

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS

**Análisis geológico a través de Imagen Satelital Aster del cuerpo
Gloria en zonas aledañas para la exploración Browfield en la Unidad
Minera Shuntur SAC**

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

Autor: Bach. José Luis HERMITAÑO SALVADOR

Asesor: Dr. Favio Máximo MENA OSORIO

Cerro de Pasco – Perú - 2020

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS

Análisis geológico a través de Imagen Satelital Aster del cuerpo

Gloria en zonas aledañas para la exploración Browfield en la Unidad

Minera Shuntur SAC

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Mg. Julio Alejandro MARCELO AMES
PRESIDENTE

Mg. Reynaldo MEJIA CACERES
MIEMBRO

Mg. Eder Guido ROBLES MORALES
MIEMBRO

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi esposa por la comprensión y el apoyo brindado en estos años de trabajo y seguimiento que demando realizar dicha obra, a todos los colegas y trabajadores de la Emp. Minera Shuntur S.A.C. en especial estima al Mg. Gervasio Rodríguez Saavedra, Ing. Mijael Trelles y a la Tec. en geología Ruth Ramos S. por el interés en brindar parte de su vida para el desarrollo de esta empresa trabajando con la decisión de impulsar su potencial.

RECONOCIMIENTO

Reconozco y agradezco a Dios por la oportunidad de brindarme el estudiar esta hermosa carrera la cual me ha llenado de satisfacciones, logros y desarrollo profesional y personal, aunque con todo ello también llegaron los días de desvelo y sacrificio; a mis padres por la paciencia y el apoyo desde mis primeros años de formación hasta este momento, a cada uno de los colegas y amigos quienes sin su aporte en experiencia y conocimiento no hubiese podido culminar este trabajo; a los concejos y aportes de parte de mi asesor Dr. Flavio Mena Osorio. A cada uno de ellos que Dios los siga bendiciendo.

José Luis Hermitaño Salvador

Cerro de Pasco, Julio de 2020

RESUMEN

La mina Shuntur SAC se localiza en el distrito de Pira, Provincia de Huaraz y departamento de Ancash. Está estratégicamente ubicada en el flanco oeste de la cordillera negra de los Andes, limitado por la dimensión de sus concesiones hacia el oeste 190600, hacia el este 208000, hacia el norte 8943700 y hacia el sur 89311000.

ASTER cubre una amplia región espectral con 14 bandas, desde el visible al infrarrojo térmico, con una alta resolución espacial, espectral y radiométrica.

El subsistema VNIR obtiene imágenes del visible e infrarrojo cercano (0.52-0.86 μm) en tres bandas con una resolución espacial de 15 metros, además tiene una banda adicional que permite visión estereoscópica y la generación del modelo digital de terreno de cada escena. El subsistema SWIR registra la información en 6 bandas del infrarrojo de onda corta (1.600-2.430 μm) con una resolución espacial de 30 metros.

El subsistema TIR obtiene datos en 5 bandas de la región del infrarrojo térmico (8.125-11.65 μm) con una resolución espacial de 90 metros. La combinación RGB 3 2 1 como las más adecuadas para el mapeo de distintas unidades geológicas. La combinación RGB 4 6 9 se utilizó para la identificación de zonas de alteración hidrotermal debido a que, en general, los minerales que componen las alteraciones argílicas, presentan una firma espectral características, con picos de absorción en las bandas 5 (alunita, caolinita) y 6 (caolinita, montmorillonita, etc.) y reflectancia en la banda 4. Se realizaron cocientes de bandas, índices espectrales y clasificaciones para delimitar de las zonas de alteración hidrotermal en las áreas de denuncia.

Palabras Clave: Targets de exploración, firmas espectrales del cuerpo Gloria.

ABSTRACT

The Shuntur SAC mine is located in the district of Pira, Province of Huaraz and department of Ancash. It is strategically located on the western flank of the Cordillera Negra of the Andes, limited by the size of its concessions to the west 190,600, to the east 208,000, to the north 8,943,700 and to the south 8,931,000.

ASTER covers a wide spectral region with 14 bands, from visible to thermal infrared, with high spatial, spectral and radiometric resolution.

The VNIR subsystem obtains images of the visible and near infrared (0.52-0.86 mm) in three bands with a spatial resolution of 15 meters, it also has an additional band that allows stereoscopic vision and the generation of the digital terrain model of each scene. The SWIR subsystem records information in 6 short-wave infrared bands (1,600-2,430 mm) with a spatial resolution of 30 meters.

The TIR subsystem obtains data in 5 bands of the thermal infrared region (8.125-11.65 mm) with a spatial resolution of 90 meters. The RGB 3 2 1 combination as the most suitable for mapping different geological units. The RGB 4 6 9 combination was used to identify hydrothermal alteration zones because, in general, the minerals that make up argillic alterations present a characteristic spectral signature, with absorption peaks in bands 5 (alunite, kaolinite) and 6 (kaolinite, montmorillonite, etc.) and reflectance in band 4. Band ratios, spectral indices and classifications were made to delimit the zones of hydrothermal alteration in the reported areas.

Keywords: Exploration targets, spectral signatures of the Gloria body.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo se ha llevado a cabo en el marco del convenio minero de la empresa Shuntur SAC. El área de estudio corresponde a la Carta geológica 20N del cuadrángulo de Huaraz localizada en la provincia de Huaraz. La misma se extiende hacia el oeste 190600, hacia el este 208000, hacia el norte 8943700 y hacia el sur 89311000.

El objetivo es el estudio de las zonas de alteración hidrotermal vinculadas a los depósitos minerales con datos satelitales ASTER. Se ha generado el modelo digital del terreno (DEM) y la orto rectificación de cada una de las imágenes ASTER.

La mina Shuntur al estar limitada su expansión de producción en profundidad por la estrangulación de la mineralización se ve forzada a la ubicación de nuevos target para iniciar los trabajos de exploración como lo son el mapeo geológico, como por ejemplo, discriminación de facies graníticas en áreas con cubierta vegetal alta; relaciones entre secuencias volcánicas, intrusivos graníticos y lineamientos estructurales; tipificación de zonas de alteración; aspectos geomorfológicos; diferenciación de rocas metamórficas. En el sector noreste y sur de la mina se encuentran las zonas de alteración argílica objeto de estudios vinculadas a los depósitos minerales y en el corredor noroeste sureste alteraciones propilíticas.

En el presente trabajo se muestran las técnicas de procesamiento y análisis de datos ASTER para estas áreas a fin de identificar nuevas zonas de alteración. La combinación RGB 3 2 1 se toma como base para la interpretación geológica, aumentando el contraste de la imagen, brindando así mayor realce para la diferenciación de las unidades.

INDICE

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

INDICE

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema	1
1.2. Delimitación de la investigación	1
1.3. Formulación del problema	6
1.3.1. Problema Principal	6
1.3.2. Problemas Especificos	6
1.4. Formulación de objetivos	6
1.4.1. Objetivos Generales.....	6
1.4.2. Objetivos Específicos	6
1.5. Justificación de la investigación	7
1.6. Limitaciones de la investigación.....	7

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio.....	9
2.2. Bases teóricas - científicas.....	10
2.3. Definición de términos básicos.....	36
2.4. Formulación de Hipótesis	37
2.4.1. Hipótesis General.....	37
2.4.2. Hipótesis Específicos.....	38
2.5. Identificación de las variables.....	38
2.6. Definición Operacional de variables e indicadores	40

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.....	41
3.2. Métodos de investigación.....	41

3.3. Diseño de investigación.....	41
3.4. Población y muestra.	42
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	42
3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos	43
3.7. Tratamiento Estadístico.	49
3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.	50
3.9. Orientación ética.....	51

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	53
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.	53
4.3. Prueba de Hipótesis.....	72
4.4. Discusión de resultados.....	72

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

INDICE DE CUADROS

CUADRO N° 1: Vías de Accesibilidad.....	¡Error! Marcador no definido.
CUADRO N° 2: Bandas de imagen ASTER.....	12
CUADRO N° 3: Tipos de alteración Hidrotermal y bandas ASTER para la detección de minerales.....	45
CUADRO N° 4: Resumen de tratamiento estadístico descriptivo	50
CUADRO N° 5: Coeficiente de correlación de Pearson	63

INDICE DE GRAFICOS

Gráfico N° 1: Plano de ubicación.....	4
Gráfico N° 2: Características espectrales de minerales de alteración	15
Gráfico N° 3: Columna estratifica de las Cuenca Huarney y Santa.....	22
Gráfico N° 4. Columna estratigráfica local	27
Gráfico N° 5: Espectros de minerales adaptadas a la resolución espectral ASTER	39
Gráfico N° 6: Histograma de % Cu.....	54
Gráfico N° 7: Histograma de Oz, Tc/Ag.....	55
Gráfico N° 8: Histograma de % Zn	55
Gráfico N° 9: Histograma de % Pb	56
Gráfico N° 10: Histograma de % Fe	56
Gráfico N° 11: Boxplot de % Cu.....	57
Gráfico N° 12: Boxplot de Oz, Tc/Ag.....	57
Gráfico N° 13: Boxplot de % Zn.....	58
Gráfico N° 14: Boxplot de % Pb	58
Gráfico N° 15: Boxplot compositado de Cu, Ag y Zn	59

Grafico N° 16: Scartterplot de Oz_Tc/Ag vs Cu.....	60
Gráfico N° 17: Scartterplot de Zn vs Cu	60
Gráfico N° 18: Scartterplot de Pb vs Ag	61
Gráfico N° 19: Scartterplot de C vs Ag vs Zn.....	61
Gráfico N° 20: Matriz PLOT de Cu, Pb, Zn y Ag.....	62
Gráfico N° 21: Dendograma.....	64
Gráfico N° 22: Modelo de elevación digital	64
Gráfico N° 23: Combinación de banda 3 2 1	66
Gráfico N° 24: Combinación de banda 4 6 8	66
Gráfico N° 25: Combinación de banda 4 6 9	67
Gráfico N° 26: Combinación de banda 6 3 1	67
Gráfico N° 27: Cociente de banda 4/5 4/6 4/7	68
Gráfico N° 28: Cociente de banda 3/1 4/6 7/5	69
Gráfico N° 29: OHI (banda 4 * banda 7) / (banda 6* banda 6).....	70
Gráfico N° 30: OHII (banda 4 * banda 7)/(banda 5 * banda 5)	70
Gráfico N° 31: OHI: OHIa y OHIb	71
Gráfico N° 32: ALI: (banda 7 * banda 7) / (banda 5 / banda 8).....	72

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

Siendo necesaria la **ubicación de nuevos targets de exploración y posibles potenciales mineralógicos económicamente rentables** en la mina Shuntur SAC es indispensable conocer el comportamiento geoquímico asociado a sus firmas espectrales en relación a la geología de zonas reconocidas y de esta manera aplicar a nuevas zonas con características geológicas que cuenten con las firmas espectrales similares.

1.2. Delimitación de la investigación

Esta delimitado a las zonas aledañas del área de producción las cuales se ubican exclusivamente en la mina Shuntur, ubicada en la región norte del Perú en el distrito Pira, Provincia de Huaraz y departamento de Ancash a altitudes entre las cotas 3 600 y 4 100 msnm, dista 443 Km – 491 km. de la ciudad de Lima.

1.2.1. Ubicación y accesibilidad a la zona de investigación

La Mina Shuntur, está ubicada en la región norte del Perú en el distrito Pira, Provincia de Huaraz y departamento de Ancash. Está estratégicamente ubicada en el flanco oeste de la cordillera negra de los Andes en la hoja de Huaraz (20h). Su infraestructura de carreteras, energía, comunicaciones, suministros, etc. Se encuentra a altitudes entre las cotas 3 600 y 4 100 msnm, dista 443 Km – 491 km. de la ciudad de Lima, interconectados mediante dos rutas carretera asfaltada y vía afirmada (Cuadro 01).

CUADRO N° 1: Vías de Accesibilidad

RUTA	VIA	DISTANCIA (Km)	TIEMPO
Lima-Casma-Yupash	Carretera asfaltada	480	8 Hrs
Yupash-Pira-Shuntur	Carretera afirmada	11	0.45 minutos
Lima-Huaraz-Yupash	Carretera asfaltada	442	9 hrs
Total	2 Rutas	491/443	8/9 hrs

La propiedad de la mina Shuntur SAC. Abarca una extensión de 1958.76 Has, amparadas por 04 concesiones.

1.2.2. Geomorfología

El área presenta dos unidades geomorfológicas principales:

1. La cordillera negra, se observan con quebradas bien pronunciadas. Y redondeadas en hacia los flancos, cumbres y estribaciones continuos.

2. Valle interandinos, con flancos laterales pronunciados a suaves, conformado por el río Pira y Vado, generando un drenaje dendrítico a sub paralelo nacientes de la cordillera negra.

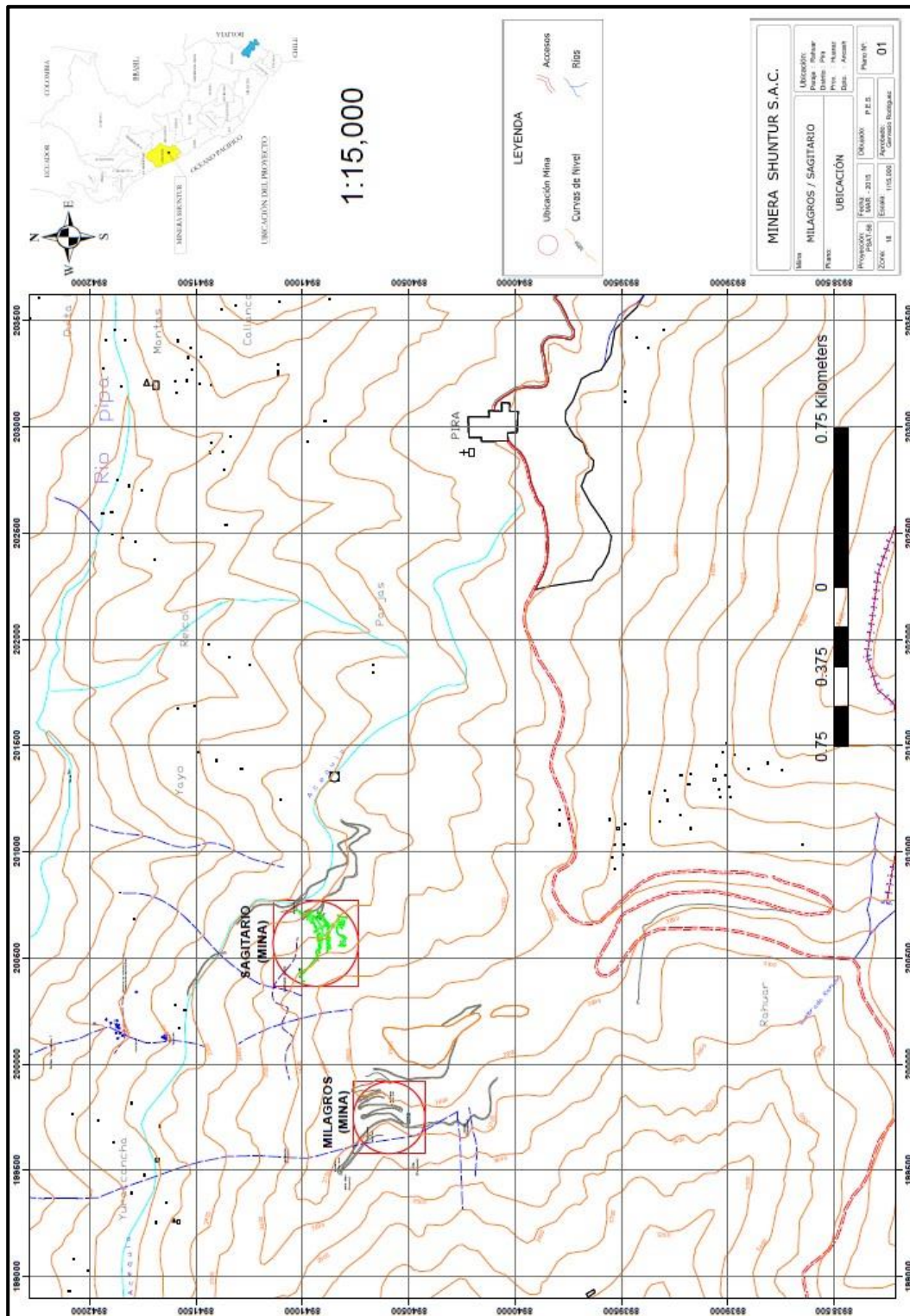


Gráfico N° 1: Plano de ubicación

1.2.3. Clima y vegetación

De acuerdo a la clasificación climática elaborada por SENAMHI, las condiciones climáticas que se presentan en el área son variadas; pues la altitud juega un papel importante en el clima y la vegetación.

El clima de la Región es frío y seco durante todo el año; marcado por dos estaciones: la húmeda de noviembre a abril con precipitaciones de lluvia; y la seca, durante el resto del año, y precipitaciones esporádicas.

Las temperaturas tienen pequeñas variaciones de estación en estación, con cambios durante el día y la noche; sin embargo, en invierno (junio a setiembre).

La temperatura anual promedio se estima que está entre 8.7 °C. Las temperaturas máximas no varían mucho durante el año.

La humedad relativa promedio mensual, se estima 68%, registrándose los mayores valores en los meses de enero, febrero y marzo y los menores valores en el mes de agosto.

La Vegetación del área de estudios es diversa. Debido principalmente a los pisos ecológicos, donde se ubica la mina. .Se Desarrolla vegetación herbácea, arbustico y algunos árboles, como eucaliptus, pino, ciprés, quenuales y quishuar.

La fauna presente en el área se desarrolla animales domésticos, mayores con ganado vacuno, lanar y equino. La flora salvaje lo conforman el zorro andino, perdices, venado, lagartijas y otros.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema Principal

¿Existe una similitud en firmas espectrales del cuerpo Gloria y zonas aledañas las cuales se puedan aplicar a zonas distantes?

1.3.2. Problemas Especificos

¿Cuáles son las características geológicas existentes entre las formaciones Santa, Carhuaz y el Grupo Callipuy las cuales puedan ser detectables a través de imágenes satelitales por medio de la cual se puedan detectar nuevos targets?

Si hay una relación entre los cuerpos reconocidos y las firmas espectrales ¿Cuáles serían las zonas con altas probabilidades de convertirse en futuros blancos de exploración?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivos Generales

Hallar nuevos blancos de exploración los cuales puedan asegurar la vida útil de la mina a largo plazo.

Aplicación optima del software ENVI para la limitación de firmas espectrales las cuales conduzcan a nuevos targets.

1.4.2. Objetivos Específicos

Encontrar la relación existente entre las características geológicas y las firmas espectrales las cuales nos conduzcan a nuevos targets.

Limitar zonas de exploración con alto potencial geológico para convertirse en nuevos targets.

Reconocimiento de firmas espectrales asociados a cuerpos mineralizados en las formaciones Santa, Carhuaz y el Grupo Callipuy en la Cordillera Negra.

1.5. Justificación de la investigación

El agotamiento de las reservas y la no continuidad de la mineralización a niveles más profundos hacen necesario la urgencia de ubicar nuevos blancos.

Dar mayor validez e impulso para el reconocimiento de nuevas zonas para la realización de trabajos detallados.

La presente investigación puede brindar un plan de acción en el tiempo en relación a las reservas de interior mina y las zonas con mayor probabilidad en convertirse las próximas zonas minables que puedan asegurar la vida útil de la mina.

Se cuenta con el personal asignado tanto en interior mina y superficie para poder cubrir las áreas de muestreo, así como también la guía de personal Senior en la materia, en cuanto a la literatura se tiene el material necesario para la consulta requerida y el apoyo de la empresa para el análisis de las muestras.

