



Universidad Nacional Mayor de San Marcos

Universidad del Perú. Decana de América

Dirección General de Estudios de Posgrado
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera,
Metalúrgica y Geográfica
Unidad de Posgrado

Evaluacion de la alunita en la litocapa para la exploracion de sistemas tipo pórfido Cu-Au y/o Au-Cu, Proyecto Sur, Perú

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Geología con
mención en Recursos Mineros

AUTOR

Alex Enrique AQUINO CHALCO

ASESOR

Dr. Carlos DEL VALLE JURADO

Lima, Perú

2024



Reconocimiento - No Comercial - Compartir Igual - Sin restricciones adicionales

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

Usted puede distribuir, remezclar, retocar, y crear a partir del documento original de modo no comercial, siempre y cuando se dé crédito al autor del documento y se licencien las nuevas creaciones bajo las mismas condiciones. No se permite aplicar términos legales o medidas tecnológicas que restrinjan legalmente a otros a hacer cualquier cosa que permita esta licencia.

Referencia bibliográfica

Aquino, A. (2024). *Evaluacion de la alunita en la litocapa para la exploracion de sistemas tipo pórfido Cu-Au y/o Au-Cu, Proyecto Sur, Perú*. [Tesis de maestría, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica, Unidad de Posgrado]. Repositorio institucional Cybertesis UNMSM.

Metadatos complementarios

Datos de autor	
Nombres y apellidos	Alex Enrique Aquino Chalco
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	09083550
URL de ORCID	https://orcid.org/0009-0009-9595-6964
Datos de asesor	
Nombres y apellidos	Carlos del Valle Jurado
Tipo de documento de identidad	DNI
Número de documento de identidad	10266187
URL de ORCID	https://orcid.org/0000-0002-3040-1396
Datos del jurado	
Presidente del jurado	
Nombres y apellidos	Jaime César Mayorga Rojas
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	10369482
Miembro del jurado 1	
Nombres y apellidos	Santiago Mayor Pastor
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	08171617
Miembro del jurado 2	
Nombres y apellidos	Carlos Alberto Toledo Gutiérrez
Tipo de documento	DNI
Número de documento de identidad	06016715
Datos de investigación	

Línea de investigación	C.1.11. Recursos Mineros
Grupo de investigación	No aplica.
Agencia de financiamiento	Sin financiamiento.
Ubicación geográfica de la investigación	País: Perú Departamento: Ayacucho Provincia: Lucanas Distrito: Otona, Ocaña y San Pedro de Palco Centro Poblado: Totorá, Ecnone y Sonconche Latitud: -14.33601 Longitud: -74.58311
Año o rango de años en que se realizó la investigación	2018 - 2020
URL de disciplinas OCDE	Geología https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.06 Geoquímica, Geofísica https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#1.05.04 Ingeniería ambiental y geológica: https://purl.org/pe-repo/ocde/ford#2.07.01



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOQUÍMICA

UNIDAD DE POSGRADO



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

SUSTENTACIÓN PÚBLICA

En la Universidad Nacional Mayor de San Marcos– Lima, a los veinticuatro días del mes de mayo de 2024, siendo las 11:00 horas, se reúnen los suscritos miembros del Jurado Examinador de tesis, nombrado mediante Dictamen N° 000188-2024-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM del 13 de mayo de 2024, con la finalidad de evaluar la sustentación oral de la siguiente tesis:

TITULO

**«EVALUACION DE LA ALUNITA EN LA LITOCAPA PARA LA EXPLORACION DE SISTEMAS TIPO
PÓRFIDO Cu-Au Y/O Au-Cu, PROYECTO SUR, PERÚ»**

Que, presenta el Bach. **ALEX ENRIQUE AQUINO CHALCO**, para optar el **GRADO ACADÉMICO DE MAGÍSTER EN GEOLOGÍA CON MENCIÓN EN RECURSOS MINEROS**.

El secretario del Jurado Examinador de la tesis, analiza el expediente N° 20230016953 del 24 de febrero de 2023, en el marco legal y Estatutario de la Ley Universitaria, acreditando que tiene todos los documentos y cumplió con las etapas del trámite según el «Reglamento General de Estudios de Posgrado», aprobado con Resolución Rectoral N° 04790-R-18 del 08 de agosto del 2018.

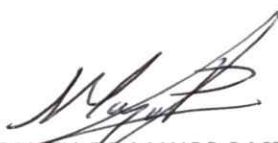
Luego de la Sustentación y la calificación de la tesis se realizará de acuerdo al procedimiento respectivo y se registra en el acta correspondiente en conformidad al Art. 100 del precitado Reglamento, correspondiéndole al graduando la siguiente calificación:

Muy Buena (18)

Habiendo sido aprobada la sustentación de la tesis, el Presidente recomienda a la Facultad se le otorgue el **GRADO ACADÉMICO DE MAGISTER EN GEOLOGÍA CON MENCIÓN EN RECURSOS MINEROS** al Bach. **ALEX ENRIQUE AQUINO CHALCO**.

Siendo las 12:00 horas, se dio por concluido al acto académico.


DR. JAIME CÉSAR MAYORGA ROJAS
Presidente


MG. SANTIAGO MAYOR PASTOR
Secretario


MG. CARLOS ALBERTO TOLEDO GUTIERREZ
Miembro


DR. CARLOS DEL VALLE JURADO
Asesor



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

Universidad del Perú. Decana de América

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA, METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA

UNIDAD DE POSGRADO

CERTIFICADO DE SIMILITUD

Yo Dr. Carlos Del Valle Jurado en mi condición de asesor acreditado con el Número de Dictamen N° 000236-2023-UPG-VDIP-FIGMMG/UNMSM de la tesis, cuyo título es **«EVALUACION DE LA ALUNITA EN LA LITOCAPA PARA LA EXPLORACION DE SISTEMAS TIPO PÓRFIDO Cu-Au Y/O Au-Cu, PROYECTO SUR, PERÚ»** presentado por el Bachiller Alex Enrique Aquino Chalco, para optar el Grado Académico de Magister en Geología con mención en Recursos Mineros. **CERTIFICO** que se ha cumplido con lo establecido en la Directiva de Originalidad y de Similitud de Trabajos Académicos, de investigación y producción Intelectual. Según la revisión, análisis y evaluación mediante el software de similitud textual, el documento evaluado cuenta con el porcentaje de 17% de similitud, nivel **PERMITIDO** para continuar con los trámites correspondientes y para su **publicación en el repositorio institucional**.

Se emite el presente certificado en cumplimiento de lo establecido en las normas vigentes, como uno de los requisitos para la obtención del grado correspondiente.

Firma del Asesor: 

DNI: 10266187

Nombres y apellidos del asesor:

Carlos del Valle Jurado

Huella Digital



DEDICATORIA

A mi familia por su invalorable apoyo y a mi profesión por la satisfacción de contribuir con el desarrollo del país

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi gratitud a la empresa IAMGOLD Perú S.A. por brindarme acceso a los recursos y datos necesarios para llevar a cabo mi investigación.

ÍNDICE

ÍNDICE	
Lista de Cuadros	V
Lista de Figuras.....	VI
RESUMEN	VIII
ABSTRACT.....	IX
CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Situación Problemática	2
1.2 Formulación del Problema	3
1.2.1 Problema Principal	3
1.2.2 Problemas Específicos	3
1.3 Justificación	4
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General.....	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO	9
2.1 Marco epistemológico de la investigación.....	9
2.2 Antecedentes de la investigación.....	9
2.2.1 Antecedentes Internacionales	10
2.2.2 Antecedentes Nacionales	16
2.3 Bases Teóricas	19
2.4 Marcos Conceptuales	27
CAPITULO 3: METODOLOGÍA.....	30
3.1 Tipo y Diseño de la Investigación.....	30
3.2 Unidad de Análisis	30
3.3 Población de Estudio	30
3.3.1 Muestra	31
3.4 Técnica de Recolección de datos	31
3.5 Análisis e Interpretación de la Información	32

3.5.1	Análisis Geoquímico de muestras de roca	32
3.5.2	Análisis de espectrometría de Reflectancia e Identificación de Alunita.....	32
3.5.3	Identificación de rocas con Alunita y contenidos de Pb, La, Sr, Au, Ag y Hg.....	32
3.5.4	Mapa de Contenidos y Ratios geoquímicos y Análisis de Relación Espacial	32
CAPITULO 4: GENERALIDADES		33
4.1	Ubicación y Accesibilidad.....	33
4.2	Geología regional.....	35
CAPITULO 5: RESULTADOS Y DISCUSIÓN		40
5.1	Análisis, interpretación y discusión de resultados	40
5.1.1	Geología local.....	40
5.1.2	Geoquímica y mineralización de la Litocapa Sur.....	51
5.1.3	Ensamblajes de alteración hidrotermal por espectrometría de reflectancia	60
5.1.4	Geoquímica de rocas con alunita	66
5.1.5	Relaciones de distancia con centros intrusivos	75
5.1.6	Ocurrencia de sistemas pórfidos debajo de cubiertas de litocapa..	75
5.1.7	Propuesta de patrones de orientación en exploración de depósitos tipo pórfido Cu-Au y/o Au-Cu	77
5.2	Pruebas de Hipótesis	78
5.3	Presentación de resultados.....	82
CONCLUSIONES		86
RECOMENDACIONES		88
BIBLIOGRAFÍA		89

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1: Operacionalización de las variables.	7
Cuadro 2: Matriz de Consistencia.	8
Cuadro 3: Accesibilidad hacia el Proyecto SUR.....	34
Cuadro 4: Geoestadística de principales elementos en el proyecto SUR.	53
Cuadro 5: Coeficiente de correlación Pearson del proyecto SUR.....	54
Cuadro 6: Datos espectrales de Alunitas (K y NA) e Illitas (índices de cristalinidad).	72
Cuadro 7: Elementos geoquímicos utilizados en vectorización de Alunitas en Litocapa Sur.	73

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación geopolítica del proyecto SUR	35
Figura 2: Geología regional del proyecto SUR.....	36
Figura 3: Columna litoestratigráfica del cuadrángulo Laramate (29-n).....	39
Figura 4: Unidad volcano-sedimentaria. Sedimentos de origen volcánico, fragmentos y matriz principalmente andesíticos.....	41
Figura 5: Unidad toba riolítica. Toba soldada de lapilli de composición riolítica a dacítica.....	42
Figura 6: Unidad toba riolítica.....	43
Figura 7: Unidad lava andesítica	44
Figura 8: Unidad domo andesítico. Textura fanerítica, máficos en matriz cristalina	45
Figura 9: Textura Patchy en target Sonconche, parches de pirofilita en matriz de sílice gris. Derecha muestra en el depósito Au-Cu Tantahuatay.....	46
Figura 10: Unidad domo riolítico con textura “flow banding”	47
Figura 11: Unidad de brechas hidrotermales y cuerpos silicificados. Vista panorámica de los cuerpos silicificados en Litocapa Sur. Afloramientos de vuggy-silica (en rojo), tobas riolíticas (en verde) y domo andesítico (en naranja).	48
Figura 12: Geología de la Litocapa SUR.....	50
Figura 13: Geoquímica de Au.....	55
Figura 14: Geoquímica de Ag.....	56
Figura 15: Geoquímica de Cu.	57
Figura 16: Geoquímica de Mo.	58
Figura 17: Geoquímica de Hg.	59
Figura 18: Espectrometría y longitud de onda de las aluníftas.....	60
Figura 19: Ensamblajes de alteración hidrotermal de Litocapa Sur.	62
Figura 20: Rasgos de absorción (longitud de onda de Alunitas K y Na.....	64
Figura 21: Distribución de Alunitas K y Na en Litocapa Sur.	65
Figura 22: Isovalores de La, Sr, La/Pb, Sr/Pb y geoquímica de Au.....	68
Figura 23: Isovalores de La, Sr, La/Pb, Sr/Pb y geoquímica de Hg.	69
Figura 24: Isovalores de La, Sr, La/Pb, Sr/Pb y geoquímica de Cu.	70
Figura 25: Isovalores de La, Sr, La/Pb, Sr/Pb y geoquímica de Mo.	71
Figura 26: Isovalores de La, Sr, La/Pb, Sr/Pb y Cristalinidad de Illitas.....	74

Figura 27: Modelo geológico del target Sonconche: transición de un sistema de alta sulfuración hacia un sistema pórfido con evidencia de textura patchy (1.0 x 0.5Km) en superficie.	76
Figura 28: Gradación de textura patchy y wormy hacia venillas tipo “A” de sistema pórfido. Muestras corresponden al pórfido Cu-Au Kupfertal ubicado debajo del epitermal Yanacocha (Cajamarca - Perú).	77
Figura 29: Epitermal Au-Cu Lepanto y pórfido Far SE (Filipinas). Muestras con alunita y valores de Hg decreciendo hacia el centro intrusivo (Far SE). Litocapa de 7km extensión.	78
Figura 30: Litocapa con argilica avanzada y vuggy-silica en depósito Lepanto con valores superficiales <50ppb Au. Pórfido Cu-Au Far SE fue descubierto por perforación subterránea.	81
Figura 31: Pórfido Cu-Au Kupfertal debajo de epitermal Au-Ag Chaquicocha (Yanacocha – Perú).	81
Figura 32: Rasgos de absorción (longitud de onda) de muestra típica de roca con Alunita potásica y sódica en target Totorá.	83
Figura 33: Rasgos de absorción (longitud de onda) de muestra típica de roca con Alunita potásica y sódica en target Sonconche.	84
Figura 34: Isovalores de La, Sr, La/Pb y Sr/Pb y “ratios” Na/Na+K que incrementan hacia NO de Litocapa Sur y sugieren potencial ocurrencia de sistema Pórfido.	85

RESUMEN

Los distritos mineros del Sur del Perú emplazados en la franja volcánica Terciaria que abarca las regiones de Huancavelica, Ica, Ayacucho, Arequipa, Moquegua y Tacna, albergan varios depósitos y proyectos epitermales de Alta, Intermedia y Baja Sulfuración de edad Miocénica, principalmente. Igualmente se han identificado algunos depósitos tipo pórfido de Cu-Mo y Cu-Au del Mioceno que algunas veces afloran directamente en superficie o también podrían estar relacionadas a Litocapas, haciendo difícil su identificación. Recientemente han aparecido muchas herramientas para explorar sistemas pórfidos “ocultos” (blind) y, una de ellas es la utilización de la alunita en las Litocapas como una guía para vectorizar hacia sistemas pórfidos debajo o al costado de estos horizontes con alteración argílica avanzada y sílice residual (vuggy quartz). El presente trabajo pretende aportar la utilidad de las alunitas como vectorización hacia posible sistema pórfido relacionado a la extensa litocapa “SUR” ubicada en la región Ayacucho, sur del Perú. El área de estudio está compuesta de secuencias volcano-sedimentarias, piroclastos riolíticos-riodacíticas y domos andesíticos-riolíticos-dacíticos de edad Mioceno a Plioceno.

Ensamblajes de alteración argílica avanzada (pirofilita, diquíta-nacrita, alunita Na-K) se distribuyen ampliamente a lo largo de la extensa litocapa SUR (25 x 8 km, NO-SE) con desarrollo local de sílice residual principalmente en las tobas riolíticas y domos andesíticos. Tomando como referencia el estudio “Exploration Tools for Linked Porphyry and Epithermal Deposits: Example from the Mankayan Intrusion-Centered Cu-Au District, Luzon, Philippines” de Zhaoshan Chang, Jeff Hedenquist, Noel White, David Cooke, et al; se ha realizado un estudio de vectorización para explorar sistemas pórfido utilizando solo muestras con Alunita. Dicho estudio reveló una tendencia de incremento de contenido de Na en Alunitas dentro de la litocapa con dirección Noroeste (NO), evidenciando además aumento de temperatura. El mismo incremento ocurre con ratios $Na/(Na+K)$ y con los valores de La, Sr, La/Pb y Sr/Pb donde contenidos anómalos de Cu y Mo se concentran sobre estas anomalías. Además, contenidos de Hg tienden a disminuir sobre estos valores y áreas anómalas de Lantano (La) y Estroncio (Sr) en el sector NO de la Litocapa.

Igualmente, índices de Cristalinidad de Illitas confirman incremento de temperatura con tendencia hacia el NO. Estos indicadores direccionales (espectros de alunite y su geoquímica) sugieren potencialmente la ocurrencia de sistema pórfido debajo o al costado del extremo NO de la Litocapa SUR, lo cual se complementa con afloramientos de textura “patchy” sobre un área de 1.0 x 0.5 km de extensión hospedada por un domo andesítico con alteración argílica avanzada y que estaría evidenciando la base de la litocapa en transición a un sistema pórfido.

ABSTRACT

The mining districts of Southern Peru located in the Tertiary volcanic belt host epithermal systems hosted by Lithocap that could be linked to porphyry systems. There are several tools to explore “hidden” porphyry systems and one of them is Alunite. The usefulness of Alunites is proposed as guidance towards a possible porphyry system related to the “SUR” Lithocap located in the Ayacucho region. In the study area, volcano-sedimentary sequences, tuffs, and domes of Miocene-Pliocene age emerge, with assemblages of advanced argillic alteration and local development of vuggy silica.

Taking as reference the paper “Exploration Tools for Linked Porphyry and Epithermal Deposits: Example from the Mankayan Intrusion-Centered Cu-Au District, Luzon, Philippines” by Zhaoshan Chang, et al.; an orientation study was done to explore porphyry systems using only samples with Alunite. The study revealed a trend of increase in Na content in Alunite with a Northwest direction. The same occurs with Na/(Na+K) ratios and with values of La, Sr, La/Pb and Sr/Pb where anomalous contents of Cu and Mo are concentrated on these anomalies. Hg contents tend to decrease over anomalous areas of La and Sr in the Northwest sector of the Lithocap. Illite Crystallinity Index confirm an increase in temperature towards the Northwest. These directional indicators suggest the occurrence of a porphyry system below or beside of the Northwest end of the Lithocap, which is complemented by outcrops of a “patchy” texture and that would evidence a transition to a porphyry system.

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN

Según la definición de Sillitoe (1995a), las “litocapas son niveles horizontales a sub-horizontales de sílice oquerosa (vuggy silica) y alteración hidrotermal argílica avanzada de origen hipógeno que ocurren sobre eventos intrusivos. Las litocapas podrían contener sistemas epitermales de Alta sulfuración asociados a mineralización principalmente relacionados a fracturas alimentadoras tipo “feeders”. Además, las litocapas están relacionadas genética y temporalmente a sistemas intrusivos que podrían estar relacionadas a mineralización tipo pórfido (Sillitoe, 1995a, 1999 y 2011; Hedenquist et al., 1998). Estas pueden ser muy extensas (mayor a 20 km²; Sillitoe, 1995a) y pueden destacar en la superficie por su fuerte resistencia a la erosión. La ocurrencia de grandes extensiones de litocapas (A. Arribas, 1999) son alentadoras para actividades de exploración minera en sus etapas iniciales, debido a que sugiere la presencia de intensa y extensa actividad hidrotermal asociada a posible potencial de sistemas epitermales con mineralización económica, junto con potencial para explorar sistemas pórfidos y vetas epitermales de sulfuración baja e intermedia.

Tomando como guía de estudio al artículo publicado por Zhaoshan Chang, Jeff Hedenquist, Noel White, David Cooke, et al; titulado “Exploration Tools for Linked Porphyry and Epithermal Deposits: Example from the Mankayan Intrusion-Centered Cu-Au District, Luzon, Philippines”, procedimos a completar un estudio de orientación para explorar por sistemas pórfidos asociados a la extensa Litocapa Sur basado en la evaluación de firmas espectrales y composición química de la alunita que es un mineral de arcilla típica en sistemas de alta sulfuración. La litocapa Sur aflora dentro de la franja volcánica Terciaria del sur del Peru y específicamente se ubica en la región Ayacucho. En esta franja volcánica, afloran principalmente sistemas epitermales de Au-Ag, algunas de las cuales están asociadas a sistemas tipo pórfido (por ejemplo, el sistema epitermal y tipo pórfido “Quicay”).

El principal objetivo de este estudio es proponer a la comunidad geológica-minera, otra herramienta útil para explorar sistemas tipo pórfidos por debajo o al costado de las litocapas. Muchas veces, las litocapas pueden presentar contenidos geoquímicos bajos de oro, cobre y molibdeno a pesar de presentar alteración hidrotermal favorable. Sin embargo, los cambios repentinos en las firmas espectrales de las aluníitas podrían sugerir una vectorización hacia sistemas pórfidos ocultos por las litocapas. Esta característica ha sido identificada en los depósitos epitermales/pórfidos conocidos en el Peru (Yanacocha-Kupfertal, Tantahuatay, La Zanja, Quicay, Pinaya, etc.). A nivel mundial se tienen varios ejemplos como en Lepanto-Far SE y Bantug (Filipinas) y, Valeriano (Chile).

1.1 Situación Problemática

Muchas veces las ocurrencias de extensas zonas de alteración hidrotermal con desarrollo de sílice residual (vuggy quartz) y alteraciones argílicas avanzadas de origen hipógeno, podrían estar indicando la presencia de depósitos epitermales de oro y plata, los cuales a su vez pueden estar potencialmente relacionados a sistemas pórfidos de Cobre-oro y/o oro-cobre. Por lo general, la geoquímica superficial en zonas con alteración argílica avanzada reporta contenidos geoquímicos bajos y cercanos al límite de detección para el Au; en consecuencia, las Litocapas pueden presentar contenidos geoquímicos bajos para metales preciosos Au-Ag. El presente proyecto de Tesis plantea básicamente, la necesidad de investigar y analizar la composición mineralógica de la Alunita a través de estudios de espectrometría, como una herramienta de exploración para establecer indicadores direccionales que ayuden a ubicar los centros intrusivos mineralizados emplazados debajo de una Litocapa.

Estudios recientes indican que los contenidos de sodio (Na), calcio (Ca) y potasio (K) de las Alunitas sirven como guías para determinar la cercanía o lejanía con respecto a los centros intrusivos con contenidos de Cu y Au. Uno de estos se refiere al depósito epitermal de Alta sulfuración Lepanto relacionado al pórfido Far Southeast que no aflora y que está ubicado en Filipinas. En Perú, se han reportado estudios realizados en el depósito de Alta Sulfuración Yanacocha donde ocurre una evidente mineralización epitermal relacionada a ocurrencias de mineralización tipo pórfido como en las unidades Kupfertal, Yanacocha Norte, Maqui Maqui y Corimayo, entre otros.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema Principal

¿En qué medida la evaluación de la Alunita en la Litocapa servirá para explorar sistemas tipo pórfido Cu-Au y/o Au-Cu en la región Sur - Perú?

1.2.2 Problemas Específicos

1° - ¿Qué características geológicas tiene la Litocapa que servirán para explorar sistemas tipo pórfido Cu-Au y/o Au-Cu?

2° - ¿Cuáles son las características geoquímicas de la Litocapa que servirán para explorar sistemas tipo pórfido Cu-Au y/o Au-Cu?

3° - ¿Cómo es el estilo y ensamble de alteración hidrotermal de la Litocapa que servirá para explorar sistemas tipo pórfido Cu-Au y/o Au-Cu?

4° - ¿Cómo nos puede ayudar la composición mineralógica de la Alunita en la orientación de la exploración?

5° - ¿Cuáles serían los indicadores direccionales potenciales en la búsqueda de pórfidos Cu-Au y/o Au-Cu cubiertos por Litocapas durante las exploraciones en distritos similares?

1.3 Justificación

En el Perú afloran varios terrenos superficiales alterados y relacionados a procesos de alteración hidrotermal que conforman Litocapas caracterizadas por presentar sílice oquerosa asociada con alteración argílica avanzada, ambas de origen hipógeno. Estas cubiertas alteradas pueden hospedar en algunos casos, mineralización epitermal de Alta Sulfuración y estilos de mineralización tipo pórfidos de Cu-Au y/o Au-Cu asociados en el ambiente hidrotermal.

- **Técnica:** Este trabajo de investigación pretende aportar nuevas herramientas guías de exploración que deberían ser utilizados durante la prospección de sistemas pórfidos Cu-Au y/o Au-Cu en el Perú. La composición mineral de la Alunita y el contenido geoquímico de determinados elementos como el Plomo (Pb), Estroncio (Sr), Lantano (La), Oro (Au), Plata (Ag) y Mercurio (Hg) pueden ayudar a direccionar la ubicación de yacimientos tipo pórfidos de Cu y Au.
- **Económica:** La combinación de análisis de Espectrometría de ondas cortas infrarrojas (SWIR) y contenido geoquímico de determinados elementos, ayudan a reducir los costos en los programas de exploración de sistemas pórfidos, ya sea en la etapa de “greenfield” o “brownfield”. El ahorro consiste en determinar la posible ubicación del centro intrusivo causante de la

mineralización Cu-Au y/o Au-Cu en el menor tiempo posible, optimizando y reduciendo costos a las empresas mineras.

- **Beneficios:** En el Perú, todavía hay grandes extensiones de cubiertas Litocapas generadas por centros intrusivos ocultos que no han sido adecuadamente exploradas. Al confirmarse la ocurrencia de sistemas pórfidos Cu-Au y/o Au-Cu, éstos traerían desarrollo económico para las comunidades cercanas a estas ocurrencias.
- **Beneficiarios:** El aporte de este estudio beneficiaría a las comunidades de influencia donde se encontrarían más depósitos minerales y a las empresas mineras dedicadas a la exploración por sistemas epitermales y pórfidos, por el ahorro de costos en sus trabajos prospectivos. Otro grupo serían los geólogos dedicados a actividades de exploración, ya que podrían contar con otra herramienta adicional de prospección.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

- Evaluar la alunita en la litocapa para explorar sistemas tipo pórfido Cu-Au y/o Au-Cu en la región Sur – Perú.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar las variaciones mineralógicas de Alunita en las Litocapas para orientar y direccionar la exploración de sistemas tipo pórfidos Cu-Au y/o Au-Cu.

- Determinar las características geoquímicas de la litocapa que son favorables en la exploración de sistemas tipo pórfido de Cu-Au y/ o Au-Cu.
- Definir el estilo y ensamble de alteración hidrotermal de la Litocapa favorable en la exploración de sistemas tipo pórfido de Cu-Au y/o Au-Cu.
- Determinar la composición mineralógica de la Alunita favorable en la orientación de la exploración
- Definir los indicadores direccionales potenciales en la Litocapa para la exploración de pórfidos Cu-Au y/o Au-Cu.

OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES				
VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Independiente Alunita en Litocapas	<u>Argílica avanzada</u> : Según Jeffrey Hedenquist y Antonio Arribas (2019), este ensamble de alteración hidrotermal incluye alunita, aluminosilicatos (caolinita, haloisita, dickita, pirofilita) más diáspora, andalucita, zunyita y topacio. Stoffregen (1987), indica que la Alunita es originada por un fluido con un pH ligeramente superior a 2 y con un amplio rango de temperatura. Se han reconocido 3 ambientes de formación de alunita (Rye et al., 1993) en base a datos isotópicos de S y O: Alunita calentada por Vapor (Steam Heated), Alunita Supergena y Alunita Magmática	Evaluación de contenidos geoquímicos de la Alunita en los ensambles argílico-avanzados de Litocapa. Se analizará el comportamiento y características de ensambles de alteración argílica avanzada que permitan vectorizar las zonas de alta temperatura y su transición de sistemas epitermales hacia pórfidos	Características mineralógicas	-Parámetros de composición litológica de Litocapa -Parámetros de composición de ensambles alteración argílica avanzada -Composición Na y K de Alunita
			Características geoquímicas	-Contenidos geoquímicos de Au, Ag, Hg, Pb, Sr, La (ppb y/o ppm)
Dependiente Sistemas tipo pórfidos Cu-Au y/o Au-Cu	<u>Pórfidos</u> : formados en intrusivos porfídicos con extensiones que van desde 100 mt hasta unos pocos kms de diámetro, los cuales son apófisís sobre cúpulas de plutones félsicos a intermedios más profundos (Sillitoe, 1996). Según Sillitoe (1979), pórfidos ricos en Au son aquellos con ley media ≥ 0.4 ppm Au. Según Cox y Singer (1988) la división entre pórfidos Cu ricos y pobres en Au deben tomar en cuenta ley de Mo, basado en relación $Au (ppm) / Mo (\%) > 0 = 30$	Se utilizará los ensambles de alteración con Alunita como patrones de orientación en la exploración de sistemas pórfidos. Se construirán mapas isovalores y de ratios para Au, Ag, Hg, Pb, Sr y La para determinar sus relaciones con centros intrusivos tipo pórfido Cu-Au y/o Au-Cu.	Características de alteración	-Ensambls de alteración argílica avanzada -Característica espectral de la Alunita (Na y K)
			Características geoquímicas	-Contenidos geoquímicos de Au, Ag, Hg, Pb, Sr, La (ppb y/o ppm) -Ratios de Au, Ag, Hg, Pb, Sr y La

Cuadro 1: Operacionalización de las variables.

Matriz de Consistencia: Evaluación de Alunita en la Litocapa para la Exploración de sistemas tipo Pórfido Cu-Au y/o Au-Cu				
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	METODOLOGIA
¿En qué medida la evaluación de la alunita en la Litocapa servirá para explorar sistemas tipo pórfido Cu-Au en la región Ica-Perú? PROBLEMAS ESPECIFICOS ¿Qué características geológicas tiene la Litocapa del área de estudio? ¿Cuál es el comportamiento geoquímico de la Litocapa? ¿Cómo es el estilo y ensamble de alteración hidrotermal de la Litocapa? ¿Cómo nos puede ayudar la composición mineralógica de la alunita en la orientación de la exploración? ¿Cuáles serían los indicadores direccionales potenciales en la búsqueda de pórfidos Cu-Au cubiertos por Litocapas durante las exploraciones en distritos similares?	Analizar que contenidos geoquímicos de Alunita en ensambles argílico-avanzados de Litocapas pueden ayudar en exploración tipo pórfido de Cu-Au y/o Au-Cu OBJETIVOS ESPECIFICOS 1.Evaluar características geológicas de Litocapa del proyecto Sur 2.Analizar contenidos geoquímicos de la Litocapa 3.Analizar comportamiento y características de ensambles de alteración argílica avanzada que permitan vectorizar zonas de alta temperatura y transición de sistemas epitermales hacia pórfidos. 4.Analizar por técnica de espectrometría de reflectancia (TerraSpec) a Alunita y variedades en contenido de calcio, sodio y potasio como patrones de orientación en exploración de pórfidos Cu-Au. 5.Determinar contenidos de Pb, Sr, La, Au, Ag y Hg y otros elementos químicos en muestras de roca con alteración Alunita y su relación con centros intrusivos tipo pórfido Cu-Au y/o Au-Cu	Analizar que contenidos geoquímicos de Alunita de alteración argílica avanzada de Litocapas podrían ayudar en exploración de yacimientos tipo pórfido Cu-Au y/o Au-Cu HIPOTESIS ESPECIFICAS 1.Evaluar características geológicas de Litocapas 2.Analizar comportamiento y características de ensambles alteración argílica avanzada 3.Analizar por espectrometría de reflectancia a Alunita y contenidos de Ca, Na y K como patrones de orientación 4.Mediante usos de ratios geoquímicos Pb, Sr, La, Au, Ag y Hg establecer cercanía o lejanía de centros pórfidos	•INDEPENDIENTE Alunita en la Litocapa Dimensiones: -Geología -Ensamblajes de alteración hidrotermal Indicadores: -Porcentaje de litología -Porcentaje de alteración hidrotermal -Isovalores geoquímicos y de alteración •DEPENDIENTE Sistemas tipo pórfido Cu-Au y/o Au-Cu Dimensiones: -Características mineralógicas y geoquímicas -Características de alteración hidrotermal Indicadores: -Contenidos y ratios de Au, Ag, Hg, Pb, Sr y La en rocas con alunita -Espectros de Alunita conteniendo Na y K	Investigación no experimental -Diseño de investigación es transeccional-causal Unidad de análisis -Comprende muestras de roca de litocapa Población de estudio La población comprende 1,710 muestras de roca colectadas en la litocapa Tamaño de muestra El tamaño corresponde a 299 muestras de roca que presentan alunita como alteración hidrotermal Técnicas de colección de muestras Toma de muestras de manera sistemática en malla 100x100m. Metodología de colección tipo "canal", "selectiva" y "chips" Procesamiento, análisis e interpretación de información - Análisis geoquímicos de muestras de roca - Espectrometría SWIR de muestras de roca mediante equipo TerraSpec - Determinación de ensambles de alteración hidrotermal -Mapa de Isovalores y ratios geoquímicas para Au, Ag, Pb, Hg, Sr y La

Cuadro 2: Matriz de Consistencia

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco epistemológico de la investigación

El trabajo de investigación se centrará en estudiar las Litocapas con ensambles de alteración tipo argílico avanzado que incluyen Alunita como elemento común y sílice residual oquerosa (vuggy sílica), ambos de origen hipógeno. Estas características pueden indicar potencial ocurrencia de pórfidos Cu-Au y/o Au-Cu relacionados a sistemas epitermales.

El procedimiento principal será determinar la composición mineralógica de la Alunita y el contenido geoquímico de rocas con alteración principal de Alunita. Esta investigación podría ayudar a orientar en la búsqueda de sistemas pórfidos Cu-Au y/o Au-Cu, indicando cercanía o lejanía a estos centros intrusivos debajo de la Litocapa. El presente trabajo contiene 2 variables determinantes que marcaran el desarrollo de la investigación:

- a) Alteración hidrotermal argílica avanzada en Litocapas con variedades de Alunita
- b) Prospección de pórfidos Cu-Au y/o Au-Cu

2.2 Antecedentes de la investigación

En los últimos tiempos se han escrito y publicado artículos sobre la importancia de la Litocapa como una expresión superficial de sistemas epitermales con potenciales relaciones hacia los sistemas pórfidos en profundidad. Se han tomado en cuenta desde características geológicas, geoquímicas, y de alteración hidrotermal; hasta el ambiente tectónico como parámetros que condicionan la ocurrencia de los 3 tipos de sistema epitermal

conocidos: Alta, Intermedia y Baja Sulfuración. Autores de renombre como Sillitoe, Hedenquist, Einaudi, entre otros, han publicado trabajos sobre la importancia de la Litocapa como parte integrante de los sistemas epitermales y pórfidos. En los últimos tiempos se ha insistido en estudiar los ensambles de alteración argílica avanzada, sobre todo el componente Alunita y sus principales contenidos de Na, Ca y K como una herramienta auxiliar para trabajos de exploración sobre Litocapas alteradas. Los siguientes son algunos de los estudios y autores involucrados:

2.2.1 Antecedentes Internacionales

- ZHAOSHAN, H.; HEDENQUIST, J.; WHITE, N.; et al. 2011. Exploration Tools for Linked Porphyry and Epithermal Deposits: Example from the Mankayan Intrusion-Centered Cu-Au District, Luzon, Philippines. Society of Economic Geologists. v. 106: 1365-1398.

El trabajo consiste sobre estudios en los contenidos geoquímicos de Alunita realizados en el distrito Cu-Au Mankayan en Luzón-Filipinas (Alta sulfuración Lepanto y su transición al Pórfido Far Southeast). El distrito minero Mankayan de Luzón Norte, en Filipinas, hospeda varios depósitos minerales y prospectos de varios tipos dentro de un área de aproximadamente 25 km², el cual incluye al yacimiento Pórfido Cu-Au Far Southeast, el yacimiento Cu-Au Epitermal de alta sulfuración Lepanto, el yacimiento de vetas Au-Ag Epitermal de sulfuración intermedia Victoria, el yacimiento de vetas Epitermales Au-Ag Teresa, el yacimiento pórfido Cu-Au Guinaoang, y los prospectos Pórfidos Cu-Au Buaki y Palidan. Todos ellos tienen una edad de ~3 millones de años y se han formado en un periodo de aproximadamente 2 millones de años. Una extensiva zona de alteración argílica avanzada aflora por unos ~7 km a lo largo de una inconformidad entre rocas del basamento y la dacita Imbanguila y, consiste en Cuarzo-alunita +/-pirofilita o diáspora, con zonas locales de alteración silícica y un halo de diquita+/-caolinita. El tipo de

alteración y su geometría subhorizontal indican que corresponden a una Litocapa o Litocapas fusionadas. El sector Noroeste es de ~4 km de largo y hospeda al depósito mineral Au-enargita Lepanto y está controlado por la falla Lepanto. Asimismo, el depósito epitermal Lepanto está relacionado al pórfido Far Southeast infrayacentes.

El estudio encontró que varias características de la litocapa Lepanto cambian sistemáticamente con la distancia desde la intrusión causante. El pico de absorción de la alunita en ~1,480 nm dentro del espectro “SWIR” que corresponde a la onda corta infrarroja, pasa a cambiar hacia longitudes de onda más altas cuando la muestra se encuentra más cerca al pórfido (centro intrusivo). Este comportamiento de la alunita se debe a su mayor contenido de Sodio (Na) y al menor contenido de Potasio (K). Publicaciones de estudios experimentales indican que alto Na/(Na + K) está relacionado a temperaturas de formación más altas. Alto contenido de Ca en alunita, incluyendo “huanguita”, también ocurre en locaciones proximales al centro intrusivo. Composición mineral de alunita analizada en laboratorio por el sistema LA-ICP-MS (Espectrometría de masas con plasma acoplado inductivamente por ablación láser) indica que el contenido de plomo decrece hacia el centro intrusivo, mientras que contenidos de Sr, La, Sr/Pb y La/Pb se incrementan marcadamente. Igualmente, análisis de composiciones de roca total en muestras con alunita, muestran que el Pb, Ag/Au, Hg y Ag, decrece hacia el centro intrusivo.

- HALLEY, S.; DILLES, J.; TOSDAL, R. 2015. Footprints: Alteration Hydrothermal and Geochemical Dispersion Around Porphyry Copper Deposits. SEG Newsletter. Number 100.

Análisis lito-geoquímico en roca total combinado con espectrometría de onda corta infrarroja (SWIR) proporciona una alternativa rápida de estudio y de ahorro de costo para prospectar por sistemas pórfido. La lito-geoquímica identifica metales traza para contenidos de abundancia media de la corteza y

permite orientar vía gradientes de componentes calcófilos y litófilos movilizados por menas magmáticas-hidrotermales y fluidos de circulación externa que son dispersados y colectados por rocas alteradas. Se usan principalmente los álcalis en alteración sericita y elementos tales como As, Sb, Mo, W, Se, Te y Bi; los cuales forman compuestos estables de óxidos que se establecen dentro de rocas inalteradas y suelos. El mapeo SWIR de cambios en el rasgo 2,200-nm Al-OH en sericita define las gradientes pH de los fluidos útiles para vectorizar hacia el centro de la flotante pluma magmática-hidrotermal portadora de metal.

