modelo geológico para el depósito volcánico de Picotani (Chacune). (Dahlkamp, 1993).

3. INVESTIGACIONES GEOLÓGICAS

3.1 Exploración geológica minera

Los actuales trabajos investigativos exploratorios, se fundamentan y se orientan a obtener un mayor conocimiento geológico de la zona, a tener un mayor espectro de las anomalías radiactivas y del comportamiento de la mineralización en el subsuelo; y en definitiva a darle un valor económico – geológico a este “Proyecto de Exploración Uranífera”

Para tales efectos se programó, la realización de varias actividades prospectivas en lugares de interés, mapeo geológico, exploración geofísica radiactiva, reconocimiento geoestructural y recolección de muestras de mena, etc. Todas constituyen labores investigativas superficiales y de poca envergadura, que deben ser ampliadas con la excavación de trinchera y pocillos.

En la zona de estudio a manera regional se vienen efectuando varios trabajos geoquímicos, geofísicos y de reconocimiento geológico, distinguiéndose las siguientes apreciaciones:

- Las rocas que albergan los numerosos indicios de uranio corresponden a las secuencia volcánica de ash flow tuff riolíticos de los Volcánicos Picotani, del Oligoceno – Mioceno, que se emplazan rellenando la Cuenca Tectónica (Graven), suprayaciendo a las formaciones sedimentarias detríticas (Mitú y Ambo).
- La secuencia piroclástica tendría un espesor que varía entre 170 a 400 m, y una distribución que alcanza los 100 Km² en la cual se han descubierto mediante trabajos de Prospección numerosos indicios que se presentan rellenando fracturas subverticales, que constituyen el sistema abierto en el cual se emplazaría la mineralización uranífera.
- La mineralización de uranio de acuerdo a las observaciones de campo se encuentran dentro de las unidades riolíticas, al parecer en el Miembro Superior, en virtud de su mejor disposición de las estructuras, que favorece la formación de vetillas.
- En determinados sectores ocurre mineralización de uranio (autunita y autunita terrosa) en forma de manchas y/o impregnaciones, las mismas que se ubican en las paredes de las fracturas o diaclasas, acompañado de costras ferrosas, Estas

manifestaciones secundarias, ocurren con una coloración amarillo pardo, las limonitas son minerales que ayudan a precipitar los minerales de uranio, formando una costra ferrosa en las paredes de la roca, en algunos casos difícilmente diferenciable, pero que es detectada mediante el scintilometro donde registra valores de hasta 450 cps.

- Los sectores donde se reporta y registra mineralización de uranio a la vista son sectores muy puntuales, que no siempre son diferenciados, por las condiciones adversas de depositación y erosión ya descritas. Las fracturas mineralizadas tienen un espesor de 0.1 hasta 3 cm con impregnación o diseminación en la roca hasta 10 cm, la mineralización es aparentemente monometálica.
- Desafortunadamente los afloramientos con indicios de uranio se presentan en las fracturas, diaclasas (disyunción columnar) y fallas dentro de los ash flow tuff riolíticos que forman farallones donde resaltan las columnas o pilares, de varios metros de altura.
- En la zona de estudio, el 80 % de la zona investigada existe un alto recubrimiento de material aluvial y morrenas, conformado por material erosionado de las partes altas de los ash flow tuff quedando en las pampas cuarzos y feldespatos de color blanco, en el flanco Este la cubierta de material cuaternario sobrepasa los 50 cm, lo cual dificulta las lecturas con el scintilometro.
- Como se manifestó las manchas, impregnaciones y vetillas portadoras de uranio, son aparentemente erráticas, aleatorias y a la luz de los conocimientos actuales, la mineralización se presenta todavía muy incipiente, necesitándose de otras campañas de prospección que permitan valorar el yacimiento en su verdadera magnitud. Mucho más cuando las mineralizaciones de uranio, no siempre ocurren de manera superficial y a la vista, en razón de su alta dispersión y sobre todo la facilidad de meteorización y lixiviación de los minerales de uranio.
- En las campañas de exploración que se vienen desarrollando, con la ayuda de scintilometros, las anomalías se presentan por encima de 450 conteos por segundo, y estos registros comparativamente determinan valores de concentración de uranio por encima de 100 ppm.
 - La mineralización uranífera es observada a simple vista en el campo, especialmente cuando esta se presenta en forma de relleno de fracturas e impregnaciones a manera de diseminaciones, pero no es detectada cuando esta

ocurre en forma de costra ferrosa o en forma muy diseminada, y ante esta ocurrencia su determinación demanda el uso del Scintillometro.