1.6. Limitaciones de la investigación

El presente trabajo cuenta con una investigación en el área de extensión de 1958.76 Has, amparadas por 04 concesiones, los cuales pertenecen a la empresa minera. Por lo que la presente tesis presenta las siguientes limitaciones:

- El presente trabajo está limitado exclusivamente a las zonas aledañas del área de producción en las cuales las características geológicas guardan correlación con las zonas ya conocidas.

- La investigación será válida en el periodo de tiempo que este se realice, con los datos proporcionados de la empresa, debido a que puede sufrir cambios geomorfológicos, exploraciones y cambios de trascendencia natural.
- La información de base es proporcionada por la empresa, a la fecha de inicio del proyecto, y sus proyecciones están en la misma base, cualquier cambio o tiempo modificaría el proyecto.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio

Los trabajos realizados por la Dra. Romina Arena Corujo en junio del 2016 en su trabajo master “Aplicación de la Teledetección en la Exploración Geominera y de Recursos Naturales”, realiza un análisis detallado de todos los beneficios de la aplicación de imágenes satelitales ASTER al campo geológico, dando una mayor visión de los trabajos que se realizaron para este estudio.

De la misma manera los Sres Cintia Marquetti, Raúl Becchio, Raúl Seggiaro y Kioharu Nakashima presentaron el trabajo “Aplicación De Datos Aster Para El Mapeo De La Hoja Geológica Andalgalá, Catamarca, Argentina” en el Iº Simposio ASTER–GEOSAT, realizado en Argentina, en noviembre de 2004. El objetivo del trabajo fue mostrar la utilización de los datos ASTER para el mapeo geológico regional a escala 1:100.000 y para el estudio de las áreas de alteración hidrotermal

asociadas a los depósitos minerales del Distrito Minero del Cerro Atajo y Filo Colorado.

De igual modo en muchos congresos geológicos es difundido los logros de esta metodología de investigación, como los demostrados por los Sres. Pérez, D. J; D'Odorico, P.; Sequeira, N.; Godeas, M. en el trabajo "Aplicaciones De Datos ASTER En Mapeo Geologico Y Prospección Mineral, Cordillera Frontal (31°45'LS), Provincia De San Juan, Argentina" en la cual se concluyó que el mapeo geológico llevado adelante con datos ASTER contribuyo al mapeo geológico y estructural del área, como así también a la identificación de varias zonas y sus respectivos minerales dentro de blancos de alteración hidrotermal. Las estructuras definidas mediante las imágenes ASTER corresponden a fallas y discordancias mientras que en áreas de alteración hidrotermal fueron identificadas arcillas (illita, illita-esmectita y caolinita), cuarzo y escasa clorita férrica (chamosita), presentes en ignimbritas y tobas del Grupo Choiyoi; las arcillas son indicadoras de una asociación argílica intermedia.

2.2. Bases teóricas - científicas

ASTER (The Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) es un esfuerzo cooperativo entre la NASA y el Ministerio de Comercio Economía e Industria de Japón METI. En 1999 el instrumento se lanzó a bordo del satélite TERRA de la NASA. El objetivo principal de la misión ASTER es mejorar el entendimiento de los procesos a escala local y regional que ocurren sobre o cerca de la superficie de la tierra y en la atmósfera inferior, incluyendo la interacción superficie-atmósfera.

ASTER presenta una órbita heliosincrónica a una distancia de 705 kilómetros, con un ciclo de repetición de 16 días, un ancho de barrido de 60 kilómetros y una distancia entre orbitas de 172 Km. ASTER está compuesto por 3 subsistemas, VNIR, SWIR y TIR; cada uno de cuales presenta características particulares tales como 3 bandas en la región espectral del visible e infrarrojo cercano (VNIR) con una resolución espacial de 15 metros; 6 bandas en la región espectral del infrarrojo de onda corta (SWIR) con una resolución espacial de 30 metros y 5 bandas en el infrarrojo térmico con una resolución espacial de 90 metros (ERSDAC, 2001). ASTER también presenta un telescopio con visión hacia atrás que escanea en la región espectral de la banda 3B, lo que nos permite realizar modelos digitales de terreno (MDT) por pares estereoscópicos.

Productos:

Los productos de ASTER se comercializan en formato HDF – EOS, este formato soporta varios tipos de datos: tablas, anotaciones de texto, varios tipos de imágenes raster, metadatos, entre otros; todos ellos englobados en un rango espectral que se detalla en el cuadro nº 02

CUADRO N° 1: Bandas de imagen ASTER

Subsistema	Banda n°	Rango Espectral	Resolución Espacial
VNIR	1	0.52-0.60 μm	15 m
	2	0.63-0.69 μm	
	3N	0.78-0.86 μm	
	3B	0.52-0.60 μm	
SWIR	4	1.600-1.700 μm	30 m
	5	2.145-2.185 μm	
	6	2.235-2.285 μm	
	7	2.235-2.365 μm	
	8	2.295-2.365 μm	
	9	2.360-2.430 μm	
TIR	10	8.125 – 8.475	90 m
	11	8.475 – 8.825	
	12	8.925 – 9.275	
	13	10.25 – 10.95	
	14	10.95 – 11.65	

A continuación, haremos una breve descripción de algunos productos de ASTER.

- **AST_L1A**, Son datos crudos, dentro del archivo HDF se incluyen, pero no se aplican los coeficientes radiométricos, geométricos y las tablas de corrección del paralaje del SWIR, y una serie de datos suplementarios como la fecha y hora de la captura de la imagen y del procesamiento de la misma, etc.
- **AST_L1B**, a diferencia del producto anterior, este tiene los coeficientes de calibración radiométrica y geométrica aplicados a la imagen, los datos se encuentran orientados al norte de la trayectoria del satélite, el error de paralaje que afecta al SWIR es corregido y se incorpora el atributo SceneCenter, el mismo que nos da las coordenadas centrales de la escena.
- Otros Productos:
 - **AST_06** (VNIR-SWIR-TIR), Archivos a los que se le aplica el realce por decorrelation stretch.
 - **AST_07** (VNIR-SWIR), Archivos en valores de reflectancia de superficie.

- **AST_09** (VNIR-SWIR-TIR), Archivos en valores de radiancia de superficie.
- **AST_14DEM**, modelo de elevación digital relativo, extraído a partir del producto L1A.

2.2.1. Modelo de elevación digital

El modelo de elevación se genera de las bandas 3N (Nadir) Y 3B (Back). A partir de estas imágenes se pueden generar DEM relativo (No se utilizan puntos de control) y un DEM absoluto (Utilizando puntos de control). La precisión aproximada de DEM es:

- **DEM relativo:**

Localización vertical: hasta 10 m sin puntos de control.

Localización horizontal: hasta 10 m sin puntos de control.

- **DEM absoluto:**

Localización vertical: hasta 7 metros con puntos de control.

Localización horizontal: hasta 7 metros con puntos de control.

Aplicaciones:

- Generar topografía hasta una escala de 1/50,000.
- Generar modelos hidrográficos.
- Mapeo detallado de minerales (alunita, pirofilita, caolinita, illita, esmectita, muscovita, clorita, epidota, otros).
- Mapeo de alteraciones (Argílicas, propilítica, filica) y óxidos.
- Generación de anaglifo.
- Realce de rasgos estructurales (Filtros)
- Extracción de modelos de elevación digital (DEM).

- Análisis de DEM (pendientes, aspecto, relieve sombreado).
- Corrección de Sombras.
- Mapa imagen.
- Ortorectificar imágenes, otros.

2.2.2. Combinaciones de bandas

La combinación de bandas ASTER se puede realizar una diferenciación de litologías como sedimentarias (areniscas, lutitas, etc) volcánicas (andesitas), metamórficas como le puede realizar con la combinación de las bandas 3 2 1

De la misma manera la combinación 4 6 9 es una ayuda para realizar una distinción para las zonas de alteración.

2.2.3. Cocientes De bandas

Debido a que en muchos casos las respuestas espectrales de las rocas son similares, no siempre es posible diferenciar diferentes litologías con interpretación fotogeológica a partir de combinaciones de bandas. Por ello se utilizaron cocientes de bandas en el SWIR para la discriminar zonas de alteración hidrotermal ya que estas presentan picos de absorción y de reflectancia característicos en cada región del espectro electromagnético (Yamaguchi, 1987).

Cada objeto refleja la luz visible según una combinación característica de radiaciones de distintas longitudes de onda. A esta combinación en el espectro visible la llamamos color, para el presente tema la vamos a llamar "firma espectral"

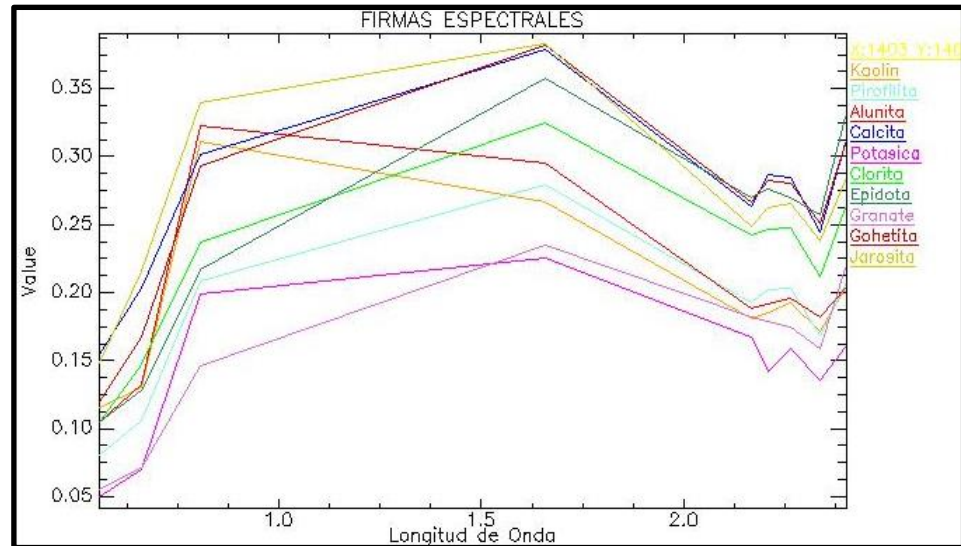


Gráfico N° 2: Características espectrales de minerales de alteración

2.2.4. Índices

Minerales como Montmorillonita y Sericita presentan un pico de absorción en la banda 6 de ASTER, la Pirofilita presenta un pico de absorción característico en la banda 5 de ASTER, mientras que la Caolinita y Alunita presentan picos de absorción característicos en las bandas 5 y 6. Para la estimación de la presencia de dichos minerales se utilizaron los índices definidos por Ninomiya (Ninomiya, 2004):

2.2.5. Geoquímica

La geoquímica es una especialidad de las ciencias naturales que, sobre la base de la geología y de la química, estudia la composición y dinámica de los elementos químicos en la Tierra, determinando la abundancia absoluta y relativa, su distribución así como la migración de dichos elementos entre las diferentes geósferas que conforman la Tierra (litósfera, hidrósfera, atmósfera y biósfera) utilizando como principales evidencias las

transformaciones de rocas y minerales componentes de la corteza terrestre, con el propósito de establecer leyes sobre las cuales se basa tal distribución.

2.2.5.1. Estudios Geoquímicos Detallados

El objetivo de un reconocimiento detallado es la delineación y la caracterización geoquímica del cuerpo mineralizado en la manera más precisa como posible. Para localizar el cuerpo mineralizado se requiere un espaciamiento relativamente estrecho, usualmente entre 1 y 100m. Debido a los altos costos relacionados con un espaciamiento estrecho se emplea los estudios geoquímicos detallados áreas limitadas de interés particular seleccionadas en base de los antecedentes geoquímicos, geológicos y geofísicos disponibles.

Los métodos comúnmente empleados en estudios detallados son los siguientes:

- El muestreo sistemático de suelos residuales se utiliza para buscar anomalías situadas directamente encima del cuerpo mineralizado debido a su sencillez y a la ventaja, que la composición del suelo residual depende altamente del cuerpo mineralizado subyacente.
- El muestreo de suelos se emplea para localizar anomalías desarrolladas en material transportado, que se ubica encima de un cuerpo mineralizado. El grado, en que la anomalía depende del cuerpo mineralizado subyacente, es mucho menor en comparación con el método anterior. Por medio de un muestreo

profundo se puede comprobar, si existe una relación geoquímica entre el suelo y el cuerpo mineralizado subyacente o no.

- El muestreo de plantas puede ser recomendable bajo circunstancias, que impiden la aplicación del muestreo de suelos como por ejemplo en áreas cubiertas con nieve o en áreas, donde las raíces de las plantas penetran profundamente una capa de material transportado. Aún este método es complejo y costoso. La complejidad se debe entre otros factores al reconocimiento y al muestreo de una sola especie de planta en el área de interés, a la variabilidad del contenido metal, que depende de la edad de la planta y de la estación del año y al procedimiento analítico de las plantas.
- El muestreo de rocas está enfocado en la detección de anomalías de corrosión o difusión. Las anomalías de corrosión se pueden encontrar en las rocas de caja y en el suelo residual, que cubren el cuerpo mineralizado. Las rocas de cajas caracterizadas por una anomalía de difusión se obtienen por ejemplo a través de una perforación.
- Un método en desarrollo es el muestreo de gases de suelos y de constituyentes atmosféricos. Se lo aplica para detectar cuerpos mineralizados cubiertos con una capa ancha de suelo.

2.2.5.2. Tipos de muestras y su aplicación

Las muestras de sedimentos de ríos y lagos, de aguas de ríos, de lagos y de fuentes y de sondeos son los tipos de muestras más eficientes y los más empleados. Especialmente esto vale para los

sedimentos de ríos, que se puede aplicar para la búsqueda de la mayoría de los metales. La exploración geoquímica basándose en muestras de aguas está más limitada a los elementos solubles. Las muestras de sedimentos de ríos se utilizan con alta frecuencia en la exploración por su manejo sencillo por sus costos bajos por unidad de área y por su alto grado de confianza. En áreas glaciares la dispersión de clastos visibles o de trazas mensurables de metales en acarreos glaciáricos se utilizan exitosamente para la detección de depósitos minerales. Los análisis de suelos son de costos altos por unidad de área, además las anomalías de suelos residuales por ejemplo, que son relacionadas con depósitos minerales en el subsuelo normalmente son de extensión local. Pero como generalmente la composición de un suelo autóctono depende estrechamente de su substrato o es decir de las rocas, que las cubre, se emplean este método con alta frecuencia en áreas ya identificadas como áreas favorables. La composición química de plantas y la distribución de especies de plantas, que prefieren suelos de composición anómala pueden servir igualmente en estudios de reconocimientos. Plantas o asociaciones de plantas únicamente relacionadas con menas se pueden identificar visualmente desde el aire, por medio de fotos aéreas o por medio de imágenes de satélite.

2.2.5.3. Los pasos de una exploración geoquímica

- Selección de los métodos, de los elementos de interés, de la sensibilidad y la precisión necesarias y de la red de muestreo.

La selección se toma con base en los costos, los conocimientos geológicos, la capacidad del laboratorio disponible y una investigación preliminar o las experiencias con áreas parecidas.

- Programa de muestreo preliminar, que incluye análisis inmediato de algunas muestras tomadas en la superficie y en varias profundidades en el subsuelo para establecer los márgenes de confianza y para evaluar los factores, que contribuyen al ruido del fondo.
- Análisis de las muestras en el terreno y en el laboratorio, incluido análisis por medio de varios métodos.
- Estadísticas de los resultados y evaluación geológica de los datos tomando en cuenta los datos geológicos y geofísicos.
- Confirmación de anomalías aparentes, muestreo encauzado en áreas más pequeñas (red de muestreo con espaciamiento corto), análisis de las muestras y evaluación de los resultados.
- Investigación encauzada con muestreo y análisis adicionales de muestras tomadas en un paso anterior.

2.2.5.4. Anomalía Geoquímica

Una anomalía es una desviación con respecto a la norma. Una anomalía geoquímica es una variación de la distribución geoquímica normal correspondiente a un área o a un ambiente geoquímico. Una anomalía se expresa por medio de números, que se puede separar de un grupo más amplio de números

constituyendo el fondo geoquímico. Para ser detectada una anomalía tiene que desviar claramente de este fondo.

En sentido estricto un depósito mineral como un fenómeno escaso y anómalo por su mismo es una anomalía geoquímica. La distribución geoquímica relacionada con la génesis o la erosión del depósito mineral también es una anomalía.

Las anomalías relacionadas con un depósito mineral, que se puede usar como guías para el depósito mineral se denominan anomalías significantes. Generalmente las anomalías tienen valores que exceden los valores del fondo. Anomalías negativas, cuyos valores son menores que aquellos del fondo, apenas sirven para la búsqueda de depósitos minerales. Desdichadamente las concentraciones altas de elementos indicadores pueden ser causadas por una mineralización no económica o por procesos geológicos o geoquímicos no relacionados con una mineralización. El término 'anomalía no significativa' se refiere a estas anomalías no relacionadas con un depósito mineral.

Otros factores de una anomalía geoquímica de importancia son el marco topográfico y la asociación geológica.

En el caso de anomalías detectadas en suelos hay que tomar en cuenta, que estos podrían ser desplazados de su substrato mineralizado por deslizamiento del suelo (creeping en inglés). Solamente una anomalía detectada en un suelo residual en terreno plano o sobre un cuerpo verticalmente inclinado puede ubicarse directamente encima de un depósito mineral.

Anomalías hidromórficas se producen por la precipitación de material en lugares, donde el agua subterránea alcanza la superficie, por ejemplo, en un pantano (en un orificio de desagüe = seep o shallow hole en inglés).

2.2.6. Geología Regional (Ver Plano Geológico Regional)

2.2.6.1. Estratigrafía

La columna estratigráfica de la zona está conformada por el Grupo Goyllasquisga del cretáceo inferior, constituido por las formaciones Chimú, Santa y Carhuaz.(Ver columna estratigráfica Regional).

2.2.6.1.1. Formación Chimú Ki-chi

Aflora restringidamente conformando de anticlinales con orientaciones NW-SE en la parte centro y sur oriental del cuadrángulo de Huaraz, está constituida por areniscas cuarzosas, la parte inferior de esta formación presenta intercalaciones de lutitas y carbón.

2.2.6.1.2. Formación Santa Ki – sa

Yace concordantemente sobre la Fm. Chimú, debido a su pequeño espesor, en el cuadrángulo de Huaraz se le ha cartografiado junto al Fm Carhuaz como una sola unidad constituye los flancos de los anticlinales antes mencionados, aflora también en los sectores occidental y sur del cuadrángulo de Huaraz, formando pliegues con las rocas del Grupo Casma.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA CUENCA HUARMEY y SANTA

ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOESTRATIGRÁFICA	GROSOR (m)	COLUMNA	DESCRIPCIÓN LITOLÓGICA	
CENOZOICA	CUATERNARIO	HOLOGENA		700 m.		Depósitos de aluviales. Depósitos glaciofluviales y morrénicos Tobas lapilli claras y friables	
		NEOGENO	PLIOCENA			Fm. FORTALEZA	Secuencia volcanica, rocas piroclasticos gruesos de composición andesitica con ignimbritas y tobas daciticas.
	PALEOGENO	MIOCENA	GRUPO CALIPUY	SUPERIOR		3000 m.	Secuencia lávicas de andesitas n y riocacitas.
		EOCENA		INFERIOR			
MESOZOICA	CRETÁCEO	INFERIOR	Fm. JUNCO	2000 m.	Lavas almohadilladas intercalados con algunos aglomerados, flujos lávicos, lavas brechadas y horizontes tobaceos.		
			Fm. COCHAPUNTA	1000 m.	Areniscas, limoarcillitas y calizas silicificadas grises y verdes con lutitas gris oscuras.		
			Fm. CHIMÚ		areniscas cuarzosas blanca macizo en estratos de 1 a 3m. de grosor . Su parte basal intercalado con limoarcillitas grises y niveles de carbon.		
					????????????		