- WHITE, N.; HEDENQUIST, J. 1995. Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration. SEG Newsletter, No. 23: 1, 9-13.

Los depósitos epitermales se forman a profundidades someras. Esta conclusión fue inicialmente basada en reconstrucción geológica, mineralogía de mena y texturas relacionadas (Lindgren, 1933). Esto ha sido posteriormente soportado con datos de inclusiones fluidas para indicar que las menas epitermales se forman sobre el rango de temperatura de $<150^{\circ}$ a $\sim 300^{\circ}\text{C}$, desde la superficie hasta una profundidad entre 1 a 2 kms. En este estudio se destacan las características generales de dos estilos principales de mineralización epitermal en el cual el oro es el metal económico dominante: Alta Sulfuración y Baja sulfuración. Las generalizaciones se basan en observaciones de muchos depósitos y prospectos en la región Circum-Pacífica.

Las distinciones entre los 2 estilos epitermales son cruciales para una exploración efectiva. A pesar de que pueden presentar características parecidas respecto a ensambles de alteración hidrotermal, sin embargo, la distribución de estos ensambles son distintas y su mineralización económica esta relacionada a diferentes lugares dentro del sistema epitermal. El

zonamiento de alteración puede ser usado como un vector hacia las partes más prospectivas del sistema, pero solo cuando el estilo ha sido correctamente reconocido. Además, los 2 estilos de mineralización tienen diferencias en sus asociaciones geoquímicas.

- SILLITOE, R.; BURGOA, C; HOPPER, D. 2016. Porphyry copper discovery beneath the Valeriano Lithocap, Chile. SEG Newsletter, Number 106: 1, 15-20.

En la litocapa Valeriano ubicada en la región andina del Norte Chileno, mineralización tipo pórfido Cu-Au de edad Mioceno completamente oculto fue recientemente descubierto debajo de una litocapa. Los resultados del programa de perforación por etapas que condujo al descubrimiento son resumidos en este estudio, con énfasis en las características geológicas, de alteración y mineralización claves que proporcionaron orientación. La profundidad final de perforación del programa de 16 sondajes, intercepto zonas de alteración argílica avanzada y sericitica bien definidas antes de entrar a un pórfido con alteración potásica con contenidos de calcopirita +- bornita, con leyes de 0.7 a 1.2% Cu equiv., en profundidades de ~1,000 a >1,800 mts.

- HEDENQUIST, J.; RICHARDS, J. 1998. The influence of Geochemical Techniques on the Development of Genetic Models for Porphyry Copper Deposits. Reviews in Economic Geology de la Society of Economic Geologists, Vol. 10.

Los pórfidos de cobre son un grupo muy diverso de depósitos con una extensa variedad de rasgos y estilos de formación. Sin embargo, estos depósitos porfídicos presentan características comunes que permiten proponer modelos geológicos y rasgos generales comunes. Los pórfidos de cobre (molibdeno, oro) han sido formados en intrusivos tipo pórfidos

asociados a extensiones entre centenas de metros hasta unos cuantos kilómetros de diámetro, que a su vez están relacionados a apófisis desarrollados sobre las cupulas de plutones de composición félsica a intermedia (Sillitoe, 1996). Por lo general, los sistemas tipo pórfido pueden presentar varias etapas de intrusión con tendencia a mayores contenidos de mineralización en las etapas más tempranas. También es normal que las rocas cajas puedan contener mineralización tipo pórfido de cobre; sin embargo, en los modelos de depósitos que utilizaron Lowell y Gilbert (1,970) para su propuesta de mineralización pórfido de cobre, se reportan unos 70% de mineralización cuprífera contenidos en los sistemas intrusivos.

Sulfuros de Cu-Fe que son parte de mineralización económica, se presentan en stockworks de venillas y diseminados típicamente relacionados a actividad temprana de alteración potásica. Esta alteración se compone de biotita secundaria, feldespatos potásicos y magnetita. Parte de mineralización económica puede formarse también durante un evento tardío de venilleo compuesto de Qz-sericita-pirita relacionado a una alteración fílica. Hay algunos autores que sostienen que esta etapa tardía de mineralización puede corresponder a una removilización de metales que fueron depositados previamente (Ej. Brimhall, 1980).

Ensamblajes de alteración argílica compuesta por caolinita-esméctica y a veces con sericita-clorita, ocurren en la parte externa envolviendo a alteración fílica. Por otro lado, ensamblajes de argílica avanzada hipógena compuesta por cuarzo, caolinita, pirofilita, diáspora y alunita, están asociados genética y temporalmente a sistemas tipo pórfido. Por lo general se forman a niveles pocos profundos respecto a las alteraciones potásicas y fílicas. Sin embargo, pueden continuar desarrollándose en etapas tardías generando una sobre-impresión a alteraciones subyacentes (Sillitoe, 1993). Ensamblajes de epidota, clorita y calcita (alteración propilítica) pueden formar halos de varios kilómetros que disminuyen progresivamente hacia sectores inalterados.

- SILLITOE, R.2,000. Styles of high-sulphidation gold, silver and copper mineralization in porphyry and epithermal environments. The AusIMM Proceedings, N° 1.

Mineralización de alta sulfuración oro, plata y/o cobre son producidos en las partes epitermales y superiores de un ambiente pórfido infrayacente sobre tramos verticales que pueden llegar hasta los 2 kilómetros. Sistemas de alta sulfuración se generan en Litocapas con alteración argílica avanzada que se originan porque grandes sistemas de agua subterránea absorben elementos volátiles ácidos de origen magmático. Las distintas variedades de mineralización en los sistemas de alta sulfuración pueden reflejar la profundidad de formación y la interrelación.

Los sectores profundos de sistemas epitermales de alta sulfuración con medidas mayores a 100 metros están caracterizados por mineralización diseminada Au-Cu abarcando a covellita, calcocita y digenita dentro de ensambles argílico avanzado pervasivo y, también en ensambles sericíticos infrayacentes. Dentro de sistemas altamente “telescopeados”, dichas mineralizaciones pueden estar sobreimpuestas en venilleos de cuarzo tipo “stockwork”. Zonas intermedias de sistemas de alta sulfuración presentan mineralización Cu-Au que están controladas por fallas, y se componen de enargita dentro de cuerpos de sílice oquerosa, silicificación y/o de sulfuros de Fe (pirita) masivos. Sectores someros de > 500 metros en sistemas de alta sulfuración pueden contener mineralización de oro y/o plata con predominancia sobre el cobre. Zonas lixiviadas acidas estériles formadas en ambiente “steam-heated” sobre paleo-aguas subterráneas, pueden estar preservadas por encima o junto a depósitos de alta sulfuración someros.

2.2.2 Antecedentes Nacionales

- LEWIS B. GUSTAFSON; CÉSAR E. VIDAL; RITA PINTO; DONALD C. NOBLE 2004. Porphyry-Epithermal Transition, Cajamarca Region, Northern Peru. Society of Economic Geologists, Special Publication 11, 2004, pp. 279–299.

Se conocen varios depósitos tipo pórfido Cu-Au y Au-Cu en la región Cajamarca (Norte del Perú), algunos de ellos asociados a depósitos epitermales de Alta sulfuración. Hay una evidente mineralización epitermal relacionada a ocurrencias de pórfidos, como por ejemplo en los depósitos Kupfertal, Yanacocha Norte, Maqui Maqui, Corimayo y Perol (Minas Conga), entre otros. Por el contrario, esta relación no se observa en los pórfidos El Galeno, Michiquillay, Chailhuagon (Minas Conga), Cerro Corona, Colpayoc y Chamis; posiblemente los niveles epitermales han podido ser erosionados.

Los depósitos de Alta Sulfuración están afectados por varias fases de brechamiento e intensa silicificación con zonamiento lateral y vertical en contenidos de silica y Au que disminuyen a medida que sea alejan hacia esas direcciones. Típicamente los ensambles de alteración hidrotermal están compuestos de cuarzo-pirofilita-diáspora-alunita-dickita, seguido de cuarzo-alunita y caolinita. La zona transicional entre sistemas epitermales y pórfidos se expone, por ejemplo, en los depósitos Perol, La Zanja, Tantahuatay y Yanacocha.

En estos 2 últimos depósitos epitermales ocurren texturas tipo agusanada o gusano (wormy) en la zona transicional hacia sistemas pórfidos. Consisten en parches redondeados compuestos de pirofilita-diáspora y/o alunita dentro de una matriz silicificada. En sondajes profundos se han

reportado vetillas tipo A (silica-feldespató potásico-biotita secundaria) y evidencias de intrusivos porfídicos.

- MORAYMA RUIZ HUAMAN, Tesis para optar el título profesional de Ingeniera Geóloga, Universidad Nacional de Cajamarca, 2017. Importancia de las zonas calentadas por vapor (Steam Heated) en los depósitos de Alta Sulfuración – Caso sector Sur de Ayacucho, Perú.

Estudio de investigación del prospecto Cerro Runtus ubicado en la provincia Parinacochas, Ayacucho. En el área de estudio aflora una zona “Steam Heated” que es la expresión más alta (nivel somero) de un sistema de alta sulfuración y que normalmente es estéril en contenidos de Au-Ag, por ser producto de un proceso de alteración supergena (acidificación de aguas subterráneas calentadas por vapor de fluidos hidrotermales) y no hipógena. Pero su importancia radica en el concepto geológico que indica relación a un sistema epitermal de alta sulfuración que podría contener mineralización económica Au-Ag. Ejemplos de estas ocurrencias superficiales se han reportado en los depósitos Pascua Lama y Salares Norte en Chile y, el depósito Veladero en Argentina.

En Perú, se reporta ocurrencia de Steam Heated en la unidad Chaquicocha del mega depósito epitermal Au-Ag Yanacocha. El estudio consistió básicamente en realizar comparaciones de firmas espectrales y características geoquímicas entre Pascua Lama y el prospecto Runtus, donde predomina alteración hidrotermal de ensambles alunita-sílice residual, y en menor proporción cristobalita, esméctica, clorita, calcita los cuales son típicos en zonas calentadas por vapor (Steam heated). En general, se identificó 3 tipos de ensambles compuestas por ensambles argílicos, argílico avanzado y silicificación. En este caso, la alteración argílica avanzada corresponde a una zona Steam Heated compuesta por opalo-sílice masivo-alunita-caolinita-

azufre. Mientras que la silicificación corresponde a sílice calcedonica que coincidiría con un “paleo nivel freático” asociada a sílice masiva de baja temperatura. Debajo de esta zona, se identificaron hasta 5 zonas de interés prospectivo.

- RITA PINTO AMES, Tesis para optar el título profesional de Ingeniera Geóloga, UNMSM, 2002.

Transición de un sistema de alta sulfuración a un sistema porfirítico de alto nivel de Kupfertal. Distrito minero de Yanacocha, Cajamarca, Perú.

Kupfertal es una ocurrencia con características de un sistema Pórfido Cu-Au emplazado debajo del depósito epitermal de Alta Sulfuración Au-Ag Yanacocha (unidades San Jose, Carachugo, Cerro Yanacocha, El Tapado y Corimayo). Presenta un zonamiento mineralógico y de alteración hidrotermal que evidencia una transición desde un sistema de alta sulfuración hacia un sistema tipo pórfido en profundidad. Los ensambles de alteración en superficie inician con fuerte silicificación que gradan hacia abajo a ensambles cuarzo-alunita-caolín y cuarzo-caolín; para continuar a ensambles cuarzo-sericita a mayor profundidad que luego gradan a alteración potásica con ensambles típicos de biotita secundaria, magnetita y calcopirita.

En general, se ha identificado una zonación vertical que inicia con alteración silícea y continua con alteración argílica avanzada, fílica, argílica intermedia y grada hacia un núcleo potásico. Sondajes diamantinos profundos han evidenciado la presencia de alteración potásica a unos 500 mt debajo de la superficie actual que cubre al pórfido Kupfertal.

En el área de estudio se ha identificado texturas tipo “patchy” y tipo “wormy” que evidencian una transición desde sistemas de alta sulfuración hacia sistemas pórfidos, como los identificados en los depósitos Minas Conga y Tantahuatay (Perú) y, El Salvador (Chile). Mineralización de oro con valores promedio de 0.6 g/t está fuertemente controlada por alteración hidrotermal (argílica intermedia y potásica, principalmente).

El contenido de Cu es irregular en zonas con alteración fílica con valores promedio de 0.55% y que pueden llegar hasta 1% Cu. Sin embargo, el Cu se muestra constante en zonas con alteración argílica intermedia y potásica con valores promedio de 0.35%.

2.3 Bases Teóricas

El trabajo de investigación está relacionado a sistemas epitermales y a sistemas pórfidos, y a la ocurrencia de cubiertas de Litocapas con alteración argílica avanzada y sílice residual oquerosa (vuggy silica).

Sistemas epitermales: los sistemas epitermales son depósitos formados a profundidad somera los cuales se forman sobre un rango de temperatura de $<150^{\circ}\text{C}$ a $\sim 300^{\circ}\text{C}$, desde la superficie hasta profundidades entre 1 a 2 kms. Tres estilos de depósitos epitermales son formados desde fluidos de composición química contrastante: Baja, Intermedia y Alta Sulfuración. Los sistemas de alta sulfuración (High Sulfidation – HS) y sus minerales en relativo estado de alta sulfuración están asociados con fluidos ácidos y oxidados formados en ambientes magmáticos-hidrotermales (Ransome, 1907; Hedenquist et al., 1994).

Epitermales de Alta Sulfuración: son depósitos de Au de alta sulfuración (HS), Ag y/o Cu los cuales se generan tanto en la zona epitermal y en partes superiores de ambientes Pórfidos infrayacentes sobre intervalos verticales de hasta 2.0 kms. Estos depósitos resultan desde fluidos (dominantemente gases, tales como SO₂, HF, HCl) canalizados directamente desde un magma caliente. Los fluidos interactúan con las aguas subterráneas y forman ácidos fuertes. Estos ácidos se descomponen y disuelven la roca circundante dejando sólo sílice principalmente, a menudo en una formación parecida a una esponja conocida como “sílice vuggy”.

Las salmueras que contienen oro y a veces cobre que también ascienden del magma, después precipitan sus metales dentro de cuerpos de “sílice vuggy” esponjosa. La forma de estos depósitos minerales se determina generalmente por la distribución de “sílice vuggy”. A veces la “sílice vuggy” puede extenderse si los fluidos ácidos encuentran una amplia unidad geológica permeable y favorable. En este caso, es común encontrar grandes minas de gran tonelaje con leyes más bajas (Hedenquist et al., 1994).

Sistemas pórfidos Cu y Au: los depósitos tipo pórfido son una de las clases más importantes de depósitos minerales para la producción de Cu, Mo y Au. Estos depósitos se forman en la parte más alta de una columna de roca fundida, en forma de “stock”. Esta columna se solidifica generalmente alrededor de 1 a 8 km bajo la superficie de la tierra. Los términos pórfido y porfídico se refieren a una textura que se encuentra en las rocas intrusivas, que son de grano fino, pero “penetradas” con cristales gruesos (fenocristales). Esta textura se forma cuando la roca fundida se enfría a velocidades diferentes. Los depósitos de pórfido se forman alrededor del ápice de un intrusivo. Los fluidos ricos en minerales que se han separado del enfriamiento fundido intrusivo penetran en la roca circundante y se precipitan Cu, Au y otros metales.

Los productos de la reacción entre la roca caja y el intrusivo fundido son más extensos si la roca caja es reactiva. Según R.H. Sillitoe (1979) los pórfidos ricos en Au son aquellos que contienen una ley media ≥ 0.4 ppm Au. Según Cox y Singer (1988) la división entre pórfidos cupríferos ricos y pobres en oro deben tomar en cuenta la ley de Mo, basado en la relación $\text{Au (ppm)} / \text{Mo (\%)} \geq 30$. Como ejemplos mundiales tenemos a Bajo La Alumbra (Argentina), Saindak (Pakistán), Ok Tedi y Panguna (Papua-Nueva Guinea).

En Perú tenemos a la mina Pórfido Cu-Au Cerro Corona, mina epitermal-pórfido Tantahuatay, pórfidos Cu-Au en la mina epitermal Yanacocha, a los depósitos Minas Conga y Quicay II entre los más destacados. Ambiente Tectónico: 1) Arcos volcánicos relacionados a subducción. Ej.: Chile, Perú y Filipinas. 2) Tras Arco. Ej.: Bingham (Utah), Bajo la Alumbra (Argentina). Los depósitos más grandes son típicamente emplazados durante compresión regional. Pórfidos ricos en Au están presentes en arcos cordilleranos sobre corteza continental o corteza oceánica (arcos de isla). No existe una conexión estricta entre pórfidos ricos en Au con ambientes oceánicos y pórfidos ricos en Mo con ambientes continentales.

Composición mineralógica y tipos de Alunita: En detalle, la teoría del trabajo de investigación se basa en la variación de la composición química y mineralógica de la alunita dentro de litocapas con alteración argílica avanzada y los grados de absorción espectral respecto a sus contenidos en Ca, Na y K (Zhaoshan, H.; Hedenquist, J.; White, N.; et al. 2011). Un fluido con un pH ligeramente superior a 2, forma alunita en un amplio rango de temperatura (Stoffregen, 1987). Esta se presenta con andalucita a altas temperaturas (típicamente $>350^{\circ}$ - 400°) y con corindón a temperaturas aún mayores (>400 - 450°C).

Se han reconocido 3 ambientes de formación de alunita (Rye et al., 1993) en base a datos isotópicos de S (azufre) y O (oxígeno): Alunita calentada por Vapor (Steam Heated), Alunita Supergena y Alunita Magmática. Las condiciones de formación de la alunita también pueden inferirse por la forma cristalina, por el marco geológico y paragénesis mineralógica. Alunitas con alto contenido de Na y bajo K, indican transición hacia zonas de alta temperatura y/o centros intrusivos. Mayor contenido de Ca en alunita, incluyendo Huangite, también ocurre en lugares próximos al centro intrusivo. Además, muestras de roca con Alunita y contenido de Pb y Hg ayudan a determinar relaciones con su cercanía o lejanía hacia centros intrusivos.

Estudios previos indican que el contenido de Pb y Hg en Alunita decrece hacia los centros intrusivos. Resultados de investigaciones preliminares relacionadas con el contenido de determinados elementos químicos con el método La-ICP-MS, han permitido elaborar ratios para analizar la relación espacial respecto a centros intrusivos, como por ejemplo ratios Sr/Pb y La/Pb. Estudios previos sugieren que estas ratios se incrementan en contenido hacia centros intrusivos.

Vectores de orientación asociados a Alunita: Estos vectores apuntan hacia la fuente intrusiva causante que es el centro potencial hacia la mineralización, incluyendo depósitos tipo pórfido y de Alta Sulfuración (Zhaoshan, H.; Hedenquist, J.; White, N.; et al. 2011).

- 1) La posición del pico de la alunita a ~1480 nm en el espectro SWIR cambia hacia longitudes de onda más altas en muestras que están cercanas a la fuente intrusiva de condensados ácidos.
- 2) En la alunita, el contenido de Pb decrece cercanamente hacia el centro intrusivo, mientras Sr, La, La/Pb, y Sr/Pb incrementa.

- 3) La composición de roca total conteniendo alunita (no mineralizado) puede también apuntar hacia el centro intrusivo: Hg, Pb, Ag y Ag/Au decrecen y La/Pb y Sr/Pb incrementan hacia el centro intrusivo.

Litocapa: Son mantos de forma horizontal a sub-horizontales compuestos de ensambles argílica avanzada y sílice oquerosa que se emplazan sobre cuerpos intrusivos (Sillitoe, 1995). Las litocapas pueden contener sistemas de alta sulfuración principalmente alojadas dentro de “feeders” (alimentadores) controladas estructuralmente. Además, están genética y temporalmente relacionadas a sistemas intrusivos que a su vez pueden estar asociados a mineralización profunda de tipo pórfido. Pueden presentar extensiones grandes mayores a 20 km² (Sillitoe, 1995) con exposiciones superficiales prominentes que a veces son fáciles de identificar debido a que son resistentes a procesos erosivos.

La presencia de una litocapa indica un nivel epitermal de erosión, y el potencial para mineralización epitermal y/o pórfido cercano. La anomalía de oro en la alteración Cuarzo-alunita de una litocapa puede ser bastante baja con valores menores a 50 ppb Au, incluso dentro de unos pocos cientos de metros de la proyección en superficie de mineralización subterránea. Un prospecto no debería ser descartado solo bajo el concepto de bajos contenidos de anomalías de oro en alteración hidrotermal Cuarzo-alunita, particularmente si la litocapa es extensa.

Argílica Avanzada: según Jeffrey Hedenquist y Antonio Arribas (2019), este ensamble de alteración hidrotermal incluye alunita, aluminosilicatos (caolinita, haloisita, dickita, pirofilita) más diáspora, andalucita, zunyita y topacio. Los grupos de estos minerales se forman en cinco ambientes geológicos distintos (desde hipógenos hacia supergenos), principalmente poco profundos y ácidos (pH<1 a 4-5). El entorno de formación hipógeno mejor entendido es la condensación de vapor volcánico cerca de los

respiraderos, donde el vapor magmático con SO_2 y HCl se condensa en el agua subterránea local, produciendo soluciones ricas en H_2SO_4 y HCl con un pH de 1-1.5.

Este ensamble de alteración hidrotermal significa un fuerte ataque hidrolítico de las rocas que incluye la rotura de enlaces de aluminio en silicatos dando como resultado la formación de sulfatos de aluminio (alunita) y de óxidos de aluminio (diáspora). De manera extrema, la roca atacada se convierte en una masa de sílice oquerosa y residual que en inglés es denominada “vuggy silica”.

Ensayes de Laboratorio con Método LA-ICP-MS

El método de análisis por espectrometría de masas con plasma de acoplamiento inductivo (ICP-MS - Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry), resulta ser una variante de las técnicas de análisis por espectrometría de masas. Sus ventajas principales radican en la alta precisión, bajos límites de detección y bajo costo económico, que permite analizar la mayoría de los elementos e isótopos presentes en la tabla periódica de manera simultánea en un promedio de tiempo de hasta 2 minutos. Por lo tanto, es una técnica ideal en el análisis de aguas, lixiviados de rocas y minerales, etc.

Además, en los últimos años la utilización del LASER acoplado al ICP-MS, permite el análisis de elementos trazas y tierras raras en minerales, fósiles, metales, etc. En un área de muestra de hasta $50\text{ }\mu\text{m}$. La técnica de ICP-MS combina 2 propiedades analíticas que la convierten en un potente instrumento en el campo del análisis de trazas multi-elemental.

Por un lado, obtiene una matriz libre de interferencias debido a la eficiencia de ionización del plasma de Ar y, por otro lado, presenta una alta relación señal-ruido característica en las técnicas de espectrometría de masas. El plasma de acoplamiento inductivo de argón es usado como una fuente muy eficaz de iones en su estado M^+ . El espectro de masas de esta fuente de iones es medido utilizando un espectrómetro de masas cuadrupolar.

Esta técnica ICP-MS tiene su origen inicial basado en la espectrometría de emisión atómica usando una fuente de plasma de acoplamiento inductivo (ICP-AES) en el año 1960. Los primeros equipos comerciales de ICP-AES fueron comercializados en 1974, situándose la técnica como la más relevante en el análisis de rocas, sedimentos, suelos, análisis de aguas, monitorización ambiental, prospección mineral e investigación médica. Mediante ICP-AES se analizaban elementos mayoritarios y elementos trazas comunes y posteriormente REE (elementos de tierra raras) mediante separación cromatográfica.

Su máxima popularidad llegó a mediados de 1980 cuando esta técnica competía con la activación neutrónica (INAA) en la determinación de REE. Actualmente y en un futuro próximo la ICP-MS junto con la XRF, serán las técnicas que dominarán las determinaciones geoquímicas rutinarias en los laboratorios de análisis geoquímicos.

Espectrometría de Reflectancia (SWIR)

Es una técnica basada en el estudio del comportamiento de las ondas del campo electromagnético que son emitidas, absorbidas, reflectadas o refractadas por un cuerpo sólido, líquido o gas. Todo cuerpo que sea sometido a efectos de radiación, como un haz de luz, experimenta un fenómeno de

reflexión y absorción de energía la cual se manifiesta en forma de ondas electromagnéticas que pueden ser medidas y analizadas principalmente en función de su amplitud y longitud. La espectrometría de reflectancia es una técnica analítica utilizada desde principios del siglo XX por químicos y mineralogistas para la identificación de ciertos compuestos y minerales.

Se sabe que los primeros datos de espectros en la zona del SWIR (Short Wave Infra Red – Onda Corta Infra Roja) fueron publicados entre 1905 y 1910 por W. W. Coblents del U.S. Bureau of Standards. En el año 1940 se desarrollaron los primeros espectrómetros comerciales y, en 1962 los investigadores Lyon y Moenke, publicaron las primeras compilaciones con los espectros de algunos minerales. Farmer (1974) publicó un libro con aspectos teóricos y prácticos; Marel y Beutelspacher (1976) publicaron los análisis espectrales de minerales típicos encontrados en suelos. A partir de 1970 se comenzó a formar una base de datos con imágenes espectrales, desde entonces se inició un avance notable en el conocimiento y las aplicaciones prácticas de los métodos de espectrometría (SWIR), Hunt, G.R., Salisbury, J.W., y Lenhoff, C.J. (1971^a); Kodama, H., (1985); Clark, R.N., King, T., Klefwa, M., Swayze, G.A. y Vergo, N., (1990); Hauff, P.L. (1993); Grove, C.I., Hook, S., y Paylor, E.D., (1992).

Actualmente, se puede encontrar espectrómetros de campo tales como: GER-IRIS de Geophysical Environmental Research Inc. ASD-FieldSpec de Analytical Spectral Devices, PIMA y TerraSpec® de Integrated Spectronics. Tanto ASD, como GER utilizan una fuente de iluminación solar. Los espectrómetros PIMA y TerraSpec tienen una fuente de luz interna que incide sobre la muestra, lo cual les permite obtener datos de excelente calidad y resolución.

2.4 Marcos Conceptuales

Alteración hidrotermal: es un término general que incluye una respuesta mineralógica, textural y química de las rocas a un cambio ambiental, en conceptos químicos y termales, en la presencia de agua caliente, vapor o gas. Ocurre a través de la transformación de fases minerales y del crecimiento, disolución y/o precipitación de minerales; y reacciones de intercambio iónico entre los minerales constituyentes de una roca y el fluido caliente que circula en la misma. La temperatura y el pH del fluido son los factores más relevantes en la asociación mineralógica resultante de los procesos de alteración hidrotermal, más que la litología (Ransome, 1907; Hedenquist et al., 1994).

Steam heated (calentado por vapor): el término se refiere al condensado de vapor reactivo que contiene H_2S formado en la zona vadosa por encima de las capas freáticas que provoca una alteración argílica avanzada y, en material volcánico poco consolidado, puede producir cavidades cercanas a la superficie y características de colapso resultantes. A las bajas temperaturas predominantes ($<120\text{ }^{\circ}C$), el ensamblaje argílico avanzado comprende sílice opalina en polvo, alunita y/o caolinita, según el pH de la solución. La sílice opalina, que se transforma diagenéticamente en cuarzo microcristalino (calcedonia; White et al. 1956), se forma a un pH de 2–3. Mientras que la caolinita y la esméctica más distal caracterizan los volúmenes de roca sujetos a condiciones menos ácidas. La alteración steam heated se caracteriza en todas partes por su baja densidad, típicamente <2 (Richard H. Sillitoe, Epithermal paeosurfaces – Mineralium deposita).

Vuggy silica (sílice oquerosa): en los depósitos de alta sulfuración (HS), la roca huésped es un residuo lixiviado de cuarzo, comúnmente de

textura vuggy, con un halo de cuarzo + alunita $\pm$ pirofilita $\pm$ dickita, lo que indica fluidos de pH relativamente bajo (Marco T. Einaudi).

El cuarzo residual, vuggy, una característica común pero no determinante de los depósitos epitermales de HS, típicamente contiene piritita diseminada y concentraciones de $\text{SiO}_2 > 95$ por ciento en peso. Forma cuerpos que se ensanchan hacia arriba y/o sustituyen preferentemente a una unidad litológica. En muchos casos, el cuarzo residual carece de metales base y preciosos y constituye una litocapa estéril de alteración argílica avanzada (Sillitoe, 1995).

En algunos casos, cuerpos estériles de alteración argílica avanzada yacen sobre depósitos de pórfidos de cobre, como en el distrito de Yerington, Nevada (Lipske y Dilles, 2000) y El Salvador (Gustafson y Hunt, 1975; Watanabe y Hedenquist, 2001). En otros casos, después de la etapa de lixiviación, se introdujeron cobre y oro para formar depósitos epitermales de Au-(Cu) con abundantes sulfuros.

Textura “patchy” (parches) y “wormy” (gusano): una textura “gusano” de parches blandos y redondos de pirofilita-diáspora y/o alunita en una matriz silicificada está muy extendida y asociada con concentraciones anómalas de Mo. Esta característica es una evidencia del avance progresivo de venilleo de cuarzo asociadas con una o más intrusiones de pórfidos en el ambiente epitermal y posterior colapso retrógrado. En Kupfertal (pórfido debajo del sistema Alta Sulfuración de la mina Yanacocha), la matriz de alteración “gusano” por encima de la parte superior del pórfido se vuelve cada vez más silicificada y “patchy” hacia abajo, desarrollando vetillas de cuarzo “wormy” muy retorcidas que se superponen a la parte superior de las vetillas de cuarzo de tipo “A” típicos en los sistemas pórfidos asociados a

mineralización de Cu y Au (Gustafson, Vidal, Pinto, Noble – Porphyry-Epithermal transition, Cajamarca Región, Northern Perú).

En Peru se han reportado estos tipos de texturas en los depósitos Minas Conga, Tantahuatay y en los topes de sistemas pórfidos emplazados debajo del sistema Alta Sulfuración de la mina Yanacocha. Texturas patchy y wormy son una evidencia más de la transición de sistemas epitermales hacia sistemas pórfidos.

Alteración Potásica: conformada por ensamble de Feldespato-K (potásico), biotita secundaria, con abundante cuarzo y anhidrita omnipresente. Incluye cantidades menores de albita, clorita y sericita. Magnetita es destruida con alteración potásica fuerte. En zonas adyacentes al contacto con pórfidos las rocas están recrystalizadas a un agregado fino de biotita-albita-anhidrita y ocasional sericita, clorita y calcita. Además, en los pórfidos hay reemplazo de las plagioclasas por feldespato-K peritítico (Gustafson y Hunt, 1975).

Venillas de Tipo “A”: son venillas tempranas de cuarzo (50-95%), con feldespato-K, anhidrita, calcopirita y bornita.

Son venillas irregulares, discontinuas y segmentadas; están cortadas por todos los otros tipos de venillas. Tienen halos de alteración potásica, pero son prácticamente indistinguibles de la fuerte alteración potásica pervasiva de las rocas. Formadas en roca dúctil; 1 – 25 mm de potencia; incluyen diseminación de Cpy-Bornita-trazas de Mo. Inclusiones fluidas muy abundantes de dos tipos: líquidas altamente salinas, con burbuja de vapor y cristales de halita y hematita y gaseosas con poco líquido y cristales opacos probablemente de hematita. Temperaturas de homogenización de 360° a >600°C y salinidades entre 35 – 40% NaCl eq. (Gustafson y Hunt, 1975).

CAPITULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de la Investigación

Se trata de un estudio del Tipo de investigación aplicada y Diseño no experimental, dado que se realizará una evaluación geoquímica y de ensambles de alteración hidrotermal tal como ocurren en su ambiente natural. El diseño del estudio de investigación corresponde al Transeccional - Causal (V1-----V2), debido a que colectan datos en un solo momento y tiempo único (Liu, 2008 y Tucker, 2004). El estudio tratara de explicar porque y como los contenidos geoquímicos de la Alunita (variable independiente) ayudan a orientar en la búsqueda de sistemas pórfidos de Cu-Au y/o Au-Cu (variable dependiente).

3.2 Unidad de Análisis

Corresponde a las muestras de roca colectadas en la Litocapa con evidencias de alteración argílica avanzada y sílice residual porosa (vuggy silica) de origen hipógeno.

3.3 Población de Estudio

La población para estudiar consta de un total de 1,710 muestras de roca colectadas en afloramientos de la Litocapa Sur.

3.3.1 Muestra

Se seleccionaron 299 muestras de roca que contienen alunita como mineral de alteración y que contienen <100 ppb Au, las cuales serán parte del proceso de investigación. Estas muestras fueron obtenidas sobre la cubierta de la Litocapa argílica avanzada con zonas de sílice porosa (vuggy silica).

3.4 Técnica de Recolección de datos

La técnica empleada corresponde a la observación simple. Las muestras de roca se colectaron sistemáticamente en una malla de 100m x 100m, en lo posible. La metodología de colección de muestras utilizada fue del tipo “canal” de 1m x 0.2m en promedio. En algunas zonas se tomaron de manera selectiva y “chips” representativo.

Las muestras se obtienen en campo utilizando cincel y comba con un peso promedio de 3 kilos que luego son ingresadas en una bolsa de plástico y asegurada con cintas (precintos) que tienen logo de la empresa. Estas bolsas de muestras son etiquetadas con numero referencial de control y se describen las características litológicas, alteración y mineralización en una tarjeta física (ficha de muestreo). La información es posteriormente ingresada en una base de datos del proyecto respectivo. Posteriormente, las muestras de roca son enviadas a un laboratorio para su ensaye geoquímico respectivo. Una muestra representativa (“muestra de mano”) de cada información colectada en campo, es sometida a análisis de espectrometría de reflectancia (SWIR) para determinación de ensambles de alteración hidrotermal.

3.5 Análisis e Interpretación de la Información

3.5.1 Análisis Geoquímico de muestras de roca

Comprende el análisis de los datos geoquímicos de las muestras de roca colectadas en la Litocapa. Se pondrá especial énfasis en los elementos claves como Au, Ag, Hg, Cu, Mo, Pb, Sr y La.

3.5.2 Análisis de espectrometría de Reflectancia e Identificación de Alunita

Se realizarán análisis de espectrometría de Reflectancia de minerales típicos en ensambles de alteración argílica avanzada. Identificación de Alunita y sus grados de absorción espectral respecto a sus contenidos en Na y K. Alunitas con alto contenido de Na y bajo K, indican transición hacia zonas “calientes” y/o centros intrusivos.

3.5.3 Identificación de rocas con Alunita y contenidos de Pb, La, Sr, Au, Ag y Hg.

Con la ayuda de la espectrometría de reflectancia, se identificarán las rocas con alteración de Alunita y se analizarán sus contenidos de Pb, La, Sr, Au, Ag, Cu, Mo y Hg.

3.5.4 Mapa de Contenidos y Ratios geoquímicos y Análisis de Relación Espacial

Con resultados geoquímicos de LA-ICP-MS de muestras de roca con alunita, se elaborarán mapas de ensayos por Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Hg, Sr y La. Se construirán mapas de ratios claves como Sr/Pb y La/Pb para analizar su relación espacial (lejanía o cercanía) respecto a centros intrusivos en función al incremento o decrecimiento de dichos ratios.

Para los trabajos de espectrometría de reflectancia (SWIR) se usará el equipo espectrómetro de marca TERRASPEC y el software ARCGIS y el módulo Target para la elaboración de mapas temáticos. Los datos geoquímicos y de ensambles de alteración serán analizados en plantillas Excel.

Se construirán cuadros Excel de Geoestadística y Correlación Pearson con los resultados geoquímicos de las muestras de roca.

CAPITULO 4: GENERALIDADES

4.1 Ubicación y Accesibilidad

El proyecto Sur está localizado en los distritos Otona, Ocaña y San Pedro de Palco, que pertenecen a la provincia de Lucanas y departamento Ayacucho, con una distancia de ~365 km al Sureste de Lima. Localmente está ubicado sobre los terrenos de las comunidades Totora, Ecnone, Sonconche y Uruiza a una altura promedio de 4,300 mt.

La propiedad minera del proyecto Sur está compuesta de 17,000 hectáreas y, es parte de un Acuerdo de Opción entre las empresas mineras

Pucara Resources y IAMGOLD PERU. El proyecto está emplazado dentro de una cinturón volcánico Terciario (Sur del Peru) que hospeda a varios proyectos y depósitos epitermales de Alta, Baja e Intermedia Sulfuración como Picomachay y Antapite al extremo Noroeste, Apumayo y Breapampa al centro y; Orcopampa y San Gabriel al extremo Sureste.

El área de estudio corresponde a los cuadrángulos 29-ñ Santa Ana y 29-n Laramate, de la Carta Nacional del Peru. Las coordenadas UTM centrales referenciales son: 546,000E / 8'415,000N, Datum WGS-84 y Zona18 Sur. La accesibilidad desde la ciudad de Lima es vía la autopista Panamericana Sur, Carretera Interoceánica y luego vía carretera afirmada y trocha carrozable hasta el proyecto que involucra unos 596.00 km de recorrido en camioneta por 9.00 hrs aproximadamente.

DESDE	HASTA	VIA	DIST (Km)	TIEMPO (h)
Lima	Nazca	Panamericana Sur (asfaltada)	450	6 h
Nazca	Desvío Minas Canarias	Carretera Interoceánica (asfaltada)	84	1.5 h
Desvío Minas Canarias	Pedregal	Carretera afirmada	40	0.75 h
Pedregal	Proyecto Los Tambos	Trocha carrozable	22	0.75 h
TOTAL				9 hrs

Cuadro 3: Accesibilidad hacia el Proyecto SUR.