- El back ground radimétrico, es variable de sector en sector teniéndose un promedio de 20 – 25 cps y se ha demostrado que cuando existe mayor cantidad de fracturas, tiende a aumentar las lecturas radiométricas.
- Las fracturas mineralizadas de acuerdo a los datos de campo que se han registrado, no tienen una dirección preferencial y en la mayoría de los casos son verticales o subverticales, con una ligera inclinación hacia el NE.
- Al margen de los numerosos indicios encontrados, es necesario señalar a manera de inconvenientes, que en gran parte de la zona prospectada el recubrimiento de suelo y cobertura cuaternaria, no permiten mayores evidencias de la mineralización, las cuales probablemente se encuentren debajo del material cuaternario, siendo no factible su determinación geoquímica ni radimétrica.

3.2. Exploración geoquímica

- Dentro de las campañas exploratorias, han sido recolectadas numerosas muestras de diferentes afloramientos en forma de chips, con un ancho de 3 a 7 cm a partir de las diaclasas o microvetillas mineralizadas. Estas muestras son representativas de la mineralización observada en los ash flow tuff aflorantes. La mayoría de las cuales reportan la presencia de uranio en tenores superiores a 400 cps y las mayores evidencias que se tiene es la presencia de autunita característica por su coloración amarilla verdosa.

3.3 Análisis radimétricos

Este trabajo se realiza con el equipo de detección radimétrica denominado Scintilómetro marca Scintrex, equipo del laboratorio de petromineralogía del INGEMMET. Se debe precisar que las mediciones radimétricas se vienen ejecutando de manera aleatoria, es decir, en múltiples puntos y en sitios donde se estima podrían aflorar anomalías de interés.

Se debe precisar que el background obtenido para el Campo Volcánico de Picotani, oscila entre 20 y 25 conteos por segundo (cps), y en sectores de fracturas y vetillas con autunita, se tiene valores superiores a 450 cps.

Cabe indicar que varias mediciones efectuadas con el scintillometro en otras unidades fuera del contexto de los ash flow tuff, determinan valores de 10 a 15 cps, dándose a conocer que es diferente.

3.4 Análisis petrográfico

Actualmente se viene realizando determinaciones petrográficas por medio de láminas delgadas, y los registros analíticos no reportan mayores diferenciaciones, en virtud de tratarse de similares rocas anfitrionas, con similar composición química, mineralógica, textura, etc.

Cuatro análisis petrográficos por láminas delgadas fueron elaborados de manera particular, bajo la responsabilidad de la firma Consultora-"GEOEXPLOR INGENIEROS S.A, cuyos análisis reportan la presencia de una roca efusiva tobácea y a veces porfídica, de composición ríodacita, teniéndose como minerales primarios cuarzo, biotita, sanidina, obsidiana y como minerales secundarios andalucita, apatito, circón, turmalina, entre otros. (Ver análisis petrográficos adjuntos. (Anexo B)

3.5 Análisis geoquímico

El Miembro Inferior de la Formación Picotani, con valores de $Al/(Ca+Na+K)$ y $Al/(Na+K) < 1$, indican que son exclusivamente rocas metaluminosas exclusivamente formados por basaltos y andesitas, en cambio, los que presentan mayores favorabilidades para hospedar uranio son las rocas con $Al/(Ca+Na+K)$ y $Al/(Na+K) > 1$ de carácter peraluminoso, en este campo están las rocas del Miembro Superior de la Formación Picotani son ash flow tuff de composición riodacítica a riolítica pero, el Miembro Medio tiene las dos características de metaluminosas y peraluminosas (Figura N° 9).