Gráfico N° 3: Columna estratifica de las Cuenca Huarmey y Santa

2.2.6.1.3. Formación Carhuaz Ki – ca

Tiene litología casi similar a la litología de la Fm. Santa, su morfología es suave, yace concordantemente sobre la Fm. Farrat en los sectores norte y NW del cuadrángulo de Huaraz, consiste principalmente de limo arcillas, puede presentar capas de areniscas cuarcíferas y delgadas capas de yeso. En el extremo SW del cuadrángulo de Huaraz, consiste principalmente de limo arcillas, puede presentar capas de areniscas cuarcíferas y delgas capas de yeso. En el extremo SW del cuadrángulo de Huaraz las formaciones Santa – Carhuaz se traslapan a capas que marcan la transición a los volcánicos de Grupo Casma.

2.2.6.1.4. Grupo Calipuy PN

Las rocas terciarias de este grupo afloran ampliamente cubriendo con discordancia la secuencia de rocas cretácicas, a lo largo de la Cordillera Negra, conformando las partes más altas. Consiste de 2000 a 3000 metros de rocas volcánicas variadas, constituido principalmente, por rocas piroclásticas. Se le asigna una edad que va del Eoceno superior al Mioceno.

2.2.6.1.5. Depósitos Cuaternarios Q

Cubriendo a toda la secuencia estratigráfica, se ubican una serie de depósitos cuaternarios, morrenas, fluvio-glaciares y aluviales.

2.2.6.2. Rocas Intrusivas

Regionalmente en el cuadrángulo de Huaraz, afloran un buen número de cuerpos intrusivos principalmente en el sector occidental, mayormente estos intrusivos pertenecen al Complejo Intrusivo Casma (Batolito de la Costa), su composición varia, de granodioritas, monzogranítico, etc. La edad de los intrusivos batolíticos es mayormente Cretáceo inferior, afectan principalmente a la secuencia de rocas sedimentarias del mesozoico, grupos Goyllarisquisga y Casma. Hacia el Este, existen otros stocks importantes, distantes unos de otros, afectando a las formaciones Santa – Carhuaz y principalmente al Grupo Calipuy, sus dimensiones varían de 1 a 8 km de largo. Son más jóvenes que los intrusivos batolíticos, y sus edades van del Paleógeno al Neógeno, su composición es variada tonalita – granodiorita, granodiorita – tonalita, pórfido cuarífero, monzonitas son, riódacitas, dacitas. Entre estos stocks uno de los más importantes es el stock Pira, cercano a la mina Sagitario.

2.2.7. Marco Geológico Local (Ver Plano Geológico Local y Columna Estratigráfica Local)

El área de Shuntur se encuentra al oeste del stock de Pira en contacto con la formación del Santa - Carhuaz (Cretáceo inf.), que es una “ventana estructural” situada en el flanco occidental de la Cordillera Negra en donde la mineralización polimetálica de Cu-Ag-Zn-Mo y Fe está emplazada en cuerpos de reemplazamiento metasomático (en los sedimentarios) y en chimeneas de brecha (en el volcánico) y vetas. Por metasomatismo y diseminaciones tipo Skarn y diatrema de Cu-Zn.

Esta mineralización está relacionada a un Posible sistema porfirítico en profundidad. Diferentes eventos mineralizadores, están asociados a una fuerte actividad hidrotermal, que ocurrió durante el Terciario. Presenta zoneamiento mineralógico local que se relaciona a una zona intermedia mesotermal.

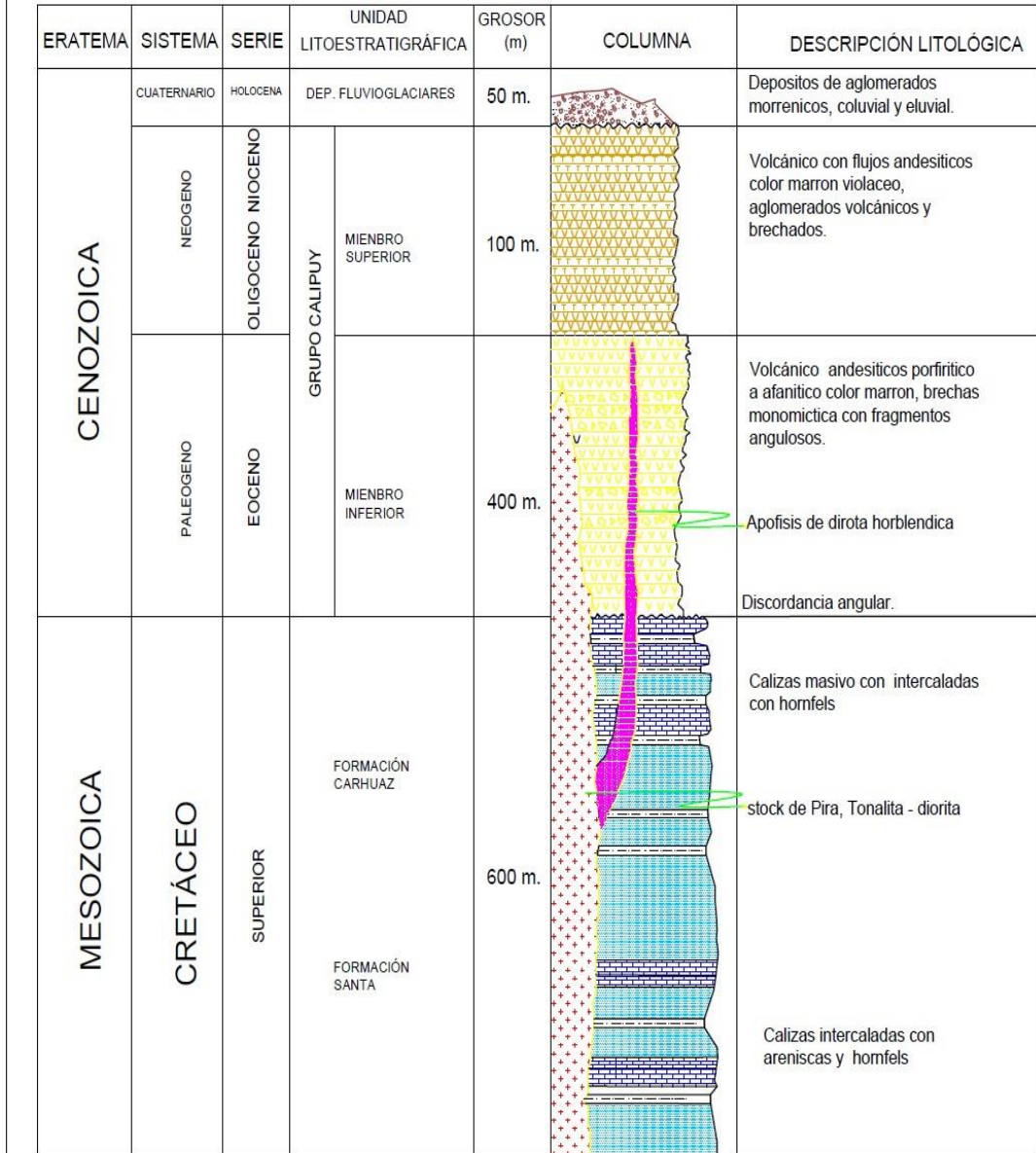
Tres Orogenias son reconocidas en la región. La primera ocurrida durante la fase andina que dio lugar a plegamientos de rocas sedimentarias.

La segunda y tercera corresponde, fase Incaico – fase Quechua, que dieron lugar a fallamiento en las rocas Volcánicas. G. Steinmann, reconoce tres etapas de plegamiento en la Cordillera de los Andes; el plegamiento “Peruano”, ocurrió a fines del Cretáceo y antes de la deposición de las capas rojas; el "Incaico”, ocurrido a principios del Terciario (fines de Eoceno), fue el más intenso y a él siguió un periodo intenso de actividad ígnea; y el plegamiento "Quechua" ocurrido en el Terciario Superior (Mioceno).

2.2.7.1. Formación Santa.Ki-sa.

Formación sedimentaria del Cretáceo inferior conformada por las diferentes unidades litológicas, que fueron reconocidas en la mina, por laboreo subterráneo y perforación diamantina. Yace concordantemente sobre la Fm. Chimú, constituye principalmente de horizontes de areniscas, calizas y lutitas.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA LOCAL



Fuente: Geología Shuntur - 2014.

Gráfico N° 4. Columna estratigráfica local

- **Arenisca**

Se presenta en estratos de potencias de alrededor de 500m, son de color grisáceo de textura equigranular de grano fino a medio, con presencia de vetillas con pirrotita-calcopirita, con halos de pirrotita y en diseminaciones hacia las cajas, presenta también, finas microvenillas de pirrotita con trazas de cpy, presentan ángulos 55° - 60° , con fina diseminación de po-cpy), Alteración, Silificación débil y fílica débil cz-(sertz-pytz) y débil magnetita.

- **Caliza**

De coloraciones grises a gris negrusco y texturas microgranulares con venillas de calcita y diseminaciones de pirrotita, con alteraciones de silificación débil a moderada y skarnización con desarrollo de cristales de granates.

- **Lutitas**

Se observa de colores parduscos con bandeamientos por posibles facies sedimentarias con texturas muy finas con venillas de cuarzo – pirrotita mas trazas de cpy, con ángulos 65° entre cruzadas y fracturas rellenas de pirrotita y calcopirita, presenta moderado fracturamiento, también se presenta moderada a fuerte diseminación de pirrotita y tramos con acumulaciones de pirrotita masiva con calcopirita, sistemas de vetilla de 4cm aproximados y ángulos (30° - 50°), con cuarzo granular, así como calcopirita+bornita en trazas, con halos de

pirrotita masiva y cpy, presenta silicificación moderada a fuerte.

2.2.7.2. Grupo Calipuy inferior PN.

Sobre yace discordantemente sobre la secuencia de la Formación Santa, afloran ampliamente por la mina Milagros, extendiéndose a lo largo de la Cordillera Negra.

Constituido principalmente, por Andesitas de color verde a marrón-violáceo, de textura afanítica a porfirítica, brechas monomícticas y conglomerados volcánicos. Se le asigna una edad que va del Eoceno superior al Mioceno.

En la mina milagros se reconoce las andesitas de textura porfiríticas a afaníticas de color marrón violácea, con alteración propílica con venillas de cuarzo epidota generando halos de alteraciones puntuales y disseminación fina de pirrotita ++, pirita. Presenta moderada fracturación. Así mismo engloba posiblemente brechas andesíticas monomícticas y emplazamientos de apófisis de intrusivos con disseminación de pirita.

2.2.7.3. Depósitos Cuaternarios Q.

Secuencia estratigráfica, de origen coluvial, eluvial y aluviales. Material de cobertura generalmente no consolidado.

2.2.7.4. Rocas Intrusivas

Las rocas intrusivas se encuentran formando diques y stock cortando toda la secuencia sedimentaria y parte del volcánico Calipuy. En la zona de trabajo se encontró diorita hipabisal. Y

diorita horblendica formando un pequeño stock en la zona de mesa.

- **Diorita**

Reconocida en el cuerpo de Meza, hacia el Sur Oeste de Milagros. Stock con fenocristales de hornablenda bien desarrollados desde 10 cm de diámetros aproximadamente, color gris oscuro a negra con tintes verdosos por alteración propilítica. Presenta silicificación moderado hacia el contacto con el cuerpo Mesa. Fracturamiento moderado en los contactos con el cuerpo. También está presente en la zona de Shuntur Chico como diques de composición diorítica hipabisal.

2.2.8. Geología Económica

A lo largo de la Cordillera Negra, existen un gran número de yacimientos metálicos emplazados en las rocas volcánicas y sedimentarias, intruidas por cuerpos intrusivos batolíticos, intrusivos tipo stock y/o intrusivos sub volcánicos menores. La gran mayoría de yacimientos, son polimetálicos: Cu, Zn, Pb, Ag algunas veces con presencia de Au, la mineralización ocurre en vetas, cuerpos de brecha, y skarn. Entre las inmediaciones de Cotaparaco – Aija – Recuay - Ticapampa y Carhuaz, históricamente se han explorado y/o trabajado aproximadamente 80 pequeñas a medianas minas. En las últimas décadas se han descubierto minas de Au relacionadas a las cuarcitas Chimu y Santa, epitermales con diseminación de Au en el volcánico Calipuy, como es el caso de la mina Pierina y yacimientos tipo pórfidos de

Cu – Mo relacionados a cuerpos intrusivos tonalíticos, como el pórfido Ancash. Como ejemplos de los diferentes yacimientos que se puede hacer referencia algunos de ellos:

2.2.8.1. Mina Milagros

Se ubica aproximadamente a 8 Km, al W del pueblo de Pira, contiene mineralización de Cu, Zn, Ag en brechas volcánicas silicificadas (Volcánico Calipuy).

- **Cuerpo Mineralizado Gloria y Mery.**

El cuerpo Gloria y Mery es una estructura de diatrema, brechada y mineralizada, en la horizontal de forma longitudinal hacia el Norte, emplazada en el Volcánico Calipuy, andesitas brechadas como contactos.

La mineralización consiste principalmente de Calcopirita, Esfalerita, Marmatita, Galena, Pirrotita, Arsenopirita, Pirita, Molibdenita y Calcita. La mineralización se presenta en la matriz de la brecha hidrotermal, con moderada a fuerte silicificación, epidotización y cloritización. Con clastos con dimensiones de centímetros a metros, de forma angulosos y alargados de andesita de textura afanítica y porfiríticas de color pardo, hacia los contactos con alteración propilítica en las andesitas. Presenta fisuras en la brecha hidrotermal, abiertas, cerradas y geodas con cristales de Calcita y cuarzo que permiten la pérdida de agua a través de ellas. También se presenta mineralización diseminado en el Intrusivo emplazados como

diques, se encuentra emplazada mayormente en la brechas y hacia los contactos con el volcánico andesítico.

El cuerpo Gloria y Mery se encuentran unidos, con un rumbo de N 20° - 30° W y un buzamiento 80° - 85° NE. Tiene una forma irregular asimétrica, ligeramente alargada, ovalada en los extremos con aproximadamente 120.0 m. de longitud y 50.0 m. – 10 m. de ancho, faltando explorar más hacia el norte, sur y hacia el oeste, su potencia o espesor promedio fluctúa entre 15m. A 30m. (?). Con las exploraciones y desarrollos realizados dentro de los cuerpos se ha reajustado la forma, volumen y valor económico de los cuerpos.

Se ha comprobado que los cuerpos económicos Gloria y Mery emplazados en las brechas se mineralizaron por emplazamiento, en aberturas generado del empaquetamiento de clastos, permeables de los clastos como matriz con buen contenido mineralógico, teniendo un buzamiento de 80° - 85° ángulo hacia el contacto W.

El cuerpo y vetas se ha formado por el aporte de soluciones hidrotermales de la una cámara magmática, de un sistema porfirítico; Así mismo, la veta zorro. Y probablemente alguna vetas angostas existentes hacia el norte, que tienen un rumbo transversal al contacto con el Volcánico; Estas estructuras que se han comportado como feeders por las cuales circularon las soluciones hidrotermales; Las vetas presenta un moderado fallamiento y fracturamiento transversales al contacto, así

mismo, se observa algunas geodas con pequeñas aberturas. Esta parte presenta mineralización de Calcita, cuarzo Pirrotita como relleno de fractura.

La caja techo del cuerpo es Volcánico color pardo marrón, andesítico brechado, presenta andesitas afaníticas y porfiríticas, con diques de intrusivos, con disseminaciones de pirita con moderada silicificación y cloritización. Las cajas son color blanquecino con moderada silicificación. La caja piso del cuerpo está constituida de andesita afanítica a porfiríticas, de color marrón a pardo.

- **Cuerpo mineralizado Mesa**

El cuerpo mesa es una estructura brechada de origen hidrotermal y mineralizada, en la horizontal de forma elipsoide alargada hacia el Norte Oeste, emplazada en la diorita horblendica, generando halo silicificación moderada a fuerte.

La mineralización consiste principalmente de Calcopirita, Esfalerita, Marmatita, Pirrotita, Arsenopirita, Pirita, Molibdenita, Calcita, cuarzo y epidota. La mineralización se presenta en la matriz de la brecha hidrotermal, con fuerte silicificación, epidotización y cloritización. Con clastos angulosos y alargados de diorita horblendica de textura porfiríticas de color blanquesino, presenta halos de alteración silicificación hacia los contactos en las dioritas horbléndica, fina disseminación esporádica de pirrotita calcopirita. Presenta

fracturamiento abiertas, cerradas y geodas con cristales de Calcita y cuarzo.

El cuerpo Mesa se encuentran con un rumbo aprox. de N 30° - 40° W y un buzamiento 85° - 88° SW. De forma elipsoide irregular asimétrica, alargada y ovalada en el extremo sur. Aproximadamente 50 m. de longitud explorada.

Mineralizado por emplazamiento de soluciones hidrotermales, por aberturas generado del empaquetamiento de clastos, como zonas permeables en la brecha. Generando la matriz mineralizada con buen contenido mineralógico. Probablemente alguna veta angosta existentes hacia el norte y sur se han comportado como feeders, alimentadores de mineralización económica; presenta fallamiento E – W y así mismo, se observa algunas geodas con pequeñas aberturas. Esta parte presenta mineralización de Calcita, cuarzo como relleno de fractura.

- **Veta Zorro**

Es una estructura y que fue reconocida en las bocaminas antiguas y mapeo de superficie.

Desarrollada en la cota 3870 (50 m aprox. en labor subterránea), Nivel 3690 (20 m en labor subterránea). Tiene una extensión reconocida con impactos de los sondajes BH – 053 y BH – 054. Realizado del Nivel 3606 hacia el sur este. Aprox. 150.0 m. se ha probado que profundiza debajo del nivel 3588.

Actualmente se está explorando desde el nivel 3588, existe mineral de marmatita, galena, calcopirita, pirrotita. Con

estructuras secundarias de tensión. Su potencia; que varía de 1.5m. – 2m. Tiene un rumbo promedio de N80°E con un buzamiento entre 70° - 75° NW.

El ensamble mineralógico consiste de Marmatita – Calcopirita - Galena en menor proporción, calcita, cuarzo - pirrotita con textura de brechada. La roca de caja es una Intrusiva de composición diorítica horblendica de textura porfirítica y de color gris verdosa; presenta débil a moderada silicificación y cloritización y en las proximidades a la estructura es de color gris verde debido a la alteración propílica y tramos silicificados.

2.2.8.2. Mina Sagitario

Se ubica aproximadamente a 3 Km, al WNW de Pira, contiene mineralización de Cu, Zn, Ag en Skarn y calizas recristalizadas de las formaciones Santa – Carhuaz.

- **Cuerpo Mineralizado La Rica**

Este cuerpo presenta mayor mineralización de Zn y Cu proporcional, con un buzamiento promedio de 51° y rumbo de S 83° E, de potencia desde 0.7 a 21 metros, con una longitud de 35 metros. Como sus encajonante de calizas silicificadas, competente tanto en la mineralización. En los niveles superiores e inferiores, se explotó como cuerpo sagitario. En los niveles inferiores debido a la mineralización y la potencia se denomina actualmente como cuerpo la rica.

- **Cuerpo mineralizado Santa Clarita**

Este cuerpo presenta mayor mineralización de Cu respecto al Zn, con un buzamiento promedio de 55° y rumbo de S 84° E, de potencia de 2.5 a 4.7 metros, con una longitud de 120 metros. Es de roca competente tanto en la mineralización y rocas encajonante.

- **Cuerpo Mineralizado Diamantina 19**

Este cuerpo presenta mayor mineralización de Zn con respecto al Cu, con un buzamiento promedio de 49° y rumbo de S 88° E, de potencia de 4.3 a 8.6 metros, con una longitud de 150 metros. Es de roca competente tanto en la mineralización y rocas encajonante, presenta una separación de 3.5 metros del cuerpo esperanza, debido al buzamiento convergente que presentan estos cuerpos.