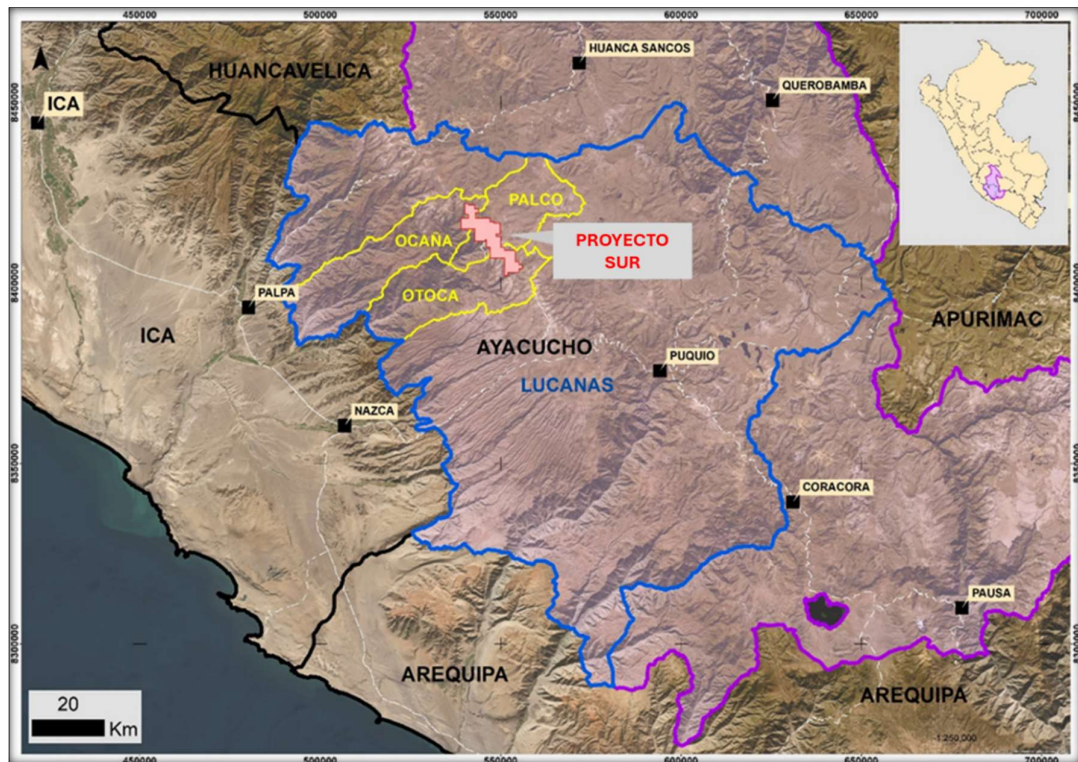


Figura 1: Ubicación geopolítica del proyecto SUR

4.2 Geología regional

El área de estudio es parte de los cuadrángulos de Laramate (29-n1 y 29-n2) y Santa Ana (29-ñ3 y 29-ñ4) a escala 1:50,000 publicados por el INGEMMET. En el año 2,003, INGEMMET realizó una memoria descriptiva de la revisión y actualización del cuadrángulo de Laramate 29-n. La geología regional del área de estudio se describe a continuación:

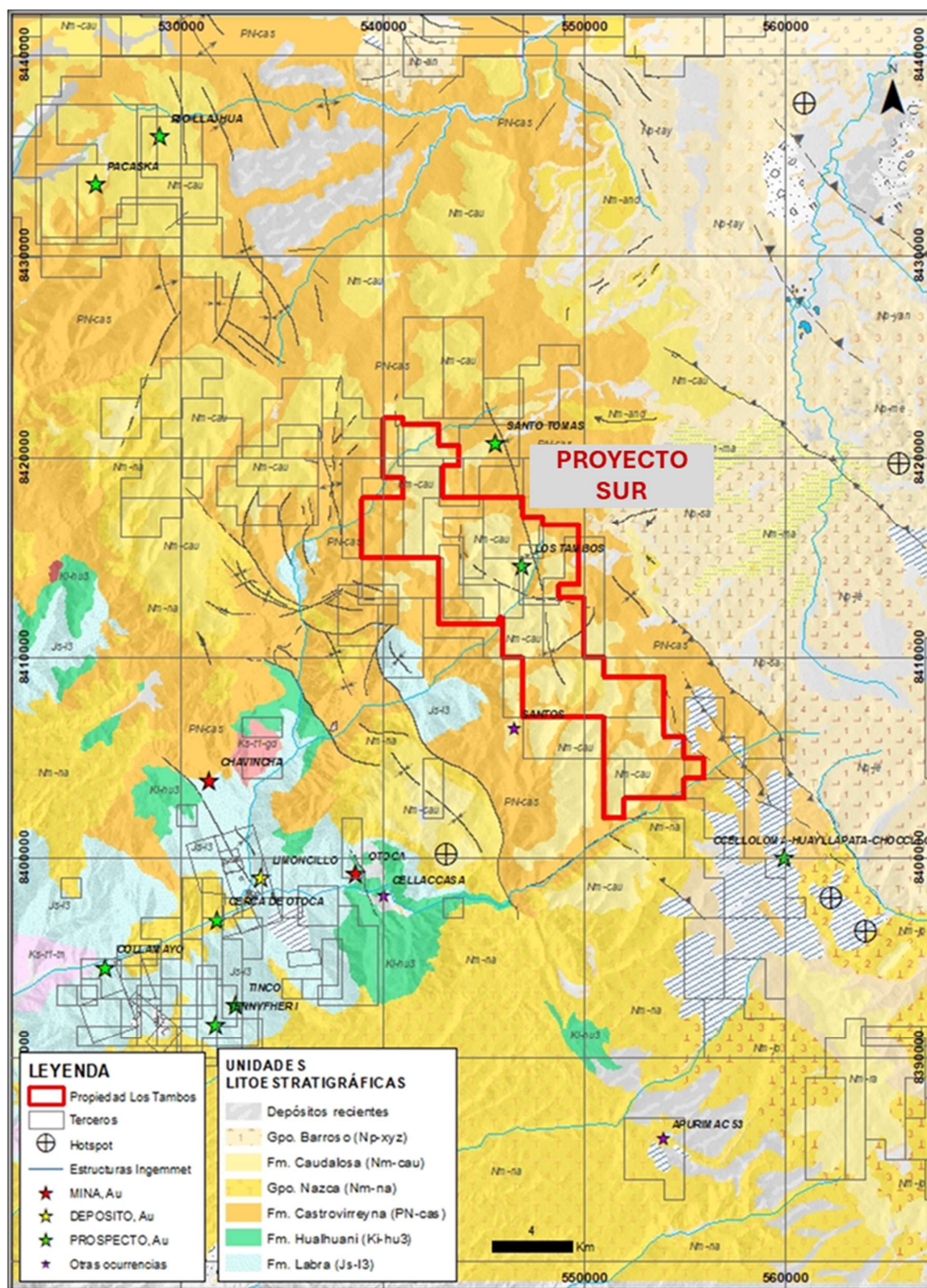


Figura 2: Geología regional del proyecto SUR

Fuente: INGEMMET (2001-2007)

Grupo Yura (Js-l3 y Ki-hu3): Esta unidad litológica es considerada como el basamento de la región de estudio. Se compone de las formaciones Labra (Jurásico Superior) y Hualhuani (Cretácico Inferior) las cuales consisten en intercalaciones de areniscas con niveles de lutitas pizarrosas asignadas a la formación Labra; y areniscas cuarzosas con niveles de lutitas asignadas a la formación Hualhuani. Estas unidades litológicas se presentan aproximadamente a 3km al suroeste y fuera de la propiedad minera. Se presentan formando un anticlinal sobre el cual sobreyace una secuencia volcánica.

Formación Castrovirreyna (PN-cas): Se caracteriza por presentar rocas andesíticas intercaladas con sedimentos, piroclastos, arenas tobáceas, tobas soldadas, tobas redepositadas, limoarcíllitas y niveles calcáreos abigarrados. Esta unidad litológica es de amplio dominio en la región y está presente en casi toda el área de estudio. Esta secuencia volcano-sedimentaria es de edad Oligoceno a Mioceno inferior.

Grupo Nazca (Nm-na): Conformado por secuencias volcánicas tobáceas y aglomerádicas. En la zona de estudio se caracteriza por presentar tobas soldadas de composición riolítica a dacítica. Aflora sobre secuencias volcánicas-sedimentarias de la Fm. Castrovirreyna y debajo de la Fm. Caudalosa. Es de edad Mioceno inferior.

Formación Caudalosa (Nm-cau): Se caracteriza por presentar coladas volcánicas andesíticas intercaladas con tobas silicificadas y conglomerados. En el área de estudio, esta unidad aflora en las partes altas con buzamientos suaves y se acomoda al paleo-relieve de la Fm. Castrovirreyna. En algunos sectores, puede sobreyacer al Gpo. Nazca. Es de edad Mioceno superior.

Grupo Barroso (Np-xyz): Están conformados por intercalaciones de flujos piroclásticos y derrames lávicos. Se caracteriza por estar asociado a varios complejos volcánicos (Andamarca, Tayacucho, Yanahorco, Salviayoc, Jello Jasa, Mesapata, etc.) que en su mayoría tienen su centro volcánico hacia el Este (cuadrángulo de Santa Ana). Es de edad Pleistoceno inferior.

Depósitos recientes: Se componen de depósitos morrénicos, fluvio-glaciares, fluviales y aluviales. Pueden ocupar algunos valles alto-andinos, especialmente hacia el noroeste y sureste del área de estudio. Son de edad Cuaternario.

Edad			Unidades Litoestratigráficas	Litología	Descripción
Erátamo	Sistema	Serie			
CENOZOICA	CUATERNARIO	Holoceno	Dep. Fluviales	Qh-fi	Acumulaciones caóticas de rocas intrusivas, sedimentarias y volcánicas, bloques y gravas angulosos a subangulosos, presentan una matriz areno-limosa.
			Dep. Aluviales	Qh-al	Material poco consolidado compuesta por arenas, arcillas y guijas provenientes de rocas aflorantes.
			Dep. Glaciofluviales	Qpl-gf	Constituido por materiales acarreados por los hielos en movimientos, en parte fluviales litológicamente constituidos por clastos y guijarros.
		Pleistoceno	Dep. Bofedales	Qpl-bo	Conformado por limolitas, limoarcillita y material orgánico.
			Dep. Morrenicos	Qpl-mo	Bloques de gravas subangulosos a subredondeados de roca volcánica englobados en una matriz areno-limosa
	NEÓGENO	Plioceno	Complejo volcánico Paucaray	Np-ap Np-bx	Tobas blanca y rosadas, brechas de composición andesítica, con fragmentos de lava.
			Complejo volcánico Antacillo	Np-ap Np-bka Np-ebc Np-bap	
			Complejo volcánico Andamarca	Np-ap Np-as	
		Mioceno	Disc.	Nm-n/bi	
			Fm. Caudalosa	Nm-n/bi	
			Disc.	Nm-n/bi	
			Gpo. Nazca	Nm-n/bi	
			Disc. Ang.	Nm-n/bi	
		Oligoceno	Fm. Castrovirreyna	PN-c	Conglomerados violáceos y grises, con clastos subangulosos a subredondeados de volcánicos andesíticos porfíricos, intercalado con areniscas rojo violáceas a la base se observa andesitas en bancos masivos.
			Fm. Sacsacero	P-s	
MESOZOICA	PALEÓGENO	Eoceno			
	CRETÁCEO	Superior			
	JURÁSICO	Superior	Fm. Hualhuani	Ki-hu	Areniscas cuarzosas blancas y grises con laminaciones oblicuas curvas de grano fino a grueso, intercaladas con lutitas grises, forman secuencias grano estrato creciente.
			Fm. Labra	Js-la	Areniscas blancas y grises con laminaciones oblicuas y horizontes de grano fino a grueso, intercaladas con niveles de lutitas negras pizarrosas. Secuencia grano estrato creciente.
			Fm. Cachios	Js-ca	Lutitas grises y gris oscuras pizarrosas intercaladas con esporádicos estratos delgados de areniscas grises.

Figura 3: Columna litoestratigráfica del cuadrángulo Laramate (29-n)

Fuente: INGEMMET (2003)

CAPITULO 5: RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis, interpretación y discusión de resultados

La Unidad de análisis es la Litocapa SUR, ubicado dentro del cinturón volcánico del Terciario (Sur del Peru), región Ayacucho. Se encuentra ubicado en la Franja Metalogénica XVIII Au-Ag del Oligoceno. La población estudiada corresponde a afloramientos de Litocapas con evidencias de alteración hidrotermal sílice oquerosa y argílica avanzada de origen hipógeno.

5.1.1 Geología local

La geología local del proyecto Sur está conformada por las siguientes unidades litológicas:

Unidad volcano-sedimentaria (Fm. Castrovirreyna)

El área estudiada presenta un basamento compuesto por unidades litológicas volcánica-sedimentarias asignados a la Fm. Castrovirreyna conformada por flujos de lava intercalados con delgados estratos de areniscas, tobas de lapilli y horizontes de brecha volcánica, mayormente de composición andesítica. Esta unidad está afectada estructuralmente y en consecuencia se encuentra deformada. La secuencia volcano-sedimentaria se correlaciona con la Fm. Castrovirreyna, siendo su mejor exposición hacia el suroeste de la zona de estudio. Tiene un espesor estimado de ~500 mt. Presenta débil alteración argílica, principalmente en las zonas próximas a los

domos andesíticos, posiblemente originadas por soluciones hidrotermales asociadas a fallas o por efecto del intemperismo.



Figura 4: Unidad volcano-sedimentaria. Sedimentos de origen volcánico, fragmentos y matriz principalmente andesíticos

Unidad toba soldada de lapilli riolítica (Gpo. Nazca / Fm. Caudalosa)

Esta unidad sobreyace a la secuencia volcano-sedimentaria. En el área de estudio se presenta como una gruesa secuencia de tobas soldadas de lapilli (con clastos tipo “fiamme”), de composición riolítica a riodacítica y de colores gris claro y beige. Se compone por fragmentos de cristales de cuarzo <3mm (ojos de cuarzo) y moldes de fragmentos de cristales de feldespatos <3mm, en una matriz cripto a microcristalina con textura fluida. Es muy frecuente la presencia de fragmentos andesíticos porfíricos, especialmente en la parte superior de esta unidad.

Los estratos tienen orientación preferencial hacia el noroeste, con buzamientos entre 5° y 30° hacia el noreste. Tomando como referencia a la geología regional proporcionada por el INGEMMET (1:50,000), esta unidad puede ser relacionada con el Gpo. Nazca (en su mayor proporción) o con la

base de la Fm. Caudalosa. Se estima que los afloramientos de las tobas de lapilli pueden llegar a alcanzar un espesor mayor a los 600 mt. De todas las unidades litológicas identificadas en el área de estudio, esta litología es la más favorable para hospedar mineralización de tipo económico. Además, es la unidad que mayormente alberga a los ensambles de alteración hidrotermal más prospectivos reconocidas en el área de estudio.



Figura 5: Unidad toba riolítica. Toba soldada de lapilli de composición riolítica a dacítica



Figura 6: Unidad toba riolítica

Unidad lava andesítica (Fm. Caudalosa)

Se compone de flujos de lavas andesíticas, generalmente de textura porfirítica y en menor medida afanítica, de textura amígdalar con rellenos de calcita, cloritas y cuarzo. Por lo general se presentan inalteradas o afectadas por intemperismo. Esta unidad litológica aflora de manera aislada formando cerros y colinas, presentándose como brechas volcánicas y flujos lávicos en pseudo-estratos con inclinaciones suaves. Según evidencias de campo, esta unidad puede ser correlacionada con los flujos lávicos de la parte superior de la Fm. Caudalosa. Afloramientos típicos pueden ser observados hacia el noroeste del área de estudio.



Figura 7: Unidad lava andesítica

Unidad domos andesíticos

Se presentan como un complejo de domos andesíticos dentro de un corredor de dirección noroeste-sureste. Principalmente afloran en la parte central y norte del área de estudio. Se manifiestan como afloramientos extensos de cuerpos sub-volcánicos andesíticos, con textura fanerítica, isotrópica, más o menos equigranular conformado por plagioclasas <5mm y moldes de anfíboles <4mm.

Los domos andesíticos afloran principalmente en la parte centro-oeste y norte del área de estudio. Podrían ser considerados contemporáneos a la Fm. Caudalosa.



Figura 8: Unidad domo andesítico. Textura fanerítica, máficos en matriz cristalina

Unidad Domo andesítico con textura “patchy”

En el target Sonconche sobre un área de 1 x 0.5 Km se exponen afloramientos dispersos con textura patchy rodeado de un ambiente con alteración argílica intermedia y crestones de cuarzo alunita alejados, indicativo fehaciente de la transición de un sistema epitermal de alta sulfuración hacia un sistema pórfido que se hallaría en profundidad. Convirtiéndose así este sector en un target importante para seguir explorando por un sistema pórfido Cu-Au.



*Figura 9: Textura Patchy en target Sonconche, parches de pirofilita en matriz de sílice gris.
Derecha, muestra en el depósito Au-Cu Tantahuatay*

Unidad domo riolítico

Esta unidad aflora en la parte centro-norte del área de estudio. Se caracteriza por presentar abundante matriz afanítica y posee entre 10 y 20% de “ojos” de cuarzo hialino. La riolita presenta rasgos de “flow banding” y autobrechas típicas de los domos. Tiene una geoforma semi-circular y de acuerdo con el “flow banding”, es muy probable que su conducto principal se encuentre en la parte central del domo.

Este domo es de geometría semicircular, lo que nos indica que posiblemente el conducto esté en la parte central. Esta unidad es posterior a toda la secuencia descrita e intruye a las tobas riolíticas. Los contactos con la roca caja son bastante definidos, a veces con formación de locales brechas de contacto sin alteración. Aproximadamente en el cruce de las coordenadas 545,150 E y 8'416,350 N, aflora un cuerpo de brecha pipe de 150m x 75m, con clastos redondeados a sub-angulosos mayormente de composición andesítica, algunos clastos son de composición afanítica, a veces silicificados, en matriz riolítica.



Figura 10: Unidad domo riolítico con textura "flow banding"

Unidad domo dacítico

Se presentan como afloramientos menores, hasta ahora solo reconocido hacia el norte de la litocapa, intruyendo a las tobas riolíticas. Se puede considerar a esta litología como contemporánea al domo riolítico.

Unidad de brechas hidrotermales y cuerpos silicificados

Estos afloramientos ocurren principalmente en la parte central-oeste de la litocapa, hacia ambos lados de la quebrada Trancahuaijo. Se trata de cuerpos silicificados de geometría tabular con desarrollo de vuggy-silica, hospedados en la unidad toba riolítica, relacionados a eventos hidrotermales con mineralización anómala en Au y localmente Ag. En menor medida ocurren hacia el contacto con el domo andesítico y hacia la parte central y norte de la litocapa (brecha hidrotermal).

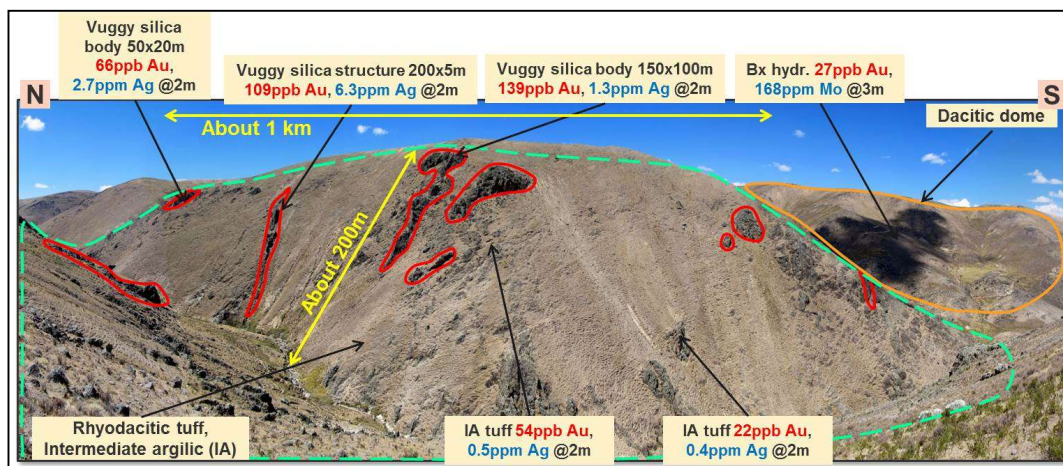


Figura 11: Unidad de brechas hidrotermales y cuerpos silicificados. Vista panorámica de los cuerpos silicificados en Litocapa Sur. Afloramientos de vuggy-silica (en rojo), tobas riolíticas (en verde) y domo andesítico (en naranja).

Depósitos recientes

Hacia la parte norte de la propiedad se tienen morrenas producto de la dinámica glacial. Las laderas de las quebradas están cubiertas por coluvios y más escasamente algunos depósitos menores de materiales fluviales. Generalmente los suelos no superan los 25 metros de espesor.

5.1.1.1 Caracterización geológica de la Litocapa Sur

La cubierta de la litocapa SUR se ubica principalmente sobre una toba de riolita caracterizada por presentar ensambles de alteración argílica avanzada compuesta por alunita-pirofillita-diquita-topacio típicas de un sistema de alta sulfuración. Domos andesíticos, dacíticos y riolíticos forman parte de esta litocapa con alteración hidrotermal argilica intermedia (illita-esmectica) y argílica avanzada principalmente. Lavas andesíticas y secuencias volcano-sedimentarias afloran hacia el oeste de la litocapa SUR

las cuales antecedieron en formación a las tobas riolíticas de la litocapa en mención.

Se destaca la presencia de un domo andesítico (target Sonconche) ubicado en la parte noroeste de la cubierta alterada (litocapa), que presenta evidencias de texturas “patchy” dentro de un área de 1.0 x 0.5 km aproximadamente de extensión, sugiriendo la cercanía a la base de la litocapa e inicio de la zona de transición hacia sistema pórfido. Además, se han identificado múltiples afloramientos de brechas hidrotermales, estructuras con cuarzo oqueroso (vuggy silica) y cuerpos intensamente silicificados.

En contraste, hacia el sureste de la litocapa (target Uruiza), afloran casquetes silíceos de Qz-alunita dentro de tobas riolíticas que podrían corresponder a la parte superior de un sistema de alta sulfuración. Igualmente, afloran cuerpos de brechas hidrotermales con alteración argílica avanzada y hacia el este, afloran múltiples estructuras silicificadas anómalas en oro y con alteración argílica avanzada.

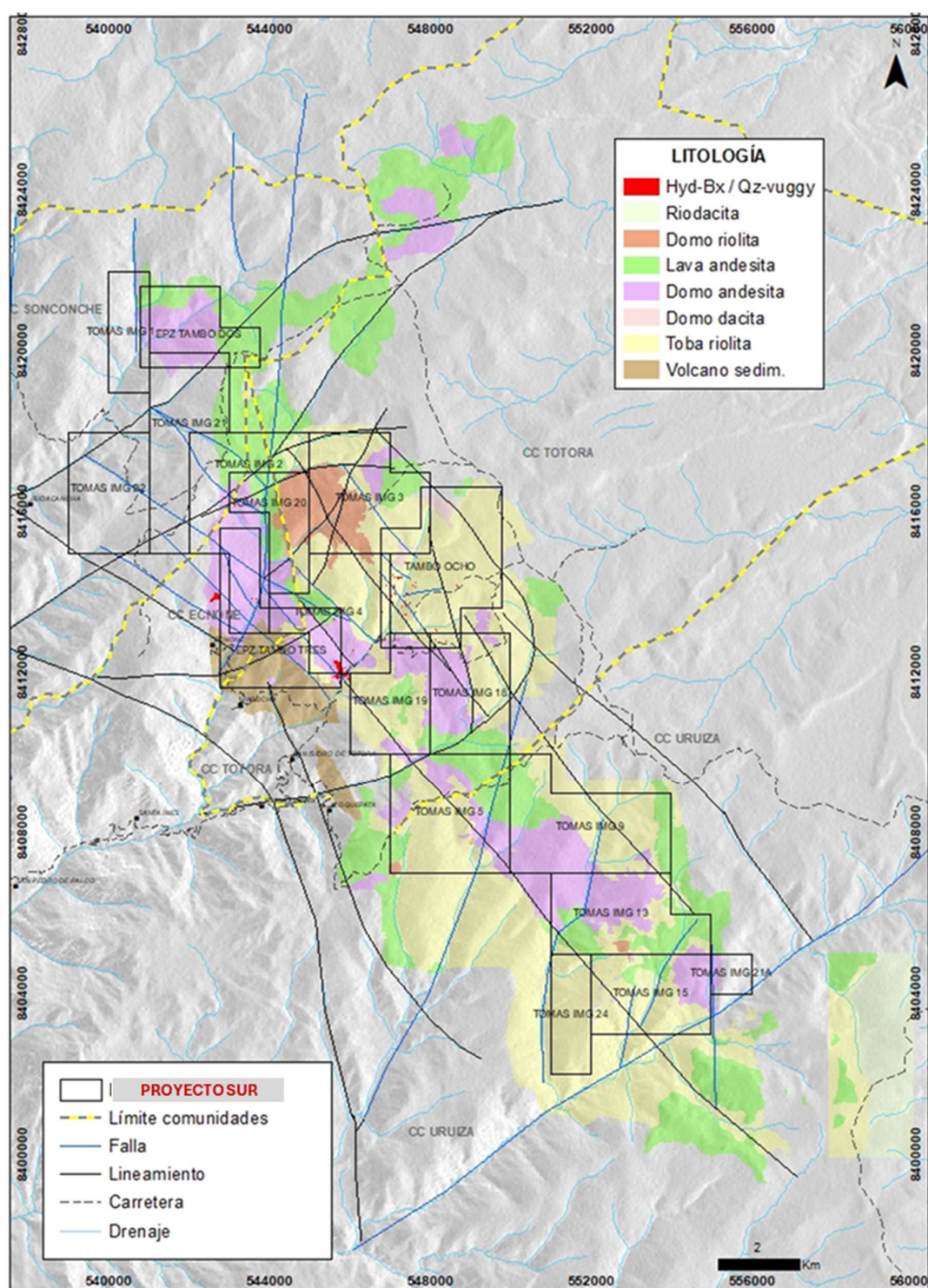


Figura 12: Geología de la Litocapa SUR

5.1.2 Geoquímica y mineralización de la Litocapa Sur

Los contenidos geoquímicos por oro en la Litocapa SUR son mayormente bajos, con valores mínimos <5ppb y un solo valor máximo de 2,680ppb (estructura brechada en domo del target Sonconche, sector noroeste de litocapa). De 1,710 muestras de roca colectadas, solo 293 muestras (17% del total) reportaron valores >10ppb Au. Aun así, se tienen valores anómalos de elementos volátiles típicos para sistemas epitermales como Hg, Sb y As. El tipo de mineralización en las tobas riolíticas de la Litocapa Sur están caracterizados por oxidación (OxFe) diseminada, venillas y en fracturas.

5.1.2.1 Características mineralógicas y zonamiento de Litocapa

La litocapa Sur está compuesta por minerales de alteración hidrotermal típicos de un sistema de alta sulfuración. Podemos destacar ensambles de alteración argílica avanzada con minerales como alunita potásica (K), alunita sódica (Na), pirofilita, diquíta, nacrita, diáspora, topacio y zunyita; los cuales están bordeados por halos de alteración argílica intermedia (Illíta K, Illíta Fe, esmectíta, caolinita) y principalmente asociados al domo andesítico. También se presentan cuerpos de sílice oquerosa-diquíta-nacrita-alunita K que están bordeados por halos de argílica intermedia (Illíta Na) relacionados principalmente a tobas de riolita.

El área de estudio de la litocapa SUR presenta ensambles de minerales típicos de un sistema epitermal de alta sulfuración. Destaca la alteración argílica avanzada con el ensamble alunita K, alunita Na, diquíta, pirofilita, nacrita, topacio+/- diáspora y zunyita, bordeado por un halo de Illíta K/Fe+esmectíta+/-caolinita asociado principalmente al domo andesítico.

Asimismo, ocurren cuerpos de sílice vuggy +/- diquita, nacrita, alunita K bordeado por halos de illita Na (argílica intermedia) asociado a tobas riolíticas. Los diferentes targets de exploración presentan ensambles mineralógicos particulares, debido a la temperatura y PH en que precipitaron.

La mineralización reconocida en los afloramientos del proyecto SUR, corresponde principalmente a óxidos de fierro ~5% (goetita > hematita) que en algunos casos están asociados a la ocurrencia de débiles anomalías de oro. En mucho menor porcentaje en superficie se encuentran sulfuros, principalmente pirita ~2%. No se han reconocido enargita, calcopirita, esfalerita o galena. La mineralización tiene un control principalmente estructural y en segundo orden, litológico.

Los principales estilos de mineralización son estructuras silicificadas menores a 270m de largo y espesores menores a 35m. Se ha identificado desarrollo local de vuggy silica y óxidos de fierro, principalmente goetita que rellena las oquedades de la roca. Estas estructuras ocurren principalmente hacia la parte central y noroeste del área de estudio, teniendo como roca caja principalmente a las tobas riolíticas y en segundo orden a los domos andesíticos.

La muestra de roca con anomalía de oro más alta ha reportado valores de hasta 2.68 ppm Au. Mientras que se ha reportado un valor aislado de hasta 156 ppm Ag. Otro estilo de mineralización son las brechas hidrotermales, las cuales ocurren principalmente en los sectores norte y noroeste del proyecto SUR. Los valores más altos de oro del proyecto se encuentran relacionados a estos estilos de brechas con valores de hasta 507ppb Au y 487ppb Au. El cuerpo de brecha hidrotermal más grande mide 570m x 260m en dirección noroeste, pero sin anomalías de Au y Ag.

5.1.2.2 Firmas y patrones litogeoquímicos de Litocapa

Las 1,710 muestras de roca colectadas han sido procesadas en una tabla simple de geoestadística para el Au y sus elementos “pathfinder” típicos para un sistema epitermal de Alta Sulfuración (Hg, As y Sb).

Element	# Samples	Max	Min	Average all samples	Significant cut off selected	# samples above cut off	% samples above cut off	Average of samples above cut off
Au_ppb	1710	2,680	<5	14.7	10	293	17.13%	60.8
Ag_ppm	1710	156.0	<0.2	0.5	1	64	3.74%	7.0
Cu_ppm	1710	693	<1	25.6	100	42	2.46%	164.9
Mo_ppm	1710	1,235	<1	11.2	10	311	18.19%	51.9
Pb_ppm	1710	4,888	<2	19.5	100	30	1.75%	412.4
Zn_ppm	1710	940	<2	19.0	100	20	1.17%	182.0
Hg_ppm	1710	759	<0.005	1.6	2	288	16.84%	6.5
As_ppm	1710	10,000	<2	78.3	100	329	19.24%	297.2
Bi_ppm	1710	254	<2	3.8	10	73	4.27%	36.4
Sb_ppm	1710	6,050	<2	12.50	10	254	14.85%	66.2

Cuadro 4: Geoestadística de principales elementos en el proyecto SUR.

	Au ppb	Ag ppm	Cu ppm	Mo ppm	Pb ppm	Zn ppm	Hg ppm	As ppm	Bi ppm	Sb ppm
Au_ppb	1.00									
Ag_ppm	0.09	1.00								
Cu_ppm	0.04	0.35	1.00							
Mo_ppm	0.04	0.03	0.11	1.00						
Pb_ppm	0.09	0.35	0.27	0.08	1.00					
Zn_ppm	-0.03	0.63	0.36	-0.04	0.22	1.00				
Hg_ppm	0.02	0.03	0.04	-0.01	0.01	0.02	1.00			
As_ppm	0.11	0.37	0.22	0.08	0.24	0.21	0.08	1.00		
Bi_ppm	0.35	0.12	0.12	0.05	0.46	-0.03	0.01	0.13	1.00	

Sb_ppm	0.87	0.08	0.06	0.02	0.10	0.03	0.05	0.09	0.24	1.00	
CORRELACIÓN	Débil	0.10	-	Moderada	0.30	-	Buena	0.50	-	Muy Buena	>
		0.30			0.50			0.70			0.70

Cuadro 5: Coeficiente de correlación Pearson del proyecto SUR.

Del cuadro resumen general sobre 1,710 muestras de roca, se observa que 293 muestras superan el cut-off (anomalía) del 10ppb Au y que representa el 17% de la población muestreada, con un valor promedio de 60.8ppb Au. Haciendo el mismo ejercicio para un cut-off de 25ppb Au, se tiene que solo un 8.6% de la población supera este umbral con un valor promedio de 0.105 g/t Au.

Los elementos volátiles Hg, As y Sb también presentan poblaciones importantes, lo que apoya el modelo epitermal de alta sulfuración propuesto para el proyecto SUR y se correlacionan con el Au. Por otro lado, la Ag es débilmente anómala, pero presenta una buena correlación con el Zn y moderada con el Cu, Pb y As. El Mo también es moderadamente anómalo, pero no correlaciona bien con otros elementos, apenas débilmente con el Cu, Pb y As.

Los elementos metálicos Cu, Pb y Zn correlacionan débil a moderadamente entre ellos, pero sin llegar a ser anómalos. Se destaca la presencia de Au en un ambiente anómalo de elementos volátiles (Hg, As, Sb y Bi), “pathfinders” típicos para depósitos epitermales de alta sulfuración.

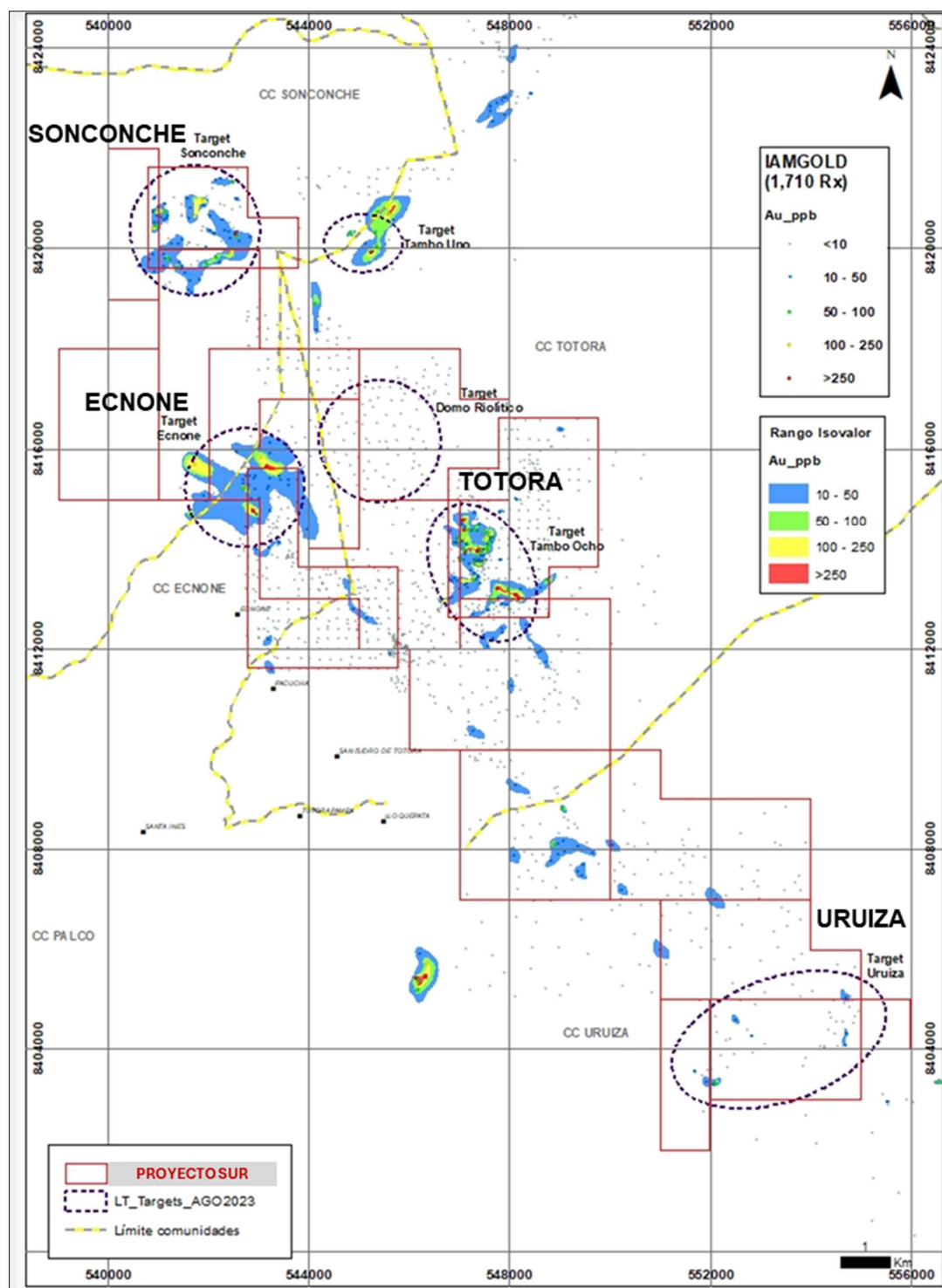


Figura 13: Geoquímica de Au.

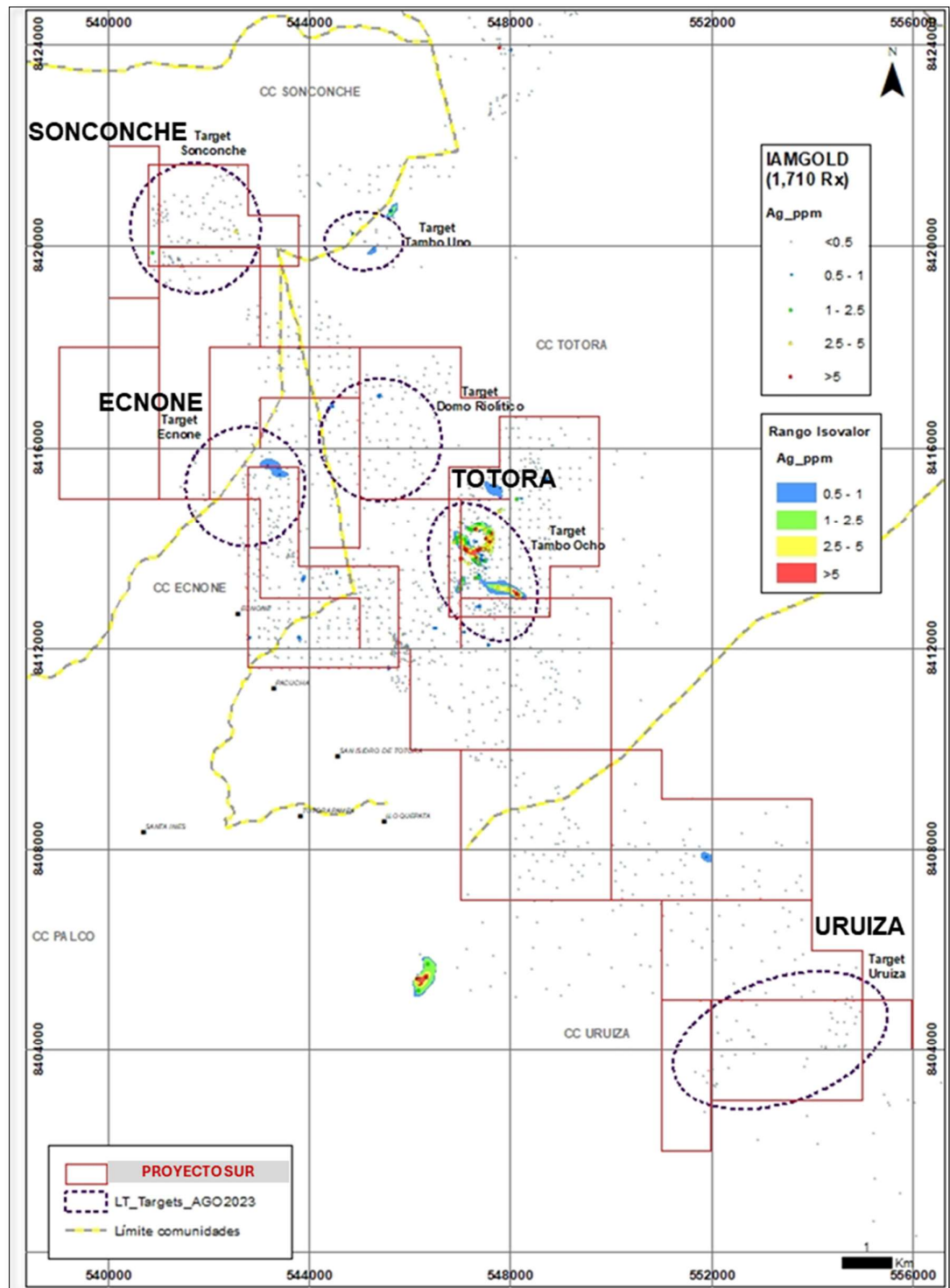


Figura 14: Geoquímica de Ag.