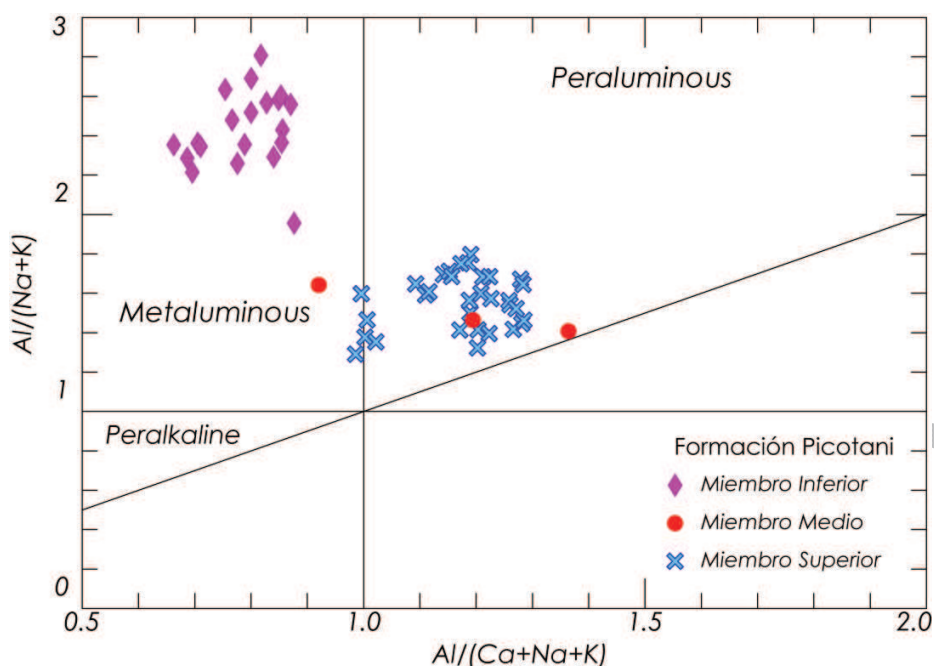


Figura N° 9. Diagrama de Maniar - Piccoli (1989), mostrando los campos metaluminoso, peraluminoso y alcalino.

3.6 Comparación de las razones isotópicas de Pb de los campos volcánicos de Picotani y Quenamari con otros depósitos metálicos del Perú

Se recopilieron datos isotópicos de Sandeman H. (1995), tanto de los campos volcánicos de Picotani y Quenamari, teniendo en cuenta que la mineralización de uranio fue singenético, por lo tanto, se asume que las rocas actúan como menas de uranio. En el Campo Volcánico de Quenamari se analizaron isótopos de Pb a la sanidina principalmente y en el Campo Volcánico de Picotani a la biotita, teniendo estas consideraciones con fines comparativos se han planteado a partir de datos publicados los valores de razones isotópicas de Pb de algunos depósitos peruanos característicos incluyendo los nuevos datos isotópicos.

Se puede ver que existe una evolución radiogénica de plomo con valores de razones isotópicas que se incrementan desde los depósitos más cercanos a la zona de subducción a los más alejados. Los depósitos porfíricos paleocenos del sur de Perú (Toquepala y Cerro Verde) tienen razones isotópicas de Pb menos radiogénicas y el depósito tipo Mississippi Valley de San Vicente los valores más radiogénicos, lo que es normal ya que en este tipo de depósitos ocurre circulación de fluidos a través de rocas

sedimentarias. Sin embargo, esto también puede sugerir que existe un crecimiento de estas razones isotópicas con la distancia a la Fosa Perú Chile (Macferlane et al., (2005).

Los rangos de las composiciones isotópicas de $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (18.70 - 18.85) y $^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (15.66 - 15.70) pertenecen al Campo Volcánico de Picotani, de ellos se dice que los mas radiogénicos son los que están relacionados a la mineralización de uranio, es decir los que están cerca a la nube de puntos del Campo Volcánico de Quenamari que caen dentro de los Cuerpos polimetálicos de reemplazamiento, entonces se debe poner incapie en este tipo de depósitos por tener valores isotópicos similares en donde se hospedan uranio. En conclusión a los minerales de uranio formados en este ambiente se le llaman “Depósitos epigenéticos de uranio del Oligoceno – Mioceno del Campo Volcánico de Picotani (Figura N° 10).