2.3. Definición de términos básicos.

- **Estimación:** consiste en determinar el valor que minimiza el error cuadrático (bajo el formalismo de las variables aleatorias).
- **La simulación:** persigue caracterizar la variabilidad espacial de las leyes, sin embargo, es posible obtener un modelo estimado a partir de una serie de modelos simulados.
- **ASTER:** Las imágenes ASTER, son captadas desde 1999 por el satélite Terra. Estas imágenes poseen 14 bandas separadas en 3 grupos, el primero con una resolución de 15 metros, en donde están las bandas del visible y del infrarrojo cercano; el segundo con una resolución de 30 metros compuesto por 6 bandas del infrarrojo y un tercer grupo termal, con una resolución de 90 metros. Sus

principales aplicaciones están en el análisis de suelos, cuerpos de agua, geología, medio ambiente, usos de suelo, entre otros. Además, cuenta con 2 bandas estereoscópicas, a partir de las cuales se puede generar modelos digitales de elevación. Cada escena ASTER, tiene una extensión de 60 * 60 Km².

- **Percepción remota:** es la ciencia y arte de obtener información de un objeto, área o fenómeno a través del análisis de los datos adquiridos mediante algún dispositivo que no está en contacto físico con el objeto, área o fenómeno investigados.
- **Imagen satelital:** es una representación visual de los datos reflejados por la superficie de la tierra que captura un sensor montado en un satélite artificial. Los datos son enviados a una estación terrena en donde se procesan y se convierten en imágenes, enriqueciendo nuestro conocimiento de las características de la Tierra en diferentes escalas espaciales.
- **Firma o signatura espectral.** La variación de la reflectancia en función de la longitud de onda.

2.4. Formulación de Hipótesis

2.4.1. Hipótesis General.

Si la relación entre los cuerpos hallados en superficie es similar a otras áreas, la ubicación de nuevos blancos de exploración será más factibles, generando con ello una alta confiabilidad en su prospección.

2.4.2. Hipótesis Específicos.

H₁: El tratamiento de imágenes satelitales de zonas reconocidas con respaldo de la geoquímica es una guía para la ubicación de zonas de exploración.

H₂: El tratamiento de imágenes satelitales de zonas reconocidas con respaldo de la geoquímica no es una guía para la ubicación de zonas de exploración

2.5. Identificación de las variables

2.5.1 Variables independientes.

- ✓ Similitud de firmas espectrales a través de imagen satelital ASTER para la ubicación de nuevos targets.
- ✓ Características de firmas espectrales de la formación Santa, Carhuaz y el Grupo Callipuy aplicables a exploraciones browfield.

Dichos indicadores para estas variables están datos por las firmas espectrales, estas firmas se encuentran adaptadas para las imágenes satelitales ASTER, como los que se muestran en la figura 5 los cuales son firmas espectrales de laboratorio y regiones de absorción. Los espectros de epidota, calcita, muscovita, caolinita, clorita, y alunita, que son minerales comunes de alteración hidrotermal. Alunita y caolinita tienen características de Al-OH de absorción a 2,17 y de 2,20 micrómetros. La muscovita ocupa un lugar importante de Al-OH función de absorción de 2,20 micrómetros y una función secundaria 2,35 micrómetros de absorción. La Clorita y epidota tienen una característica Fe-Mg-OH 2,32 micrómetros de absorción y un amplio Fe²⁺ dispone de 1,65 a 0,6

micrómetros. Calcita tiene una CO₃ prominentes 2,33 micrómetros característica de absorción. Espectros de laboratorio de limonita, jarosita, hematita y goetita. Estos minerales tienen características fuertes de Fe³⁺ absorción a 0.97-0.83 y 0.48 micrómetros. La Jarosita tiene características Fe-OH absorción a 0.94 y 2.27 micrómetros. Espectros de calcita, calcita, cuarzo, biotita, hornblenda, microclina y epidota, adaptados a las bandas termales de ASTER. En las distintas características de absorción no son tan notorias como en el caso de las adaptadas al subsistema VNIR+SWIR de ASTER.

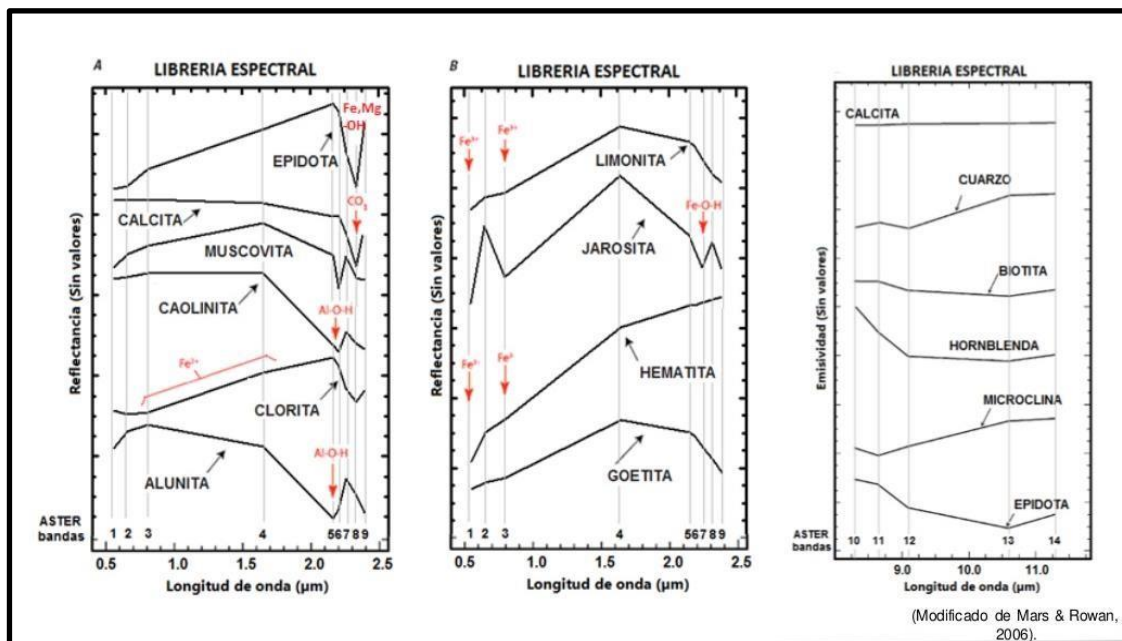


Gráfico N° 5: Espectros de minerales adaptadas a la resolución espectral ASTER

2.5.2 Variables dependientes.

- ✓ Exploraciones Browfield en la unidad minera Shuntur SAC

2.5.3 Variables intervinientes.

- ✓ Garantizar la buena práctica en la selección de firmas espectrales.
- ✓ Validación del mapeo Geológico.
- ✓ Buena práctica en la toma de muestras.
- ✓ Similitud entre las zonas prospectables y la zona minada.

2.6. Definición Operacional de variables e indicadores

Mediante la investigación descriptiva que se encarga de puntualizar las características de la mina Shuntur, el segmento demográfico de esta área, a su vez para saber el patrón, si la relación entre los cuerpos hallados en la superficie es similar a otras áreas, la ubicación de nuevos blancos de exploración será mas factible, generando con ello una alta confiabilidad en su prospección, teniendo como indicadores:

- Alteraciones hidrotermales
- Alteración supergena
- Identificación de elementos pathfinder
- Proyectos de exploración aledañas

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA Y TECNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1. Tipo de investigación.

Descriptivo, ya que analizamos el cuerpo Gloria y alrededores con relación a sus firmas espectrales para su aplicación a exploraciones Browfield.

3.2. Métodos de investigación.

El presente trabajo ha de realizar un METODO INDUCTIVO puesto que nuestro conocimiento adquirido del cuerpo Gloria y sus alrededores nos permitirán aplicarlo a nuevas zonas que tengan el potencial de convertirse en nuevos targets.

3.3. Diseño de investigación.

El diseño aplicado para este trabajo se encuentra dentro del rango de los *diseños experimentales*, específicamente dentro de la rama de *DISEÑO CUASIEXPERIMENTALES*, puesto que los grupos no son tomados al azar, sino que se consideran que ya están conformados antes del experimento y se procura tener

homogeneidad en los grupos reconocidos aplicables a nuevas zonas de exploración. Este diseño nos va a ayudar a determinar que las firmas espectrales reconocidas en las imágenes satelitales ASTER producen un cambio o similitud en la selección de nuevas zonas a explorar.

$$Ge \rightarrow O_1 \rightarrow X \rightarrow O_2$$

$$Gc \rightarrow O_1 \text{ ----- } O_2$$

Dónde:

Ge: Grupo de firmar espectrales experimentales.

Gc: Grupo de firmar espectrales comprobadas.

O₁: Medición de firmas espectrales de áreas conocidas.

O₂: Medición de firmas espectrales de áreas buscadas.

X: Tratamiento de firmas espectrales.

----: Ausencia de tratamiento de firmas espectrales.

3.4. Población y muestra.

Población. El área a abarcar se encuentra dentro de los límites del denuncia perteneciente a la empresa Shuntur, la cual es de 8500.00 hect.

Muestra. Abarca al área del cuerpo Gloria reconocido en superficie, y áreas aledañas, teniendo una superficie de 7.36 hect.

De las cuales se recolectaron 1,601 muestras.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Las técnicas utilizadas para la recolección de datos son los siguientes:

- Muestreo superficial a través de rock chips.

- Mapeo superficial
- Curvas de nivel
- Imagen satelital ASTER.

Los instrumentos que se utilizaron son los siguientes:

- Lupa con aumento de 20X20.
- Rayador.
- Brújula.
- Carta geológica 20N Correspondiente al cuadrángulo de Huaraz.
- Ácido clorhídrico disuelto.
- Satélite Terra.

3.6. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En el mencionado trabajo se tendrá en cuenta lo siguiente:

- Procesamiento de firmas espectrales a través del software ENVI.
- Análisis de muestras tomada a través de espectrometría de Absorción Atómica.

3.6.1. Sensor Aster (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer)

Es un sensor de imágenes montado en un satélite, que orbita la tierra montada en un satélite, lanzado en diciembre de 1999, y forma parte del Sistema de Observación de la Tierra (EOS), perteneciente a la NASA. El sistema ASTER fue creado en conjunto por la NASA, el Ministerio Japonés de Economía Comercio e Industria (METI) y el Centro de Análisis de Datos Terrestres tomados por Sensores Remotos (ERSDAC), perteneciente a Japón. Tiene la finalidad de ser utilizado para obtener mapas detallados de la superficie terrestre, la temperatura, reflexión y elevaciones, con el objetivo estudiar los cambios climáticos. ASTER captura de datos de alta

resolución espacial con 14 bandas, desde lo visible hasta las longitudes de onda del infrarrojo térmico, y proporciona funciones de visión estereoscópica para la creación de modelos digitales de elevación.

3.6.2. Metodología de procesamiento de la imagen Aster

Para el proyecto se obtuvieron y procesaron las imágenes nivel 1A, las cuales fueron orto rectificadas a partir del modelo digital del terreno. Para cubrir el área de estudio se utilizó la demarcación del denuncia.

En una segunda etapa se realizó la conversión de los datos en números digitales a reflectancia relativa. Este paso es fundamental para poder comparar firmas espectrales recolectadas en el terreno y las obtenidas desde los píxeles de la imagen. Con las bandas SWIR de ASTER se pueden discriminar minerales de alteración a partir del análisis de sus firmas espectrales, de esta forma podemos realizar mapas de distribución de zonas de alteración argílica, argílica avanzada, filica y propilítica (tabla 3). La alunita tiene absorción en 2160nm (banda 5); la montmorillonita, illita y sericita en 2200nm (banda 6) reflejando la presencia de Al-OH. El contenido de Fe-OH se manifiesta con la absorción en 2260nm (banda 7) pudiéndose detectar la jarosita. La calcita y la clorita tienen una fuerte absorción en 2330nm (banda 8) debido a la presencia de CO₃, Mg-OH. Se realizaron combinaciones de bandas, cocientes de bandas, índices espectrales y clasificaciones de los minerales de alteración.

CUADRO N° 2: Tipos de alteración Hidrotermal y bandas ASTER para la detección de minerales

ANION/ CATION	LONG. ONDA	SENSOR (ASTER)	MINERAL	ALTERACION
Al-OH	2160nm	Banda 5	Alunita.	Alteración argilica avanzada.
	2200nm	Banda 6	Montmorillonita, Illita,sericita	Alteración argilica y filica
Fe-OH	2210nm	Banda 7	Jarosita	Zonas de oxidación
CO ₂ .Mg-OH	2330nm	Banda 8	Calcita,	Alteración propilítica
	2400nm	Banda 9	clorita, (epidota)	

3.6.3. Combinación de bandas

Consiste en hacer combinaciones de bandas en RGB, por lo general se inicia con una imagen pseudocolor natural, las composiciones RGB 321 y RGB 431 para el mapeo litológico inicial. Posteriormente la combinación RGB 468 permitió identificar distintas áreas de alteración y ocurrencia de minerales para cada una de las unidades geológicas involucradas.

3.6.4. Cocientes de Bandas

Con la combinación de cocientes 4/5, 4/6, 4/7 (RGB) en el numerador colocamos la banda en la cual existe el máximo de reflectancia y en el denominar la banda correspondiente a la absorción, con esta combinación se puede identificar alteración hidrotermal en determinadas zonas.

El cociente de bandas RGB 3/1, 4/6, 7/5 donde podemos ver las zonas de alteración argílica.

3.6.5. Índices

Los índices más usados son, 3/1, 4/6, 7/5, considerando el índice 3/1, tiene una alta respuesta de reflectancia en la banda 3 y absorción en la banda 1. Esto es típico de las zonas con contenido de óxidos de hierro y sirve primordialmente para una discriminación en el mapeo.

En el canal verde se encuentra el índice 4/6 que indica alteración filíca en virtud a la presencia de illita. Este índice revela, además, la presencia de montmorillonita y caolinita, quienes poseen absorción en la banda b6.

El índice 7/5, color azul, realza los minerales con contenido de AlOH, responde al tipo de alteración argilica.

3.6.6. Procesamiento de Arcillas – Método Mapeos

- **Análisis de Componentes Principales (PCA)**

El objetivo del Análisis de Componentes Principales (PCA.) es resumir un grupo amplio de variables en un nuevo conjunto (más pequeño) sin perder una parte significativa de la información original (Chuvieco, 1996). Para el usuario final de los productos de la Teledetección, el objetivo del PCA es construir una o varias imágenes que incrementen su

capacidad de diferenciar distintas coberturas. Es por ello que al realizar una composición color resulta interesante usar una combinación de tres componentes en lugar de las bandas espectrales. El PCA puede aplicarse como realce previo a la interpretación visual o como procesamiento anterior a la clasificación. En general, esta técnica incrementa la eficiencia computacional de la clasificación porque reduce la dimensionalidad de los datos.

- **Afinamiento de la Filtración Emparejada (Mixture Tuned Matched Filtering = MTMF)**

Es un filtro que permite discriminar con mayor eficacia los valores "extremos", reduciendo el número de "positivos falsos" que a veces se calculan al usar la filtración emparejada.

3.6.7. Procesamiento de óxidos

Los óxidos de Fe tienen reflectancia en la banda 3 y absorción en la banda 1. La forma de la curva puede variar de acuerdo al contenido en Fe, pero una alta respuesta en el índice 3/1 indicaría la presencia de zonas de oxidación. El cociente 4/6 está relacionado con la alteración argílica, dando alta la respuesta del color verde (G) en los lugares con illitas, caolinitas, montmorillonitas y/o muscovitas, ya que todos estos minerales tienen absorción en 2.208 nm (b6).

3.6.8. Extracción de lineamientos

La identificación de las estructuras se realizó con el mapeo de lineamientos utilizando imágenes de satélite y el modelo digital del terreno (Wester y Lundén, 1996; Mustard y Sunshine, 1999; Zumsprekel y Prinz, 2000) y los

resultados fueron posteriormente validados en varias etapas de verificación en campo el cual es uno de los factores más importantes que contribuyen para la identificación de lineamientos en un área, ya que refleja muchas de las características predominantes como la pendiente, el tipo de material y también el sistema de fracturamiento.

Una de las aplicaciones más comunes de los filtros direccionales es precisamente el realce de rasgos lineales sutiles o el mapeo de lineamientos y rasgos geomorfológicos, los cuales no son claramente visibles directamente sobre las imágenes o sobre el Modelo de Elevación no procesado.

3.6.9. Modelo de elevación digital

- **Modelos Digitales de Terreno y vistas 3D:**

En geología son usados para evaluar las características geomorfológicas del terreno tanto en superficie así como con respecto a los procesos geológicos que se desarrollan en el subsuelo. La tecnología satelital tanto óptica como radar, en la actualidad permite obtener Modelos de Elevación del Terreno de gran precisión. A partir de estos modelos es posible generar:

- a. Modelos de sombra o imagen de pseudo relieve, mediante la creación de iluminación artificial en la que el usuario puede configurar los parámetros de iluminación de la luz artificial (azimut y elevación).
- b. Estos modelos permiten además crear vistas 3D en perspectiva, del terreno para poder hacer una mejor interpretación superponiendo otras capas de información como la geología, litología, etc.

3.7. Tratamiento Estadístico.

Como resultado del tratamiento estadístico se presenta en la tabla 4 el resumen correspondiente en el cual se tendrá en cuenta:

- **Caracterización estadística.** La cual es la determinación e interpretación de los principales parámetros y tipos de distribución del muestreo superficial.

De este modo, el procesamiento estadístico de los datos se revela como un instrumento que se basa en un conjunto de métodos que nos permitirán evidenciar la repartición de los individuos sujetos a estudio en base a los criterios que hemos determinado durante su análisis.

- **Muestra representativa.** Es un subconjunto de la población que se estudia para determinar el parámetro que describe la característica deseada de la misma.

- **MODA** Es el valor, clase o categoría que ocurre con mayor frecuencia y sus características son:

- Puede no existir o existir más de una moda
- Su valor no se ve afectado por los valores extremos en los datos.
- Se utiliza para analizar tanto la información cualitativa como la cuantitativa.
- Es una medida “inestable” cuando en número de datos es reducido.

- **MEDIANA** Es el valor que ocupa la posición central de un conjunto de observaciones ordenadas. El 50% de las observaciones son mayores que este valor y el otro 50% son menores.

- **DESVIACIÓN ESTÁNDAR** Es una medida de variabilidad que corresponde a la raíz cuadrada de la variancia. Este indicador tiene la misma unidad de medida en la que se expresa el promedio.

- **MEDIDA DE LA ASIMETRÍA.** Es, la distribución de frecuencias, para estudiar la deformación horizontal de los valores de la variable respecto al valor

central de la media. Las medidas de forma pretenden estudiar la concentración de la variable hacia uno de sus extremos. Una distribución es simétrica cuando a la derecha y a la izquierda de la media existe el mismo número de valores, equidistantes dos a dos de la media, y además con la misma frecuencia.

CUADRO N° 3: Resumen de tratamiento estadístico descriptivo

	% Cu	% Pb	% Zn	Oz_Ag	%Fe
Válido	1601	1253	1601	1601	1563
Perdidos	0	348	0	0	38
Mean	0.24	0.02	0.15	0.36	4.58
Median	0.07	0.01	0.06	0.13	3.67
Mode	0.04	0.01	0.01	0.04	2.00
StDev	0.56	0.06	0.32	0.85	3.81
Variance	0.50	0.01	0.12	1.44	14.65
Kurtosis	159.15	408.15	120.07	174.66	58.12
Minimum	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00
Maximum	14.34	2.10	6.37	24.22	60.77
Count	1601.00	1253.00	1601.00	1601.00	1525.00
Percent	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

3.8. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.