Figura 15: Geoquímica de Cu.

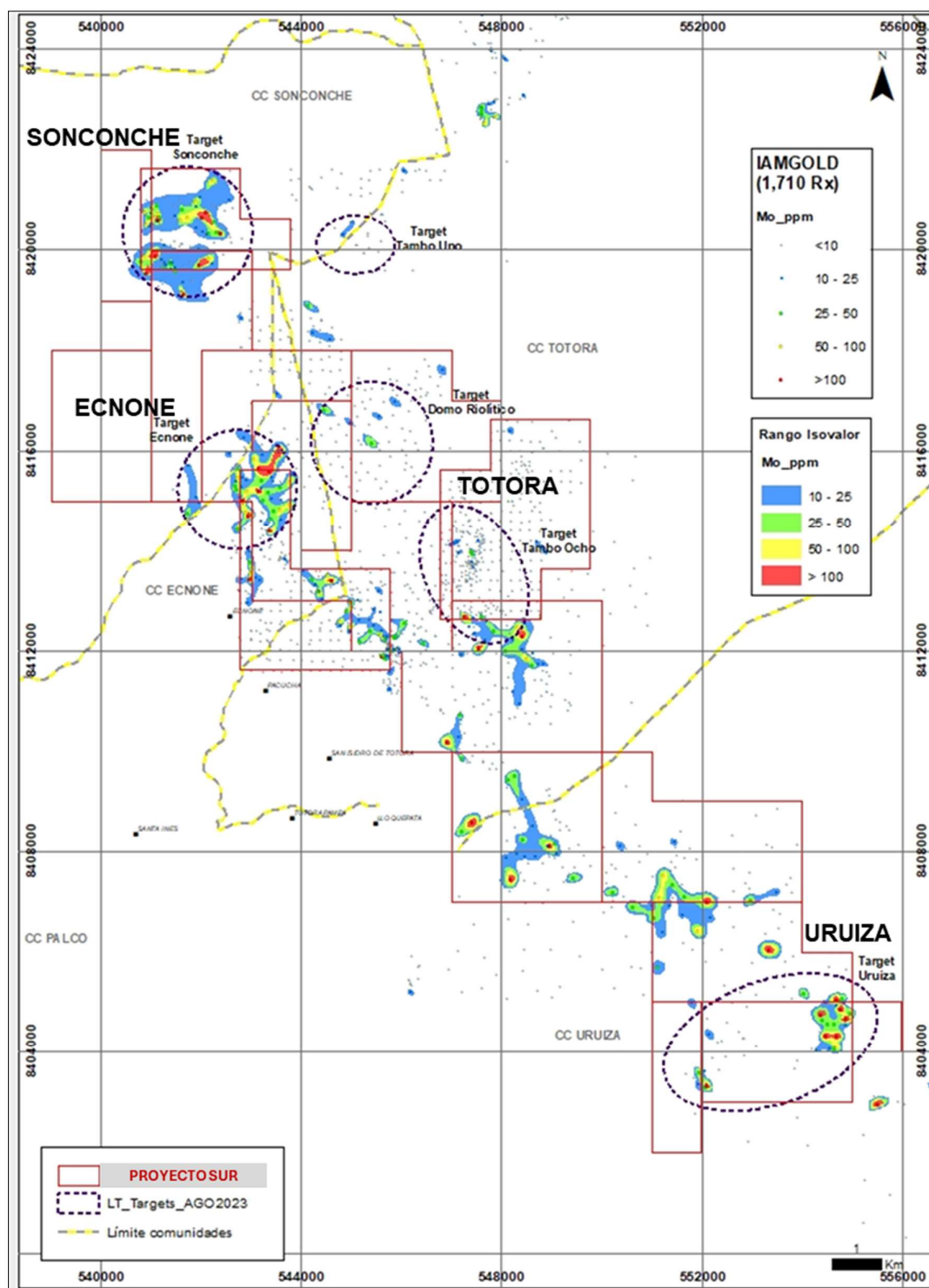


Figura 16: Geoquímica de Mo.

Figura 17: Geoquímica de Hg.

5.1.3 Ensamblajes de alteración hidrotermal a partir espectrometría de reflectancia

Han sido identificados minerales de alteración hidrotermal típicos para sistemas epitermales de alta sulfuración. Hay una predominancia de ensambles argílicos avanzados (alunita Na, alunita K, diquíta, nacrita, pirofilita, topacio, diáspora y zunyita) que están bordeados por halos de alteración hidrotermal argílico intermedio (illíta-esmectíca-caolinita) desarrollados sobre el domo andesítico en la parte central del área estudiada. También se presentan cuerpos de sílice oquerosa (vuggy silica), diquíta, nacrita y alunita K bordeados por halos de argílica intermedia (Illia Na) principalmente en tobas de riolita.

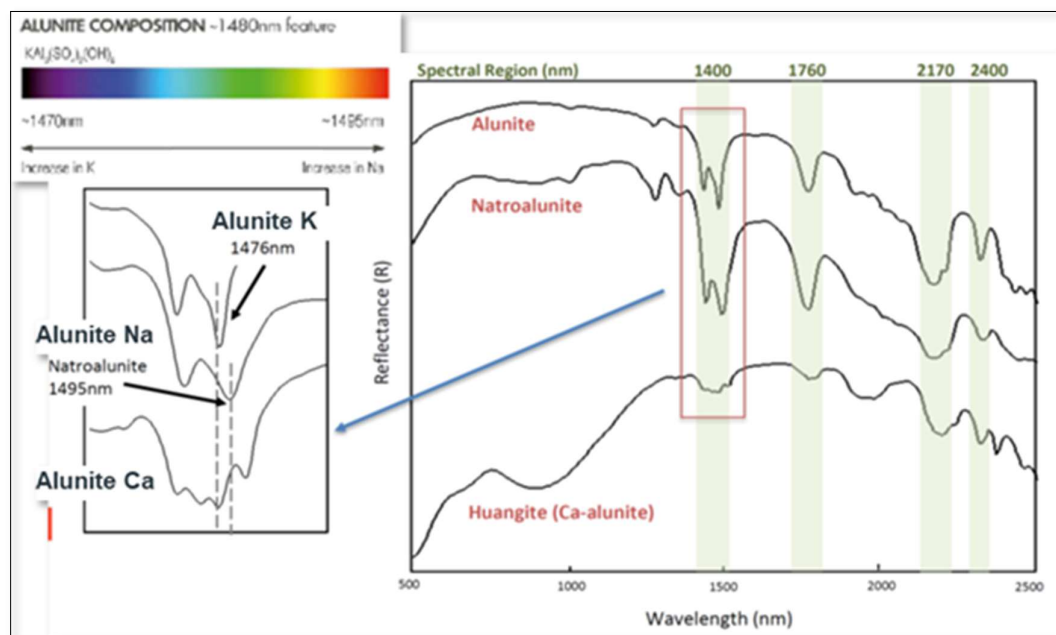


Figura 18: Espectrometría y longitud de onda de las alunitas.

Cuatro “targets” (centros epitermales) han sido identificados en el área estudiada: Uruiza, Totorá, Ecnone y Sonconche. Estos centros epitermales presentan distintos niveles de exposición superficial de Sureste a Noroeste a través de la litocapa y que probablemente se encuentren controlados estructuralmente por una falla principal de orientación Noroeste-Sureste

cortadas por fallas de orientación Noreste-suroeste. La parte Sureste de la litocapa está dominada por alteración hidrotermal de alta sulfuración con ocurrencias de “silica-cap.” (casquetes silíceos) conformadas por minerales de alteración Qz-alunita rodeadas por alteraciones argílica avanzada con predominancia de alunita potásica.

En la zona central de la litocapa (targets Totorá y Ecnón) hay dominio de minerales de alteración argílica avanzada compuesta de alunita potásica, alunita sódica, diquíta y pirofilita local rodeadas por halos de argílica intermedia (illíta sódica-potásica-férrica) con ocurrencia local de sílice oquerosa que podrían sugerir un nivel epitermal más profundo que el target Uruiza. La parte Noroeste de la litocapa está controlada por minerales de alteración hidrotermal compuestos por alunita sódica, diquíta y pirofilita que en conjunto con las ocurrencias de textura “patchy” compuestas de pirofilita-cuarzo gris, están evidenciando un nivel profundo de la litocapa Sur (cerca a su base de formación) las cuales son evidencias claras de transición desde un sistema epitermal hacia un sistema tipo pórfido.

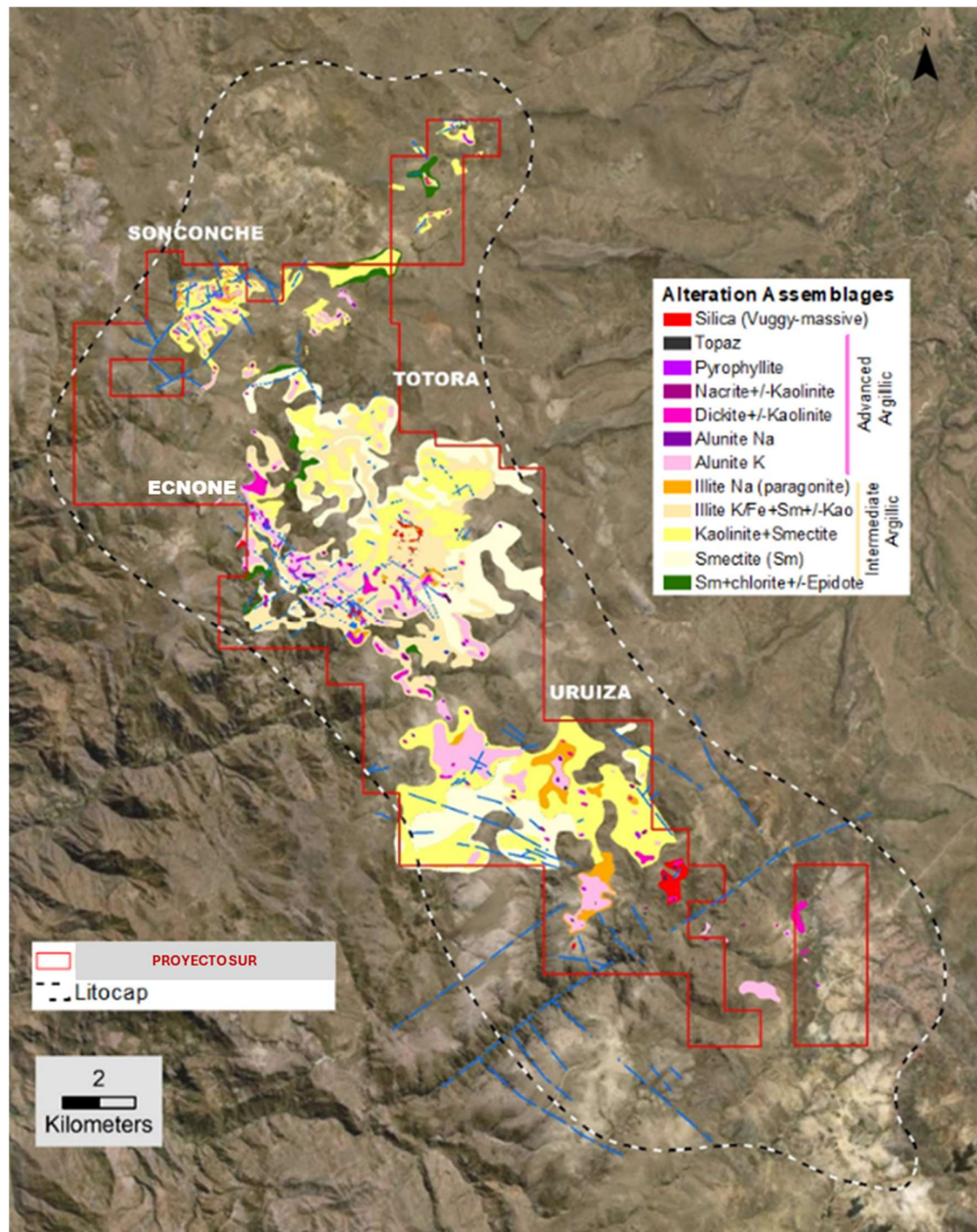


Figura 19: Ensamblajes de alteración hidrotermal de Litocapa Sur.

5.1.3.1 Variedades de alunita: K y Na

Se tienen 1,710 muestras de roca tomadas en el proyecto Sur. De esta población de rocas, solamente 304 muestras de roca han reportado el mineral de alteración hidrotermal alunita. Y para el presente trabajo de investigación se consideraron 299 muestras de roca las cuales reportaron contenidos menores a 100 ppb Au. Se han reportado las siguientes variedades de ensambles de alunita:

- a) Alunita K
- b) Alunita-pirofilita
- c) Alunita Na

La alunita K indica menor temperatura de formación que la alunita Na. Esta última, típicamente muestra rasgos de absorción mayores a 1,485-nm, indicando incremento de temperatura. Por lo tanto, los ensambles con alunita Na indican vectorización a zonas más calientes o también hacia transiciones a sistemas porfidos. Dentro de la Litocapa Sur se ha notado aumento gradual de contenidos sódicos (Na) en alunitas con una orientación preferencial Noroeste y hacia los targets Totorá-Ecnone y Sonconche, la cual es una evidencia clara del aumento gradual de temperatura hacia el sector noroeste.

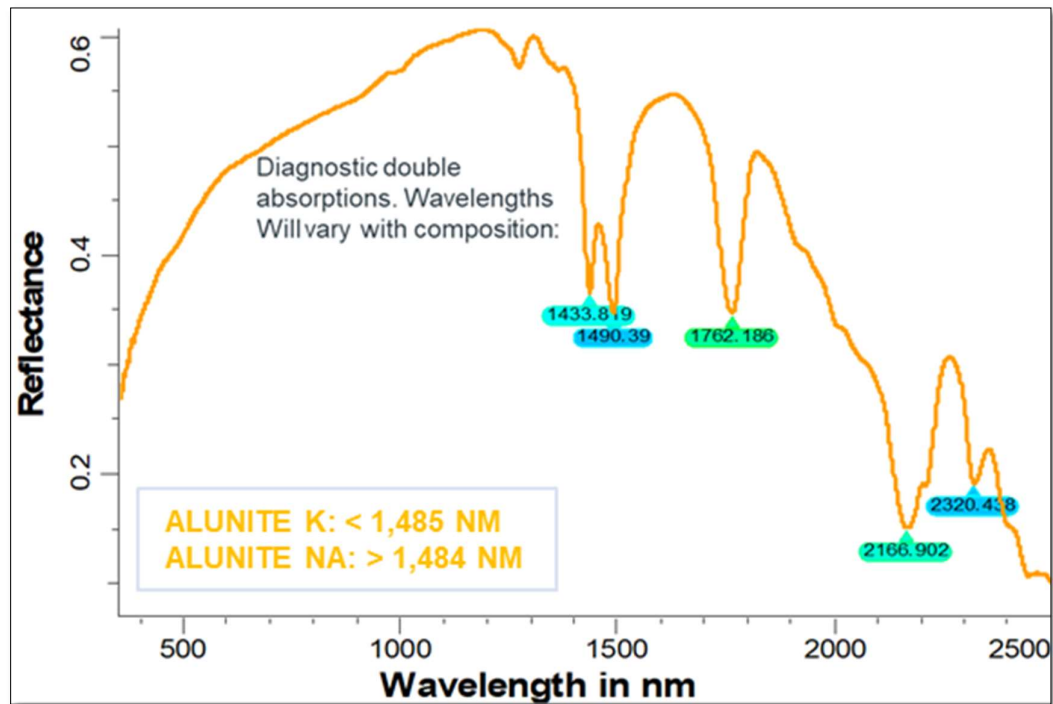


Figura 20: Rasgos de absorción (longitud de onda de Alunitas K y Na)

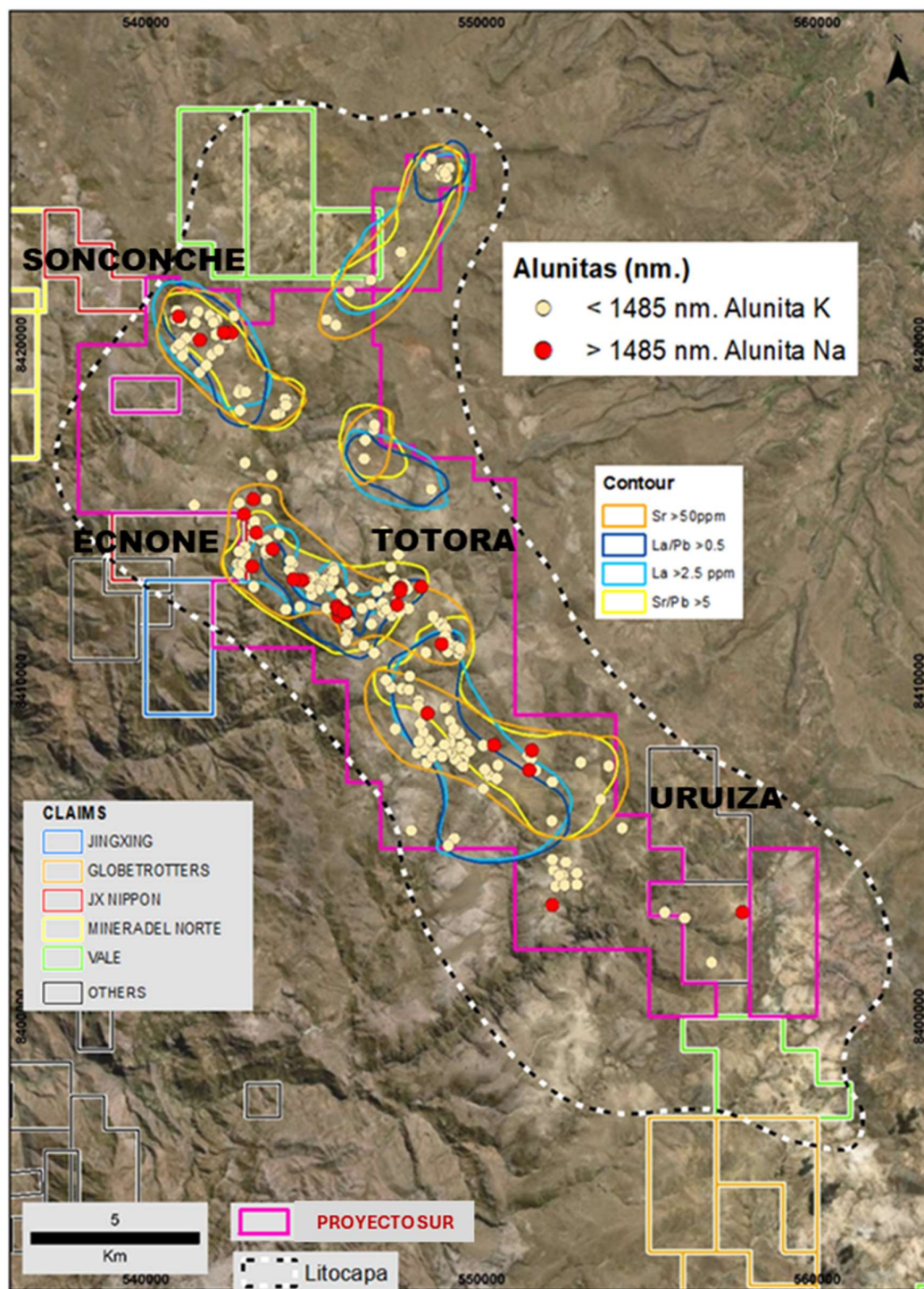


Figura 21: Distribución de Alunitas K y Na en Litocapa Sur.

5.1.4 Geoquímica de rocas con alunita

En los análisis geoquímicos de las muestras de roca con alunita, se utilizaron los métodos ICP óptico para multi-elementos, Au por ensayo al fuego + absorción atómica y digestión por agua regia. Entre otros elementos químicos, este paquete geoquímico considera además al Sr, Cu, Mo, La, Pb, Hg, K y Na. Estos elementos fueron considerados en el estudio de vectorización.

5.1.4.1 Contenido geoquímico de muestras de roca con alunita

En general, las muestras de roca (299) seleccionadas en el estudio de investigación, reportaron valores <100 ppb Au. Por ejemplo, el target Sonconche ha reportado valores hasta de 63ppb Au. El target Totora reporto valores de hasta 90 ppb Au. Mientras que valores de hasta 143 ppm Cu se reportaron en Sonconche y valores de hasta 125 ppm Cu se reportaron en Totora. Por otro lado, se reportan valores de hasta 398 ppm Mo en el target Sonconche y valores de hasta 172 ppm Mo se reportan en el target Totora.

5.1.4.2 Elementos traza en rocas relacionadas a alunita en litocapa

Para este estudio de investigación se utilizaron a los elementos traza Estroncio (Sr) y Lantánio (La), los cuales están contenidos en las rocas con alunita de la litocapa Sur. Los contenidos de Estroncio (valores mayores a 50 ppm y hasta 259 ppm) Lantánio (valores mayores a 2.5 ppm y hasta 30 ppm) van aumentando hacia el sector noroeste de la litocapa produciendo zonas anómalas dentro de los targets Sonconche y Totora. De igual manera, los

ratios de Sr/Pb y La/Pb van incrementando sus valores en esa misma dirección hacia dichos targets.

En el estudio también se notó que los valores de oro, mercurio y plomo decrecen en dirección al núcleo de las anomalías de lantánio y estroncio. En contraste, los valores de cobre y molibdeno aumentan hacia las anomalías de lantánio y estroncio sobre los targets Totorá y Sonconche (sector noroeste de la litocapa). Por otro lado, se han calculado ratios $\text{Na}/(\text{Na}+\text{K})$ los cuales evidencian incremento de valores hacia el noroeste de la litocapa y que coinciden con las anomalías de lantánio y estroncio.

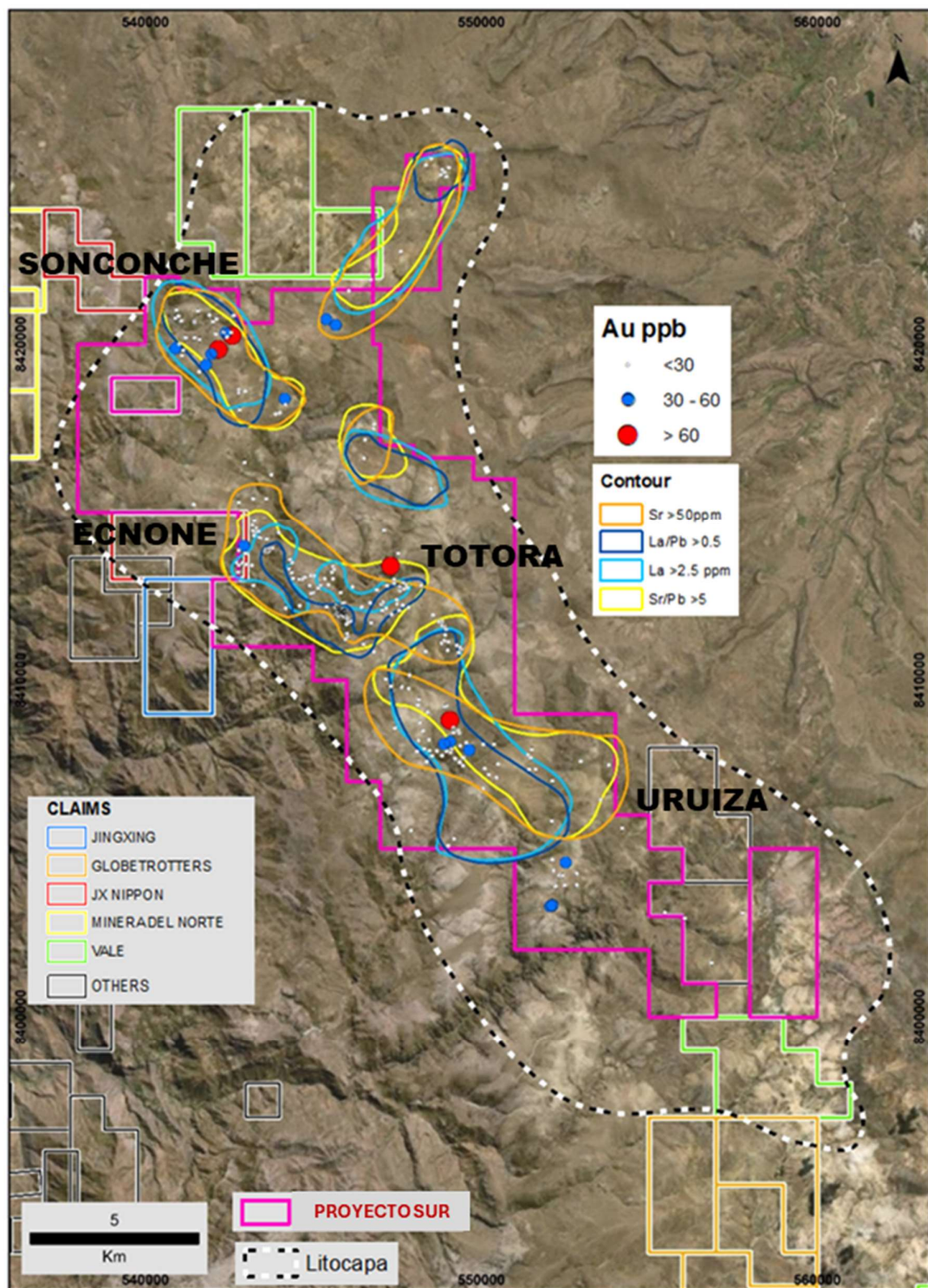


Figura 22: Isovalores de La, Sr, La/Pb, Sr/Pb y geoquímica de Au.

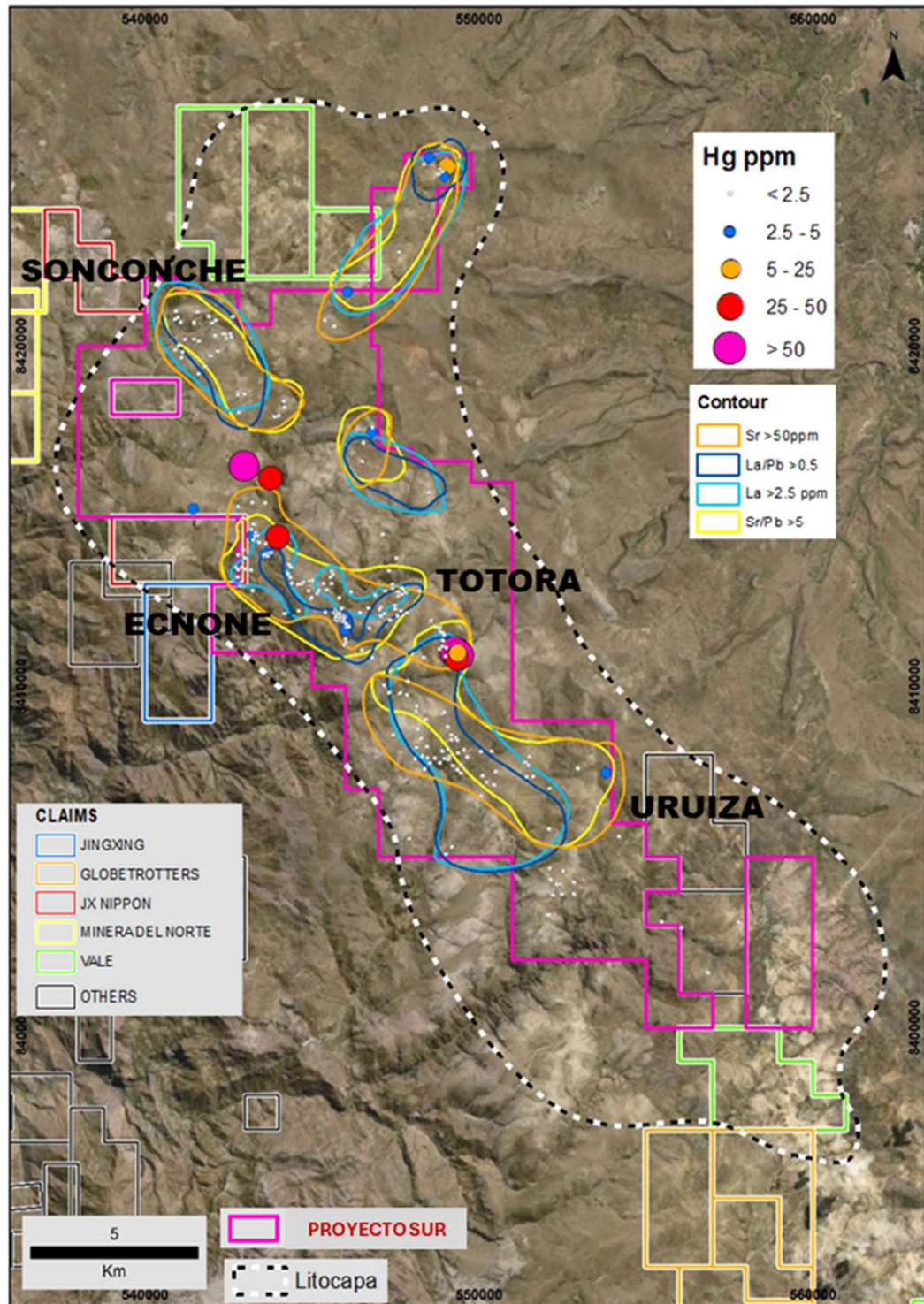


Figura 23: Isovalores de La, Sr, La/Pb, Sr/Pb y geoquímica de Hg.

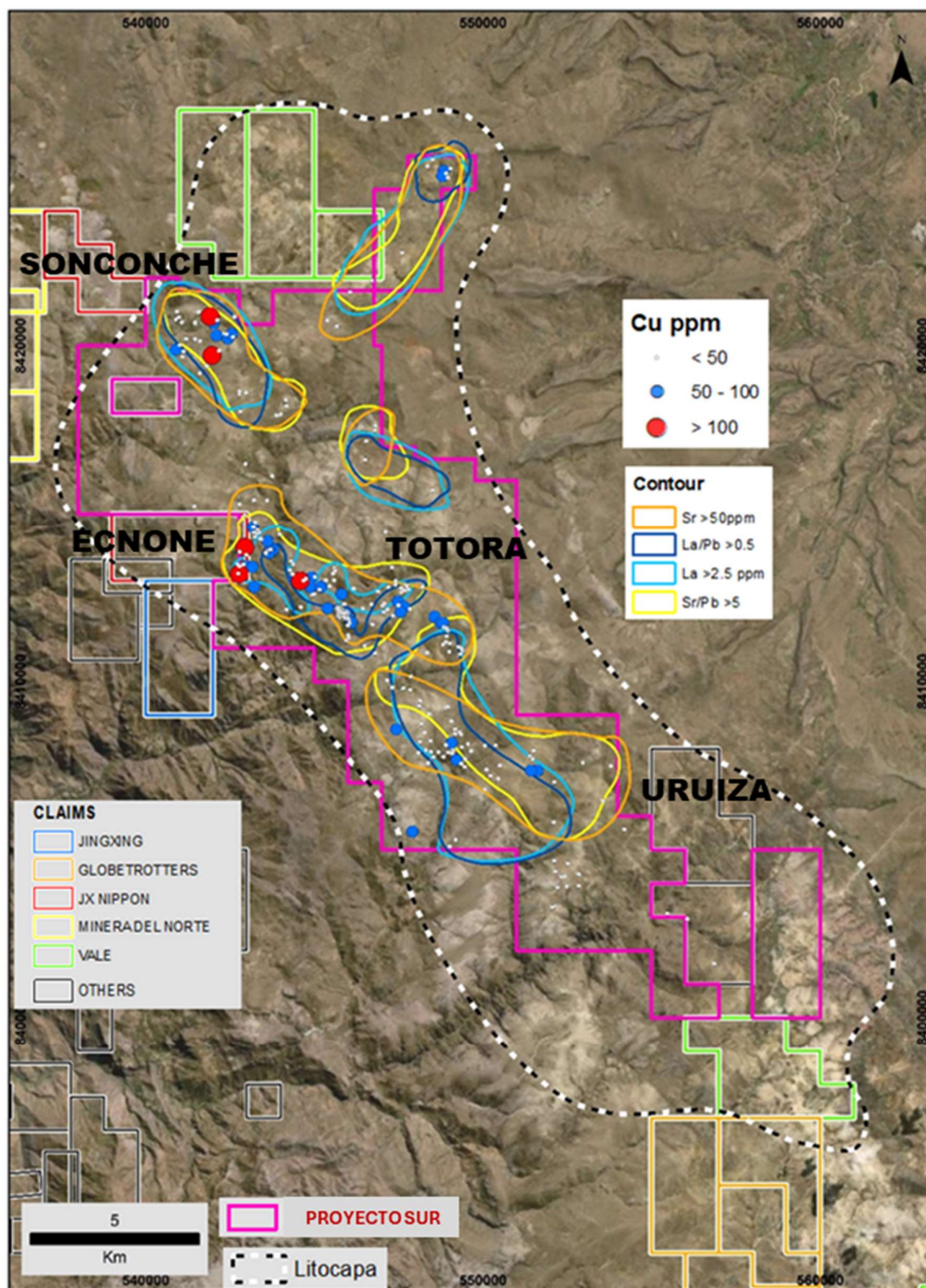


Figura 24: Isovalores de La, Sr, La/Pb, Sr/Pb y geoquímica de Cu.

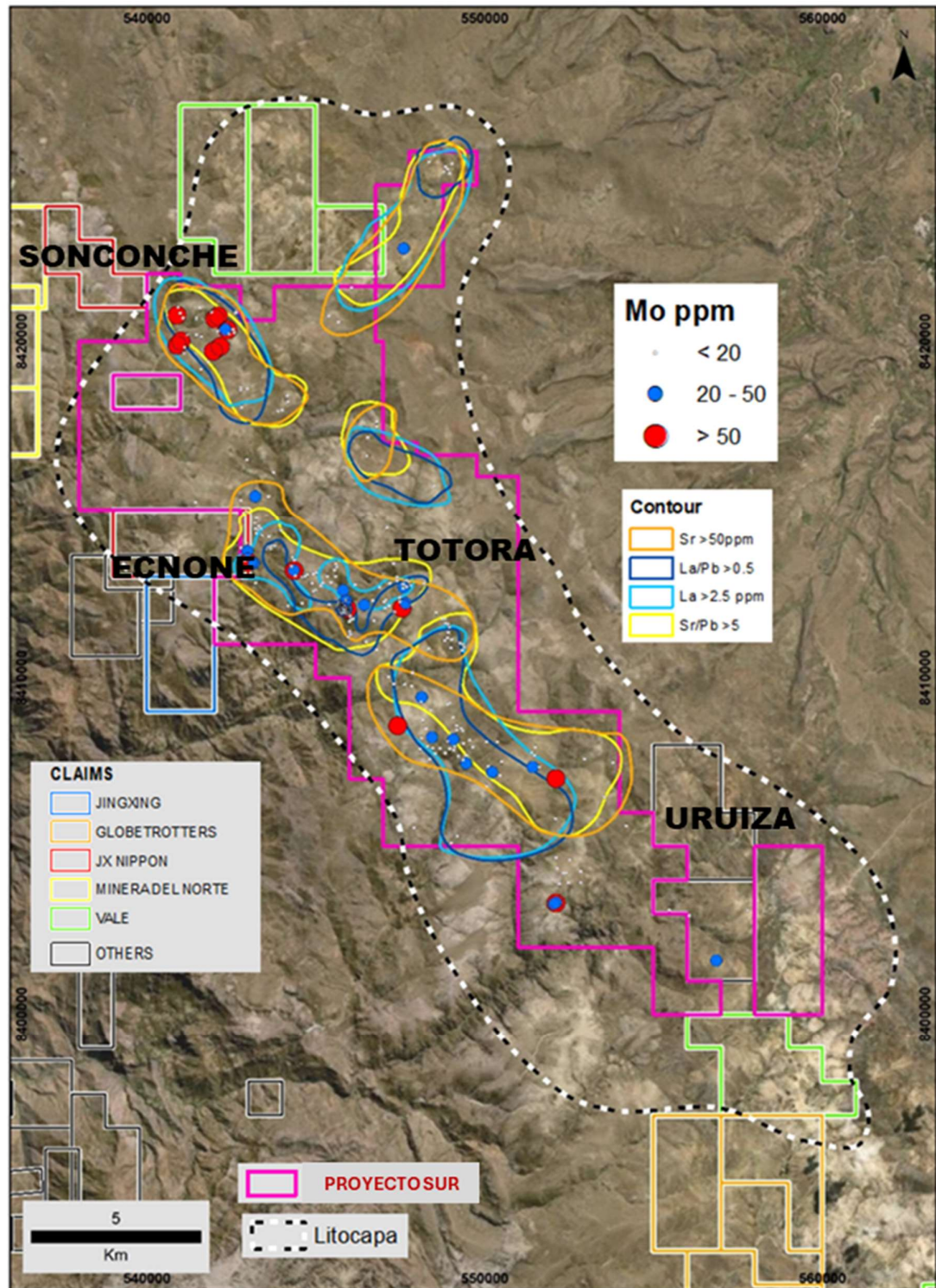


Figura 25: Isovalores de La, Sr, La/Pb, Sr/Pb y geoquímica de Mo.

5.1.4.3 Índice de Cristalinidad de Illítas en litocapa

Con el objetivo de aportar otro indicador o vector de aumento de temperatura, se procedió a realizar un estudio de índice de cristalinidad en illítas (IC). Dicho IC ha reportado valores mayores a 1.5 sobre las anomalías de lantánio y estroncio distribuidas dentro de los targets Sonconche y Totorá que se ubican en el sector noroeste de la litocapa. Estos valores IC estarían confirmando que dichos targets presentan áreas “calientes” por aumento de temperatura.