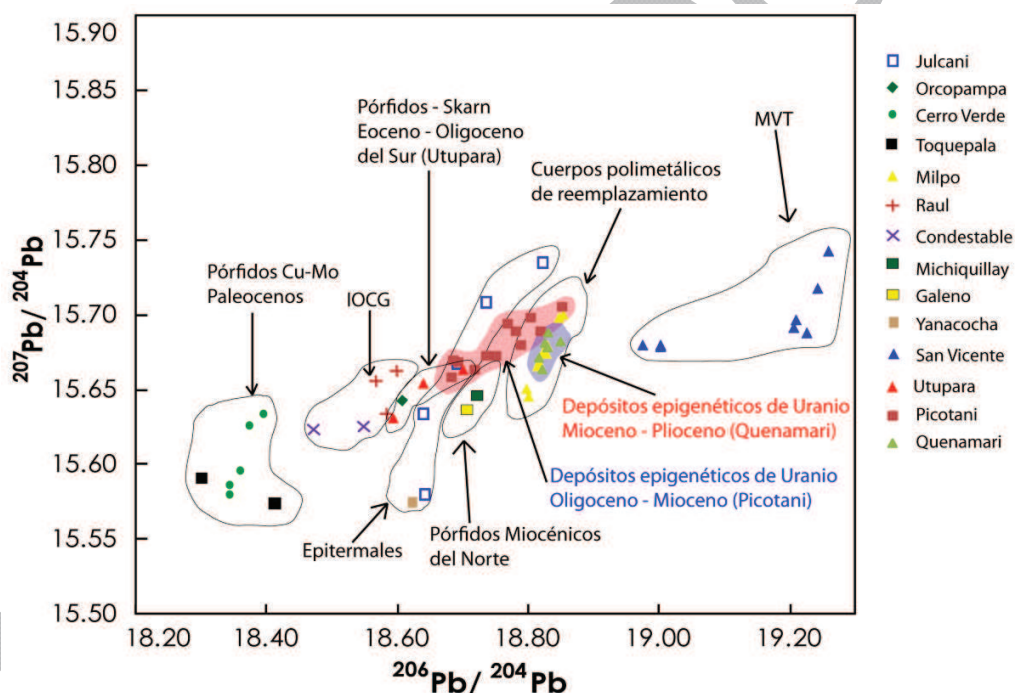


Figura N° 10. Razones isotópicas recopilado de Bustamante, A. (2008).

CONCLUSIONES

- Las rocas que albergan los numerosos indicios de uranio corresponden a la secuencia volcánica de ash flow tuff y riolitas consolidadas ubicados dentro del Campo Volcánico de Picotani que se emplazan rellenando la Cuenca Tectónica (Graven) de dirección NW-SE con un basamento constituido por rocas Paleozoicas Grupo Mitu, Ambo, Copacabana, etc.)
- Las ocurrencias de uranio se circunscriben a la presencia de minerales secundarios de uranio de color amarillo, amarillo limón y amarillo verdusco, los mismos que expuestos a la incidencia de rayos ultravioleta, exhiben una intensa fluorescencia de color verde manzana.
- Estos minerales de uranio se presentan a menudo en las diaclasas (fracturas de disyunción columnar) a manera de impregnaciones y microvenillas, dentro de los ash flow tuff de estructuras verticales a subverticales, con inclinación de 6 – 8° al NE.
- Los minerales de uranio están representados por minerales secundarios, autunita y autunita terrosa), estos minerales algunas veces se presentan asociados a costras de limonita y pirolusita.
- Al margen de todos los indicios y anomalías registrados, los sitios donde ocurre minerales de uranio son muy dispersos y aleatorios, esto se explica en razón de la cobertura así como de las condiciones topográficas que no favorecen un reconocimiento muy exhaustivo que permita poner al descubierto las anomalías uraníferas.
- El fenómeno erosivo al parecer ha sido intenso y determinante y ha lixiviado las manifestaciones que se tenían en superficie; La relativa alta solubilidad de los minerales de uranio y su inestabilidad en ambientes ácidos hacen que su preservación en superficie sea inusual, reduciéndose los afloramientos y las evidencias de un depósito económico.
- Debido al comportamiento hasta cierto punto focalizado y aleatorio de las estructuras mineralizadas, no es factible aplicar los métodos de zonificación de anomalías que de manera normal se aplica en los procedimientos geofísicos radimétricos.
- Se debe señalar como indicio indirecto de interés, la presencia de costras ferrosas o limoníticas que aparecen en varios sectores y que al parecer son producto del

intemperismo o denudación de los indicios uraníferos, estas costras ferrosas determinan por lo general valores radimétricos (400 a 450 cps). Donde se relacionado la presencia de obsidiana y minerales de hierro de color amarillo pardo lo más probable es que se encuentre radiactividad.

- La actividad exploratoria se ve complicada por la falta de indicios superficiales, ya que muchas estructuras y manifestaciones de uranio se encontrarían soterradas y tapadas con una cobertura de suelos y de material volcánico cuaternario, y en esas condiciones las mediciones directas y hasta indirectas resultan difíciles.
- La zona de estudio se encuentra dentro de una un área restringida por el MEM, conocida como la cuenca del río Ramis.

RECOMENDACIONES

- Realizar excavaciones de trincheras en las estructuras mineralizadas donde se presentan fracturas rellenas de autunita y microvenillas para observar la extensión y comportamiento de estas estructuras mineralizadas.
- Se recomienda estudios fundamentados en la detección de radón, (Emanometría), está técnica se basa en la detección del gas radiactivo radón, que es una medición específica del uranio y que sirven para indicar la presencia de uranio entre 5 y 50 m de profundidad, el mismo que se logra con los "emanómetros o dispositivos alpha - track)"