3.8.1. Geoquímica

3.8.1.1. Estudios Geoquímicos

La cantidad de muestras de afloramientos tomadas son de 1601

3.8.1.2. Tipos de Muestras

Las muestras son afloramientos, todas ellas fueron obtenidas de carácter sistemático, por el método rock chip

3.8.1.3. Anomalía Geoquímica

La anomalía, de cobre, se concentra mejor en la zona de skarn, y en la roca andesita, con valores de 1 ppm a 5 ppm, de igual manera ocurre en la brecha hidrotermal con valor máximo de 8ppm..

El plomo, los valores son muy bajos, lo que implica las posibilidades de mejorar este elemento es muy remota.

La anomalía de Zn, se observa que las anomalías, mayores a 0.10 ppm, hasta 4.64 ppm en brechas, con mejor concentración en los skarn y en rocas andesíticas y en menor proporción en diques félsicos.

La concentración de plata, se observa las mejores posibilidades, en la brechas, en el skarn, andesita, se puede notar las anomalías que van de 0.40 Oz a 12.11 Oz, lo brindan las posibilidades de continuar con las exploraciones en estas litologías.

El hierro se presentan en las litologías con mayor concentración se presentan en las brechas, en los diques félsicos, la anomalía en 3.00 ppm a 60.0 ppm. Los que también mejores posibilidades para continuar con trabajos de exploración más detallada.

3.9. Orientación ética.

La ética de la investigación implica la aplicación de principios éticos fundamentales a una variedad de temas que implican y organizan la búsqueda, incluyendo la búsqueda científica.

La iniciativa de la investigación académica está construida sobre una base de confianza. Los investigadores confían en que los resultados informados por otros son sensatos. La sociedad confía en que los resultados de la investigación reflejan un intento honesto por parte de los científicos y otros investigadores de describir el

mundo de forma precisa y sin prejuicios. Pero esta confianza va a perdurar sólo si la comunidad científica se dedica a ejemplificar y a transmitir los valores asociados a la conducta de la ética de investigación.

Así como el cumplimiento del decálogo del Código de Ética del Investigador y el cumplimiento de los Principios éticos que rigen a los investigadores y todas las personas que forman parte de este proyecto, como la protección de información y la confidencialidad.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción del trabajo de campo.

El presente trabajo tuvo como base de campo el mapeo geológico local a una escala de 1k, el cual abarca la geología detallada desde los límites de la mina Sagitario y Milagros, junto con este reconocimiento litológico también se trabajó el mapeo de alteraciones, estructural y muestreo geoquímico. Estos datos sirvieron como base para la interpretación de las imágenes satelitales, sobre todo para el reconocimiento de las alteraciones, los cuales sirvieron para la delimitación de blancos de exploración (targets).

4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.

La distribución de nuestras muestras corresponde a una simetría a la derecha, para todos los elementos.

4.2.1. Estadísticos de frecuencias.

En los histogramas presentados se aprecia una variabilidad con una tendencia homogénea para los elementos de Cu y Ag los cuales guardan una relación en ocurrencia y en concentración; para el elemento de Zn la ocurrencia es similar al cobre pero la concentración es menor; el Pb dista mucho en ocurrencia y en concentración, en cuanto a Fe la concentración y ocurrencia es mayor

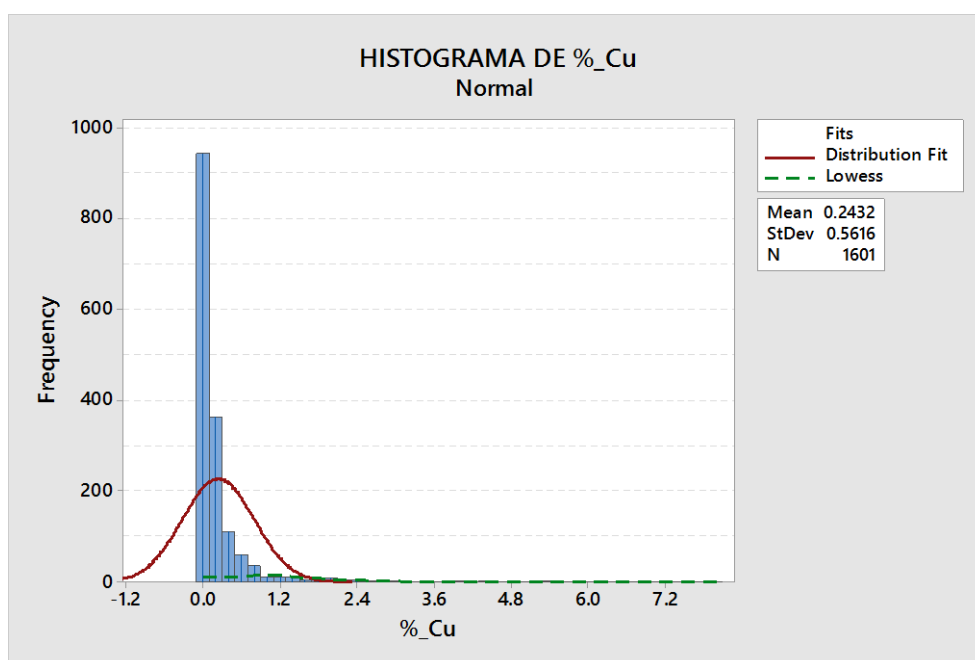


Gráfico N° 6: Histograma de % Cu

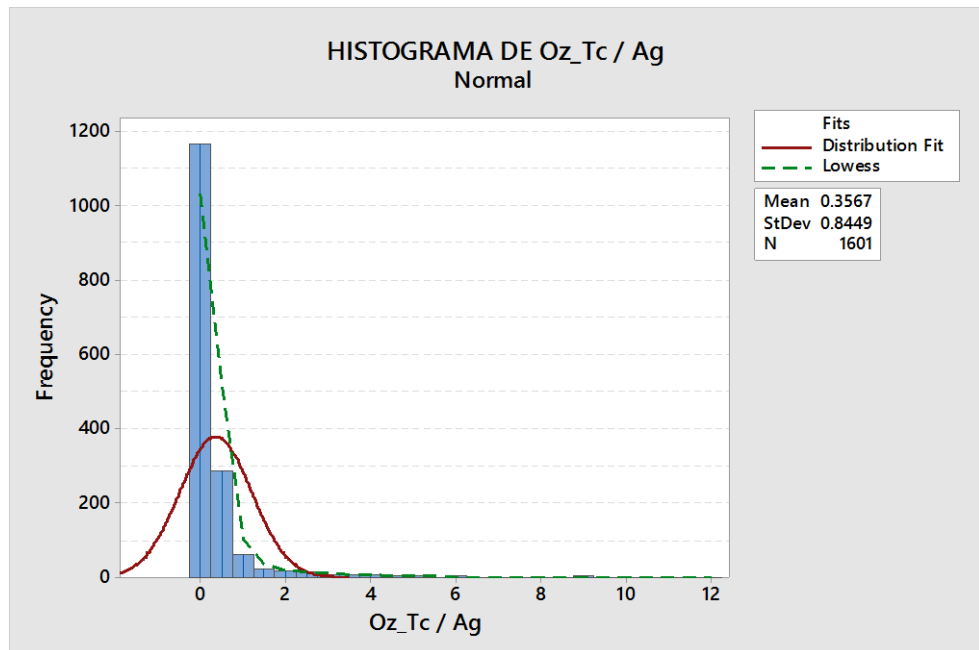


Gráfico N° 7: Histograma de Oz, Tc/Ag

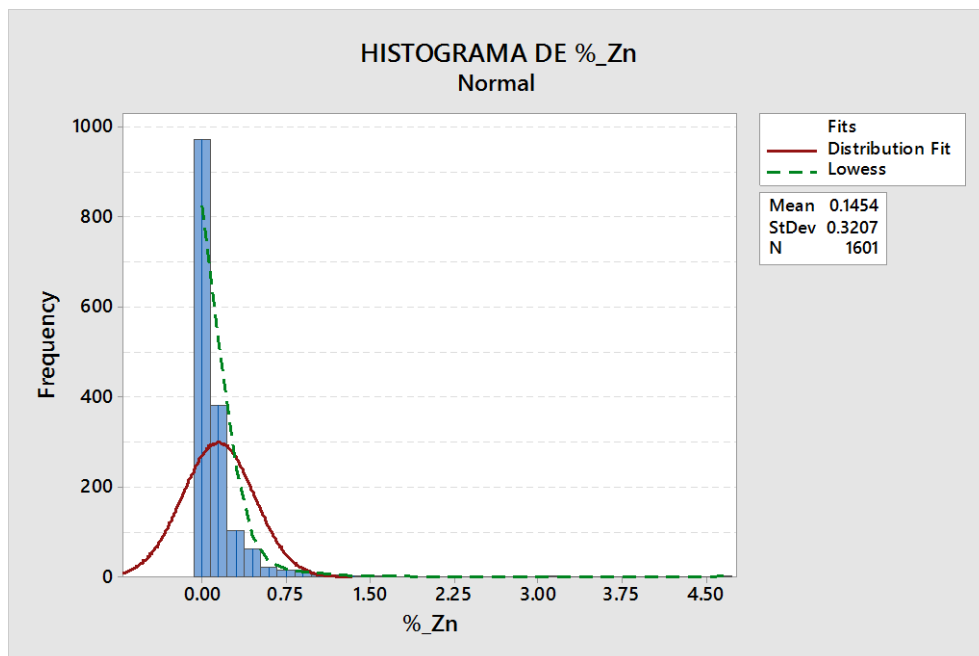


Gráfico N° 8: Histograma de % Zn

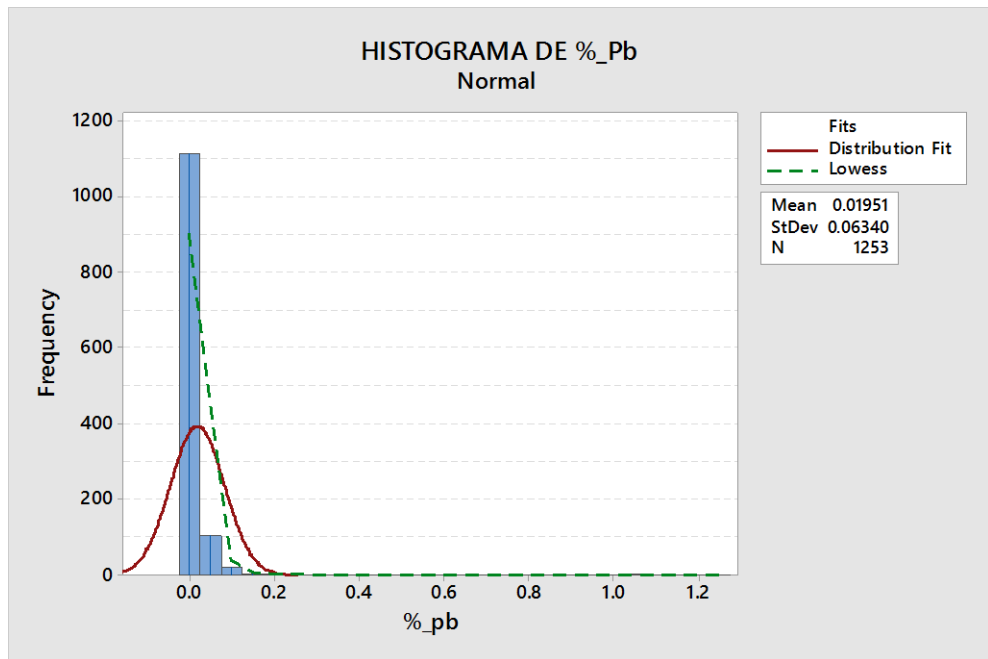


Gráfico N° 9: Histograma de % Pb

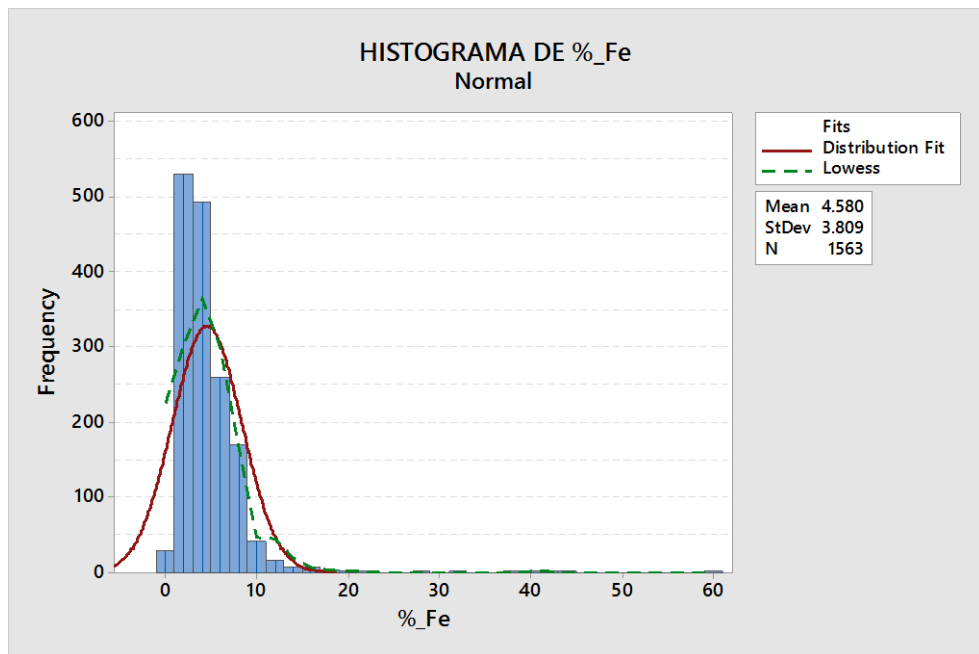


Gráfico N° 10: Histograma de % Fe

4.2.2. Diagrama de cajas.

Los diagramas de caja relacionadas a la litología con cada elemento muestran una relación de Cu, Zn y Ag en las brechas las cuales muestran una mayor concentración y en segunda instancia las zonas de skarn; en las

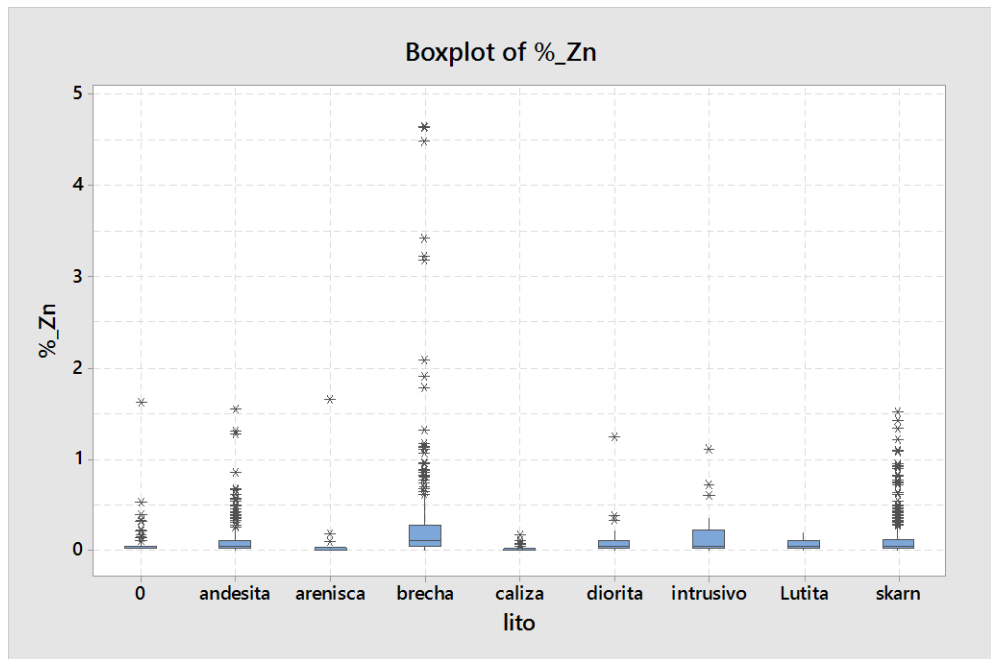


Gráfico N° 13: Boxplot de % Zn

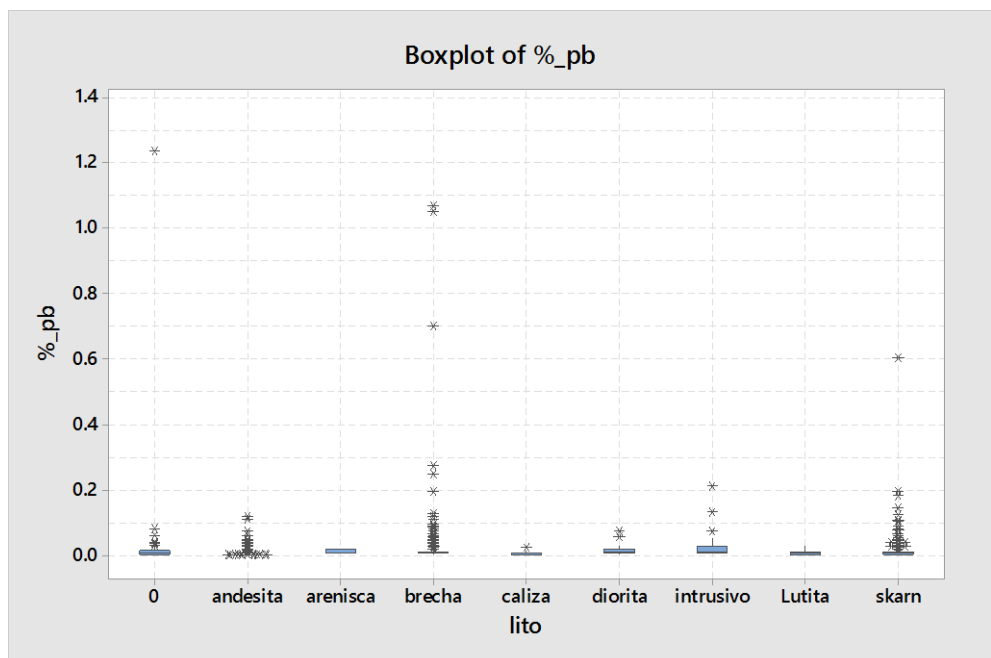


Gráfico N° 14: Boxplot de % Pb

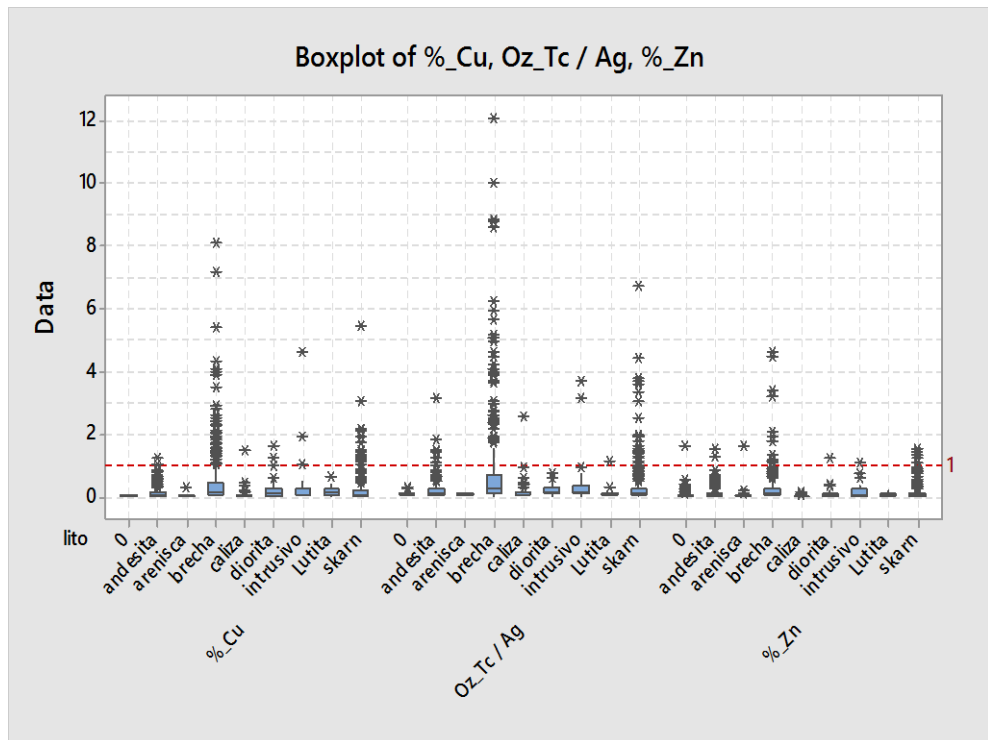


Gráfico N° 15: Boxplot compuesto de Cu, Ag y Zn

4.2.3. Diagrama de dispersión.

En la relación de elementos condicionados a la litología se puede apreciar una relación muy estrecha en las brechas, skarn y dioritas en los elementos de Ag y Cu. Como segunda relación vienen los elementos de Zn y Cu en las brechas, dioritas y el skarn, finalmente la relación más débil se aprecia en los elementos de Pb y Ag únicamente en las brechas. Las demás relaciones entre los elementos condicionados a la litología no tienen un impacto significativo por lo cual no han sido considerados en el presente informe.