El valor de IC de las illítas se obtiene del cociente entre el valor de absorción del aluminio (OH) y el valor de absorción del agua (H₂O). En resumen, el IC es una medida de la cantidad de agua dentro de las micas blancas “white mica” (illíta y muscovia). Mientras los valores IC sean mayores, habrá menos agua dentro de la red cristalina y por consecuencia la muestra analizada tiende a ser más cristalina (menos agua). El controlador principal del factor IC es la temperatura. Por lo tanto, temperaturas más altas de formación podrán generar “white mica” mucho más cristalinas. Entonces, las estructuras alimentadoras “feeders” por las cuales se movilizan los fluidos hidrotermales y de mineralización están fuertemente asociadas a valores altos de índice de cristalinidad en illíta.

Datos Espectrales	# Muestras
ALUNITAS con Au<100 ppm	299
ILLITAS, indice composicional y cristalinidad	403

Cuadro 6: Datos espectrales de Alunitas (K y NA) e illítas (índices de cristalinidad).

Elementos Geoquimicos	# Muestras
La > 2.5 ppm, Valor: Min:0.5 - Max:30	178
Sr > 50 ppm, Valor: Min:2 - Max:259	299
Sr/Pb > 5 ppm, Valor: Min:0.3 - Max:129.5	
La/Pb > 0.5 ppm, Valor: Min:0.01 - Max:5.15	
Ag/Au > 40 ppm, Valor: Min:2.22 - Max:100	

Cuadro 7: Elementos geoquímicos utilizados en vectorización de Alunitas en Litocapa Sur.

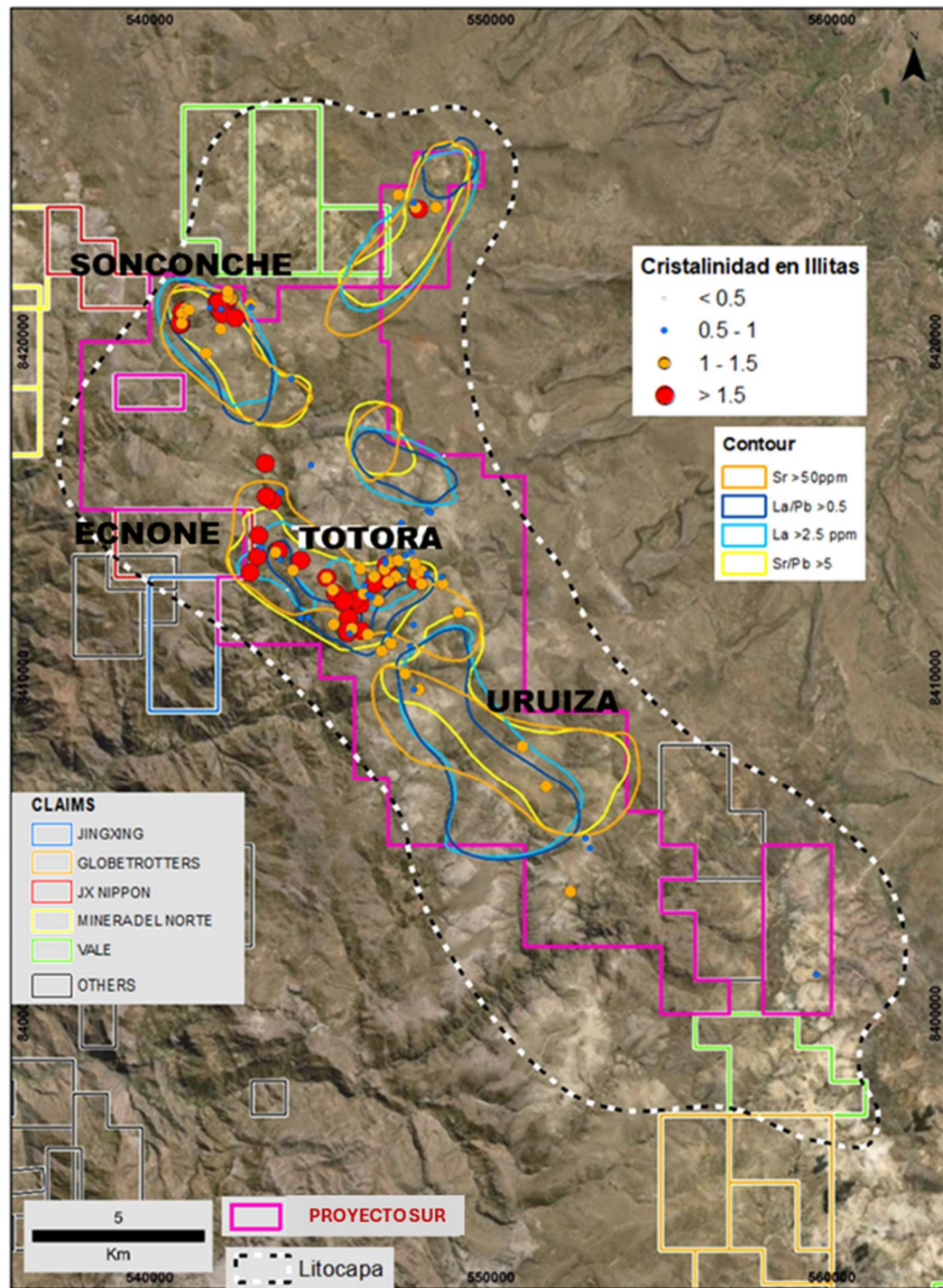


Figura 26: Isovalores de La, Sr, La/Pb, Sr/Pb y Cristalinidad de Illitas.

5.1.5 Relaciones de distancia con centros intrusivos

Los sistemas pórfidos están relacionados genética y espacialmente a sistemas epitermales. Estos pórfidos pueden tener los siguientes escenarios de profundidad:

- a) Relacionados a estratovolcán: son de intrusión somera y presentan una litocapa mayormente estéril en contenidos geoquímicos (Au, Ag, Pb, Hg principalmente). La profundidad de emplazamiento es menor a 2 kms. Es de baja densidad de vapor, donde el Au no es transportado cerca de la superficie y queda mayormente retenido en el sistema magmático-hidrotermal intrusivo. Como ejemplo tenemos a los depósitos Cerro Casale y el Belt Maricunga en Chile.
- b) Relacionados a intrusión profunda, no volcán: presencia de sistema epitermal rico en Au debido a la alta densidad de vapor capaz de transportar Au. El vapor debe condensar dentro del líquido acuoso y físicamente separarse desde el pórfido. Las probabilidades son más altas para formación de pórfidos Cu-Mo a profundidades mayores a 4 kms. Como ejemplo tenemos al Belt El Indio (la porción epitermal) y a la porción pórfido del depósito Bute.

5.1.6 Ocurrencia de sistemas pórfidos debajo de cubiertas de litocapa

Los contenidos geoquímicos de las muestras de roca con alteración de alunita colectadas en la litocapa, están presentando (dependiendo de determinados elementos químicos) tendencias a incrementar o a decrecer en una dirección determinada dentro de la litocapa. Este comportamiento sugiere la probable ocurrencia de un sistema tipo pórfido por debajo o al costado de la litocapa SUR, representada por ensambles de alteración argílica avanzada

y sílice oquerosa tipo “vuggy silica”. Este sistema pórfido se emplazaría en el extremo Noroeste de la litocapa “SUR”. Para este análisis se han utilizado al Au, Ag, Cu, Mo, Hg, Pb, La y Sr.

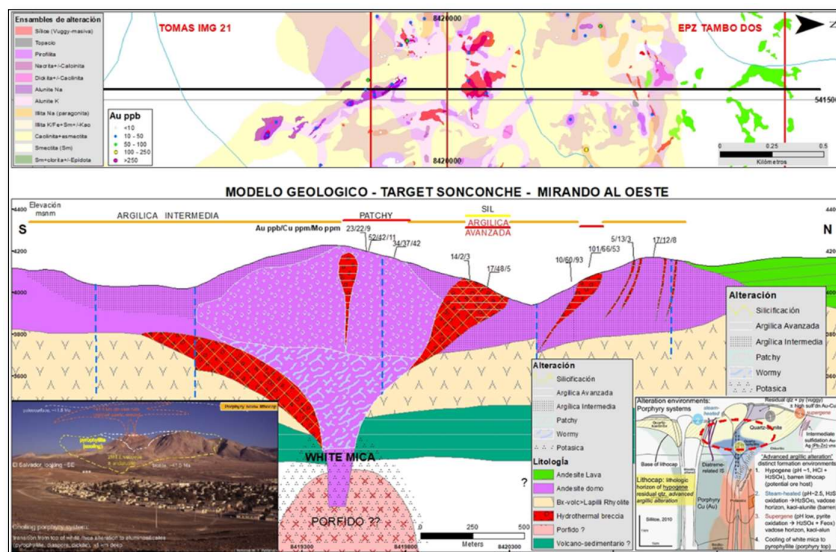


Figura 27: Modelo geológico del target Sonconche: transición desde un sistema epitermal de alta sulfuración hacia un sistema tipo pórfido con evidencia superficial de textura “patchy” (1.0 x 0.5Km).

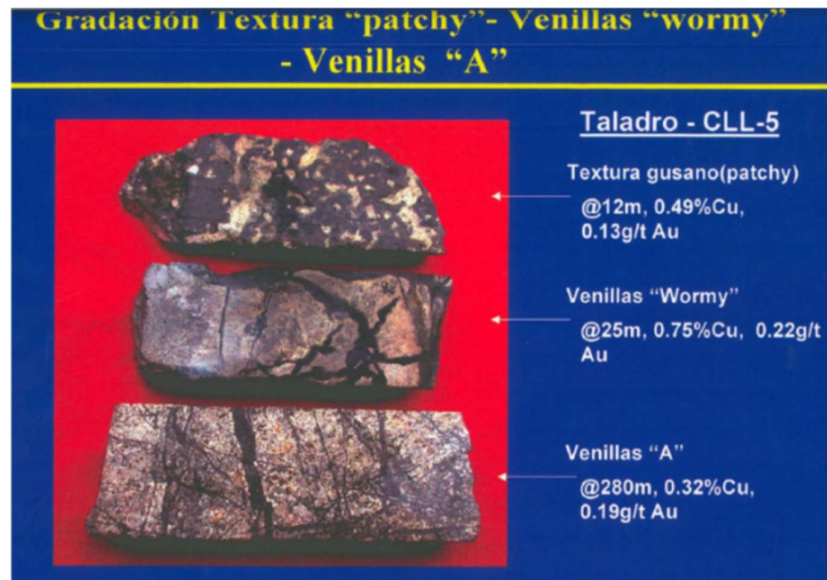


Figura 28: Gradación de textura patchy y wormy hacia venillas tipo "A" de sistema pórfido. Muestras corresponden al pórfido Cu-Au Kupfertal ubicado debajo del epitermal Yanacocha (Cajamarca - Perú).

5.1.7 Propuesta de patrones de orientación en exploración de depósitos tipo pórfido Cu-Au y/o Au-Cu

La confección de mapas con los elementos químicos Au, Ag, Cu, Mo, Hg, Pb, Sr y La de las muestras con alteración de alunita, han permitido reconocer incremento y decrecimiento de sus contenidos dentro de la litocapa. Según esta interpretación, los patrones de orientación en prospección de pórfidos utilizando la composición geoquímica de las alunitas son los siguientes:

- a) Incremento de valores geoquímicos hacia los centros intrusivos pórfidos: Lantano (La) y Estroncio (Sr). Igualmente, los ratios de Sr/Pb y La/Pb aumentan hacia posibles centros pórfidos.
- b) Decrecimiento de los valores geoquímicos hacia los centros intrusivos tipo pórfidos: Au, Pb y Hg.
- c) En contraste, los valores de cobre y molibdeno aumentan hacia las anomalías de Lantano y Estroncio.

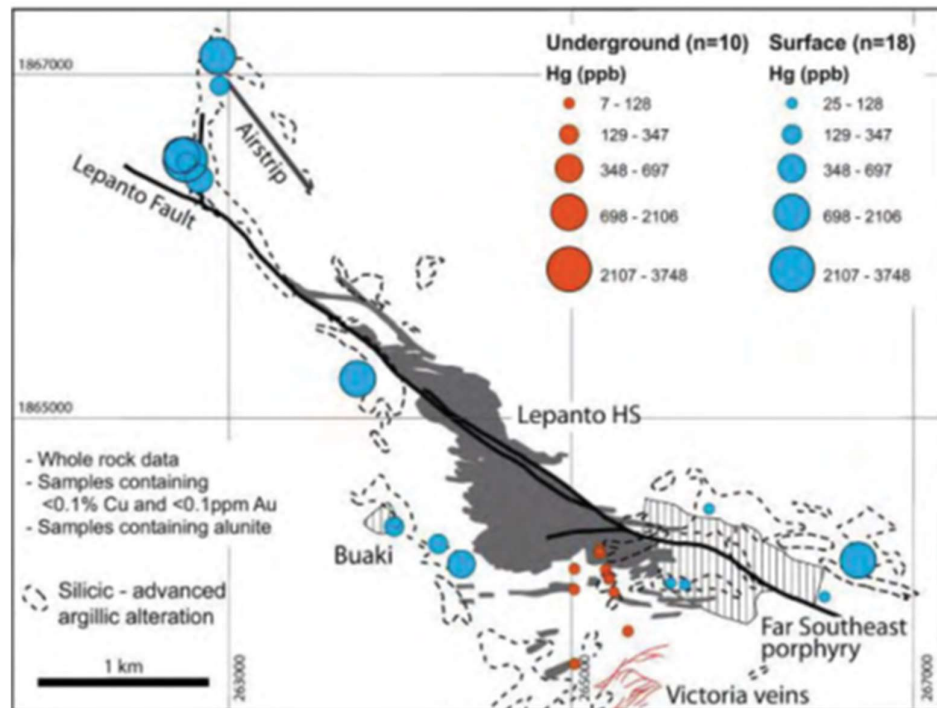


Figura 29: Epitermal Au-Cu Lepanto y pórfido Far SE (Filipinas). Muestras con alunita y valores de Hg decreciendo hacia el centro intrusivo (Far SE). Litocapa de 7km extensión.

5.2 Pruebas de Hipótesis

El estudio de la Litocapa “SUR” con ensambles de alteración tipo argílico que incluyen Alunita como elemento común y sílice residual oquerosa, han permitido conocer el comportamiento geoquímico de la alunita dentro de dicha litocapa. Al determinar la presencia de variedades de alunita con contenidos de sodio (Na) y potasio (K) mediante el uso de la espectrometría de reflectancia con el equipo de marca Terraspec, se cumplía la exigencia de la presencia de este elemento en el trabajo de investigación propuesto.

Además, el reconocimiento de espectros de pirofilita, diquita, topacio y zunyita, confirman que estos ensambles de alteración argílico avanzado son típico de ambientes epitermales de Alta Sulfuración (High Sulfidation – HS). A

su vez, estudios previos han confirmado la estrecha relación temporal y genética entre los sistemas epitermales y los sistemas pórfidos. Estos sistemas magmáticos-hidrotermales están reflejados en la superficie por una cubierta alterada denominada Litocapa.

La Litocapas son grandes volúmenes de roca (originalmente de 1-2 kms de espesor y hasta decenas de Km² de extensión) que normalmente constituyen las partes superiores de uno o más sistemas pórfidos de cobre. Típicamente, estas litocapas están total o parcialmente compuestas de alteración argílica avanzada y pueden hospedar mineralización Au-Ag-(Cu) epitermal de Alta Sulfuración. Ensamblajes argílico-avanzados están caracterizados por sílice oquerosa y cuarzo-alunita en niveles someros, con incrementos de pirofilita, diáspora y topacio en profundidad como una consecuencia de temperaturas más altas de los fluidos.

El procedimiento principal ha confirmado la composición mineralógica de la Alunita con variedades en contenidos de K y Na (vector de incremento de temperatura) y, el comportamiento del contenido geoquímico de rocas con alteración de Alunita, varia en grados de incremento o decrecimiento hacia el sector Noroeste de la litocapa "SUR".

Por lo tanto, habiéndose encontrado que la composición geoquímica y composición mineralógica de la alunita presente en la Litocapa "SUR", varia marcadamente en sus contenidos geoquímicos (Au, Ag, Cu, Mo, Hg, Pb, La y Sr) hacia una misma zona determinada (sector Noroeste de la litocapa), se cumple que la composición geoquímica y mineralógica de la alunita dentro de una Litocapa alterada puede ayudar a orientar la prospección de sistemas pórfidos ocultos por esta cubierta. Las evidencias proporcionadas por la composición de la alunita de la litocapa Sur, son similares a las reportadas por la litocapa del depósito Au-Cu epitermal Lepanto en Filipinas.

La litocapa Lepanto cubre al sistema pórfido Cu-Au Far Southeast. Además, los estudios realizados por Heinrich (2,005) y Thomas Bissig (2,012) en los depósitos Cerro Casale y el Belt Maricunga en Chile (sistemas de intrusión porfídica somera con litocapa mayormente estéril en contenidos geoquímicos, pueden emplazarse a profundidades menores a 2 kms) y en el Belt El Indio y el depósito Bute (intrusión profunda relacionada a presencia de sistema epitermal rico en Au donde las probabilidades son más altas para formación de pórfidos Cu-Mo a profundidades mayores a 4 kms), son parte de la hipótesis propuesta sobre la importancia de las Litocapas con alteración de alunita que cubren a sistemas pórfidos.

Más recientemente (2016), en los Andes altos del Norte de Chile, mineralización de pórfido Cu-Au del Mioceno completamente oculto fue recientemente descubierto debajo de una litocapa (Valeriano). El programa de perforación diamantina, interceptó zonas de alteración argílica avanzada y sericitica bien definidas antes de entrar a un pórfido con alteración potásica con contenidos de calcopirita +/- bornita, con leyes de 0.7 a 1.2% Cu equiv. a profundidades entre ~1,000 a >1,800 mts.

Creemos que esta investigación podría ayudar a orientar en la búsqueda de sistemas pórfidos Cu-Au y/o Au-Cu en el territorio peruano, utilizando la composición geoquímica de la alunita en las litocapas, las cuales estarían indicando cercanía o lejanía a centros intrusivos porfídicos dependiendo de su contenido geoquímico.

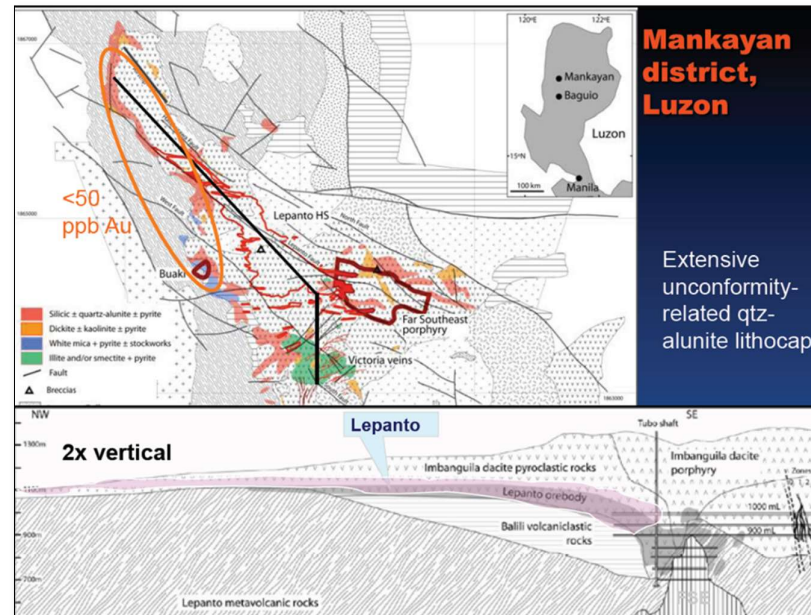


Figura 30: Litocapa con argilica avanzada y vuggy-silica en depósito Lepanto con valores superficiales <50ppb Au. Pórfido Cu-Au Far SE fue descubierto por perforación subterránea.

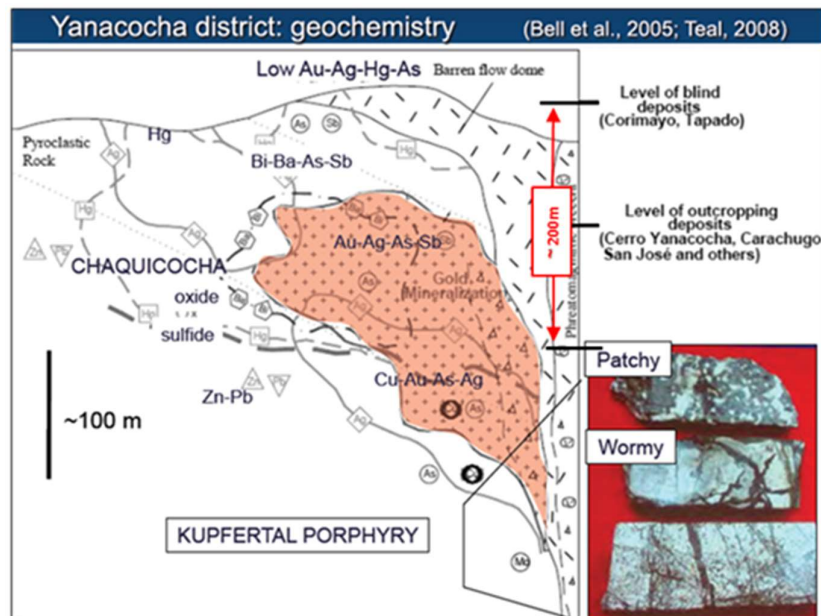


Figura 31: Pórfido Cu-Au Kupfertal debajo de epitermal Au-Ag Chaquicocha (Yanacocha – Perú).

5.3 Presentación de resultados

Dentro de la Litocapa Sur se observa que los rasgos de absorción de las aluníitas están variando desde valores de 1,475 nm a valores de 1,497 nm con evidente incremento hacia el sector noroeste de la litocapa. Según lo aportado por el estudio de Hedenquist, Chang y otros en los depósitos Lepanto y Far Southeast (Filipinas), las longitudes de onda mayores a 1,485 nm en las alunita podrían indicar cercanía hacia un sistema pórfido por el alto contenido de sodio (Na) que, a su vez, evidencian incremento de temperatura. Valores anómalos de lantánio y estroncio junto con los ratios anómalos de Sr/Pb y La/Pb están distribuidos preferentemente dentro de los targets Sonconche y Totorá que se emplazan en la parte central y noroeste de la litocapa Sur. Estos rasgos característicos podrían sugerir la ocurrencia potencial de sistemas tipo pórfido por debajo o hacia el costado de las anomalías de estroncio y lantánio.

De acuerdo a estudios experimentales publicados anteriormente, los ratios de $\text{Na}/(\text{Na}+\text{K})$ se encuentran asociados con las temperaturas de formación de minerales e indicando que a mayores valores de dicho ratio, se tendrá aumento de temperatura. En el estudio de la Litocapa Sur se obtuvieron dichos datos de ratios a partir de análisis geoquímicos (ICP óptico multi-elementos) de rocas con alunita, los cuales reportaron valores desde 0.05 hasta valores de 0.77. Se tienen valores de ratio mayores a 0.5 que se ubican sobre los targets Sonconche y Totorá (parte noroeste de la litocapa).

Dentro del target Sonconche y sobre un área de 1.0 x 0.5 km de extensión emplazada en el domo andesítico, se han identificado texturas tipo “patchy” rellenas de pirofilita en matriz silica gris. Dicha textura ha sido identificada en varios depósitos con zonas de transición epitermal a pórfido y se emplazan típicamente hacia la base de las litocapas. Las pirofilitas en el ambiente epitermal de alta sulfuración pueden indicar un enfriamiento gradual

desde las micas blancas (illita-muscovita) hacia ensambles de pirofilita-diáspora-diquita (aluminosilicatos). Entonces, la ocurrencia de texturas tipo “patchy” sobre el target Sonconche unido con el incremento de alunitas sódicas (alta temperatura) y las anomalías de lantánio y estroncio, están sugiriendo potencial presencia de sistemas tipo pórfido por debajo o hacia el costado del sector noroeste de la Litocapa Sur.

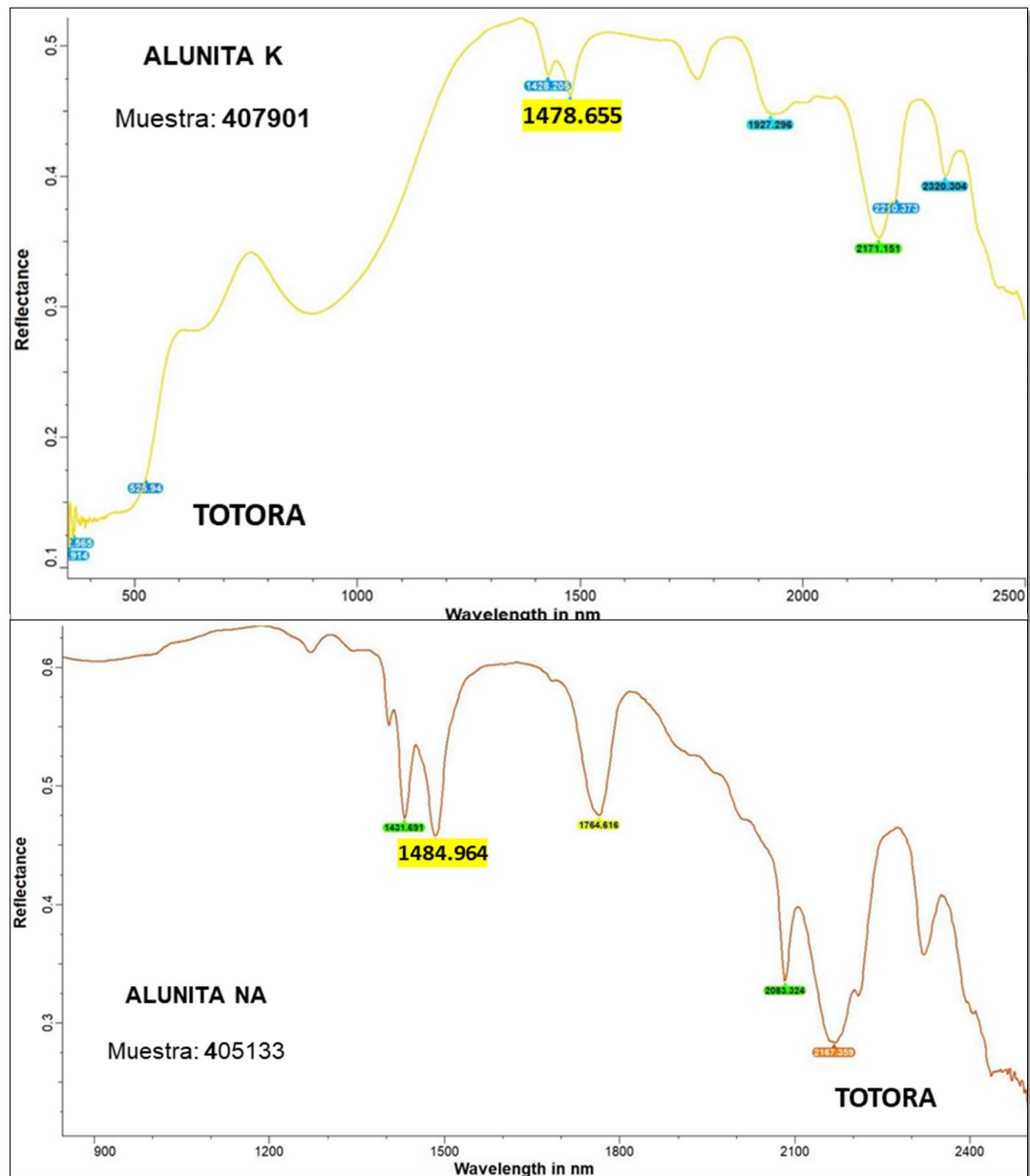


Figura 32: Rasgos de absorción (longitud de onda) de muestra típica de roca con Alunita potásica y sódica en target Totorá.

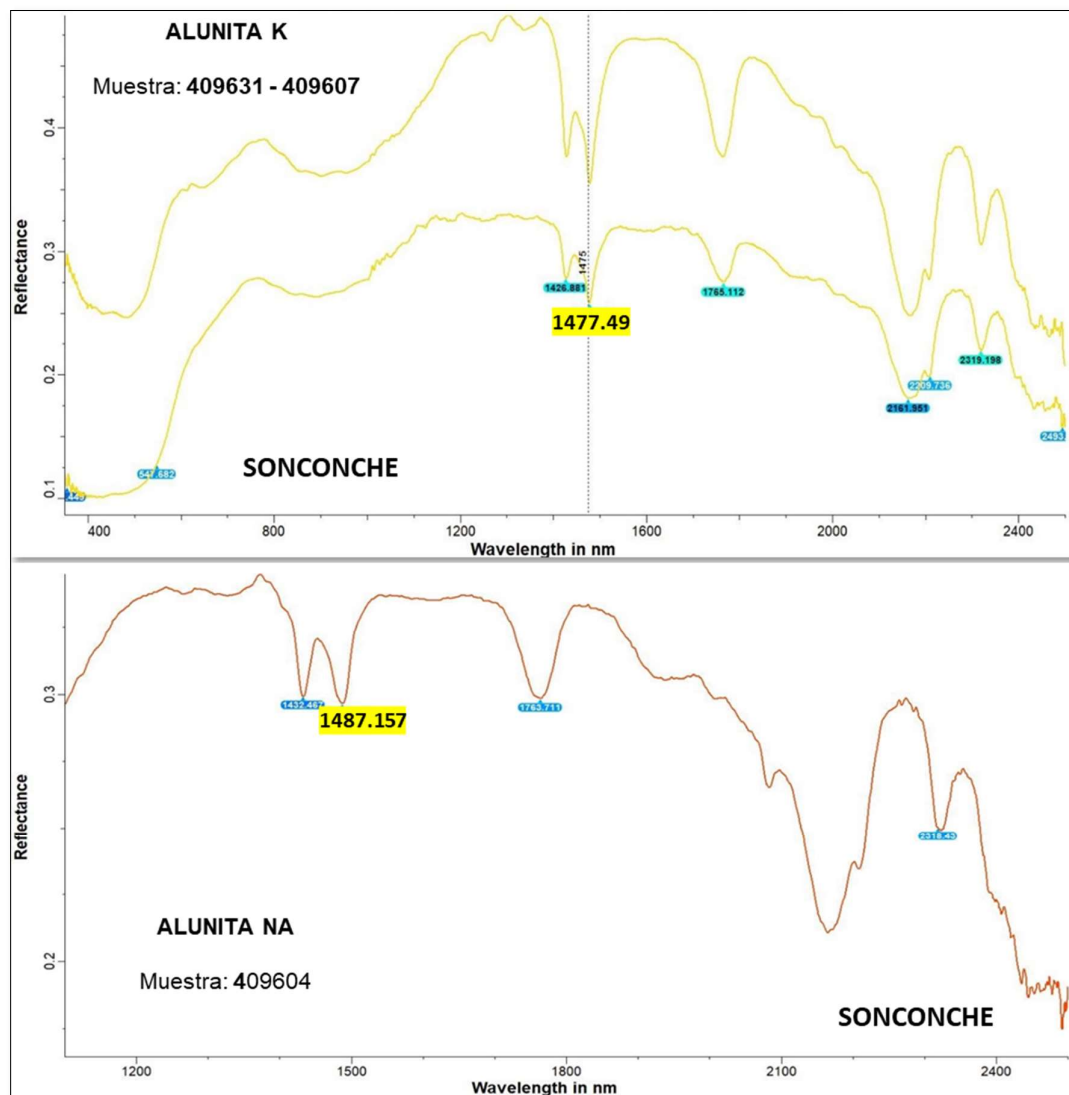


Figura 33: Rasgos de absorción (longitud de onda) de muestra típica de roca con Alunita potásica y sódica en target Sonconche.

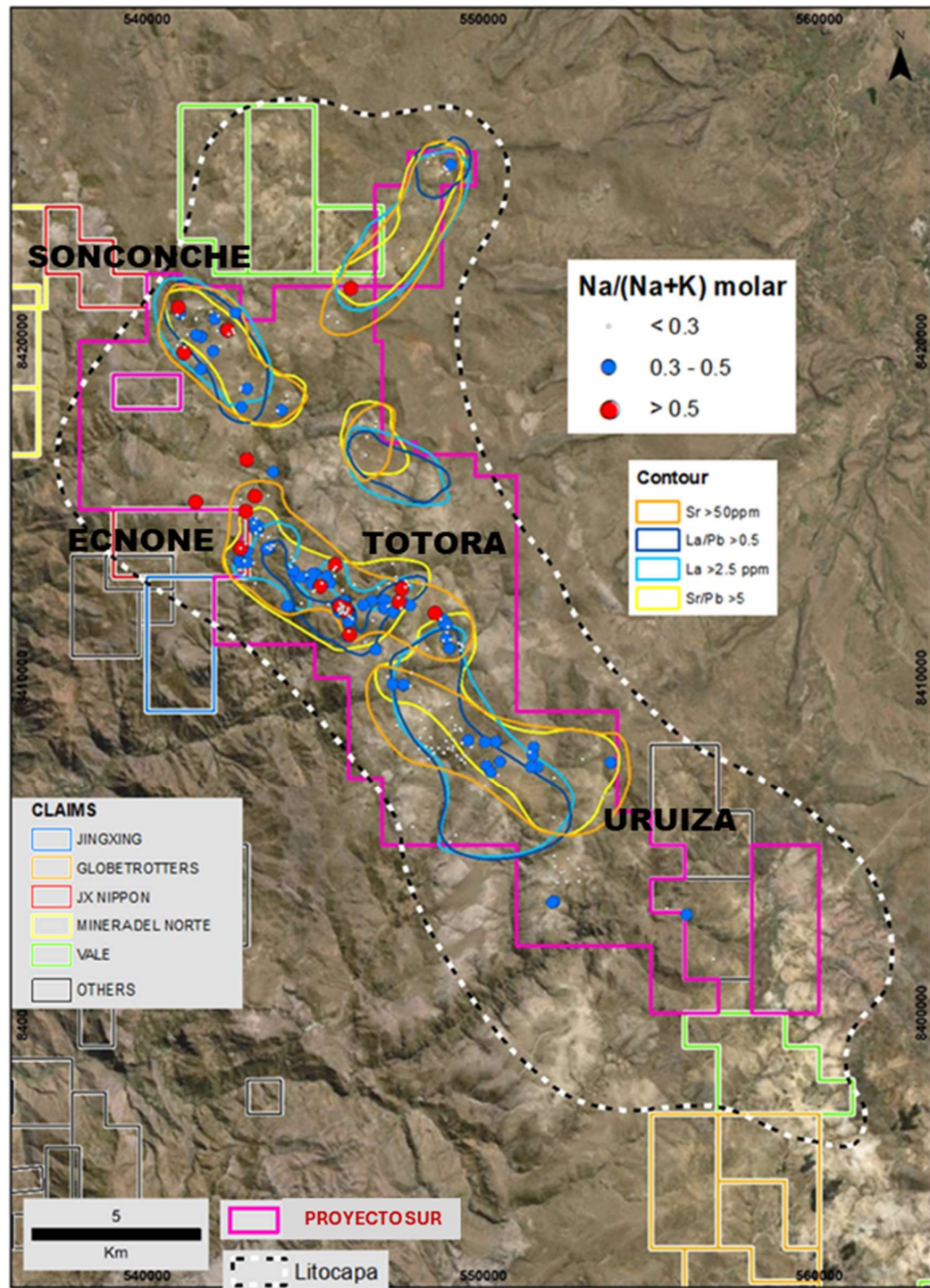


Figura 34: Isovalores de La, Sr, La/Pb y Sr/Pb y “ratios” Na/Na+K que incrementan hacia NO de Litocapa Sur y sugieren potencial ocurrencia de sistema Pórfido.

CONCLUSIONES

El trabajo de investigación de la presente tesis nos proporciona las siguientes conclusiones:

- Las litocapas con alteración argílica avanzada y sílice residual oquerosa con valores geoquímicos mayormente estériles, pueden estar cubriendo sistemas pórfidos.
- Reconocer rocas con alteración de alunita son útiles como herramientas de prospección para sistemas pórfidos.
- La utilización combinada de litogeoquímica y espectrometría de reflectancia, es una manera rápida y de bajo costo en la prospección de sistemas tipo pórfido.
- La composición mineralógica de la alunita es útil en la prospección de sistemas pórfidos. La alunita sódica (Na) indica incremento de temperatura dentro del dominio de ensambles argílico-avanzados y en determinados casos podría indicar transición a sistemas pórfidos.
- La composición geoquímica de la alunita es útil en la prospección de sistemas pórfidos. Contenidos marcadamente distintos de Au, Ag, Cu, Mo, Pb, Hg, Sr y La ayudan a identificar la ubicación de posibles sistemas pórfidos en profundidad.

Afloramientos de poca y gran extensión de litocapas deberían ser tomados en cuenta por todo explorador. Es crítico evaluar el nivel de exposición o de erosión de una litocapa para intentar pronosticar el posible potencial de un sistema epitermal de alta sulfuración. Además, para evaluar la posible presencia de un sistema tipo pórfido en profundidad.

Para tal fin, es que se recomienda el análisis de la espectrometría de las aluníitas y su composición geoquímica como una alternativa de herramienta de orientación y guía para explorar litocapas en la búsqueda e identificación de sistemas tipo pórfidos con mineralización Au-Cu y/o Cu-Au.

El trabajo de investigación de Chang, Hedenquist y otros en el depósito epitermal Au-Cu Lepanto y el pórfido Cu-Au Far SE en Filipinas ha sido tomado como guía para utilizar esta herramienta de orientación sobre la litocapa Sur que se extiende sobre unos 25.0 x 8.0 km de extensión. Resultados obtenidos están sugiriendo la potencial ocurrencia de sistemas tipo pórfido hacia el sector central (target Totorá) y noroeste (target Sonconche) por debajo o al costado de la litocapa Sur. Además, el aumento del contenido de sodio en aluníitas, junto con valores altos de ratios Na/(Na+K) y reporte de anomalías para Sr, La, Sr/Pb y La/Pb con tendencia hacia el noroeste de la litocapa Sur soportan esta conclusión.

En adición, afloramientos de textura tipo “patchy” rellenas de pirofilita y sílica gris sobre el domo andesítico del target Sonconche, confirman evidencias fuertes de zonas de transicionales hacia potencial sistema tipo pórfido. Dicha característica clave está presente en varios depósitos epitermales y pórfidos en el Perú y el mundo: Tantahuatay, La Zanja, Minas Conga, Kupfertal (Yanacocha). Y La Escondida, El Salvador, Valeriano (Chile) y Bantug (Filipinas).

RECOMENDACIONES

Dado los siguientes resultados en la investigación de la composición de la alunita, se recomienda no descartar la importancia de las cubiertas de Litocapas con valores geoquímicos estériles para Au y otros elementos. Estudios recientes confirman una vez más que estas cubiertas están ocultando sistemas pórfidos Cu-Au, Au-Cu y/o Cu-Mo.

La utilización de un espectrómetro (por ejemplo, el Terraspec) es una manera rápida y de bajo costo para identificar espectros típicos de sistemas epitermales: alta, intermedia o baja sulfuración y de sistemas pórfido. Al conocer los ensambles de alteración hidrotermal, podemos saber en qué parte del sistema se encuentra nuestra área de estudio, ya que podría ser que el área de interés se encuentre prácticamente erosionada o se encuentre casi preservada.

Conociendo el potencial minero del Perú y habiendo aun terrenos sin explorar o quizás ya explorados pero descartados por su aparente contenido geoquímico superficial estéril, se recomienda no descartar ninguna evidencia de alteración hidrotermal desarrollada sobre una Litocapa, ya que esta podría ser una ventana hacia un depósito mayor.

BIBLIOGRAFÍA

Zhaoshan C., Hedenquist J. W., White N. C., Cooke D. R., et al. 2011. Exploration Tools for Linked Porphyry and Epithermal Deposits: Example from the Mankayan Intrusion-Centered Cu-Au District, Luzon, Philippines. Society of Economic Geologists, Inc. *Economic Geology*, v. 106, p. 1365–1398.

White N., Hedenquist, J. 1995. Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration. *SEG Newsletter*, v. 23: 1, p. 9-13

Gustafson L. B., Vidal C. E., Pinto R., Noble D. C. 2004. Porphyry-Epithermal Transition, Cajamarca Region, Northern Peru. Society of Economic Geologists, Special Publication 11, 2004, pp. 279–299.

Halley, S., Dilles, J., Tosdal R. 2015. Footprints: Alteration Hydrothermal and Geochemical Dispersion Around Porphyry Copper Deposits. *SEG Newsletter*, v. 100.

Sillitoe, R. Burgoa, C., Hopper D. 2016. Porphyry copper discovery beneath the Valeriano lithocap, Chile. *SEG Newsletter*, v. 106: 1, p. 15-20.

David A. John¹, and Ryan D. Taylor, 2016. By-Products of Porphyry Copper and Molybdenum Deposits. Society of Economic Geologists, Inc. *Reviews in Economic Geology*, v. 18, pp. 137–164

Camus, F., 2005. The Andean Porphyry Systems, in Porter, T.M. (Ed.), PGC Publishing, v. 1, pp 45-63

Jeff Hedenquist, Antonio Arribas, Conference Paper – June 2019, Research Gate. Environmental of advanced argillic alteration. I Mineral stability and hypogene formation. II Steam-heated, supergene, and exploration implications

Richard H. Sillitoe, Justin Tolman, and Glen Van Kerkvoort. Geology of the Caspiche Porphyry Gold-Copper Deposit, Maricunga Belt, Northern Chile. 2013 Society of Economic Geologists, Inc. Economic Geology, v. 108, pp. 585–604

Cin-Ty A.Lee, MingTang, 2019. How to make porphyry copper deposits. Department of Earth, Environmental and Planetary Sciences, Rice University, Houston, TX, USA

Weidong Sun, Jin-tuan Wang, Li-peng Zhang, Chan-chan Zhang, He Li, Ming-xing Ling, Xing Ding, Cong-ying Li, Hua-ying Liang. The formation of porphyry copper deposits. Science Press, Institute of Geochemistry, CAS and Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016

Richard H. Sillitoe. Porphyry Copper Systems. 2010 Society of Economic Geologists, Inc. Economic Geology, v. 105, pp. 3–41

Jamie J. Wilkinson, Zhaoshan Chang, David R. Cooke, Michael J. Baker, Clara C. Wilkinson, Shaun Inglis, Huayong Chen, J. Bruce Gemmell.

The chlorite proximator: A new tool for detecting porphyry ore deposits. *Journal of geochemical exploration* 152 (2015) 10-26

Quiroz; P. Torres; J. Sarmiento y S. Canchaya. Evidencias de un “lithocap” asociado a una textura moteada en el prospecto Terciopelo en Huancavelica, sur del Perú. XV Congreso Peruano de Geología. Resúmenes Extendidos. Sociedad Geológica del Perú, Pub. Esp. N° 9 (2010), Cusco p. 600-603

Richard H. Sillitoe, Epithermal paleosurfaces. *Miner Deposita* (2015) 50:767–793. DOI 10.1007/s00126-015-0614-z

ANEXOS

PROYECTO SUR: Geoquímica de muestras de roca con Alunita

SAMPLE	Long. Onda nm.	Alunita K (nm.)	Alunita Na (nm.)	Alunita	Diqui.	Nacri.	Pirof.	Diasp.	Topa.	Zuny.	Caolin	Illita	Parag.	Indice 2200nm	Indi. Cristal. Mic. Blan.	Jaros.	Goet.	Hema.	Au_pp b	Au_pp m	Ag_pp m	Cu_pp m	Hg_pp m	K_pct	La_pp m	Mo_p pm	Na_pc t	Pb_pp m	Sr_pp m	Zn_pp m	(K+ Na)/ Na	Sr/Pb	La/Pb	Ag/Au	
401080	1477	1477		1	1												1	2	10	0.01	0.2	17.4	1	0.04	0.7	1	0.01	6	8.1	5.6	0.30	1.35	0.12	20.00	
401121	1476	1476		2	3														14	0.014	0.2	10.2	1	0.06	0.9	1	0.01	20	31.6	14.2	0.22	1.58	0.05	14.29	
401135	1480.99	1480.99		2							3	1		2204.47	0.444			1	5	0.005	0.2	7.5	1	0.15	0.9	4	0.01	6	13.9	2.8	0.10	2.32	0.15	40.00	
401387	1490.25		1490.25	3							1						2		5	0.005	0.2	42.4	1	0.09	1.2	3	0.03	11	14.6	0.5	0.36	1.33	0.11	40.00	
401391	1478.47	1478.47		3													2		6	0.006	0.2	19.2	1	0.18	0.9	7	0.03	2	47.9	5.1	0.22	23.95	0.45	33.33	
401392	1485.22		1485.22	3			2					1					1		5	0.005	0.2	14.6	1	0.05	4	2	0.03	16	66.4	5.6	0.51	4.15	0.25	40.00	
401398	1478.83	1478.83		3													2		18	0.018	0.2	88.4	1	0.01	0.8	8	0.01	11	26.7	3.8	0.63	2.43	0.07	11.11	
401403	1477.93	1477.93		2		3						1					2	1	5	0.005	0.2	4.7	1	0.06	1.6	1	0.01	4	12.8	6.1	0.22	3.20	0.40	40.00	
401404	1478.5	1478.5		3															5	0.005	0.2	6	1	0.14	2.6	1	0.01	6	6.3	3.5	0.11	1.05	0.43	40.00	
401411	1477.94	1477.94		3													1	2	5	0.005	0.2	4.3	1	0.14	1.1	18	0.02	4	37.6	7.8	0.20	9.40	0.28	40.00	
401413	1477.34	1477.34		1	1												3		7	0.007	0.2	42.6	1	0.05	0.8	9	0.01	8	17.4	7.2	0.25	2.18	0.10	28.57	
401414	1478.1	1478.1		3	1		2										1	1	5	0.005	0.2	28.4	1	0.1	0.5	3	0.02	8	15.5	5.7	0.25	1.94	0.06	40.00	
401418	1480	1480		1	2				2									1	5	0.005	0.2	22.3	1	0.01	2.3	5	0.01	21	75.5	8.5	0.63	3.60	0.11	40.00	
401419	1480.63	1480.63		3													1	1	5	0.005	0.3	11.4	1	0.14	1.3	3	0.05	9	42.4	4.3	0.38	4.71	0.14	60.00	
401423	1489.13		1489.13	2			3					1					2		6	0.006	0.2	14.4	1	0.03	1.3	5	0.02	33	39.9	5.4	0.53	1.21	0.04	33.33	
401424	1478.21	1478.21		3															23	0.023	0.2	21.5	1	0.05	1.8	16	0.01	15	44.1	6.9	0.25	2.94	0.12	8.70	
405118	1481.14	1481.14		2	3			1									1		5	0.005	0.2	28.3	2	0.02	3	30	0.01	18	35	13.5	0.46	1.94	0.17	40.00	
405119	1481	1481		3								2					1		5	0.005	0.2	10.3	1	0.11	1.1	7	0.04	15	38.9	4.3	0.38	2.59	0.07	40.00	
405120	1479.19	1479.19		2					1			3					1		5	0.005	0.2	20.6	1	0.07	1	28	0.02	13	25.3	5.3	0.33	1.95	0.08	40.00	
405125	1490.52		1490.52	3					1			2							5	0.005	0.3	23	1	0.1	0.7	12	0.04	20	34.7	3.7	0.40	1.74	0.04	60.00	
405126	1480.37	1480.37		3													2		5	0.005	0.3	34.1	1	0.09	0.9	4	0.02	16	21	3.2	0.27	1.31	0.06	60.00	
405127	1476.78	1476.78		1			3										2		5	0.005	0.3	36.4	1	0.04	0.7	3	0.01	2	7.7	0.5	0.30	3.85	0.35	60.00	
405128	1479.05	1479.05		3					1								1	1	5	0.005	0.2	7.9	1	0.18	1.4	2	0.04	5	31.8	8.3	0.27	6.36	0.28	40.00	
405129	1478.99	1478.99		3													1		5	0.005	0.2	18.5	1	0.15	0.6	2	0.03	10	17.4	4.2	0.25	1.74	0.06	40.00	
405130	1479.76	1479.76		3														1	1	5	0.005	0.2	3.5	1	0.15	1.3	1	0.05	4	26.9	4.8	0.36	6.73	0.33	40.00
405131	1481.13	1481.13		3													1	1	5	0.005	0.3	5.8	1	0.04	0.5	21	0.02	2	14.5	5	0.46	7.25	0.25	60.00	
405132	1485.86		1485.86	3															5	0.005	0.2	3.4	1	0.11	1.4	1	0.08	5	20	3.7	0.55	4.00	0.28	40.00	
405133	1485.1		1485.1	3					2								1		5	0.005	0.2	29.6	1	0.08	0.9	17	0.06	8	28.9	7.3	0.56	3.61	0.11	40.00	
405135	1481.51	1481.51		3					1			2					1		5	0.005	0.2	26.3	1	0.09	3.4	3	0.11	13	125	7	0.68	9.62	0.26	40.00	
405137	1477.27	1477.27		3													2		5	0.005	0.2	22.4	1	0.13	0.9	3	0.02	17	37.6	7.5	0.21	2.21	0.05	40.00	
405138	1480.54	1480.54		3													2	1	5	0.005	0.2	21.9	1	0.13	1.4	11	0.03	11	55.6	9.2	0.28	5.05	0.13	40.00	
405139	1478.28	1478.28		3													1		5	0.005	0.3	3.5	2	0.21	1.4	1	0.03	4	10	3.3	0.20	2.50	0.35	60.00	
405145	1480.38	1480.38		3													2	1	7	0.007	0.4	73.9	1	0.04	1.2	9	0.01	8	30.3	2.3	0.30	3.79	0.15	57.14	
405168	1488.07		1488.07	1			2					3					1		5	0.005	0.4	17.7	1	0.15	0.5	4	0.01	6	8.6	5	0.10	1.43	0.08	80.00	
405169	1479.95	1479.95		3					1			1					1		5	0.005	0.2	26.4	1	0.1	1.5	3	0.03	12	30.5	4.8	0.34	2.54	0.13	40.00	
405170	1479.73	1479.73		3													1		5	0.005	0.2	4.1	1	0.16	1	2	0.03	4	14	3.5	0.24	3.50	0.25	40.00	
405171	1477.52	1477.52		3					1								2		5	0.005	0.2	10.4	1	0.1	1.1	9	0.03	4	24.8	5.6	0.34	6.20	0.28	40.00	
405172	1486.15		1486.15	3						2							1		5	0.005	0.2	18	1	0.11	0.7	1	0.08	9	25.5	5.2	0.55	2.83	0.08	40.00	
405173	1481.05	1481.05		3															5	0.005	0.3	4.8	2	0.08	0.7	1	0.03	6	15.5	3.3	0.39	2.58	0.12	60.00	
405174	1483.1	1483.1		3													2		5	0.005	0.2	8.7	1	0.14	1.1	1	0.05	7	24.1	4.9	0.38	3.44	0.16	40.00	
405177	1484.79	1484.79		3							1								5	0.005	0.2	6.2	1	0.09	0.8	1	0.04	6	21.1	6	0.43	3.52	0.13	40.00	
405178	1480.3	1480.3		3							1								5	0.005	0.3	7.7	1	0.1	2.5	1	0.03	10	38.2	3.8	0.34	3.82	0.25	60.00	
405179	1478.59	1478.59		3			2										1		5	0.005	0.2	9.4	1	0.12	1.7	1	0.01	4	10.8	4.1	0.12	2.70	0.43	40.00	
405180	1478.78	1478.78		3								1					1		6	0.006	0.2	9.5	2	0.13	1.1	1	0.03	6	21.3	8	0.28	3.55	0.18	33.33	
405181	1477	1477		1					1			3					1	1	5	0.005	0.2	9.2	1	0.11	1.2	10	0.02	5	25.1	5.7	0.24	5.02	0.24	40.00	
405187	1480.29	1480.29		3								2					1		5	0.005	0.3	50.2	1	0.13	3.7	24	0.01	44	14.5	9.8	0.12	0.33	0.08	60.00	
405191	1480.47	1480.47		3															5	0.005	0.3	40	1	0.09	2.8	7	0.03	15	33.4	3.7	0.36	2.23	0.19	60.00	
405194	1482.44	1482.44		3					1								1		5	0.005	0.2	26.7	1	0.04	3	11	0.02	12	53.4	6.6	0.46	4.45	0.25	40.00	
405199	1478	1478		1													2		5	0.005	0.2	78.6	2	0.03	0.9	3	0.01	19	30.3	9	0.36	1.59	0.05	40.00	
405254	1494	1477.92	1494	3													2		5	0.005	0.2	18.7	1	0.02	0.8	3	0.01	9	31	6.7	0.46	3.44	0.09	40.00	
405255	1478.06</																																		

SAMPLE	Long- Onda nm. Alunita	Alunita K (nm.)	Alunita Na (nm.)	Alunita a	Diqui.	Nacri.	Pirof.	Diasp.	Topa.	Zuny.	Caolin (nm.)	Illita	Parag.	Indice 2200nm	Indi. Cristal. Mic. Blan.	Jaros.	Goet.	Hema.	Au_pp b	Au_pp m	Ag_pp m	Cu_pp m	Hg_pp m	K_pct	La_pp m	Mo_pp pm	Na_pct	Pb_pp m	Sr_pp m	Zn_pp m	(K+ Na)/ Na	Sr/Pb	La/Pb	Ag/Au
405331	1477	1477		2							2						1		5	0.005	0.2	8	1	0.27	12.2	3	0.01	9	15	14	0.06	1.67	1.36	40.00
405372	1479.32	1479.32		3			2										1	1	5	0.005	0.2	12	1	0.1	0.8	2	0.02	9	26.3	5.3	0.25	2.92	0.09	40.00
405381	1478.17	1478.17		3													2	1	15	0.015	0.2	42.2	1	0.14	1.7	8	0.02	14	52.6	6.8	0.20	3.76	0.12	13.33
405386	1477.29	1477.29		3		2											1		5	0.005	0.4	80.2	1	0.12	1.7	1	0.02	8	36.2	2.1	0.22	4.53	0.21	80.00
405387	1479.53	1479.53		3													2	1	5	0.005	0.2	38.4	1	0.11	1.1	172	0.04	25	30	6.4	0.38	1.20	0.04	40.00
405394	1477	1477		1			1										2		5	0.005	0.2	125	1	0.09	5.5	10	0.01	52	78	8.5	0.16	1.50	0.11	40.00
405397	1476.93	1476.93		3													2	1	5	0.005	0.2	5.6	1	0.17	2.7	1	0.01	10	25.7	7.9	0.09	2.57	0.27	40.00
405474	1476.87	1476.87		3															64	0.064	0.4	5.2	1	0.21	1.8	1	0.02	13	13.5	18.2	0.14	1.04	0.14	6.25
405477	1478.54	1478.54		3							2								9	0.009	0.3	10.9	1	0.1	1.3	1	0.02	8	12.3	6.8	0.25	1.54	0.16	33.33
405480	1479.87	1479.87		3							2						1		7	0.007	0.2	19.9	1	0.09	3.3	5	0.02	8	85	10.7	0.27	10.63	0.41	28.57
405553	1478.29	1478.29		3															5	0.005	0.2	15.6	1	0.12	0.6	8	0.02	3	16.3	7.2	0.22	5.43	0.20	40.00
405554	1478.45	1478.45		3													2	1	5	0.005	0.2	6.8	1	0.11	1.2	29	0.03	31	32.9	5.7	0.32	1.06	0.04	40.00
405555	1477.52	1477.52		3					2								1	1	5	0.005	0.2	18.5	1	0.11	1	19	0.01	5	28.8	7.2	0.13	5.76	0.20	40.00
405557	1493	1476.68	1493	3															5	0.005	0.2	54.3	1	0.05	1	11	0.02	13	34.3	3.9	0.40	2.64	0.08	40.00
405442	1478.81	1478.81		2							3								5	0.005	0.2	6.2	1	0.11	1.5	3	0.01	8	57.5	8.3	0.13	7.19	0.19	40.00
405444	1476.42	1476.42		1			3												10	0.01	0.2	38.7	2	0.11	5.5	27	0.02	113	34.2	19.3	0.24	0.30	0.05	20.00
405484	1495	1477	1495	1							3								5	0.005	0.2	7	1	0.05	2.4	1	0.01	4	22.7	5.1	0.25	5.68	0.60	40.00
405486	1477.37	1477.37		3												1			5	0.005	0.3	8.5	2	0.21	1.2	1	0.01	3	7.7	4.1	0.07	2.57	0.40	60.00
405487	1492.05		1492.05	2							2						1	1	14	0.014	0.2	20	1	0.07	3.7	4	0.04	14	33.8	10.5	0.49	2.41	0.26	14.29
405488	1483.88	1483.88		3													2	1	5	0.005	0.2	26	2	0.12	1.5	43	0.06	11	29.8	7.6	0.46	2.71	0.14	40.00
405510	1477.45	1477.45		2			3										1		5	0.005	0.2	14.7	1	0.03	0.7	10	0.01	5	13	4.8	0.36	2.60	0.14	40.00
405511	1484.13	1484.13		3															5	0.005	0.2	3.1	4	0.1	0.9	1	0.05	2	18.2	2.3	0.46	9.10	0.45	40.00
405515	1479.77	1479.77		3													2		5	0.005	0.3	54.5	2	0.07	0.9	2	0.03	8	20	3	0.42	2.50	0.11	60.00
405516	1477.83	1477.83		3													1	2	5	0.005	0.2	15.7	3	0.14	0.8	2	0.02	2	14.2	5.4	0.20	7.10	0.40	40.00
405517	1487		1487	1			3		2										5	0.005	0.2	81.6	2	0.18	1.2	1	0.01	10	30.4	4.2	0.09	3.04	0.12	40.00
405525	1482.9	1482.9		3												2		1	5	0.005	0.3	50.1	1	0.91	10.3	14	0.07	2	259	0.5	0.12	129.50	5.15	60.00
405528	1477.3	1477.3		3													2	1	5	0.005	0.2	54.9	2	0.09	1.3	7	0.01	18	29.9	9.3	0.16	1.66	0.07	40.00
405560	1476.96			1															5	0.005	0.2	12.3	3	0.01	0.8	4	0.01	51	20.9	7.2	0.63	0.41	0.02	40.00
405564	1478.11	1478.11		2			3										1	2	5	0.005	0.2	28	1	0.08	0.9	4	0.01	8	30.1	4.6	0.18	3.76	0.11	40.00
405565	1478.22	1478.22		3													1	2	5	0.005	0.2	21.2	1	0.22	3.6	1	0.04	10	45.3	7	0.24	4.53	0.36	40.00
405568	1477.78	1477.78		2													2	1	5	0.005	0.3	89.1	1	0.05	0.9	1	0.01	5	7.1	7.7	0.25	1.42	0.18	60.00
405569	1478.9	1478.9		3	1												2		5	0.005	0.2	29.1	1	0.17	0.9	18	0.06	28	44.1	1.3	0.38	1.58	0.03	40.00
405570	1486.99		1486.99	2			3		1								1	1	5	0.005	0.2	14.4	1	0.02	0.5	3	0.01	40	32.2	5.7	0.46	0.81	0.01	40.00
405571	1478.48	1478.48		3															5	0.005	0.3	11.9	1	0.12	0.6	3	0.03	9	21.8	4.8	0.30	2.42	0.07	60.00
405572	1477.2	1477.2		2	2				1									2	5	0.005	0.2	46.6	3	0.1	1.1	1	0.02	9	14.3	0.9	0.25	1.59	0.12	40.00
405573	1480.35	1480.35		2		3													5	0.005	0.4	42.2	1	0.1	2.1	1	0.03	6	25.8	6.2	0.34	4.30	0.35	80.00
405574	1482.32	1482.32		3															5	0.005	0.2	8.1	2	0.12	1.5	1	0.04	9	28.3	11.4	0.36	3.14	0.17	40.00
405541	1479.97	1479.97		3			2										1		5	0.005	0.3	91.8	1	0.04	0.8	3	0.01	20	22.2	11.7	0.30	1.11	0.04	60.00
405545	1480	1480		2							2	3		2200.96	0.115				5	0.005	0.2	5.6	1	0.22	29.7	3	0.01	17	9.3	43.3	0.07	0.55	1.75	40.00
405586	1481.01	1481.01		3													2	1	5	0.005	0.2	2.8	1	0.09	1.8	1	0.03	6	60.6	3	0.36	10.10	0.30	40.00
405587	1482.35	1482.35		3															5	0.005	0.2	6	1	0.08	1.2	4	0.04	9	23.3	6.9	0.46	2.59	0.13	40.00
405588	1481.74	1481.74		3															5	0.005	0.2	24.5	3	0.09	0.8	5	0.02	14	34.9	3.6	0.27	2.49	0.06	40.00
405592	1480.83	1480.83		3															5	0.005	0.2	3.7	1	0.1	0.9	3	0.04	2	28.4	4.7	0.40	14.20	0.45	40.00
405598	1478.11	1478.11		3			2				2						1	1	5	0.005	0.2	20.2	1	0.09	0.9	1	0.01	11	20.9	10	0.16	1.90	0.08	40.00
405599	1481.49	1481.49		3													2	1	5	0.005	0.2	19.8	1	0.07	1.2	4	0.02	7	20.6	8.1	0.33	2.94	0.17	40.00
405600	1483.19	1483.19		2			3										1		5	0.005	0.2	12.5	3	0.02	0.9	2	0.01	20	14.6	2.5	0.46	0.73	0.05	40.00
405622	1478.27	1478.27		1							3								5	0.005	0.2	19.3	2	0.04	1.8	1	0.01	3	54	9.8	0.30	18.00	0.60	40.00
405628	1476.79			1			2				2								5	0.005	0.2	88.6	1	0.32	1	2	0.01	14	60.2	6.3	0.05	4.30	0.07	40.00
405632	1476.55	1476.55		1							3								5	0.005	0.2	25.1	14	0.02	0.5	1	0.01	9	22.6	5.6	0.46	2.51	0.06	40.00
405666	1477.77			1							3								5	0.005	0.2	15.5	3	0.05	0.5	1	0.01	10	17.8	4.7	0.25	1.78	0.05	40.00
405707	1481.18	1481.18		3																														

SAMPLE	Long- Onda nm. Alunita	Alunita K (nm.)	Alunita Na (nm.)	Alunit a	Diqui.	Nacri.	Pirof.	Diasp.	Topa.	Zuny.	Caolin .	Illita	Parag.	Indice 2200nm	Indi. Cristal. Mic. Blan.	Jaros.	Goet.	Hema.	Au_pp b	Au_pp m	Ag_pp m	Cu_pp m	Hg_pp m	K_pct	La_pp m	Mo_p pm	Na_pc t	Pb_pp m	Sr_pp m	Zn_pp m	(K+ Na)/ Na	Sr/Pb	La/Pb	Ag/Au
405750	1482.1	1482.1		3			2												5	0.005	0.2	26.2	1	0.07	0.5	3	0.01	2	19.4	5.2	0.20	9.70	0.25	40.00
405787	1479.89	1479.89		2			3												5	0.005	0.2	22.3	1	0.02	2	1	0.01	2	33.8	10.8	0.46	16.90	1.00	40.00
405788	1477.66	1477.66		3							2					1			6	0.006	0.2	31.9	1	0.07	1.9	7	0.01	24	49.5	14.3	0.20	2.06	0.08	33.33
405789	1477.78	1477.78		2							2						1		7	0.007	0.2	23.3	2	0.06	2.1	19	0.01	16	50.6	13.6	0.22	3.16	0.13	28.57
405795	1476	1476		1							3								5	0.005	0.2	34.3	1	0.03	12	3	0.01	10	67.9	11.1	0.36	6.79	1.20	40.00
405801	1478	1478		1			3										1	1	5	0.005	0.2	8.6	1	0.04	2.4	2	0.05	10	53.6	8.5	0.68	5.36	0.24	40.00
405802	1476.68	1476.68		1			3										1	1	5	0.005	0.2	11.5	1	0.02	0.5	3	0.01	2	27.5	8.8	0.46	13.75	0.25	40.00
405874	1481.69	1481.69		3							1						1		5	0.005	0.2	31	1	0.07	0.8	5	0.03	2	31.1	12	0.42	15.55	0.40	40.00
405875	1485.63		1485.63	3													1		5	0.005	0.2	13.6	2	0.09	1.4	4	0.05	9	24.2	9.1	0.49	2.69	0.16	40.00
405876	1482.87	1482.87		3					1								1		5	0.005	0.2	15.7	1	0.19	1.6	96	0.1	10	64	7.8	0.47	6.40	0.16	40.00
405877	1481.68	1481.68		3				2									1		5	0.005	0.2	58.4	1	0.14	1.6	18	0.04	2	39	8	0.33	19.50	0.80	40.00
405878	1480.62	1480.62		3			3										1	1	5	0.005	0.2	18.5	1	0.07	0.8	21	0.01	5	11.7	10.1	0.20	2.34	0.16	40.00
405880	1478.72	1478.72		2													1	2	8	0.008	0.3	20.9	1	0.14	0.9	10	0.01	6	24.3	2.1	0.11	4.05	0.15	37.50
405881	1479.15	1479.15		3							1								5	0.005	0.2	15.6	1	0.06	1.6	1	0.01	2	13.6	9.6	0.22	6.80	0.80	40.00
405883	1479.47	1479.47		3													1	2	5	0.005	0.2	38.4	1	0.09	0.6	1	0.03	2	10	2	0.36	5.00	0.30	40.00
405885	1486.19		1486.19	3															5	0.005	0.2	12.6	1	0.14	0.6	2	0.07	2	24	10.4	0.46	12.00	0.30	40.00
405886	1481.04	1481.04		3					2								2	1	5	0.005	0.2	31.8	1	0.1	1.2	10	0.03	9	31.2	4.7	0.34	3.47	0.13	40.00
405887	1479.34	1479.34		3							1						2	1	5	0.005	0.2	16.6	3	0.04	0.8	34	0.01	3	14.5	10.1	0.30	4.83	0.27	40.00
405907	1475.214			1													1	1	5	0.005	0.2	35.5	2	0.06	1.2	3	0.01	4	112	31.4	0.22	28.00	0.30	40.00
405908	1477	1477		1							3						1		5	0.005	0.2	14.8	1	0.03	1.3	1	0.01	6	53.4	14.9	0.36	8.90	0.22	40.00
405909	1477	1477		1							3								5	0.005	0.2	10.6	1	0.11	0.9	1	0.01	2	37.2	7.1	0.13	18.60	0.45	40.00
405910	1478.49	1478.49		3															35	0.035	0.2	6.4	1	0.06	0.5	1	0.01	2	36.6	5.4	0.22	18.30	0.25	5.71
405957	1475.11			1							3								42	0.042	0.2	6.9	2	0.07	0.8	1	0.01	2	18.2	6.5	0.20	9.10	0.40	4.76
405960	1478.33			3															56	0.056	0.4	16.3	1	0.08	0.8	3	0.01	8	29.2	8.5	0.18	3.65	0.10	7.14
407856	1482.62	1482.62		3													2		5	0.005	0.2	59	1	0.15		11	0.05	15	81	2	0.36	5.40		40.00
407857	1481.28	1481.28		3													2		11	0.011	0.2	71	1	0.21		18	0.04	48	62	2	0.24	1.29		18.18
407860	1482.71	1482.71		3													2	1	5	0.005	0.2	17	1	0.11		1	0.04	11	55	2	0.38	5.00		40.00
407862	1478.69	1478.69		2													2	1	5	0.005	0.2	13	1	0.23		1	0.02	2	15	2	0.13	7.50		40.00
407863	1480.62	1480.62		3													2		5	0.005	0.2	18	1	0.22		1	0.04	2	34	2	0.24	17.00		40.00
407864	1480.26	1480.26		3													2		5	0.005	0.2	13	1	0.22		3	0.06	2	49	2	0.32	24.50		40.00
407866	1481.42	1481.42		3	1												2		5	0.005	0.2	15	1	0.19	10	1	0.05	10	64	2	0.31	6.40	1.00	40.00
407867	1489.77		1489.77	2							1	3		2191.26	0.342				5	0.005	0.2	7	1	0.22		2	0.03	4	15	2	0.19	3.75		40.00
407868	1483.19	1483.19		3							2						2		5	0.005	0.2	35	1	0.17		3	0.06	3	111	2	0.38	37.00		40.00
407869	1478.61	1478.61		3													2		5	0.005	0.2	12	1	0.2		1	0.01	8	23	2	0.08	2.88		40.00
407873	1484.76	1484.76		2								2		2192.61			2		5	0.005	0.2	23	1	0.16	10	1	0.04	4	60	2	0.30	15.00	2.50	40.00
407900	1481.72	1481.72		3															5	0.005	0.2	8	1	0.15		3	0.04	19	56	3	0.31	2.95		40.00
407901	1478.77	1478.77		3													2		26	0.026	0.7	64	1	0.09		112	0.02	30	45	7	0.27	1.50		26.92
407902	1481.05	1481.05		3													2		5	0.005	0.2	41	1	0.12		9	0.04	17	82	3	0.36	4.82		40.00
407904	1479.22	1479.22		2													3		5	0.005	0.2	34	1	0.1		4	0.02	8	45	2	0.25	5.63		40.00
407905	1482.49	1482.49		3															5	0.005	0.2	12	1	0.17		1	0.07	8	32	7	0.41	4.00		40.00
407907	1479.44	1479.44		2	2					2								1	5	0.005	0.2	80	1	0.04		6	0.01	21	50	6	0.30	2.38		40.00
407910	1485.8		1485.8	3													2		11	0.011	0.2	12	1	0.06		7	0.05	4	85	4	0.59	21.25		18.18
407911	1481.8	1481.8		3													2	1	18	0.018	0.2	72	1	0.02		22	0.01	16	66	4	0.46	4.13		11.11
407914	1479.65	1479.65		2							1						3		5	0.005	0.2	39	1	0.09		6	0.02	23	123	5	0.27	5.35		40.00
407922	1478.97	1478.97		3													2		6	0.006	0.2	34	1	0.13		6	0.02	6	66	5	0.21	11.00		33.33
407925	1481.2	1481.2		3													2	1	8	0.008	0.2	18	1	0.28	30	1	0.04	18	19	30	0.20	1.06	1.67	25.00
407928	1482.57	1482.57		3													2	1	5	0.005	0.2	22	1	0.14		7	0.04	13	66	9	0.33	5.08		40.00
407932	1482.56	1482.56		3	1												2		5	0.005	0.2	16	1	0.08	10	2	0.03	2	70	5	0.39	35.00	5.00	40.00
407933	1483.4	1483.4		3	1														5	0.005	0.2	13	1	0.09	10	3	0.03	3	61	6	0.36	20.33	3.33	40.00
407936	1480.64	1480.64		2			1		1								2	1	5	0.005	0.2	19	1	0.07		28	0.02	8	35	2	0.33	4.38		40.00
407944	1479.47	1479.47		3													2		5	0.005	0.2	45	1	0.08		1	0.02	6	38	3	0.30	6.33		40.00
407970	1478.74	1478.74		2	1							1							5	0.005	0.2													

SAMPLE	Long- Onda nm. Alunita	Alunita K (nm.)	Alunita Na (nm.)	Alunita	Diqui.	Nacri.	Pirof.	Diasp.	Topa.	Zuny.	Caolin	Illita	Parag.	Indice 2200nm	Indi. Cristal. Mic. Blan.	Jaros.	Goet.	Hema.	Au_pp b	Au_pp m	Ag_pp m	Cu_pp m	Hg_pp m	K_pct	La_pp m	Mo_p pm	Na_pc t	Pb_pp m	Sr_pp m	Zn_pp m	(K + Na)/ Na	Sr/Pb	La/Pb	Ag/Au	
409607	1478.49	1478.49		3													2			6	0.006	0.2	22	1	0.12		4	0.02	6	109	2	0.22	18.17		33.33
409625	1478.39	1478.39		3							1						3			17	0.017	0.2	12	1	0.06		8	0.01	12	72	5	0.22	6.00		11.76
409629	1475.52	1475.52		2															7	0.007	0.3	13	1	0.09		4	0.05	24	45	2	0.49	1.88		42.86	
409631	1477.44	1477.44		3															5	0.005	0.2	2	1	0.17		4	0.02	10	28	2	0.17	2.80		40.00	
409632	1477.83	1477.83		3															5	0.005	0.2	2	1	0.07		13	0.01	9	14	2	0.20	1.56		40.00	
409635	1478.52	1478.52		3	1		2				2						2		14	0.014	0.2	143	1	0.11		12	0.02	101	80	2	0.24	0.79		14.29	
409639	1483.89	1483.89		1															5	0.005	0.2	26	1	0.18		324	0.03	18	86	2	0.22	4.78		40.00	
409640	1477.97	1477.97		1		1	2				2						2		18	0.018	0.2	97	1	0.03		397	0.01	29	56	2	0.36	1.93		11.11	
409645	1486.7		1486.7	1															27	0.027	0.2	34	1	0.02		28	0.01	17	15	2	0.46	0.88		7.41	
409646	1492.7		1492.7	1	3						1								39	0.039	0.2	14	1	0.01		134	0.01	34	38	2	0.63	1.12		5.13	
409648	1488.72		1488.72	1															15	0.015	0.2	65	1	0.13	10	5	0.01	22	48	2	0.12	2.18	0.45	13.33	
409649	1481.46	1481.46		1							3						3		63	0.063	0.2	43	1	0.04	10	5	0.01	77	251	2	0.30	3.26	0.13	3.17	
409651	1477.67	1477.67		3															12	0.012	0.2	76	1	0.17	10	5	0.02	16	85	3	0.17	5.31	0.63	16.67	
409437	1476.71	1476.71		3															61	0.061	0.2	31	1	0.06		51	0.01	31	13	7	0.22	0.42		3.28	
409438	1479.65	1479.65		2			2										2		51	0.051	0.2	128	1	0.03		133	0.01	14	35	2	0.36	2.50		3.92	
409441	1478.38	1478.38		3													1		29	0.029	0.2	50	1	0.1		4	0.02	25	30	6	0.25	1.20		6.90	
409442	1484.05	1484.05		3	2												3		5	0.005	0.2	29	1	0.06		1	0.03	7	72	3	0.46	10.29		40.00	
409443	1488.99	1488.99		3	2												1		5	0.005	0.2	9	1	0.08	10	2	0.04	6	184	5	0.46	30.67	1.67	40.00	
409448	1478.33	1478.33		3			1										3		11	0.011	0.2	71	1	0.09		3	0.01	29	30	4	0.16	1.03		18.18	
409455	1476.39	1476.39		1	2						1								25	0.025	0.2	6	1	0.01		2	0.01	2	7	8	0.63	3.50		8.00	
409456	1482.15	1482.15		3			1												17	0.017	0.2	48	1	0.14		5	0.04	14	68	7	0.33	4.86		11.76	
409457	1478.41	1478.41		3														1	5	0.005	0.2	4	1	0.12		1	0.03	12	48	5	0.30	4.00		40.00	
409458	1477.23	1477.23		3			1												29	0.029	0.2	37	1	0.16		66	0.01	20	9	2	0.10	0.45		6.90	
409461	1479.87	1479.87		3	1														41	0.041	1.8	53	1	0.13		54	0.03	47	45	9	0.28	0.96		43.90	
409470	1478.36	1478.36		3														3	47	0.047	0.2	3	1	0.04		5	0.01	7	7	2	0.30	1.00		4.26	
409472	1480.93	1480.93		3													1	1	16	0.016	0.2	8	1	0.16		4	0.06	11	34	2	0.39	3.09		12.50	
404958	1480.17	1480.17		3													2		5	0.005	0.2	61	1	0.06		6	0.02	9	27	2	0.36	3.00		40.00	
404960	1485.31	1485.31		2		1					1						2		5	0.005	0.2	31	1	0.08		3	0.03	10	47	2	0.39	4.70		40.00	
404961	1481.19	1481.19		3															5	0.005	0.2	5	1	0.07		2	0.02	7	38	2	0.33	5.43		40.00	
404963	1481.25	1481.25		1								3	3	2196.81	2.537		2		5	0.005	0.2	16	1	0.15		3	0.01	16	34	4	0.10	2.13		40.00	