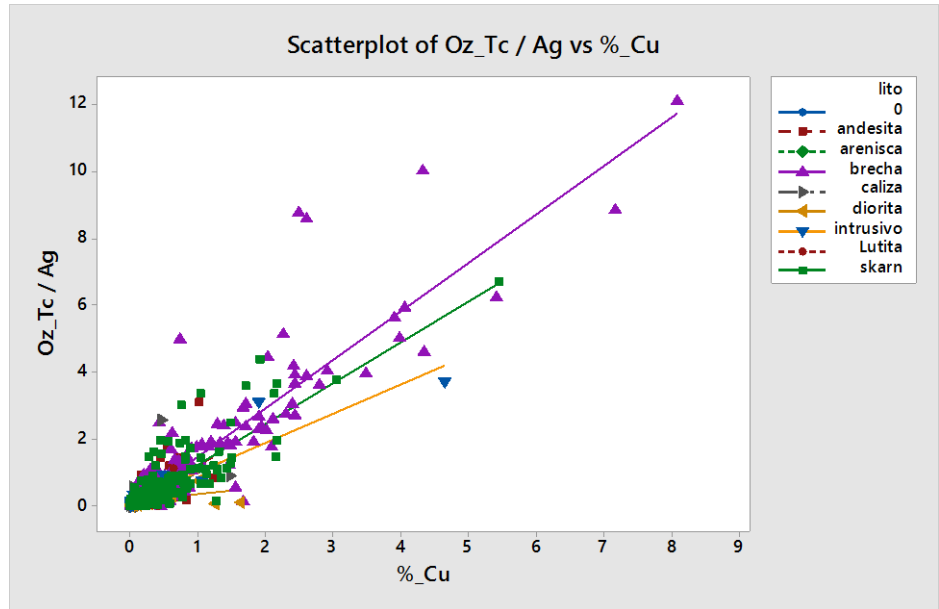


Grafico N° 16: Scartterplot de Oz_Tc/Ag vs Cu

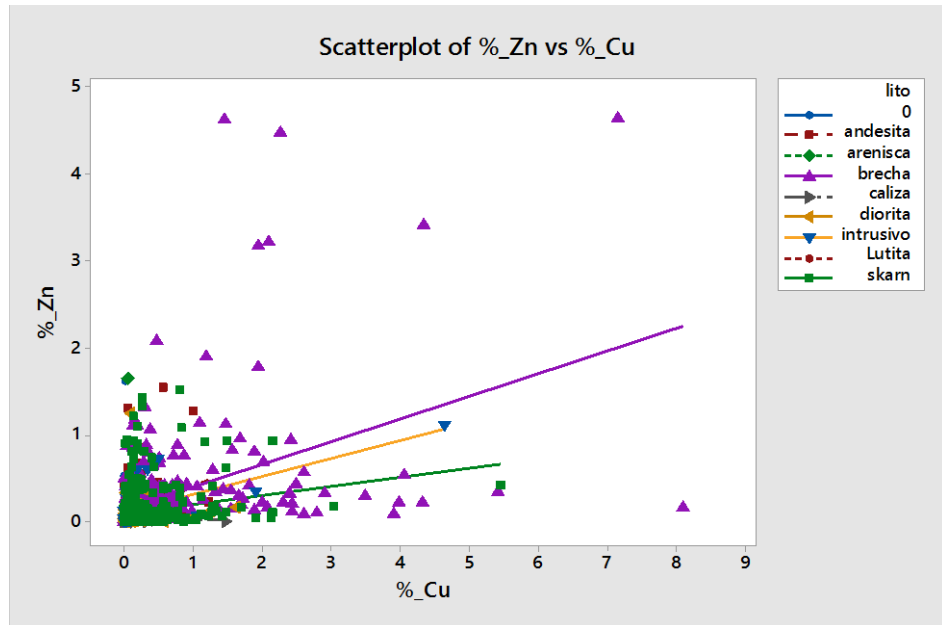


Gráfico N° 17: Scartterplot de Zn vs Cu

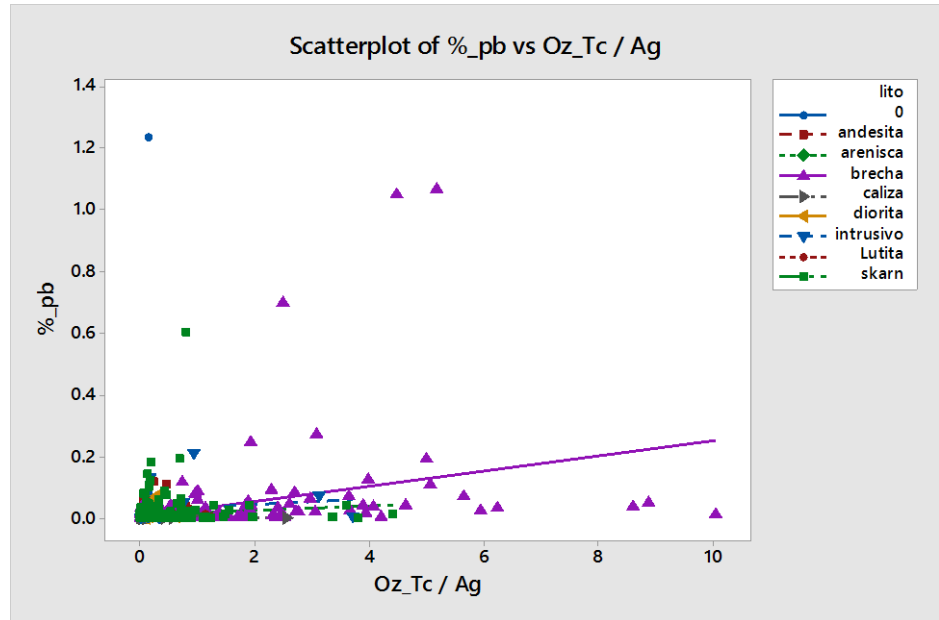


Gráfico N° 18: Scartterplot de Pb vs Ag

En una relación 3D se puede apreciar que los elementos de Cu, Ag y Zn tienen una fuerte relación en las brechas, seguido del Skarn y la Andesita.

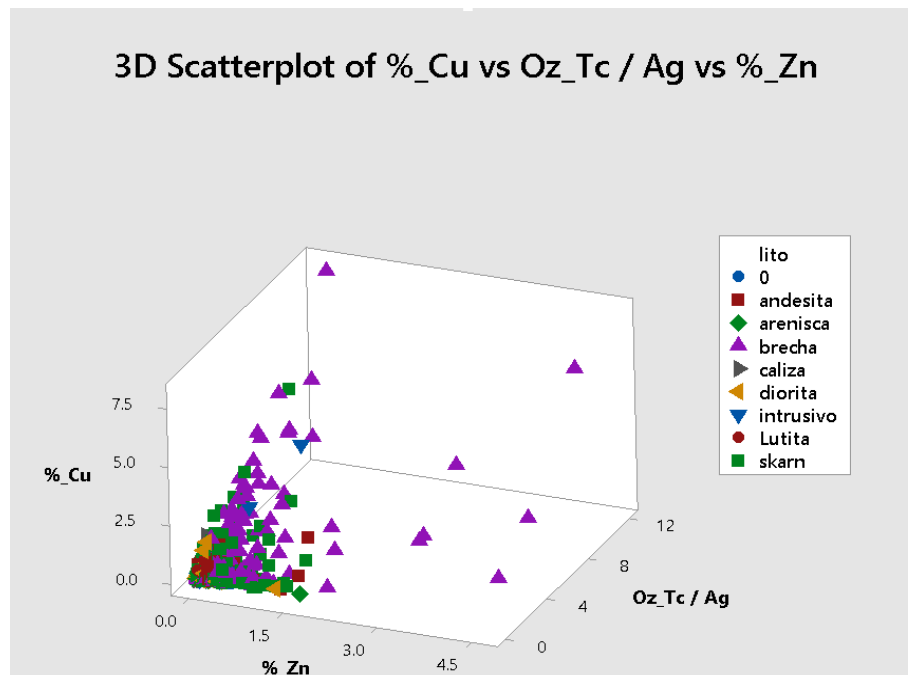


Gráfico N° 19: Scartterplot de C vs Ag vs Zn

En la matriz de correlación de elementos se puede apreciar la fuerte relación que existe entre el Cu – Ag, seguida del Cu – Zn y una relación débil entre los elementos de Zn – Pb, así como Pb – Ag.

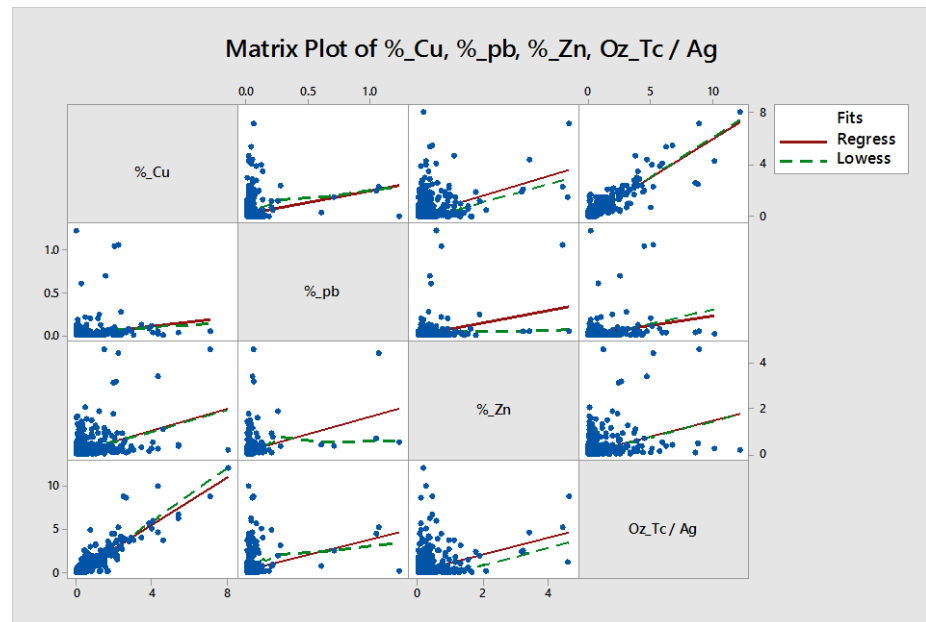


Gráfico N° 20: Matriz PLOT de Cu, Pb, Zn y Ag

Regression fit, Oz_Tc Ag = 0.027 + 1.357 (%_Cu) / R-Sq = 81.4%

Regression fit, %_Zn = 0.087 + 0.241 (%_Cu) / R-Sq = 17.8%

Regression fit, %_Zn = 0.112 + 1.550 (%_Pb) / R-Sq = 10.8%

Regression fit, %_Pb = 0.012 + 0.021 (Oz_Tc Ag) / R-Sq = 7.4%

4.2.4. Coeficiente de Pearson.

De forma similar al tratamiento estadístico de la matriz de trama de correlación de los elementos la correlación de Pearson muestra una alta afinidad para los elementos de Cu – Ag, seguida de Fe – Ag y Fe – Cu. También se puede apreciar una baja correlación existente entre Zn – Cu. Las demás correlaciones son insignificativas para nuestro propósito

CUADRO N° 4: Coeficiente de correlación de Pearson

Correlaciones						
		% Cu	% Pb	% Zn	Oz_Ag	%Fe
% Cu	Correlación de Pearson	1	,013	,248**	,720**	,525**
	Sig. (bilateral)		,573	,000	,000	,000
% Pb	Correlación de Pearson	,013	1	,090**	,022	,028
	Sig. (bilateral)	,573		,000	,350	,242
% Zn	Correlación de Pearson	,248**	,090**	1	,153**	,116**
	Sig. (bilateral)	,000	,000		,000	,000
Oz_Ag	Correlación de Pearson	,720**	,022	,153**	1	,525**
	Sig. (bilateral)	,000	,350	,000		,000
%Fe	Correlación de Pearson	,525**	,028	,116**	,525**	1
	Sig. (bilateral)	,000	,242	,000	,000	
** . La correlación es significativa en el nivel 0,01 (2 colas).						

4.2.5. Métodos jerárquicos.

El dendograma realizado muestra la primera relación predominante entre el Cu y la Ag, los cuales están ligados hacia el Fe, una segunda relación pero

con menor influencia se aprecia entre el Pb y el Zn. Este segundo grupo muestra un bajo coeficiente de correlación al grupo de Cu, Ag y Fe.

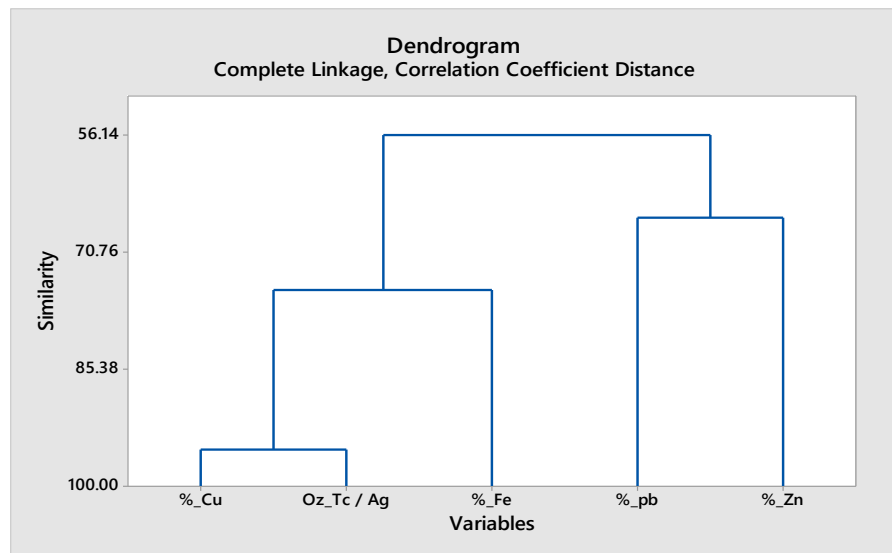


Gráfico N° 21: Dendrograma

4.2.6. Presentación de resultados.

4.2.6.1. Modelo de elevación digital

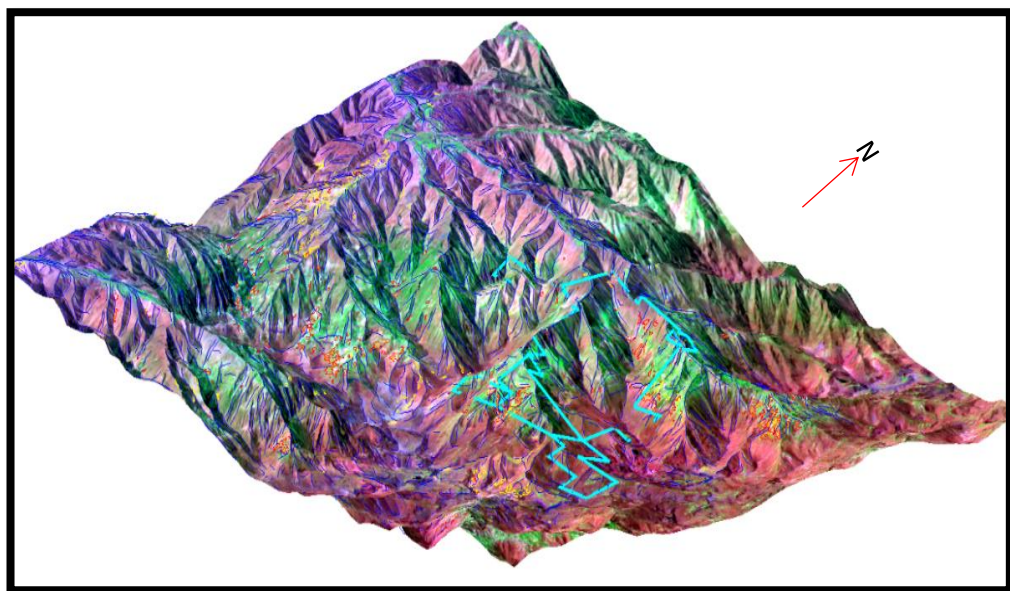


Gráfico N° 22: Modelo de elevación digital

4.2.6.2. Combinaciones de bandas

Se realizaron distintas combinaciones de bandas con el fin de realizar una interpretación foto geológica de las mismas. Combinando las bandas del VNIR se puede lograr una buena discriminación geomorfológica y de litologías debido a su resolución espacial de 15 metros.

Las combinaciones adecuadas son; RGB 321 como las más adecuadas para el mapeo de distintas unidades geológicas. La combinación RGB 4 6 9 se utilizó para la identificación de zonas de alteración hidrotermal debido a que, en general, los minerales que componen las alteraciones argílicas, presentan una firma espectral características, con picos de absorción en las bandas 5 (alunita, caolinita) y 6 (caolinita, montmorillonita, etc.) y reflectancia en la banda 4.