SAMPLE	Long- Onda nm. Alunita	Alunita K (nm.)	Alunita Na (nm.)	Alunit a	Diqui.	Nacri.	Pirof.	Diasp.	Topa.	Zuny.	Caolin .	Illita	Parag.	Indice 2200nm	Indi. Cristal. Mic. Blan.	Jaros.	Goet.	Hema.	Au_pp b	Au_pp m	Ag_pp m	Cu_pp m	Hg_pp m	K_pct	La_pp m	Mo_p pm	Na_pc t	Pb_pp m	Sr_pp m	Zn_pp m	(K+ Na)/ Al	Sr/Pb	La/Pb	Ag/Au
404965	1490.65		1490.65	3							1						3		5	0.005	0.2	58	1	0.03		26	0.01	11	65	7	0.36	5.91		40.00
404977	1477.25	1477.25		3														5	0.005	0.2	9	1	0.18		1	0.02	4	9	5	0.16	2.25		40.00	
404979	1484.55	1484.55		3													3	10	0.01	0.2	37	1	0.05		26	0.02	10	25	12	0.40	2.50		20.00	
404980	1477.95	1477.95		3													3	6	0.006	0.2	48	1	0.1		3	0.02	5	24	6	0.25	4.80		33.33	
404982	1477.33	1477.33		2							2						2	5	0.005	0.2	9	1	0.11		2	0.05	2	56	8	0.44	28.00		40.00	
404986	1478.87	1478.87		3													2	5	0.005	0.2	36	1	0.08		8	0.04	2	52	12	0.46	26.00		40.00	
404992	1490.09		1490.09	1	3													5	0.005	0.2	30	1	0.02		10	0.01	10	162	26	0.46	16.20		40.00	
404993	1478.15	1478.15		1	3												3	12	0.012	0.2	8	1	0.09		125	0.02	5	23	6	0.27	4.60		16.67	
404997	1478.41	1478.41		3	1		1											5	0.005	0.2	32	1	0.16	10	5	0.01	3	105	14	0.10	35.00	3.33	40.00	
405000	1481.43	1481.43		3													2	10	0.01	0.2	15	1	0.07		2	0.02	9	19	6	0.33	2.11		20.00	
406911	1476.95	1476.95		2		1					2						3	12	0.012	0.2	8	1	0.1		31	0.01	20	6	4	0.15	0.30		16.67	
406913	1478.37	1478.37		3													3	9	0.009	0.2	57	1	0.15	10	8	0.01	43	42	5	0.10	0.98	0.23	22.22	
406914	1479.92	1479.92		3														10	0.01	0.2	48	1	0.06		2	0.01	17	20	15	0.22	1.18		20.00	
406915	1481.17	1481.17		3													2	7	0.007	0.2	18	1	0.08		1	0.04	8	44	14	0.46	5.50		28.57	
406916	1478.48	1478.48		3													2	10	0.01	0.2	9	1	0.11		7	0.01	8	13	6	0.13	1.63		20.00	
406917	1480.63	1480.63		2			1				2						2	16	0.016	0.2	24	1	0.07		7	0.01	41	60	7	0.20	1.46		12.50	
406918	1478.55	1478.55		3													2	34	0.034	0.2	24	1	0.09		2	0.02	6	26	12	0.27	4.33		5.88	
406919	1477.51	1477.51		3													3	6	0.006	0.2	16	1	0.15		1	0.01	5	16	8	0.10	3.20		33.33	
406920	1477.43	1477.43		3		1											3	5	0.005	0.2	15	1	0.11		2	0.01	6	26	5	0.13	4.33		40.00	
406921	1477.99	1477.99		3													3	21	0.021	0.2	21	1	0.1		16	0.02	7	18	6	0.25	2.57		9.52	
406922	1477.61	1477.61		3													2	5	0.005	0.2	3	1	0.18	10	1	0.01	8	6	12	0.09	0.75	1.25	40.00	
406923	1476.49	1476.49		3														14	0.014	0.2	17	1	0.13		5	0.01	11	7	4	0.12	0.64		14.29	
406924	1477.1	1477.1		3						1							3	5	0.005	0.2	13	1	0.14		12	0.01	34	20	9	0.11	0.59		40.00	
406926	1476.54	1476.54		3													2	56	0.056	0.2	41	1	0.12		14	0.01	14	9	6	0.12	0.64		3.57	
406927	1477.32	1477.32		3													2	13	0.013	0.2	7	1	0.15		2	0.01	90	35	8	0.10	0.39		15.38	
406928	1477.66	1477.66		3													2	31	0.031	0.2	52	1	0.14		49	0.01	20	20	15	0.11	1.00		6.45	
406929	1477.48	1477.48		3														5	0.005	0.2	19	1	0.12		9	0.01	6	15	5	0.12	2.50		40.00	
406930	1477.04	1477.04		3													2	5	0.005	0.2	6	1	0.17		1	0.01	4	6	5	0.09	1.50		40.00	
406931	1479.26	1479.26		3		1											2	90	0.09	0.2	40	1	0.05		4	0.01	7	48	10	0.25	6.86		2.22	
406932	1477.43	1477.43		2		1					2						3	5	0.005	0.2	11	1	0.08		1	0.01	11	26	5	0.18	2.36		40.00	
406933	1479.17	1479.17		3			1										3	7	0.007	0.2	3	1	0.09		40	0.02	7	18	5	0.27	2.57		28.57	
406934	1478.52	1478.52		1			3											5	0.005	0.2	29	1	0.06		10	0.01	12	16	9	0.22	1.33		40.00	
406935	1476.94	1476.94		2	3												3	5	0.005	0.2	49	1	0.06		2	0.01	13	20	6	0.22	1.54		40.00	
406937	1477.01	1477.01		3													2	5	0.005	0.2	17	1	0.16		6	0.01	18	22	11	0.10	1.22		40.00	
406938	1477.22	1477.22		3													3	5	0.005	0.2	5	1	0.1		20	0.01	15	10	14	0.15	0.67		40.00	
406939	1479.08	1479.08		3														5	0.005	0.2	6	1	0.16		1	0.03	6	22	7	0.24	3.67		40.00	
406940	1477.12	1477.12		1		2					2						3	5	0.005	0.2	6	1	0.21		3	0.01	9	20	6	0.07	2.22		40.00	
406941	1478.44	1478.44		3														12	0.012	0.2	3	1	0.16		14	0.02	7	9	4	0.18	1.29		16.67	
406944	1477.58	1477.58		2							2						3	5	0.005	0.2	16	1	0.09	10	2	0.01	14	21	5	0.16	1.50	0.71	40.00	
406945	1476.7	1476.7		3					1								2	5	0.005	0.2	80	1	0.07		111	0.01	8	27	8	0.20	3.38		40.00	
406955	1481.57	1481.57		1													3	5	0.005	0.2	37	1	0.12		6	0.03	16	38	6	0.30	2.38		40.00	
409484	1476.38	1476.38		3													3	5	0.005	0.2	22	1	0.04		3	0.01	2	40	2	0.30	20.00		40.00	
406968	1480.39	1480.39		3													2	5	0.005	0.2	43	3	0.16		1	0.08	22	208	5	0.46	9.45		40.00	
406981	1478.61	1478.61		3													3	5	0.005	0.2	20	1	0.15		8	0.02	14	32	3	0.18	2.29		40.00	
406991	1476.9	1476.9		3														5	0.005	0.2	51	1	0.13		6	0.02	6	10	12	0.21	1.67		40.00	
409495	1488.98		1488.98	2	1		1											5	0.005	0.2	39	1	0.11		4	0.02	12	18	2	0.24	1.50		40.00	
409507	1477.41	1477.41		3														9	0.009	0.2	46	1	0.09		22	0.01	10	12	3	0.16	1.20		22.22	
409513	1479.64	1479.64		3													2	5	0.005	0.2	16	1	0.14		1	0.05	12	70	2	0.38	5.83		40.00	
409515	1478.93	1478.93		3													3	5	0.005	0.2	9	1	0.14		5	0.03	7	23	2	0.27	3.29		40.00	
409520	1476.62	1476.62		3													2	8	0.008	0.2	2	1	0.25		5	0.01	10	9	2	0.06	0.90		25.00	
409524	1477.29	1477.29		3													3	5	0.005	0.2	22	1	0.16		1	0.02	12	18	5	0.18	1.50		40.00	
409525	1478.56	1478.56		3													3	5	0.005	0.2	7	1	0.17	10	1	0.03	5	26	3	0.23	5.20	2.00	40.00	
409530	1476.26	1476.26		3													3	5	0.005	0.2	8	1	0.2		1	0.02	4	13	3	0.15	3.25		40.00	
409531	1476.57	1476.57		3														5	0.005	0.2	3	1	0.34		1	0.02	12	22	2	0.09	1.83		40.00	
409532	1476.68	1476.68																																

PROYECTO SUR: Indice de Cristalinidad de Illitas

Muestra	ILL	Motm	Paragonita	Phengita	Mus	Longitud de Onda Micas	Depth ALOH	Depth H2O	Cristalinidad illitas
2	1	3				2205.42	0.215	0.352	0.611
3	3	1				2209.19	0.275	0.243	1.131
4	2	2	2			2196.98	0.287	0.294	0.975
5	2	1				2203.58	0.288	0.302	0.954
6	3	1	3			2195.54	0.245	0.156	1.568
11	3		3			2197.65	0.284	0.153	1.857
11	3					2209.83	0.249	0.367	0.68
13	1	3	1			2199.23	0.152	0.294	0.518
15	3	1				2212.119	0.301	0.308	0.975
16	2	2				2202.47	0.276	0.258	1.07
20	3		3			2195.07	0.296	0.18	1.643
106	2	3				2204.45	0.2	0.319	0.626
107	3					2203.18	0.124	0.184	0.677
109	3	2				2203.94	0.227	0.327	0.695
700	3	1	3			2199.12	0.283	0.202	1.403
702	3		3			2194.04	0.174	0.146	1.189
703	3	1	3			2199.69	0.173	0.258	0.672
705	3	1	3			2200.78	0.255	0.183	1.398
706	3					2204.23	0.231	0.295	0.783
742	3		3			2194.87	0.281	0.127	2.215
743	2		2		2	2195.82	0.291	0.137	2.13
751	3	1	3			2198.56	0.262	0.181	1.447
752	3	1				2205.91	0.286	0.216	1.328
757	3		3			2196.04	0.303	0.162	1.88
758	3		3			2196.4	0.319	0.262	1.217
762	2	2				2203.66	0.288	0.354	0.814
764	3		3			2194.88	0.294	0.245	1.202
765	3	2	3			2196.02	0.313	0.284	1.105
766	3	1	3			2198.47	0.327	0.247	1.325
776	3		3			2194.17	0.415	0.307	1.353
777	2	2				2199.82	0.31	0.252	1.229
785	1		1			2193.58	0.242	0.193	1.255
787	3	2	3			2196.81	0.376	0.314	1.197
789	1	3				2204.83	0.328	0.425	0.771
790	2	1	2			2195.4	0.392	0.279	1.407
798	1	3				2205.25	0.276	0.365	0.757
800	3	1	3			2195.22	0.374	0.216	1.728
808	1	2				2204.86	0.182	0.257	0.709
809	1	2	1			2196.61	0.211	0.301	0.703
810						2199.76	0.178	0.238	0.748
811	3	1	3			2194.68	0.223	0.193	1.157
812	3		3			2195.97	0.278	0.162	1.714
813	2	2				2203.34	0.272	0.282	0.93
813	2	1				2200.57	0.321	0.393	0.816
815	2	2	2			2197.31	0.273	0.327	0.836

Muestra	ILL	Motm	Paragonita	Phengita	Mus	Longitud de Onda Micas	Depth ALOH	Depth H2O	Cristalinidad illitas
822	3	1	3			2197.16	0.246	0.279	0.881
825	2	2	1			2198.63	0.341	0.454	0.752
827	2	1	2			2195.83	0.245	0.279	0.877
828	2	1				2201.4	0.141	0.241	0.585
830	1	2				2203.71	0.294	0.372	0.79
833	3	1	3			2194.49	0.307	0.211	1.453
834	2	2				2204.64	0.288	0.333	0.863
837	1	3	1			2193.53	0.267	0.363	0.735
842	3		3			2198.64	0.32	0.225	1.425
846	3	1	3			2200.51	0.265	0.24	1.106
849	3	1	3			2197.28	0.206	0.138	1.49
852	3	1	3			2196.19	0.276	0.292	0.943
853	3		3			2196.76	0.372	0.145	2.57
853	1	2				2203.49	0.252	0.42	0.6
855	2	3	2			2197.44	0.203	0.204	0.998
858	3		3			2195.86	0.443	0.388	1.143
861	1	3	1			2193.77	0.248	0.378	0.658
865	3				3	2197.32	0.269	0.105	2.57
866	3		3			2200.17	0.249	0.224	1.114
866	2	2				2205.47	0.279	0.296	0.942
867	3	1	3			2195.89	0.304	0.268	1.136
867	1	3				2204.84	0.177	0.475	0.371
868	2	2	2			2192.43	0.251	0.383	0.655
876	1	3	1			2199.75	0.26	0.246	1.055
877	1	3				2202.1	0.166	0.246	0.676
889	3	2	3			2198.28	0.248	0.328	0.756
890	3		3			2194.99	0.298	0.0885	3.371
891	3		3			2191.12	0.306	0.184	1.667
892	3		3			2193.38	0.34	0.121	2.80
893	1	3				2205.32	0.173	0.369	0.471
896	2	1	2			2190.4	0.181	0.332	0.544
897	2		2			2192.45	0.266	0.342	0.78
898	3		3		1	2193.37	0.281	0.0646	4.352
911	3	1	3			2195.96	0.341	0.304	1.12
911	1	3				2193.13	0.28	0.348	0.805
912	3	1	3			2194.63	0.147	0.151	0.971
912	2	2	2			2195.17	0.28	0.162	1.732
914	3		3			2197.42	0.222	0.272	0.817
917	2		2		2	2198.15	0.273	0.0834	3.28
919	3		3			2193.47	0.226	0.198	1.138
925	2	2	2			2196.41	0.228	0.331	0.687
925	3	2				2204.37	0.161	0.163	0.988
932	2	2				2199.94	0.245	0.312	0.785
933	2	2				2198.61	0.325	0.523	0.621
934	2	2				2199.01	0.247	0.272	0.908
935	2	2	2			2199.32	0.284	0.209	1.36
401071	1	3				2205.39	0.11	0.209	0.529
401072	1	3				2204.75	0.226	0.402	0.563

Muestra	ILL	Motm	Paragonita	Phengita	Mus	Longitud de Onda Micas	Depth ALOH	Depth H2O	Cristalinidad illitas
401100	2	3				2203.89	0.159	0.194	0.819
401107	3					2192.07	0.251	0.14	1.79
401111	3	1				2194.04	0.271	0.3	0.903
401112	2					2195.47	0.114	0.191	0.594
401113	2	3				2208.3	0.176	0.384	0.458
401117	3					2192.32	0.276	0.229	1.207
401118	3					2195.64	0.262	0.371	0.705
401122	3					2204.16	0.218	0.245	0.888
401124	3					2196.03	0.239	0.234	1.022
401129	3					2195.84	0.274	0.165	1.659
401388	3					2202.04	0.221	0.213	1.035
401395	3	1				2198.66	0.255	0.33	0.774
401396	2	2				2200.29	0.202	0.343	0.59
401406	3					2193.43	0.196	0.254	0.772
401408	3					2200.71	0.287	0.167	1.716
401409	3					2206.22	0.262	0.25	1.046
401488	3	2				2204.28	0.2	0.281	0.712
401489	2	3				2203.03	0.146	0.189	0.772
401490	3					2206.93	0.12	0.164	0.734
401494	1	3				2206.39	0.25	0.46	0.543
401496	3	2				2204.67	0.158	0.251	0.631
404959	3	1	3			2195	0.289	0.175	1.654
404966	3	1	3			2194.08	0.327	0.369	0.888
404968	3		3			2199.82	0.3	0.217	1.381
404981	3	2				2203.81	0.203	0.252	0.808
404985	3	1				2200.12	0.268	0.201	1.332
404987	1	3				2204.66	0.305	0.257	1.188
404988	3	1	3			2197.34	0.264	0.253	1.043
404989	3		3			2196.88	0.328	0.221	1.486
405003	3	1				2193.85	0.439	0.435	1.01
405005	3	1				2206.39	0.235	0.248	0.949
405007	3					2191.91	0.267	0.232	1.151
405008	3	2				2204.98	0.139	0.186	0.746
405012	1	3				2204.26	0.0817	0.177	0.462
405015	2	3				2207.67	0.216	0.357	0.606
405017	2	3				2204.96	0.11	0.179	0.616
405018	2	3				2208.29	0.108	0.157	0.687
405020	3					2194.89	0.321	0.215	1.494
405030	2	3				2205.34	0.138	0.198	0.696
405051	3	1				2195.11	0.317	0.298	1.063
405058	1	3				2206.41	0.257	0.393	0.652
405061	2	3				2209.79	0.177	0.242	0.728
405066	2	3				2208.98	0.19	0.375	0.506
405067	3					2201.78	0.287	0.247	1.163
405068	2	3				2204.34	0.185	0.207	0.896
405070	2					2197.61	0.109	0.128	0.849
405075	3					2192.36	0.307	0.252	1.219
405076	3					2196.45	0.148	0.201	0.737

Muestra	ILL	Motm	Paragonita	Phengita	Mus	Longitud de Onda Micas	Depth ALOH	Depth H2O	Cristalinidad illitas
405078	1	3				2204.73	0.157	0.243	0.647
405081	3					2191.5	0.223	0.257	0.867
405085	2	3				2205.21	0.125	0.145	0.87
405088	3	2				2194.93	0.189	0.197	0.959
405095	1	3				2208.88	0.116	0.215	0.538
405098	2	3				2204.04	0.122	0.325	0.375
405101	3	1				2206.79	0.232	0.196	1.18
405102	3	1				2198.62	0.297	0.389	0.762
405103	3	2				2209.05	0.217	0.195	1.113
405104	2	3				2200.37	0.0982	0.161	0.609
405106	1	3				2204.49	0.133	0.218	0.608
405108	2	2				2199.98	0.155	0.254	0.611
405112	1	3				2206.5	0.06	0.269	0.224
405113	3				2	2208.58	0.297	0.243	1.224
405114	1	3				2208.43	0.133	0.272	0.489
405123	3					2203.68	0.303	0.199	1.524
405141	1	3				2207.77	0.147	0.292	0.502
405142	3	2				2208.84	0.138	0.246	0.561
405144	3				3	2193.22	0.358	0.115	3.113
405151	3	1				2207.31	0.272	0.189	1.442
405153	3	2				2204.98	0.287	0.341	0.84
405154	2	3				2208.15	0.237	0.341	0.695
405159	1					2198	0.159	0.251	0.635
405160	1					2205.08	0.13	0.214	0.608
405161	3	2				2198.45	0.339	0.306	1.108
405186	3	2				2201.79	0.292	0.332	0.879
405190	2	3				2209.02	0.357	0.508	0.703
405197	3	2				2204.38	0.328	0.287	1.145
405214	3	1				2201.75	0.221	0.22	1.003
405215	3	1				2202.46	0.239	0.282	0.847
405220	2	2				2206.15	0.123	0.176	0.701
405232	2	1				2206.81	0.165	0.214	0.77
405233	2	3				2208.78	0.165	0.247	0.669
405236	1					2211.86	0.121	0.371	0.325
405238	1	1				2203.41	0.182	0.244	0.745
405261	2	3				2198.98	0.162	0.246	0.657
405262	3					2196.78	0.241	0.127	1.901
405267	3					2196.57	0.301	0.0577	5.213
405288	1					2202.52	0.123	0.147	0.834
405297	2	3				2203.05	0.209	0.322	0.648
405299	2	2				2208.58	0.112	0.166	0.677
405300	2					2205.6	0.129	0.344	0.374
405301	1					2205.09	0.169	0.222	0.763
405304	2	3				2208.45	0.165	0.301	0.548
405315	2					2205.43	0.127	0.22	0.579
405351	3					2213.27	0.216	0.289	0.749
405365	2	3				2198.84	0.273	0.196	1.393
405366	2					2202.02	0.251	0.139	1.81

Muestra	ILL	Motm	Paragonita	Phengita	Mus	Longitud de Onda Micas	Depth ALOH	Depth H2O	Cristalinidad illitas
405382	3					2197.35	0.314	0.162	1.942
405388	3					2199.57	0.224	0.166	1.349
405390	3	2				2200.78	0.184	0.29	0.634
405399	3	2				2201.57	0.331	0.382	0.865
405400	3					2192.91	0.248	0.273	0.908
405407	1	3				2204.39	0.164	0.242	0.679
405409	3					2205.43	0.209	0.215	0.973
405410	3					2205.96	0.23	0.242	0.949
405411	2	3				2207.07	0.21	0.352	0.596
405413	3					2197.17	0.378	0.297	1.272
405414	2	3				2206.55	0.257	0.387	0.662
405415	3					2203.82	0.222	0.185	1.2
405416	2	3				2207.45	0.236	0.368	0.64
405417	2	3				2205.07	0.207	0.291	0.71
405418	3	2				2207.25	0.237	0.396	0.599
405420	3					2193.72	0.195	0.167	1.169
405422	3					2204.66	0.204	0.241	0.845
405425	2	3				2206.22	0.295	0.485	0.609
405429	3					2197.52	0.318	0.236	1.347
405431	3	1				2209.71	0.199	0.291	0.685
405432	3					2203.37	0.261	0.264	0.989
405433	3	2				2204.11	0.312	0.407	0.765
405434	3	2				2190.02	0.256	0.305	0.838
405435	3	1				2210.07	0.202	0.313	0.646
405437	3	1				2197.85	0.327	0.281	1.163
405438	3	2				2196.89	0.199	0.172	1.155
405441	2	3				2203.84	0.247	0.618	0.4
405450	2			2		2207.32	0.141	0.125	1.12
405455	2	3				2203.83	0.183	0.309	0.594
405456	2					2201.34	0.151	0.243	0.62
405470	1	3				2209.36	0.136	0.183	0.741
405471	2	3				2203.88	0.232	0.309	0.751
405472	3					2204.32	0.285	0.258	1.101
405473	2	1				2206.25	0.127	0.198	0.64
405475	3	2				2205.82	0.167	0.227	0.732
405482	3					2197.74	0.327	0.292	1.12
405489	2	3				2202.19	0.301	0.482	0.626
405490	3	2				2192.88	0.334	0.447	0.747
405493	1	2				2203.9	0.364	0.458	0.794
405496	2	1	2			2194.55	0.206	0.206	1
405505	2	1				2203.5	0.142	0.232	0.614
405512	3					2204.16	0.328	0.167	1.963
405519	3				3	2197.92	0.156	0.101	1.545
405520	2	2				2203.99	0.126	0.18	0.7
405526	3					2198.77	0.167	0.116	1.438
405529	2	3				2205.1	0.283	0.387	0.732
405530	2	3				2185.847	0.213	0.429	0.498
405533	2	3				2206.91	0.22	0.32	0.687

Muestra	ILL	Motm	Paragonita	Phengita	Mus	Longitud de Onda Micas	Depth ALOH	Depth H2O	Cristalinidad illitas
405539	3	1				2205.24	0.221	0.178	1.24
405547	1	3				2209.56	0.0673	0.12	0.559
405576	3	1				2194.99	0.228	0.334	0.683
405590	3					2205.78	0.364	0.3	1.216
405591	3					2191.16	0.258	0.122	2.111
405593	1	2				2202.12	0.146	0.246	0.591
405594	3					2199.2	0.291	0.145	2.01
405596	3	1				2199.1	0.387	0.292	1.328
405597	3	1				2203.88	0.28	0.224	1.251
405604	3					2206.63	0.18	0.22	0.817
405605	1	2				2208.7	0.0705	0.303	0.233
405608	3		3			2198.51	0.182	0.104	1.749
405611	2	2	2			2197.46	0.252	0.402	0.626
405654	3	2				2192.2	0.197	0.309	0.638
405655	1	3				2200.52	0.171	0.421	0.406
405671	1	3				2202.66	0.223	0.343	0.651
405672	3					2205.49	0.166	0.129	1.288
405676	3					2191.87	0.289	0.278	1.04
405701	2	3				2201.98	0.213	0.355	0.6
405703	3	1				2211.47	0.11	0.111	0.992
405706	3	1				2198.35	0.456	0.407	1.12
405713	3	2				2200.2	0.261	0.268	0.973
405718	2	3				2197.81	0.213	0.364	0.585
405736	3	2				2195.03	0.249	0.19	1.308
405740	2	3				2201.73	0.125	0.224	0.557
405741	3					2205.62	0.211	0.159	1.329
405746	2	3				2206.75	0.234	0.347	0.675
405747	3	2				2198.96	0.207	0.267	0.778
405749	3					2194.1	0.31	0.198	1.568
405751	3	1				2201.84	0.261	0.335	0.781
405760	3					2199.41	0.222	0.151	1.473
405763	2	3				2210.47	0.225	0.436	0.516
405767	2					2200.88	0.225	0.249	0.903
405770	2	3				2204.54	0.133	0.375	0.355
405771	3					2195.96	0.256	0.436	0.588
405773	1	3				2212.094	0.168	0.533	0.317
405774	3					2199.88	0.254	0.249	1.019
405775	3					2194.55	0.33	0.0803	4.12
405776	3					2193.09	0.207	0.108	1.91
405777	3					2194.38	0.312	0.095	3.285
405786	2	3				2198.44	0.277	0.376	0.736
405869	2	3				2208.77	0.129	0.303	0.424
405882	3					2191.44	0.182	0.0348	5.226
405913	3					2197.26	0.206	0.349	0.591
406912	1	3				2207.64	0.219	0.282	0.777
406925	1	3				2198.80	0.188	0.184	1.025
406943	3	1				2203.93	0.192	0.157	1.22
406948	2	2				2201.33	0.229	0.152	1.51

Muestra	ILL	Motm	Paragonita	Phengita	Mus	Longitud de Onda Micas	Depth ALOH	Depth H2O	Cristalinidad illitas
406949	2	2				2207.09	0.223	0.293	0.761
406952	3	1	3			2198.34	0.222	0.15	1.477
406954	3	1	3			2195.29	0.233	0.24	0.968
406959	1	2				2205.13	0.229	0.175	1.305
406961	1	3				2213.21	0.185	0.433	0.429
406969	3					2203.79	0.268	0.332	0.80
406970	3		3			2199.20	0.261	0.296	0.886
406987	1	3				2204.23	0.143	0.27	0.532
406999	1	3				2204.96	0.183	0.283	0.647
407855	3					2204.72	0.276	0.251	1.098
407865	3	1				2202.56	0.217	0.258	0.84
407870	1	3				2206.07	0.207	0.368	0.563
407874	1	3				2204.51	0.179	0.37	0.484
407875	1	3				2198.08	0.234	0.42	0.558
407876	2	3				2207.47	0.176	0.289	0.608
407877	3	2				2206.08	0.229	0.22	1.04
407878	1	2				2208.34	0.153	0.336	0.456
407880	2	3				2208.27	0.152	0.286	0.53
407882	2	3				2205.86	0.233	0.442	0.527
407883	2	3				2207.69	0.154	0.312	0.495
407886	3	1				2198.74	0.204	0.228	0.893
407887	3	1				2200.65	0.222	0.311	0.714
407888	3					2199.32	0.26	0.305	0.851
407893	2	1				2201.28	0.203	0.29	0.7
407894	3					2203.25	0.198	0.246	0.804
407896	3					2201.31	0.226	0.212	1.067
407897	2				2	2206.66	0.155	0.16	0.97
407898	1	2				2209.32	0.227	0.363	0.626
407918	1	3				2200.07	0.161	0.243	0.662
407924	1				1	2199.9	0.174	0.159	1.094
407926	2	3				2212.58	0.0716	0.181	0.396
407930	3	1				2205.33	0.266	0.278	0.958
407934	3					2203.78	0.247	0.257	0.96
407937	3					2197.88	0.291	0.187	1.555
407940	3					2202.07	0.372	0.28	1.331
407941	3					2198.46	0.454	0.297	1.53
407942	2					2201.65	0.144	0.167	0.86
407946	3					2192.72	0.232	0.207	1.118
407949	1	3				2205.71	0.144	0.239	0.604
407951	2	3				2204.21	0.197	0.313	0.629
407952	3	1				2204.45	0.253	0.25	1.01
407953	3					2198.37	0.228	0.211	1.084
407954	1	3				2208.89	0.168	0.353	0.476
407963	3	1				2208.88	0.226	0.257	0.88
407964	2	3				2204.89	0.273	0.392	0.696
407965	3	2				2207.83	0.0724	0.172	0.421
407966	3	2				2208.23	0.228	0.33	0.691
407967	3	2				2211.18	0.218	0.285	0.765

Muestra	ILL	Motm	Paragonita	Phengita	Mus	Longitud de Onda Micas	Depth ALOH	Depth H2O	Cristalinidad illitas
407968	3	1				2208.55	0.314	0.291	1.079
407971	3					2202.31	0.203	0.217	0.935
407975	2	3				2206.62	0.165	0.323	0.509
407976	1	3				2206.49	0.0822	0.233	0.353
407977	1	3				2207.8	0.201	0.529	0.381
407978	1	3				2209.04	0.219	0.519	0.422
407979	1	3				2206.57	0.178	0.475	0.374
407983	3	1				2204.94	0.212	0.255	0.831
407986	1	3				2209.66	0.168	0.365	0.462
407987	1	3				2206.45	0.23	0.451	0.509
407989	2					2204.76	0.201	0.527	0.382
407990	2	3				2206.14	0.133	0.3	0.444
407991	2	3				2205.48	0.144	0.395	0.365
407992	2	3				2207.74	0.181	0.317	0.571
407994	3	2				2198.01	0.208	0.252	0.824
409004	1	3				2208.42	0.0843	0.548	0.154
409008	1	3				2209.72	0.111	0.421	0.263
409010	2	3				2207.33	0.178	0.384	0.462
409011	2	3				2201.49	0.244	0.405	0.601
409246	2	2				2207.15	0.27	0.361	0.748
409251	2	2				2205.24	0.224	0.281	0.798
409252	3	2				2208.92	0.242	0.288	0.841
409256	2	2				2207.99	0.257	0.423	0.607
409257	3	1				2207.47	0.196	0.284	0.691
409262	3	1				2206.25	0.246	0.248	0.992
409272	2	2				2203.75	0.179	0.3	0.597
409273	1	3				2206.31	0.261	0.308	0.845
409281	3	1				2210.08	0.303	0.227	1.332
409293	1	3				2204.15	0.166	0.193	0.861
409306	1	3				2207.23	0.244	0.369	0.66
409307	1	3				2207.05	0.274	0.444	0.616
409322	1	3				2206.07	0.235	0.33	0.713
409325	3	1				2210.801	0.232	0.265	0.875
409329	3	1				2197.73	0.314	0.298	1.054
409330	3				3	2198.21	0.338	0.128	2.641
409334	1	3				2203.81	0.215	0.373	0.577
409338	2	2				2206.91	0.163	0.27	0.603
409353	1	3				2206.7	0.256	0.368	0.696
409360	1	3				2205.54	0.29	0.331	0.876
409444	3	1	3			2196.95	0.275	0.216	1.269
409446	3	1				2203.04	0.25	0.192	1.303
409451	3	1				2205.12	0.227	0.354	0.642
409459	2	1	2			2194.29	0.187	0.133	1.402
409478	3	1	3			2197.86	0.336	0.371	0.905
409482	3	1	3			2195.26	0.26	0.228	1.14
409493	1	2				2196.21	0.153	0.351	0.45
409497	2	2				2204.27	0.197	0.267	0.739
409498	1	2				2201.73	0.262	0.314	0.835

Muestra	ILL	Motm	Paragonita	Phengita	Mus	Longitud de Onda Micas	Depth ALOH	Depth H2O	Cristalinidad illitas
409501	3					2202.79	0.229	0.295	0.775
409502	1	3				2207.33	0.196	0.279	0.7
409514	1	3				2206.98	0.172	0.306	0.561
409528	1	3				2195.16	0.181	0.216	0.835
409540	3		3			2200.38	0.264	0.254	1.037
409562	3	1	3			2193.16	0.285	0.394	0.723
409576	3	1				2202.72	0.171	0.228	0.753
409597	3		3			2199.66	0.35	0.101	3.48
409613	3	1				2193.76	0.22	0.182	1.213
409618	3		3			2196.04	0.369	0.268	1.377
409620	3	1	3			2195.46	0.29	0.216	1.345
409627	3	1	3			2195.26	0.264	0.253	1.041
409641	2	2	2			2195.78	0.268	0.299	0.898
12a	2	2				2207.14	0.26	0.202	1.287
14a	3					2202.41	0.331	0.244	1.355
3a	3	2	3			2198.25	0.306	0.25	1.223
405766	3					2193.02	0.246	0.21	1.17
407.972a	2					2200.35	0.277	0.191	1.452
6a	3		3			2195.53	0.332	0.161	2.066
8a	3		3			2196.28	0.331	0.276	1.2
MC05	2	1	2			2195.36	0.211	0.429	0.491
MC06	3	1	3			2200.38	0.231	0.231	0.997

PROYECTO SUR: Geoquímica de Au, Ag, Sr, Pb, K y Na en rocas con alunita

SAMPLE	Índice Composicional Alunita (Longitud de Onda nm.)	Alunita K (nm.)	Alunita Na (nm.)	Au_ppm	Ag_ppm	Sr_ppm	Pb_ppm	K_pct	Na_pct	(K + Na)/ Na molar	Sr/Pb	Ag/Au
401080	1477	1477		0.01	0.2	8.1	6	0.04	0.01	0.30	1.35	20.00
401121	1476	1476		0.014	0.2	31.6	20	0.06	0.01	0.22	1.58	14.29
401135	1480.99	1480.99		0.005	0.2	13.9	6	0.15	0.01	0.10	2.32	40.00
401387	1490.25		1490.25	0.005	0.2	14.6	11	0.09	0.03	0.36	1.33	40.00
401391	1478.47	1478.47		0.006	0.2	47.9	2	0.18	0.03	0.22	23.95	33.33
401392	1485.22		1485.22	0.005	0.2	66.4	16	0.05	0.03	0.51	4.15	40.00
401398	1478.83	1478.83		0.018	0.2	26.7	11	0.01	0.01	0.63	2.43	11.11
401403	1477.93	1477.93		0.005	0.2	12.8	4	0.06	0.01	0.22	3.20	40.00
401404	1478.5	1478.5		0.005	0.2	6.3	6	0.14	0.01	0.11	1.05	40.00
401411	1477.94	1477.94		0.005	0.2	37.6	4	0.14	0.02	0.20	9.40	40.00
401413	1477.34	1477.34		0.007	0.2	17.4	8	0.05	0.01	0.25	2.18	28.57
401414	1478.1	1478.1		0.005	0.2	15.5	8	0.1	0.02	0.25	1.94	40.00
401418	1480	1480		0.005	0.2	75.5	21	0.01	0.01	0.63	3.60	40.00
401419	1480.63	1480.63		0.005	0.3	42.4	9	0.14	0.05	0.38	4.71	60.00
401423	1489.13		1489.13	0.006	0.2	39.9	33	0.03	0.02	0.53	1.21	33.33
401424	1478.21	1478.21		0.023	0.2	44.1	15	0.05	0.01	0.25	2.94	8.70
405118	1481.14	1481.14		0.005	0.2	35	18	0.02	0.01	0.46	1.94	40.00
405119	1481	1481		0.005	0.2	38.9	15	0.11	0.04	0.38	2.59	40.00
405120	1479.19	1479.19		0.005	0.2	25.3	13	0.07	0.02	0.33	1.95	40.00
405125	1490.52		1490.52	0.005	0.3	34.7	20	0.1	0.04	0.40	1.74	60.00
405126	1480.37	1480.37		0.005	0.3	21	16	0.09	0.02	0.27	1.31	60.00
405127	1476.78	1476.78		0.005	0.3	7.7	2	0.04	0.01	0.30	3.85	60.00
405128	1479.05	1479.05		0.005	0.2	31.8	5	0.18	0.04	0.27	6.36	40.00
405129	1478.99	1478.99		0.005	0.2	17.4	10	0.15	0.03	0.25	1.74	40.00
405130	1479.76	1479.76		0.005	0.2	26.9	4	0.15	0.05	0.36	6.73	40.00
405131	1481.13	1481.13		0.005	0.3	14.5	2	0.04	0.02	0.46	7.25	60.00
405132	1485.86		1485.86	0.005	0.2	20	5	0.11	0.08	0.55	4.00	40.00
405133	1485.1		1485.1	0.005	0.2	28.9	8	0.08	0.06	0.56	3.61	40.00
405135	1481.51	1481.51		0.005	0.2	125	13	0.09	0.11	0.68	9.62	40.00
405137	1477.27	1477.27		0.005	0.2	37.6	17	0.13	0.02	0.21	2.21	40.00
405138	1480.54	1480.54		0.005	0.2	55.6	11	0.13	0.03	0.28	5.05	40.00
405139	1478.28	1478.28		0.005	0.3	10	4	0.21	0.03	0.20	2.50	60.00
405145	1480.38	1480.38		0.007	0.4	30.3	8	0.04	0.01	0.30	3.79	57.14
405168	1488.07		1488.07	0.005	0.4	8.6	6	0.15	0.01	0.10	1.43	80.00
405169	1479.95	1479.95		0.005	0.2	30.5	12	0.1	0.03	0.34	2.54	40.00
405170	1479.73	1479.73		0.005	0.2	14	4	0.16	0.03	0.24	3.50	40.00
405171	1477.52	1477.52		0.005	0.2	24.8	4	0.1	0.03	0.34	6.20	40.00
405172	1486.15		1486.15	0.005	0.2	25.5	9	0.11	0.08	0.55	2.83	40.00
405173	1481.05	1481.05		0.005	0.3	15.5	6	0.08	0.03	0.39	2.58	60.00
405174	1483.1	1483.1		0.005	0.2	24.1	7	0.14	0.05	0.38	3.44	40.00
405177	1484.79	1484.79		0.005	0.2	21.1	6	0.09	0.04	0.43	3.52	40.00
405178	1480.3	1480.3		0.005	0.3	38.2	10	0.1	0.03	0.34	3.82	60.00
405179	1478.59	1478.59		0.005	0.2	10.8	4	0.12	0.01	0.12	2.70	40.00
405180	1478.78	1478.78		0.006	0.2	21.3	6	0.13	0.03	0.28	3.55	33.33
405181	1477	1477		0.005	0.2	25.1	5	0.11	0.02	0.24	5.02	40.00
405187	1480.29	1480.29		0.005	0.3	14.5	44	0.13	0.01	0.12	0.33	60.00
405191	1480.47	1480.47		0.005	0.3	33.4	15	0.09	0.03	0.36	2.23	60.00
405194	1482.44	1482.44		0.005	0.2	53.4	12	0.04	0.02	0.46	4.45	40.00
405199	1478	1478		0.005	0.2	30.3	19	0.03	0.01	0.36	1.59	40.00
405254	1494	1477.92	1494	0.005	0.2	31	9	0.02	0.01	0.46	3.44	40.00
405255	1478.06	1478.06		0.014	0.2	9.3	4	0.02	0.01	0.46	2.33	14.29
405260	1493	1478.33	1493	0.005	0.2	25.4	8	0.03	0.01	0.36	3.18	40.00
405266	1478.42	1478.42		0.005	0.2	32.2	4	0.08	0.02	0.30	8.05	40.00
405268	1483.15	1483.15		0.005	0.2	56.8	4	0.1	0.05	0.46	14.20	40.00
405269	1477.43	1477.43		0.005	0.2	5.7	9	0.02	0.01	0.46	0.63	40.00
405270	1477	1477		0.005	0.2	11.7	7	0.13	0.03	0.28	1.67	40.00
405271	1478.46	1478.46		0.005	0.2	19.1	22	0.1	0.04	0.40	0.87	40.00
405273	1494	1478	1494	0.005	0.2	15.3	7	0.09	0.01	0.16	2.19	40.00
405352	1477.34	1477.34		0.007	0.3	33.5	21	0.15	0.05	0.36	1.60	42.86
405353	1477.15	1477.15		0.005	0.3	5.3	6	0.01	0.01	0.63	0.88	60.00
405354	1477	1477		0.005	0.3	12.6	7	0.04	0.01	0.30	1.80	60.00
405356	1477.21	1477.21		0.049	0.2	17.3	21	0.18	0.03	0.22	0.82	4.08
405359	1479.64	1479.64		0.005	0.2	47.2	9	0.2	0.06	0.34	5.24	40.00
405276	1491.36		1491.36	0.014	0.2	41.5	15	0.01	0.02	0.77	2.77	14.29
405280	1476.76	1476.76		0.005	0.2	17.2	2	0.04	0.01	0.30	8.60	40.00
405293	1478.41	1478.41		0.006	0.2	29.9	15	0.06	0.01	0.22	1.99	33.33
405331	1477	1477		0.005	0.2	15	9	0.27	0.01	0.06	1.67	40.00
405372	1479.32	1479.32		0.005	0.2	26.3	9	0.1	0.02	0.25	2.92	40.00

SAMPLE	Indice Composicional Alunita (Longitud de Onda nm.)	Alunita K (nm.)	Alunita Na (nm.)	Au_ppm	Ag_ppm	Sr_ppm	Pb_ppm	K_pct	Na_pct	(K + Na)/ Na molar	Sr/Pb	Ag/Au
405381	1478.17	1478.17		0.015	0.2	52.6	14	0.14	0.02	0.20	3.76	13.33
405386	1477.29	1477.29		0.005	0.4	36.2	8	0.12	0.02	0.22	4.53	80.00
405387	1479.53	1479.53		0.005	0.2	30	25	0.11	0.04	0.38	1.20	40.00
405394	1477	1477		0.005	0.2	78	52	0.09	0.01	0.16	1.50	40.00
405397	1476.93	1476.93		0.005	0.2	25.7	10	0.17	0.01	0.09	2.57	40.00
405474	1476.87	1476.87		0.064	0.4	13.5	13	0.21	0.02	0.14	1.04	6.25
405477	1478.54	1478.54		0.009	0.3	12.3	8	0.1	0.02	0.25	1.54	33.33
405480	1479.87	1479.87		0.007	0.2	85	8	0.09	0.02	0.27	10.63	28.57
405553	1478.29	1478.29		0.005	0.2	16.3	3	0.12	0.02	0.22	5.43	40.00
405554	1478.45	1478.45		0.005	0.2	32.9	31	0.11	0.03	0.32	1.06	40.00
405555	1477.52	1477.52		0.005	0.2	28.8	5	0.11	0.01	0.13	5.76	40.00
405557	1493	1476.68	1493	0.005	0.2	34.3	13	0.05	0.02	0.40	2.64	40.00
405442	1478.81	1478.81		0.005	0.2	57.5	8	0.11	0.01	0.13	7.19	40.00
405444	1476.42	1476.42		0.01	0.2	34.2	113	0.11	0.02	0.24	0.30	20.00
405484	1495	1477	1495	0.005	0.2	22.7	4	0.05	0.01	0.25	5.68	40.00
405486	1477.37	1477.37		0.005	0.3	7.7	3	0.21	0.01	0.07	2.57	60.00
405487	1492.05		1492.05	0.014	0.2	33.8	14	0.07	0.04	0.49	2.41	14.29
405488	1483.88	1483.88		0.005	0.2	29.8	11	0.12	0.06	0.46	2.71	40.00
405510	1477.45	1477.45		0.005	0.2	13	5	0.03	0.01	0.36	2.60	40.00
405511	1484.13	1484.13		0.005	0.2	18.2	2	0.1	0.05	0.46	9.10	40.00
405515	1479.77	1479.77		0.005	0.3	20	8	0.07	0.03	0.42	2.50	60.00
405516	1477.83	1477.83		0.005	0.2	14.2	2	0.14	0.02	0.20	7.10	40.00
405517	1487		1487	0.005	0.2	30.4	10	0.18	0.01	0.09	3.04	40.00
405525	1482.9	1482.9		0.005	0.3	259	2	0.91	0.07	0.12	129.50	60.00
405528	1477.3	1477.3		0.005	0.2	29.9	18	0.09	0.01	0.16	1.66	40.00
405560	1476.96			0.005	0.2	20.9	51	0.01	0.01	0.63	0.41	40.00
405564	1478.11	1478.11		0.005	0.2	30.1	8	0.08	0.01	0.18	3.76	40.00
405565	1478.22	1478.22		0.005	0.2	45.3	10	0.22	0.04	0.24	4.53	40.00
405568	1477.78	1477.78		0.005	0.3	7.1	5	0.05	0.01	0.25	1.42	60.00
405569	1478.9	1478.9		0.005	0.2	44.1	28	0.17	0.06	0.38	1.58	40.00
405570	1486.99		1486.99	0.005	0.2	32.2	40	0.02	0.01	0.46	0.81	40.00
405571	1478.48	1478.48		0.005	0.3	21.8	9	0.12	0.03	0.30	2.42	60.00
405572	1477.2	1477.2		0.005	0.2	14.3	9	0.1	0.02	0.25	1.59	40.00
405573	1480.35	1480.35		0.005	0.4	25.8	6	0.1	0.03	0.34	4.30	80.00
405574	1482.32	1482.32		0.005	0.2	28.3	9	0.12	0.04	0.36	3.14	40.00
405541	1479.97	1479.97		0.005	0.3	22.2	20	0.04	0.01	0.30	1.11	60.00
405545	1480	1480		0.005	0.2	9.3	17	0.22	0.01	0.07	0.55	40.00
405586	1481.01	1481.01		0.005	0.2	60.6	6	0.09	0.03	0.36	10.10	40.00
405587	1482.35	1482.35		0.005	0.2	23.3	9	0.08	0.04	0.46	2.59	40.00
405588	1481.74	1481.74		0.005	0.2	34.9	14	0.09	0.02	0.27	2.49	40.00
405592	1480.83	1480.83		0.005	0.2	28.4	2	0.1	0.04	0.40	14.20	40.00
405598	1478.11	1478.11		0.005	0.2	20.9	11	0.09	0.01	0.16	1.90	40.00
405599	1481.49	1481.49		0.005	0.2	20.6	7	0.07	0.02	0.33	2.94	40.00
405600	1483.19	1483.19		0.005	0.2	14.6	20	0.02	0.01	0.46	0.73	40.00
405622	1478.27	1478.27		0.005	0.2	54	3	0.04	0.01	0.30	18.00	40.00
405628	1476.79			0.005	0.2	60.2	14	0.32	0.01	0.05	4.30	40.00
405632	1476.55	1476.55		0.005	0.2	22.6	9	0.02	0.01	0.46	2.51	40.00
405666	1477.77			0.005	0.2	17.8	10	0.05	0.01	0.25	1.78	40.00
405707	1481.18	1481.18		0.005	0.2	21	7	0.08	0.02	0.30	3.00	40.00
405724	1483.71	1483.71		0.005	0.3	24.9	2	0.07	0.04	0.49	12.45	60.00
405725	1479.37	1479.37		0.005	0.3	13.5	13	0.15	0.03	0.25	1.04	60.00
405726	1479.9	1479.9		0.005	0.2	10.5	3	0.15	0.02	0.18	3.50	40.00
405727	1482.1	1482.1		0.005	0.2	30.6	4	0.08	0.03	0.39	7.65	40.00
405728	1481.04	1481.04		0.007	0.2	8.3	10	0.02	0.01	0.46	0.83	28.57
405729	1477	1477		0.005	0.2	27.3	5	0.01	0.01	0.63	5.46	40.00
405732	1479.64	1479.64		0.005	0.2	17.3	14	0.07	0.01	0.20	1.24	40.00
405739	1479.62	1479.62		0.005	0.2	18	10	0.04	0.01	0.30	1.80	40.00
405742	1478.77	1478.77		0.005	0.2	27.6	7	0.08	0.03	0.39	3.94	40.00
405744	1478.02	1478.02		0.005	0.2	14.1	2	0.15	0.02	0.18	7.05	40.00
405752	1481.82	1481.82		0.005	0.2	22.2	8	0.09	0.03	0.36	2.78	40.00
405753	1477.23	1477.23		0.005	0.3	11.4	5	0.12	0.01	0.12	2.28	60.00
405757	1481.06	1481.06		0.005	0.5	30.9	2	0.16	0.07	0.43	15.45	100.00
405758	1481.92	1481.92		0.005	0.2	20	10	0.09	0.04	0.43	2.00	40.00
405759	1482.06	1482.06		0.005	0.4	16.2	3	0.09	0.04	0.43	5.40	80.00
405637	1475.79			0.005	0.2	55	2	0.04	0.01	0.30	27.50	40.00
405640	1479.739			0.005	0.2	80.3	4	0.08	0.02	0.30	20.08	40.00
405641	1479.74			0.005	0.2	62.5	15	0.04	0.01	0.30	4.17	40.00
405696	1475.25			0.005	0.2	196	14	0.03	0.02	0.53	14.00	40.00
405750	1482.1	1482.1		0.005	0.2	19.4	2	0.07	0.01	0.20	9.70	40.00
405787	1479.89	1479.89		0.005	0.2	33.8	2	0.02	0.01	0.46	16.90	40.00
405788	1477.66	1477.66		0.006	0.2	49.5	24	0.07	0.01	0.20	2.06	33.33

SAMPLE	Indice Composicional Alunita (Longitud de Onda nm.)	Alunita K (nm.)	Alunita Na (nm.)	Au_ppm	Ag_ppm	Sr_ppm	Pb_ppm	K_pct	Na_pct	(K + Na)/ Na molar	Sr/Pb	Ag/Au
405789	1477.78	1477.78		0.007	0.2	50.6	16	0.06	0.01	0.22	3.16	28.57
405795	1476	1476		0.005	0.2	67.9	10	0.03	0.01	0.36	6.79	40.00
405801	1478	1478		0.005	0.2	53.6	10	0.04	0.05	0.68	5.36	40.00
405802	1476.68	1476.68		0.005	0.2	27.5	2	0.02	0.01	0.46	13.75	40.00
405874	1481.69	1481.69		0.005	0.2	31.1	2	0.07	0.03	0.42	15.55	40.00
405875	1485.63		1485.63	0.005	0.2	24.2	9	0.09	0.05	0.49	2.69	40.00
405876	1482.87	1482.87		0.005	0.2	64	10	0.19	0.1	0.47	6.40	40.00
405877	1481.68	1481.68		0.005	0.2	39	2	0.14	0.04	0.33	19.50	40.00
405878	1480.62	1480.62		0.005	0.2	11.7	5	0.07	0.01	0.20	2.34	40.00
405880	1478.72	1478.72		0.008	0.3	24.3	6	0.14	0.01	0.11	4.05	37.50
405881	1479.15	1479.15		0.005	0.2	13.6	2	0.06	0.01	0.22	6.80	40.00
405883	1479.47	1479.47		0.005	0.2	10	2	0.09	0.03	0.36	5.00	40.00
405885	1486.19		1486.19	0.005	0.2	24	2	0.14	0.07	0.46	12.00	40.00
405886	1481.04	1481.04		0.005	0.2	31.2	9	0.1	0.03	0.34	3.47	40.00
405887	1479.34	1479.34		0.005	0.2	14.5	3	0.04	0.01	0.30	4.83	40.00
405907	1475.214			0.005	0.2	112	4	0.06	0.01	0.22	28.00	40.00
405908	1477	1477		0.005	0.2	53.4	6	0.03	0.01	0.36	8.90	40.00
405909	1477	1477		0.005	0.2	37.2	2	0.11	0.01	0.13	18.60	40.00
405910	1478.49	1478.49		0.035	0.2	36.6	2	0.06	0.01	0.22	18.30	5.71
405957	1475.11			0.042	0.2	18.2	2	0.07	0.01	0.20	9.10	4.76
405960	1478.33			0.056	0.4	29.2	8	0.08	0.01	0.18	3.65	7.14
407856	1482.62	1482.62		0.005	0.2	81	15	0.15	0.05	0.36	5.40	40.00
407857	1481.28	1481.28		0.011	0.2	62	48	0.21	0.04	0.24	1.29	18.18
407860	1482.71	1482.71		0.005	0.2	55	11	0.11	0.04	0.38	5.00	40.00
407862	1478.69	1478.69		0.005	0.2	15	2	0.23	0.02	0.13	7.50	40.00
407863	1480.62	1480.62		0.005	0.2	34	2	0.22	0.04	0.24	17.00	40.00
407864	1480.26	1480.26		0.005	0.2	49	2	0.22	0.06	0.32	24.50	40.00
407866	1481.42	1481.42		0.005	0.2	64	10	0.19	0.05	0.31	6.40	40.00
407867	1489.77		1489.77	0.005	0.2	15	4	0.22	0.03	0.19	3.75	40.00
407868	1483.19	1483.19		0.005	0.2	111	3	0.17	0.06	0.38	37.00	40.00
407869	1478.61	1478.61		0.005	0.2	23	8	0.2	0.01	0.08	2.88	40.00
407873	1484.76	1484.76		0.005	0.2	60	4	0.16	0.04	0.30	15.00	40.00
407900	1481.72	1481.72		0.005	0.2	56	19	0.15	0.04	0.31	2.95	40.00
407901	1478.77	1478.77		0.026	0.7	45	30	0.09	0.02	0.27	1.50	26.92
407902	1481.05	1481.05		0.005	0.2	82	17	0.12	0.04	0.36	4.82	40.00
407904	1479.22	1479.22		0.005	0.2	45	8	0.1	0.02	0.25	5.63	40.00
407905	1482.49	1482.49		0.005	0.2	32	8	0.17	0.07	0.41	4.00	40.00
407907	1479.44	1479.44		0.005	0.2	50	21	0.04	0.01	0.30	2.38	40.00
407910	1485.8		1485.8	0.011	0.2	85	4	0.06	0.05	0.59	21.25	18.18
407911	1481.8	1481.8		0.018	0.2	66	16	0.02	0.01	0.46	4.13	11.11
407914	1479.65	1479.65		0.005	0.2	123	23	0.09	0.02	0.27	5.35	40.00
407922	1478.97	1478.97		0.006	0.2	66	6	0.13	0.02	0.21	11.00	33.33
407925	1481.2	1481.2		0.008	0.2	19	18	0.28	0.04	0.20	1.06	25.00
407928	1482.57	1482.57		0.005	0.2	66	13	0.14	0.04	0.33	5.08	40.00
407932	1482.56	1482.56		0.005	0.2	70	2	0.08	0.03	0.39	35.00	40.00
407933	1483.4	1483.4		0.005	0.2	61	3	0.09	0.03	0.36	20.33	40.00
407936	1480.64	1480.64		0.005	0.2	35	8	0.07	0.02	0.33	4.38	40.00
407944	1479.47	1479.47		0.005	0.2	38	6	0.08	0.02	0.30	6.33	40.00
407970	1478.74	1478.74		0.005	0.2	24	10	0.05	0.01	0.25	2.40	40.00
409005	1477.45	1477.45		0.005	0.2	116	5	0.15	0.01	0.10	23.20	40.00
409006	1479.28	1479.28		0.005	0.2	161	8	0.12	0.02	0.22	20.13	40.00
409013	1480.43	1480.43		0.008	0.2	252	5	0.13	0.02	0.21	50.40	25.00
409017	1481.29	1481.29		0.005	0.2	254	5	0.1	0.02	0.25	50.80	40.00
409027	1477.91	1477.91		0.005	0.2	13	4	0.23	0.01	0.07	3.25	40.00
409028	1477.08	1477.08		0.015	0.2	30	4	0.18	0.03	0.22	7.50	13.33
409029	1479.29	1479.29		0.005	0.2	24	8	0.2	0.03	0.20	3.00	40.00
409030	1497	1478.21	1497	0.006	0.2	25	70	0.04	0.01	0.30	0.36	33.33
409331	1478.7	1478.7		0.008	0.2	44	20	0.04	0.02	0.46	2.20	25.00
409335	1484.79	1484.79		0.005	0.2	43	14	0.04	0.03	0.56	3.07	40.00
409339	1478.28	1478.28		0.011	0.3	36	40	0.17	0.01	0.09	0.90	27.27
409354	1478.01	1478.01		0.005	0.2	36	7	0.12	0.02	0.22	5.14	40.00
409355	1477.82	1477.82		0.005	0.2	31	5	0.19	0.03	0.21	6.20	40.00
409356	1477.93	1477.93		0.006	0.2	21	4	0.04	0.01	0.30	5.25	33.33
409357	1478.42	1478.42		0.005	0.2	22	4	0.16	0.02	0.18	5.50	40.00
409600	1479.67	1479.67		0.011	0.2	52	38	0.11	0.02	0.24	1.37	18.18
409601	1482.51			0.012	0.2	200	11	0.01	0.01	0.63	18.18	16.67
409604	1487.72		1487.72	0.01	0.2	141	19	0.1	0.05	0.46	7.42	20.00
409607	1478.49	1478.49		0.006	0.2	109	6	0.12	0.02	0.22	18.17	33.33
409625	1478.39	1478.39		0.017	0.2	72	12	0.06	0.01	0.22	6.00	11.76
409629	1475.52	1475.52		0.007	0.3	45	24	0.09	0.05	0.49	1.88	42.86
409631	1477.44	1477.44		0.005	0.2	28	10	0.17	0.02	0.17	2.80	40.00

SAMPLE	Indice Composicional Alunite (Longitud de Onda nm.)	Alunite K (nm.)	Alunite Na (nm.)	Au_ppm	Ag_ppm	Sr_ppm	Pb_ppm	K_pct	Na_pct	(K + Na)/ Na molar	Sr/Pb	Ag/Au
409632	1477.83	1477.83		0.005	0.2	14	9	0.07	0.01	0.20	1.56	40.00
409635	1478.52	1478.52		0.014	0.2	80	101	0.11	0.02	0.24	0.79	14.29
409639	1483.89	1483.89		0.005	0.2	86	18	0.18	0.03	0.22	4.78	40.00
409640	1477.97	1477.97		0.018	0.2	56	29	0.03	0.01	0.36	1.93	11.11
409645	1486.7		1486.7	0.027	0.2	15	17	0.02	0.01	0.46	0.88	7.41
409646	1492.7		1492.7	0.039	0.2	38	34	0.01	0.01	0.63	1.12	5.13
409648	1488.72		1488.72	0.015	0.2	48	22	0.13	0.01	0.12	2.18	13.33
409649	1481.46	1481.46		0.063	0.2	251	77	0.04	0.01	0.30	3.26	3.17
409651	1477.67	1477.67		0.012	0.2	85	16	0.17	0.02	0.17	5.31	16.67
409437	1476.71	1476.71		0.061	0.2	13	31	0.06	0.01	0.22	0.42	3.28
409438	1479.65	1479.65		0.051	0.2	35	14	0.03	0.01	0.36	2.50	3.92
409441	1478.38	1478.38		0.029	0.2	30	25	0.1	0.02	0.25	1.20	6.90
409442	1484.05	1484.05		0.005	0.2	72	7	0.06	0.03	0.46	10.29	40.00
409443	1488.99	1488.99		0.005	0.2	184	6	0.08	0.04	0.46	30.67	40.00
409448	1478.33	1478.33		0.011	0.2	30	29	0.09	0.01	0.16	1.03	18.18
409455	1476.39	1476.39		0.025	0.2	7	2	0.01	0.01	0.63	3.50	8.00
409456	1482.15	1482.15		0.017	0.2	68	14	0.14	0.04	0.33	4.86	11.76
409457	1478.41	1478.41		0.005	0.2	48	12	0.12	0.03	0.30	4.00	40.00
409458	1477.23	1477.23		0.029	0.2	9	20	0.16	0.01	0.10	0.45	6.90
409461	1479.87	1479.87		0.041	1.8	45	47	0.13	0.03	0.28	0.96	43.90
409470	1478.36	1478.36		0.047	0.2	7	7	0.04	0.01	0.30	1.00	4.26
409472	1480.93	1480.93		0.016	0.2	34	11	0.16	0.06	0.39	3.09	12.50
404958	1480.17	1480.17		0.005	0.2	27	9	0.06	0.02	0.36	3.00	40.00
404960	1485.31	1485.31		0.005	0.2	47	10	0.08	0.03	0.39	4.70	40.00
404961	1481.19	1481.19		0.005	0.2	38	7	0.07	0.02	0.33	5.43	40.00
404963	1481.25	1481.25		0.005	0.2	34	16	0.15	0.01	0.10	2.13	40.00
404965	1490.65		1490.65	0.005	0.2	65	11	0.03	0.01	0.36	5.91	40.00
404977	1477.25	1477.25		0.005	0.2	9	4	0.18	0.02	0.16	2.25	40.00
404979	1484.55	1484.55		0.01	0.2	25	10	0.05	0.02	0.40	2.50	20.00
404980	1477.95	1477.95		0.006	0.2	24	5	0.1	0.02	0.25	4.80	33.33
404982	1477.33	1477.33		0.005	0.2	56	2	0.11	0.05	0.44	28.00	40.00
404986	1478.87	1478.87		0.005	0.2	52	2	0.08	0.04	0.46	26.00	40.00
404992	1490.09		1490.09	0.005	0.2	162	10	0.02	0.01	0.46	16.20	40.00
404993	1478.15	1478.15		0.012	0.2	23	5	0.09	0.02	0.27	4.60	16.67
404997	1478.41	1478.41		0.005	0.2	105	3	0.16	0.01	0.10	35.00	40.00
405000	1481.43	1481.43		0.01	0.2	19	9	0.07	0.02	0.33	2.11	20.00
406911	1476.95	1476.95		0.012	0.2	6	20	0.1	0.01	0.15	0.30	16.67
406913	1478.37	1478.37		0.009	0.2	42	43	0.15	0.01	0.10	0.98	22.22
406914	1479.92	1479.92		0.01	0.2	20	17	0.06	0.01	0.22	1.18	20.00
406915	1481.17	1481.17		0.007	0.2	44	8	0.08	0.04	0.46	5.50	28.57
406916	1478.48	1478.48		0.01	0.2	13	8	0.11	0.01	0.13	1.63	20.00
406917	1480.63	1480.63		0.016	0.2	60	41	0.07	0.01	0.20	1.46	12.50
406918	1478.55	1478.55		0.034	0.2	26	6	0.09	0.02	0.27	4.33	5.88
406919	1477.51	1477.51		0.006	0.2	16	5	0.15	0.01	0.10	3.20	33.33
406920	1477.43	1477.43		0.005	0.2	26	6	0.11	0.01	0.13	4.33	40.00
406921	1477.99	1477.99		0.021	0.2	18	7	0.1	0.02	0.25	2.57	9.52
406922	1477.61	1477.61		0.005	0.2	6	8	0.18	0.01	0.09	0.75	40.00
406923	1476.49	1476.49		0.014	0.2	7	11	0.13	0.01	0.12	0.64	14.29
406924	1477.1	1477.1		0.005	0.2	20	34	0.14	0.01	0.11	0.59	40.00
406926	1476.54	1476.54		0.056	0.2	9	14	0.12	0.01	0.12	0.64	3.57
406927	1477.32	1477.32		0.013	0.2	35	90	0.15	0.01	0.10	0.39	15.38
406928	1477.66	1477.66		0.031	0.2	20	20	0.14	0.01	0.11	1.00	6.45
406929	1477.48	1477.48		0.005	0.2	15	6	0.12	0.01	0.12	2.50	40.00
406930	1477.04	1477.04		0.005	0.2	6	4	0.17	0.01	0.09	1.50	40.00
406931	1479.26	1479.26		0.09	0.2	48	7	0.05	0.01	0.25	6.86	2.22
406932	1477.43	1477.43		0.005	0.2	26	11	0.08	0.01	0.18	2.36	40.00
406933	1479.17	1479.17		0.007	0.2	18	7	0.09	0.02	0.27	2.57	28.57
406934	1478.52	1478.52		0.005	0.2	16	12	0.06	0.01	0.22	1.33	40.00
406935	1476.94	1476.94		0.005	0.2	20	13	0.06	0.01	0.22	1.54	40.00
406937	1477.01	1477.01		0.005	0.2	22	18	0.16	0.01	0.10	1.22	40.00
406938	1477.22	1477.22		0.005	0.2	10	15	0.1	0.01	0.15	0.67	40.00
406939	1479.08	1479.08		0.005	0.2	22	6	0.16	0.03	0.24	3.67	40.00
406940	1477.12	1477.12		0.005	0.2	20	9	0.21	0.01	0.07	2.22	40.00
406941	1478.44	1478.44		0.012	0.2	9	7	0.16	0.02	0.18	1.29	16.67
406944	1477.58	1477.58		0.005	0.2	21	14	0.09	0.01	0.16	1.50	40.00
406945	1476.7	1476.7		0.005	0.2	27	8	0.07	0.01	0.20	3.38	40.00
406955	1481.57	1481.57		0.005	0.2	38	16	0.12	0.03	0.30	2.38	40.00
409484	1476.38	1476.38		0.005	0.2	40	2	0.04	0.01	0.30	20.00	40.00
406968	1480.39	1480.39		0.005	0.2	208	22	0.16	0.08	0.46	9.45	40.00
406981	1478.61	1478.61		0.005	0.2	32	14	0.15	0.02	0.18	2.29	40.00
406991	1476.9	1476.9		0.005	0.2	10	6	0.13	0.02	0.21	1.67	40.00

SAMPLE	Indice Composicional Alunita (Longitud de Onda nm.)	Alunita K (nm.)	Alunita Na (nm.)	Au_ppm	Ag_ppm	Sr_ppm	Pb_ppm	K_pct	Na_pct	(K + Na)/Na molar	Sr/Pb	Ag/Au
409495	1488.98		1488.98	0.005	0.2	18	12	0.11	0.02	0.24	1.50	40.00
409507	1477.41	1477.41		0.009	0.2	12	10	0.09	0.01	0.16	1.20	22.22
409513	1479.64	1479.64		0.005	0.2	70	12	0.14	0.05	0.38	5.83	40.00
409515	1478.93	1478.93		0.005	0.2	23	7	0.14	0.03	0.27	3.29	40.00
409520	1476.62	1476.62		0.008	0.2	9	10	0.25	0.01	0.06	0.90	25.00
409524	1477.29	1477.29		0.005	0.2	18	12	0.16	0.02	0.18	1.50	40.00
409525	1478.56	1478.56		0.005	0.2	26	5	0.17	0.03	0.23	5.20	40.00
409530	1476.26	1476.26		0.005	0.2	13	4	0.2	0.02	0.15	3.25	40.00
409531	1476.57	1476.57		0.005	0.2	22	12	0.34	0.02	0.09	1.83	40.00
409532	1476.68	1476.68		0.007	0.2	2	4	0.22	0.01	0.07	0.50	28.57
409533	1476.16	1476.16		0.005	0.2	9	8	0.07	0.01	0.20	1.13	40.00
409534	1477.78	1477.78		0.01	0.2	34	16	0.21	0.04	0.24	2.13	20.00
409536	1476.89	1476.89		0.039	0.2	24	8	0.26	0.03	0.16	3.00	5.13
409537	1476.84	1476.84		0.007	0.2	14	20	0.22	0.03	0.19	0.70	28.57
409541	1478.77	1478.77		0.005	0.2	27	7	0.25	0.04	0.21	3.86	40.00
409549	1477.28	1477.28		0.051	0.2	18	8	0.04	0.02	0.46	2.25	3.92
409550	1490.46	1478.01	1490.46	0.058	0.2	36	10	0.07	0.04	0.49	3.60	3.45
409551	1476.73	1476.73		0.042	0.2	19	3	0.06	0.02	0.36	6.33	4.76

PROYECTO SUR: Geoquímica de La y Pb en rocas con alunita

SAMPLE	Indice Composicional Alunita (Longitud de Onda nm.)	Alunita K (nm.)	Alunita Na (nm.)	La_ppm	Pb_ppm	La/Pb
401080	1477	1477		0.7	6	0.12
401121	1476	1476		0.9	20	0.05
401135	1480.99	1480.99		0.9	6	0.15
401387	1490.25		1490.25	1.2	11	0.11
401391	1478.47	1478.47		0.9	2	0.45
401392	1485.22		1485.22	4	16	0.25
401398	1478.83	1478.83		0.8	11	0.07
401403	1477.93	1477.93		1.6	4	0.40
401404	1478.5	1478.5		2.6	6	0.43
401411	1477.94	1477.94		1.1	4	0.28
401413	1477.34	1477.34		0.8	8	0.10
401414	1478.1	1478.1		0.5	8	0.06
401418	1480	1480		2.3	21	0.11
401419	1480.63	1480.63		1.3	9	0.14
401423	1489.13		1489.13	1.3	33	0.04
401424	1478.21	1478.21		1.8	15	0.12
405118	1481.14	1481.14		3	18	0.17
405119	1481	1481		1.1	15	0.07
405120	1479.19	1479.19		1	13	0.08
405125	1490.52		1490.52	0.7	20	0.04
405126	1480.37	1480.37		0.9	16	0.06
405127	1476.78	1476.78		0.7	2	0.35
405128	1479.05	1479.05		1.4	5	0.28
405129	1478.99	1478.99		0.6	10	0.06
405130	1479.76	1479.76		1.3	4	0.33
405131	1481.13	1481.13		0.5	2	0.25
405132	1485.86		1485.86	1.4	5	0.28
405133	1485.1		1485.1	0.9	8	0.11
405135	1481.51	1481.51		3.4	13	0.26
405137	1477.27	1477.27		0.9	17	0.05
405138	1480.54	1480.54		1.4	11	0.13
405139	1478.28	1478.28		1.4	4	0.35
405145	1480.38	1480.38		1.2	8	0.15
405168	1488.07		1488.07	0.5	6	0.08
405169	1479.95	1479.95		1.5	12	0.13
405170	1479.73	1479.73		1	4	0.25
405171	1477.52	1477.52		1.1	4	0.28
405172	1486.15		1486.15	0.7	9	0.08
405173	1481.05	1481.05		0.7	6	0.12
405174	1483.1	1483.1		1.1	7	0.16
405177	1484.79	1484.79		0.8	6	0.13
405178	1480.3	1480.3		2.5	10	0.25
405179	1478.59	1478.59		1.7	4	0.43
405180	1478.78	1478.78		1.1	6	0.18
405181	1477	1477		1.2	5	0.24
405187	1480.29	1480.29		3.7	44	0.08

SAMPLE	Indice Composicional Alunita (Longitud de Onda nm.)	Alunita K (nm.)	Alunita Na (nm.)	La_ppm	Pb_ppm	La/Pb
405191	1480.47	1480.47		2.8	15	0.19
405194	1482.44	1482.44		3	12	0.25
405199	1478	1478		0.9	19	0.05
405254	1494	1477.92	1494	0.8	9	0.09
405255	1478.06	1478.06		0.5	4	0.13
405260	1493	1478.33	1493	0.6	8	0.08
405266	1478.42	1478.42		1.7	4	0.43
405268	1483.15	1483.15		0.7	4	0.18
405269	1477.43	1477.43		0.5	9	0.06
405270	1477	1477		0.9	7	0.13
405271	1478.46	1478.46		0.9	22	0.04
405273	1494	1478	1494	2.2	7	0.31
405352	1477.34	1477.34		1.8	21	0.09
405353	1477.15	1477.15		0.6	6	0.10
405354	1477	1477		1	7	0.14
405356	1477.21	1477.21		0.8	21	0.04
405359	1479.64	1479.64		1.4	9	0.16
405276	1491.36		1491.36	1.1	15	0.07
405280	1476.76	1476.76		0.5	2	0.25
405293	1478.41	1478.41		2	15	0.13
405331	1477	1477		12.2	9	1.36
405372	1479.32	1479.32		0.8	9	0.09
405381	1478.17	1478.17		1.7	14	0.12
405386	1477.29	1477.29		1.7	8	0.21
405387	1479.53	1479.53		1.1	25	0.04
405394	1477	1477		5.5	52	0.11
405397	1476.93	1476.93		2.7	10	0.27
405474	1476.87	1476.87		1.8	13	0.14
405477	1478.54	1478.54		1.3	8	0.16
405480	1479.87	1479.87		3.3	8	0.41
405553	1478.29	1478.29		0.6	3	0.20
405554	1478.45	1478.45		1.2	31	0.04
405555	1477.52	1477.52		1	5	0.20
405557	1493	1476.68	1493	1	13	0.08
405442	1478.81	1478.81		1.5	8	0.19
405444	1476.42	1476.42		5.5	113	0.05
405484	1495	1477	1495	2.4	4	0.60
405486	1477.37	1477.37		1.2	3	0.40
405487	1492.05		1492.05	3.7	14	0.26
405488	1483.88	1483.88		1.5	11	0.14
405510	1477.45	1477.45		0.7	5	0.14
405511	1484.13	1484.13		0.9	2	0.45
405515	1479.77	1479.77		0.9	8	0.11
405516	1477.83	1477.83		0.8	2	0.40
405517	1487		1487	1.2	10	0.12
405525	1482.9	1482.9		10.3	2	5.15
405528	1477.3	1477.3		1.3	18	0.07
405560	1476.96			0.8	51	0.02
405564	1478.11	1478.11		0.9	8	0.11

SAMPLE	Indice Composicional Alunita (Longitud de Onda nm.)	Alunita K (nm.)	Alunita Na (nm.)	La_ppm	Pb_ppm	La/Pb
405565	1478.22	1478.22		3.6	10	0.36
405568	1477.78	1477.78		0.9	5	0.18
405569	1478.9	1478.9		0.9	28	0.03
405570	1486.99		1486.99	0.5	40	0.01
405571	1478.48	1478.48		0.6	9	0.07
405572	1477.2	1477.2		1.1	9	0.12
405573	1480.35	1480.35		2.1	6	0.35
405574	1482.32	1482.32		1.5	9	0.17
405541	1479.97	1479.97		0.8	20	0.04
405545	1480	1480		29.7	17	1.75
405586	1481.01	1481.01		1.8	6	0.30
405587	1482.35	1482.35		1.2	9	0.13
405588	1481.74	1481.74		0.8	14	0.06
405592	1480.83	1480.83		0.9	2	0.45
405598	1478.11	1478.11		0.9	11	0.08
405599	1481.49	1481.49		1.2	7	0.17
405600	1483.19	1483.19		0.9	20	0.05
405622	1478.27	1478.27		1.8	3	0.60
405628	1476.79			1	14	0.07
405632	1476.55	1476.55		0.5	9	0.06
405666	1477.77			0.5	10	0.05
405707	1481.18	1481.18		0.5	7	0.07
405724	1483.71	1483.71		0.6	2	0.30
405725	1479.37	1479.37		0.8	13	0.06
405726	1479.9	1479.9		0.6	3	0.20
405727	1482.1	1482.1		1	4	0.25
405728	1481.04	1481.04		0.6	10	0.06
405729	1477	1477		0.6	5	0.12
405732	1479.64	1479.64		0.7	14	0.05
405739	1479.62	1479.62		0.7	10	0.07
405742	1478.77	1478.77		2.6	7	0.37
405744	1478.02	1478.02		1.6	2	0.80
405752	1481.82	1481.82		1	8	0.13
405753	1477.23	1477.23		0.9	5	0.18

SAMPLE	Indice Composicional Alunita (Longitud de Onda nm.)	Alunita K (nm.)	Alunita Na (nm.)	La_ppm	Pb_ppm	La/Pb
405757	1481.06	1481.06		1.1	2	0.55
405758	1481.92	1481.92		2.8	10	0.28
405759	1482.06	1482.06		0.8	3	0.27
405637	1475.79			1.4	2	0.70
405640	1479.739			5.9	4	1.48
405641	1479.74			2.9	15	0.19
405696	1475.25			5.8	14	0.41
405750	1482.1	1482.1		0.5	2	0.25
405787	1479.89	1479.89		2	2	1.00
405788	1477.66	1477.66		1.9	24	0.08
405789	1477.78	1477.78		2.1	16	0.13
405795	1476	1476		12	10	1.20
405801	1478	1478		2.4	10	0.24
405802	1476.68	1476.68		0.5	2	0.25
405874	1481.69	1481.69		0.8	2	0.40
405875	1485.63		1485.63	1.4	9	0.16
405876	1482.87	1482.87		1.6	10	0.16
405877	1481.68	1481.68		1.6	2	0.80
405878	1480.62	1480.62		0.8	5	0.16
405880	1478.72	1478.72		0.9	6	0.15
405881	1479.15	1479.15		1.6	2	0.80
405883	1479.47	1479.47		0.6	2	0.30
405885	1486.19		1486.19	0.6	2	0.30
405886	1481.04	1481.04		1.2	9	0.13
405887	1479.34	1479.34		0.8	3	0.27
405907	1475.214			1.2	4	0.30
405908	1477	1477		1.3	6	0.22
405909	1477	1477		0.9	2	0.45
405910	1478.49	1478.49		0.5	2	0.25
405957	1475.11			0.8	2	0.40
405960	1478.33			0.8	8	0.10
407866	1481.42	1481.42		10	10	1.00
407873	1484.76	1484.76		10	4	2.50
407925	1481.2	1481.2		30	18	1.67
407932	1482.56	1482.56		10	2	5.00
407933	1483.4	1483.4		10	3	3.33
409017	1481.29	1481.29		10	5	2.00
409339	1478.28	1478.28		10	40	0.25
409601	1482.51			20	11	1.82
409604	1487.72		1487.72	10	19	0.53
409648	1488.72		1488.72	10	22	0.45
409649	1481.46	1481.46		10	77	0.13
409651	1477.67	1477.67		10	16	0.63
409443	1488.99	1488.99		10	6	1.67
404997	1478.41	1478.41		10	3	3.33
406913	1478.37	1478.37		10	43	0.23
406922	1477.61	1477.61		10	8	1.25
406944	1477.58	1477.58		10	14	0.71
409525	1478.56	1478.56		10	5	2.00

PROYECTO SUR: Resumen Espectral y Geoquimico

Datos Espectrales	# Muestras
ALUNITAS con Au<100 ppm	299
ILLITAS, indice composicional y cristalinidad	403

Elementos Geoquimicos	# Muestras
La > 2.5 ppm, Valor: Min:0.5 - Max:30	178
Sr > 50 ppm, Valor: Min:2 - Max:259	299
Sr/Pb > 5 ppm, Valor: Min:0.3 - Max:129.5	
La/Pb > 0.5 ppm, Valor: Min:0.01 - Max:5.15	
Ag/Au > 40 ppm, Valor: Min:2.22 - Max:100	