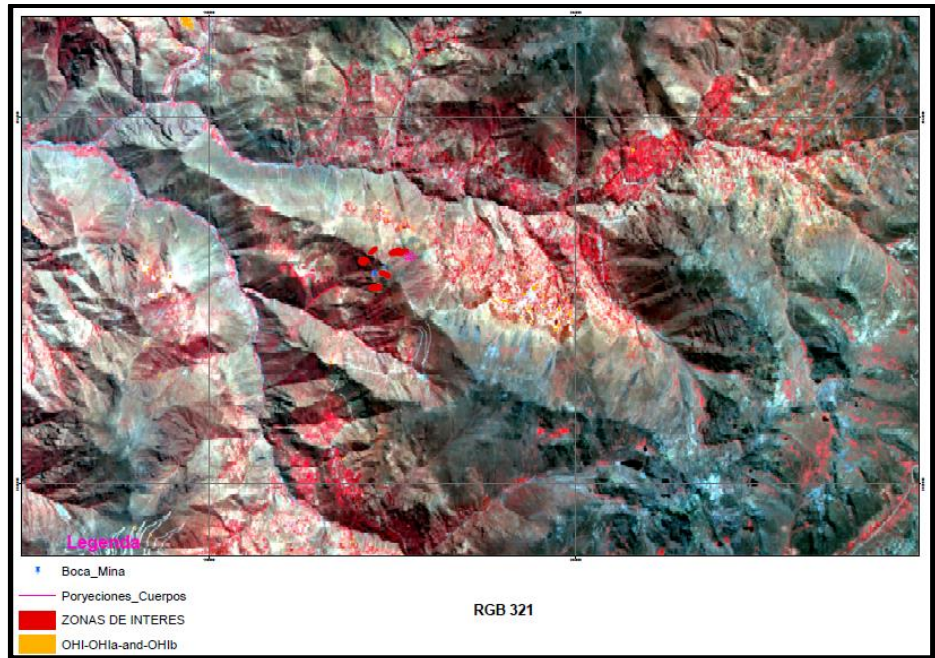


Gráfico N° 23: Combinación de banda 3 2 1



Gráfico N° 24: Combinación de banda 4 6 8

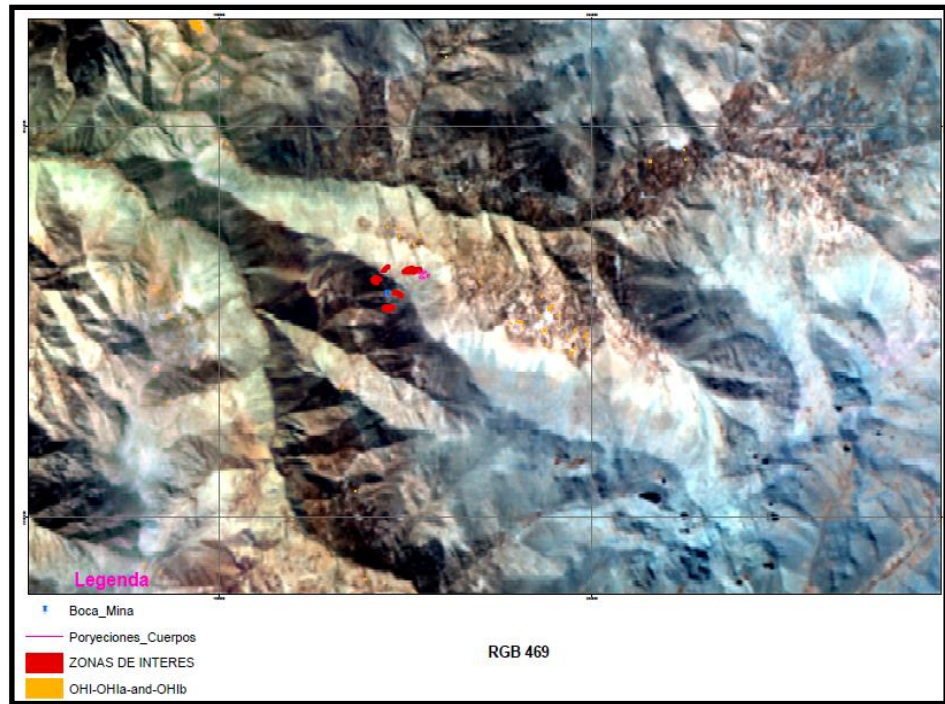


Gráfico N° 25: Combinación de banda 4 6 9



Gráfico N° 26: Combinación de banda 6 3 1

4.2.6.3. Cociente de bandas

En el numerador colocamos la banda en la cual existe el máximo de reflectancia y en el denominar la banda correspondiente a la absorción. Con la combinación de cocientes 4/5, 4/6, 4/7 (RGB) se puede identificar alteración hidrotermal en determinadas zonas.

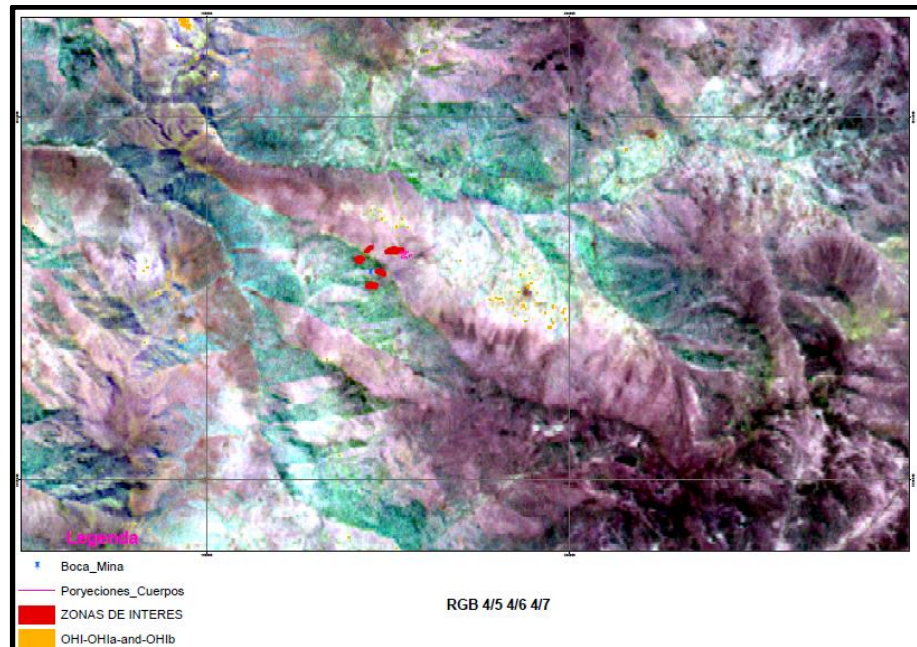


Gráfico N° 27: Cociente de banda 4/5 4/6 4/7

En base al análisis de las firmas espectrales se realizó el cociente de bandas RGB 3/1, 4/6, 7/5 donde podemos ver las zonas de alteración argílica en color verde y una diferenciación dentro de las mismas en color blanco-amarillo.

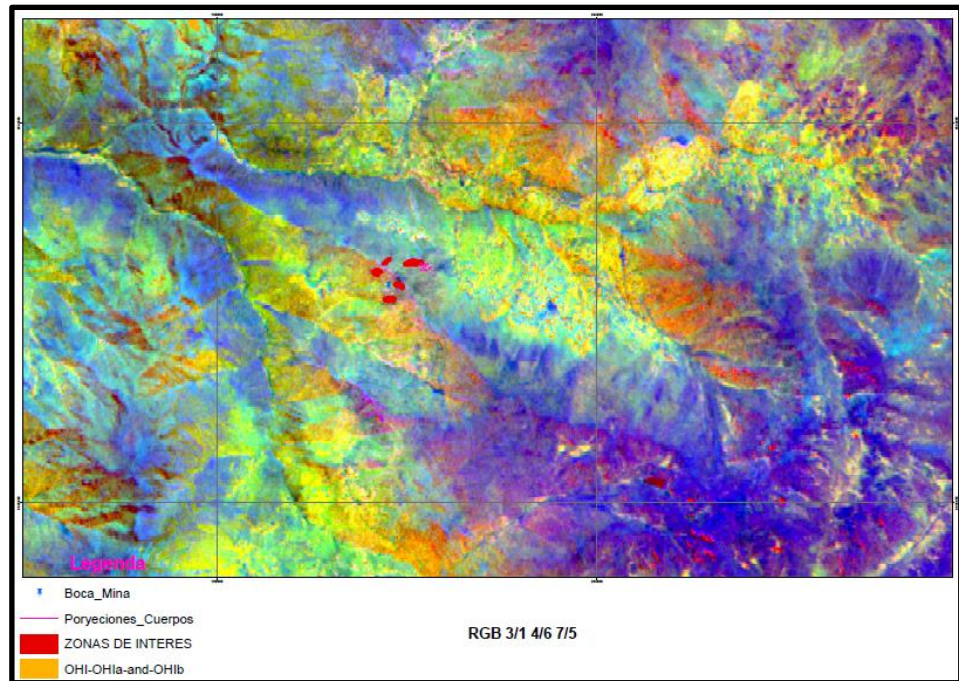


Gráfico N° 28: Cociente de banda 3/1 4/6 7/5

4.2.6.4. Índices

El índice OHla identifica minerales que presentan picos de absorción en la banda 6 mientras que el índice OHlb permite la identificación de minerales que presentan picos de absorción en la banda 5.

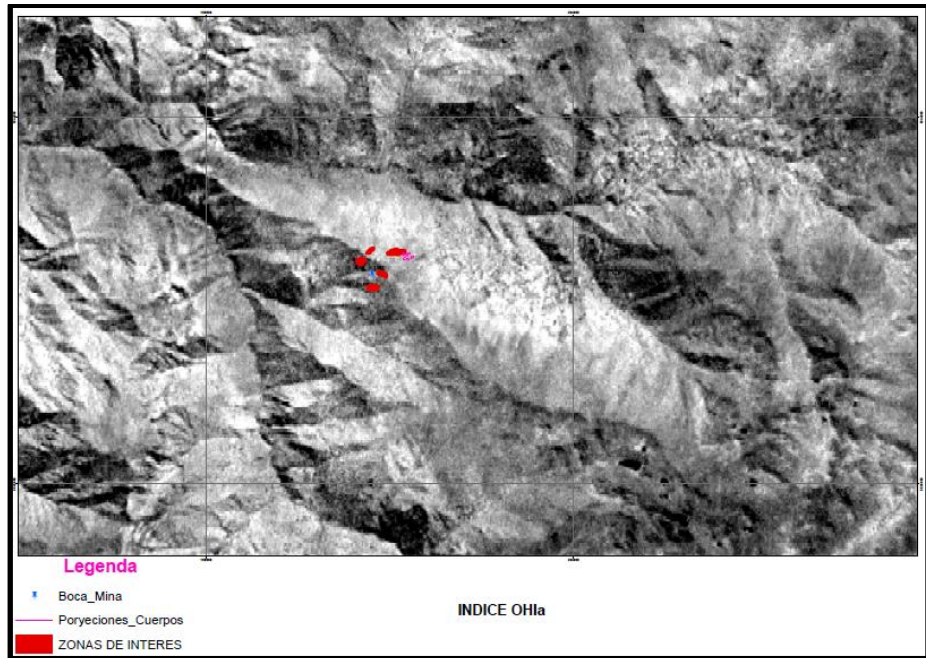


Gráfico N° 29: OHI (banda 4 * banda 7) / (banda 6 * banda 6)

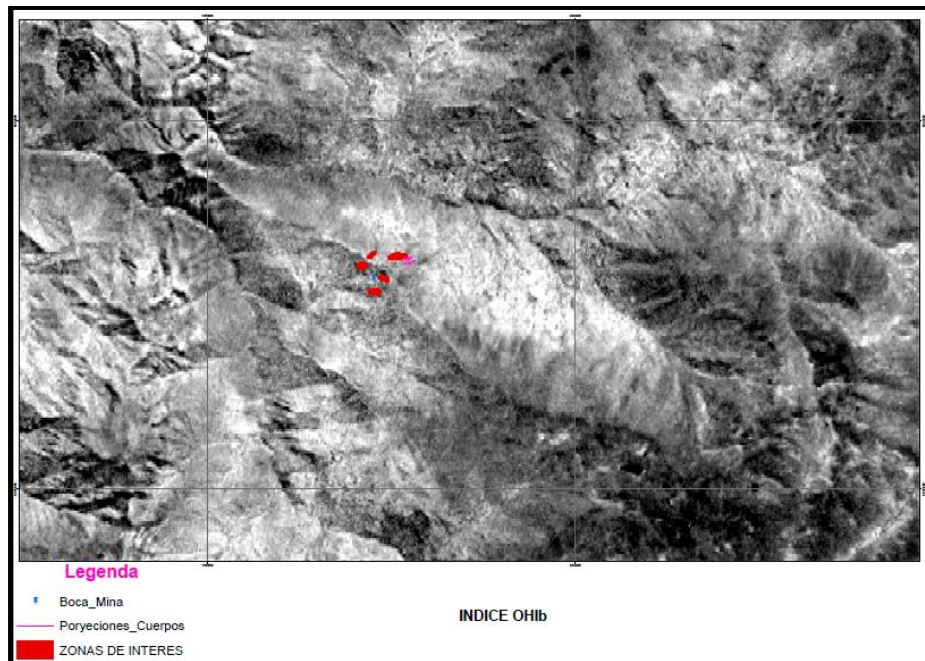


Gráfico N° 30: OHII (banda 4 * banda 7)/(banda 5 * banda 5)

El índice OHI es la permite la identificación de minerales que presentan picos de absorción en las bandas 5 y 6 de ASTER, este índice se determina realizando una intersección de los valores obtenidos en OH1a y OH1b.

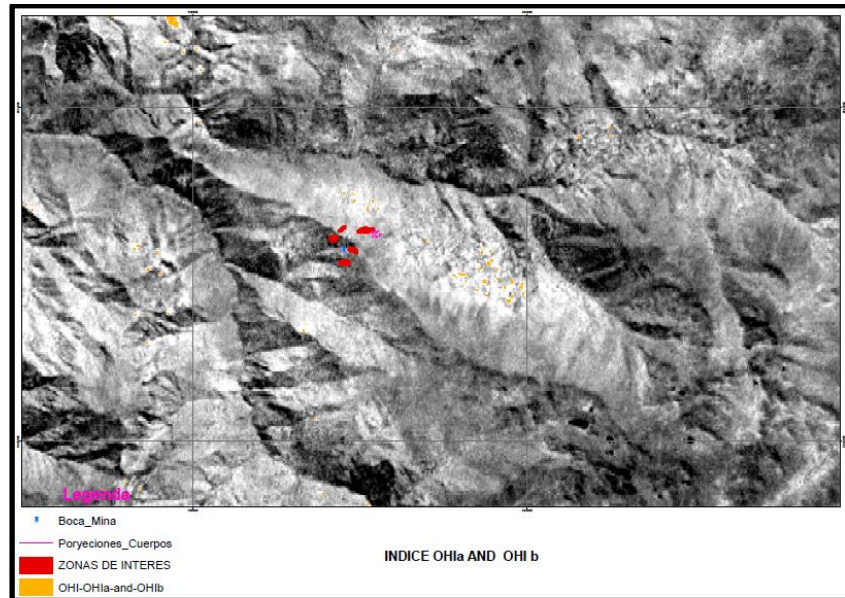


Gráfico N° 31: OHI: OH1a y OH1b

El índice ALI nos permite distinguir alunita por su pico de absorción en la banda 8 de ASTER. Aplicando estos índices se puede distinguir minerales o grupos de minerales de alteración en base a sus características espectrales

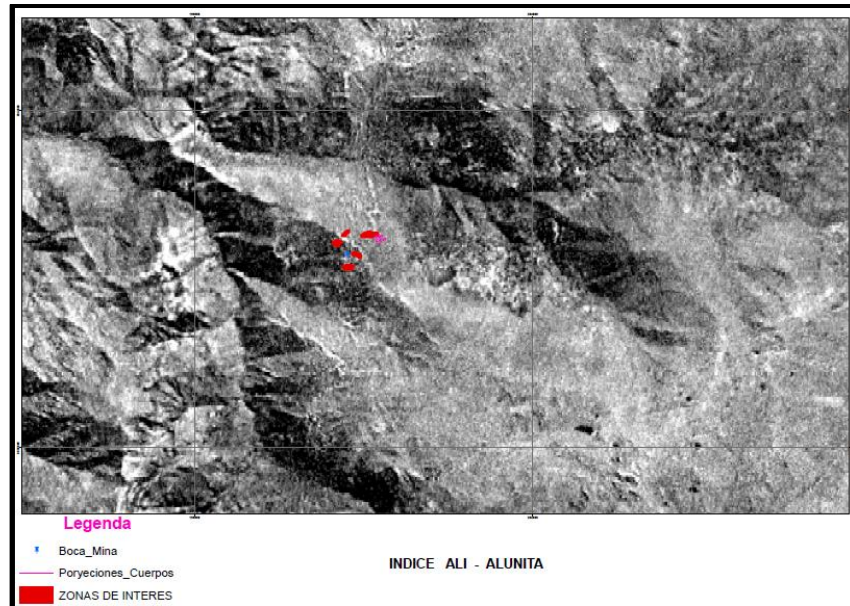


Gráfico N° 32: ALI: (banda 7 * banda 7) / (banda 5 / banda 8)

4.3. Prueba de Hipótesis

Para pruebas de hipótesis, se ha seguido un proceso no-paramétricas, porque se ha desarrollado a cabo sin la necesidad de hacer suposiciones acerca de la distribución paramétrica de los datos. Los datos de muestras están sujetos a variaciones de muestreo, es decir, también son variables aleatorias y su valor cambia de una muestra a otra, por la misma se prueba que las concentraciones de la anomalía favorables están en relación del tipo de litologías

4.4. Discusión de resultados.

1. Los resultados obtenidos de las anomalías de alteración hidrotermal por diferentes métodos, a partir de las imágenes satelitales Aster, muestran sus evidencias de anomalías en los mismos lugares, con la diferencia de un método a otro varía la proporción.

2. Haciendo el análisis de la lito geoquímica, consideramos la discusión de resultados, de los planos lito geoquímicos, y el análisis estadístico, según el estadígrafo de diagrama de cajas, se no nota la mayor dispersión de las anomalías, se observa en las brechas, entonces, la dispersión de estos minerales, se observa mejor con un análisis estadístico.

CONCLUSIONES

1. Con la utilización de los cocientes de bandas se detectaron las zonas de alteración hidrotermal en el Distrito Minero Shuntur y se clasificaron, las alteraciones de; óxidos, argílicas, illitas, caolín, potásicas, granates, goethita, jarosita, hematita.
2. El tipo de alteración hidrotermal podría corresponder a zonas argílicas. Intermedia avanzadas.
3. De esta forma se podrían definir nuevos blancos exploratorios de zonas de alteración, mediante la utilización de datos ASTER, abarcando una amplia región a escala regional, metodología aún no aplicada en forma sistemática en la región de estudio. Las diferentes técnicas de procesamiento de los datos ASTER aquí aplicadas han sido utilizadas en forma efectiva en la discriminación las anomalías de alteración.
4. Según los resultados de lito geoquímica, la zona posible de mineralización es considera en las rocas andesíticas, en las zonas de skarn, en las zonas brechadas y en los diques hipabisales.

RECOMENDACIONES

1. Debido a las anomalías discriminadas tanto con el uso de las imágenes y la lito geoquímica, se recomienda hacer un modelo geo metalúrgico. Con la finalidad de ver, el comportamiento mineralógico y textural de los diferentes minerales existente.
2. Dado que la zona de estudio brinda buenas posibilidades, también es recomienda hacer un estudio de difracción, con la finalidad de ver la distribución de otros elementos químicos.

BIBLIOGRAFÍA

- Cobbing, Edwin John; Sánchez Fernández, Agapito Wilfredo; Martínez Valladares, William; Zárate Olazabal, Héctor – 1996 geología de los cuadrángulos de Huaraz, Recuay, La Unión, Chiquián y Yanahuanca 20-h, 20-i, 20-j, 21-i, 21-j – [Boletín A 76] - Cobbing, Edwin John; Sánchez Fernández, Agapito Wilfredo; Martínez Valladares, William; Zárate Olazabal, Héctor – 1996
- Christian Vargas Gonzáles Procesamiento de Imágenes de Satélite & GIS
- Daniel José Pérez, Diego Fernando Ducart, Alvaro Penteado Crósta – 2007.
- Mapeo geológico con datos ASTER y ETM en Sierra de Umango (29°00´S) Sierras Pampeanas Occidentales, provincia de La Rioja, Argentina.
- Diego Azcurra, Silvia Castro Godoy, Juan C. Candiani, Ramón Carrizo, Kiyoharu Nakayima -2005. Teledetección, Imágenes Satelitales y Procesamiento Digital De Imágenes - Procesamiento De Imágenes Aster Del Área De Sierra De Famatina, Provincia De La **Rioja**, República Argentina –
- Indiana Bastera. Fundamentos del procesamiento digital de imágenes - Mehl, H.; Peinado, O.
- José Manuel Lattus Sanhueza Universidad de Chile - Departamento de Geología – 2011. Utilización De Imágenes Satelitales En La Minería;Universidad de Chile – Departamento de Geología
- Dra. Romina Arena Corujo (2016) Aplicación de la Teledetección en la Exploración Geominera y de Recursos Naturales
- Cintia Marquetti, Raúl Becchio, Raúl Seggiaro y Kioharu Nakashima (2004) Aplicación De Datos Aster Para El Mapeo De La Hoja Geológica Andalgalá, Catamarca, Argentina”

PAGINAS WEB

- <http://www.geovirtual2.cl/EXPLORAC>.
- <http://www.segemar.gov.ar/index.php/institucional/noticias/ultimas-noticias/183-procesamiento-digital-de-imagenes-satelitales>
- http://www.satimagingcorp.com/applications/energy/mining/mining_es/
- http://www.ingemmet.gob.pe/web/lab/imagenes_satelitales_tl

ANEXOS

ANEXO N° 01
MATRIZ DE CONSISTENCIA

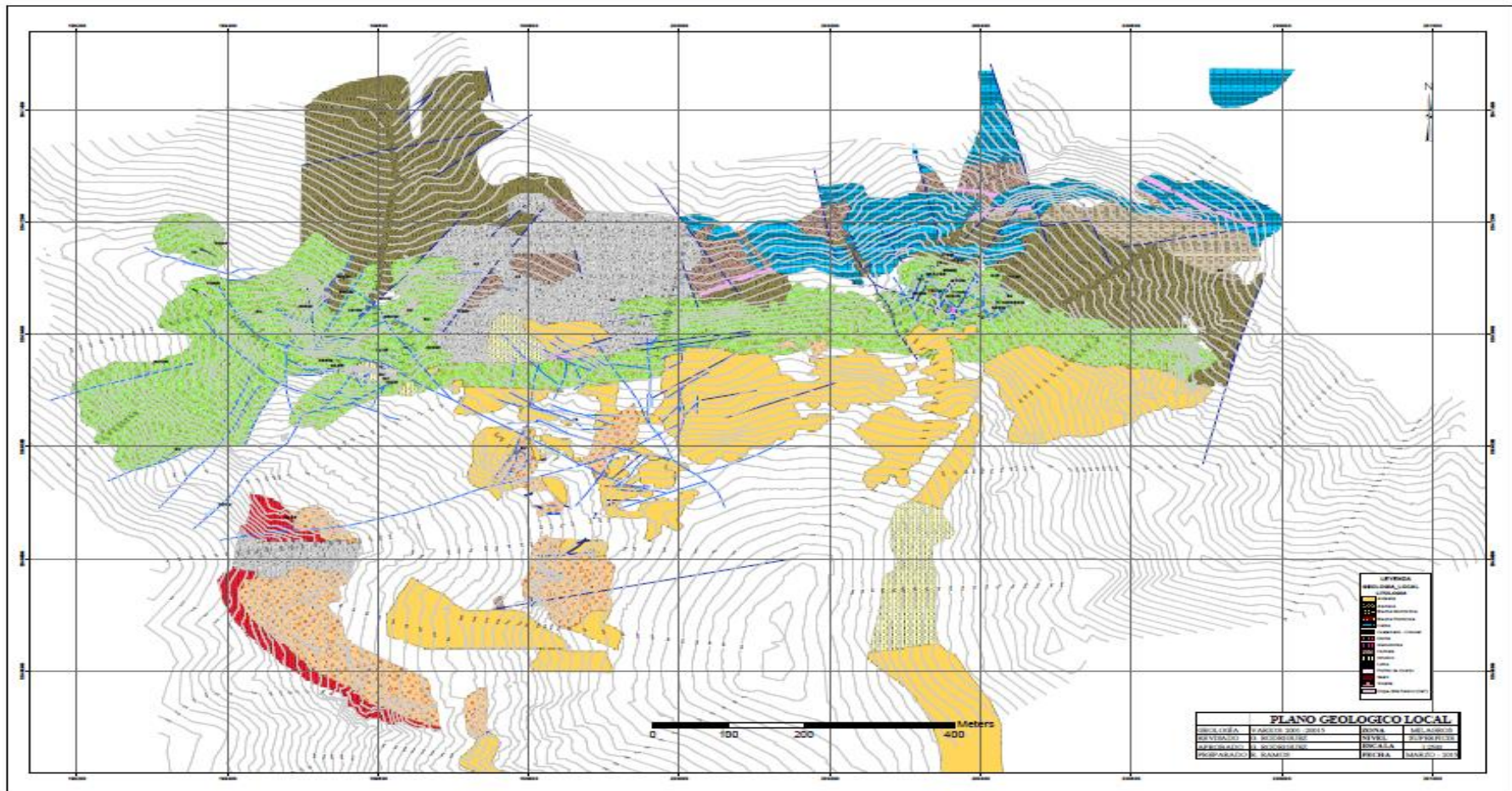
TITULO: “ANALISIS GEOLOGICO A TRAVES DE IMAGEN SATELITAL ASTER DEL CUERPO GLORIA EN ZONAS ALEDAÑAS PARA LA EXPLORACION BROWFIELD EN LA UNIDAD MINERA SHUNTUR SAC”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES DIMENSIONES	METODOLOGIA	POBLACION Y MUESTRA	TECNICA E INSTRUMENTOS
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVOS GENERALES	HIPOTESIS GENERAL	VARABLES INDEPENDIENTES	INDICADORES	TIPO DE INVESTIGACIÓN	POBLACION	TECNICAS
¿Existe una similitud en formas espectrales del cuerpo Gloria y zonas aledañas las cuales se puedan aplicar a zonas distantes?	- Hallar nuevos blancos de exploración los cuales puedan asegurar la vida útil de la mina a largo plazo - Aplicación optima del software ENVI para la limitación de firmar espectrales las cuales conduzcan a nuevos targets	Si la relación ente los cuerpos hallados en superficie son similares a otras áreas, la ubicación de nuevos blancos de exploración será más factibles, generando con ello una alta confiabilidad en su prospección.	- Similitud de firmas espectrales a través de imagen satelital ASTER para la ubicación de nuevos targets. - Características de firmas espectrales de la formación Santa, Carhuaz y el Grupo Callipuy aplicables a exploraciones browfield.	Alteraciones hidrotermales Alteración supergenas Identificación de elementos pathfinder Proyectos de exploración aledañas	Descriptivo MÉTODO Inductivo		

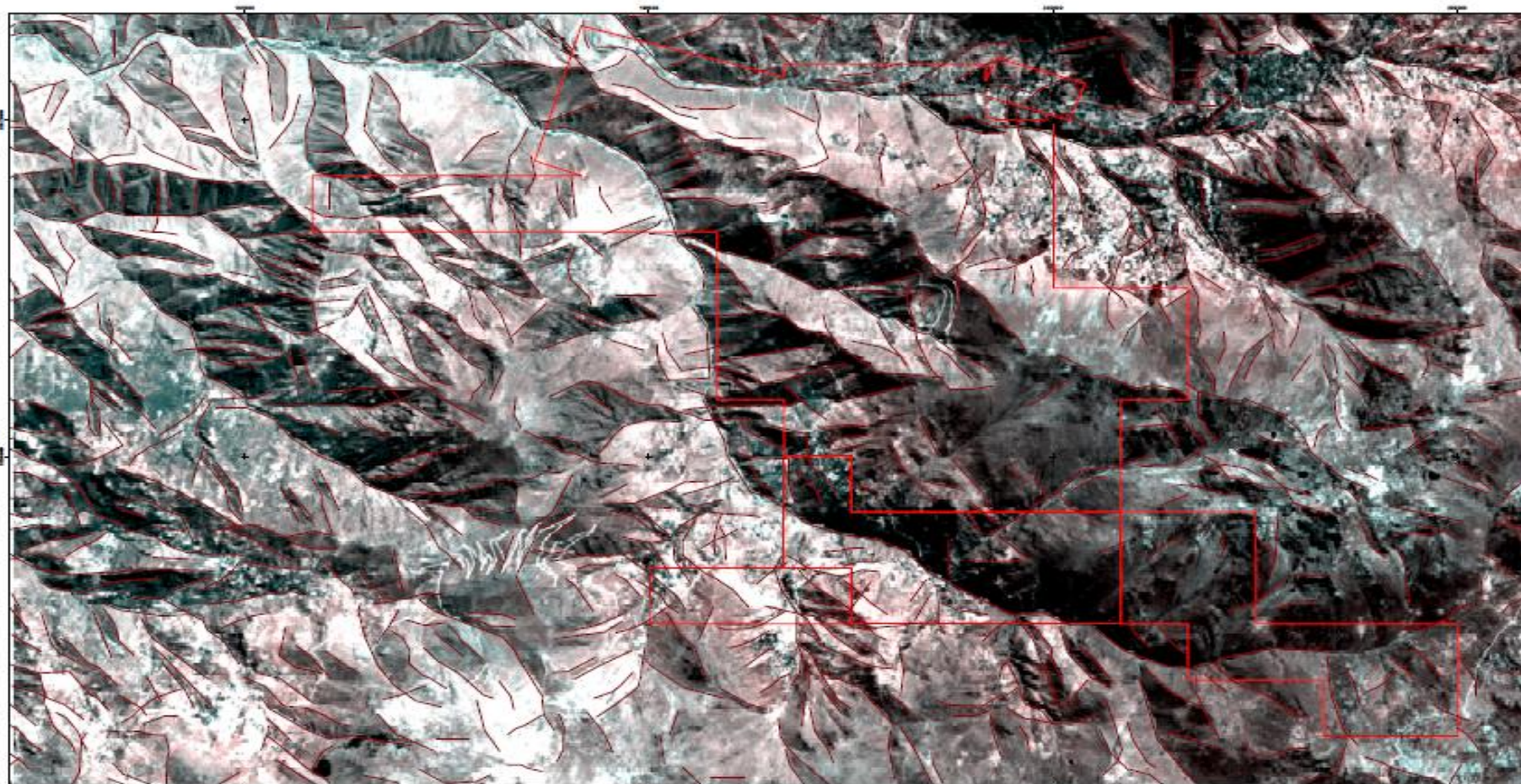
<p>PROBLEMAS ESPECIFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - ¿Cuáles son las características geológicas existente entre las formaciones Santa, Carhuaz y el Grupo Callipuy las cuales puedan ser detectables a través de imagen satelitales por medio de la cual se puedan detectar nuevos targets? - Si existe una relación ¿Cuáles serían las zonas con altas probabilidades de convertirse en futuros blancos de exploración? 	<p>OBJETIVOS ESPECIFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Encontrar la relación existente entre las características geológicas y las firmas espectrales las cuales nos conduzcan nuevos targets - Limitar zonas de exploración con alto potencial geológico para convertirse en nuevos targets. - Reconocimiento de firmas espectrales asociados a cuerpos mineralizados en las formaciones Santa, Carhuaz y el Grupo Callipuy en la Cordilla Negra. 	<p>HIPÓTESIS ESPECIFICOS</p> <p>H₁: El tratamiento de imágenes satelitales de zonas reconocidas con respaldo de la geoquímica es una guía para la ubicación de zonas de exploración.</p> <p>H₂: El tratamiento de imágenes satelitales de zonas reconocidas con respaldo de la geoquímica no es una guía para la ubicación de zonas de exploración.</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Exploraciones Browfield en la unidad minera Shuntur SAC</p>	<p>DIMENSIONES</p> <p>Ubicación y Accesibilidad de la Zona de Estudios Geomorfología Clima y Vegetación 6</p>	<p>DISEÑO</p> <p>Cuasiexperimental</p> <p>Ge → O₁ → X → O₂</p> <p>Gc → O₁ ----- O₂</p>	<p>MUESTRA</p> <p>7.36 hect. reconocido por el cuerpo Gloria</p>	<p>INSTRUMENTOS</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lupa con aumento 20x20 - Rayador - Brújula - Carta geológica 20N - Acido clorhídrico disuelto - Satélite tierra.
<p>VARIABLE INTERVINIENTE</p> <ul style="list-style-type: none"> - Garantizar la buena práctica en la selección de firmas espectrales - Validación del mapeo geológico - Buena práctica en la toma de muestras - Similitud entre las zonas prospectales y la zona minada 	<p>TRATAMIENTO ESTADISTICO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Procesamiento de firmas espectrales a través del software ENVI - Análisis espectrometría de Absorción atómica. 						

ANEXO N°2
INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

PLANO GEOLÓGICO LOCAL

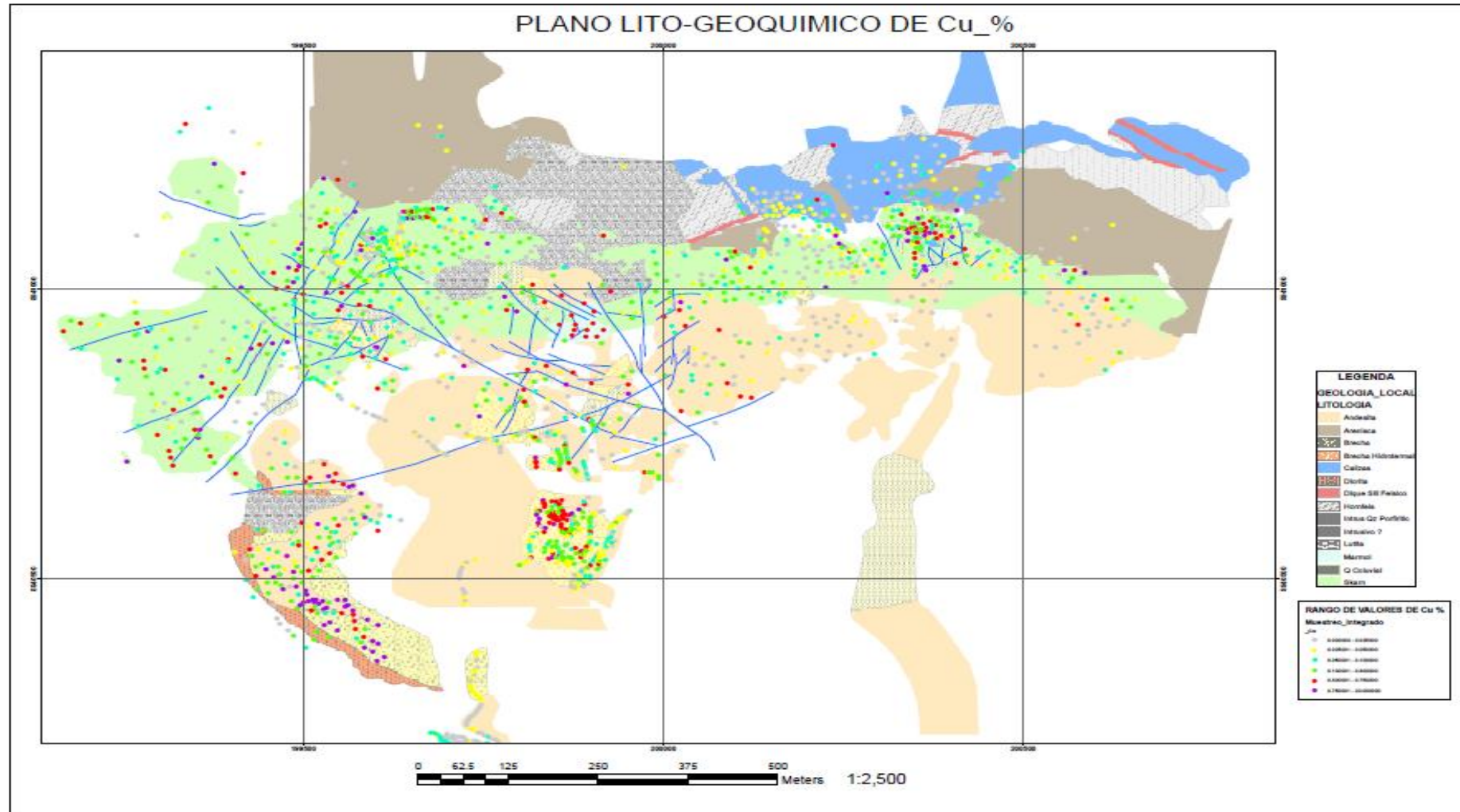


PLANO DE CONCESIONES

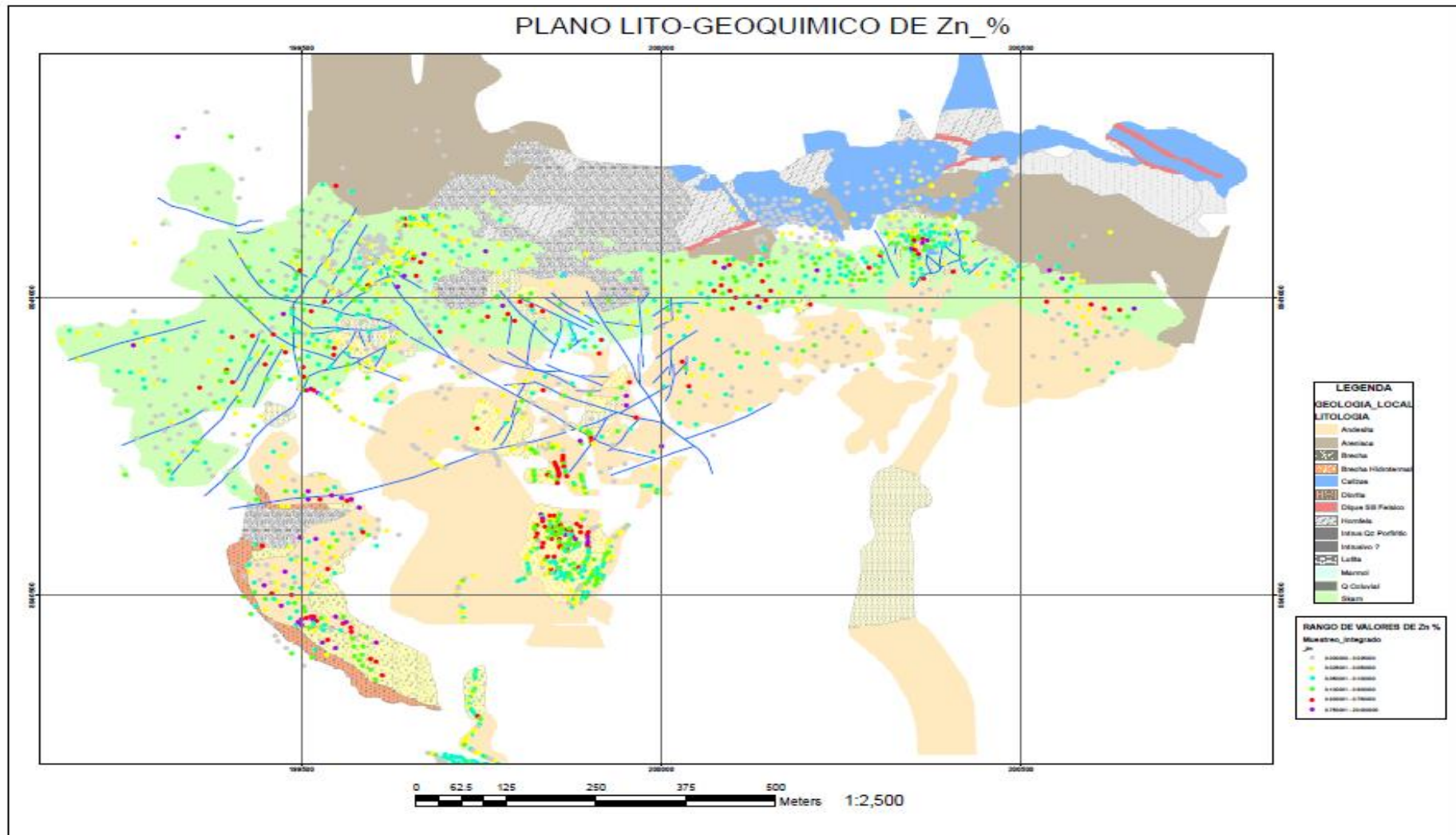


PLANO DE CONCESIONES
ESCALA:30,000

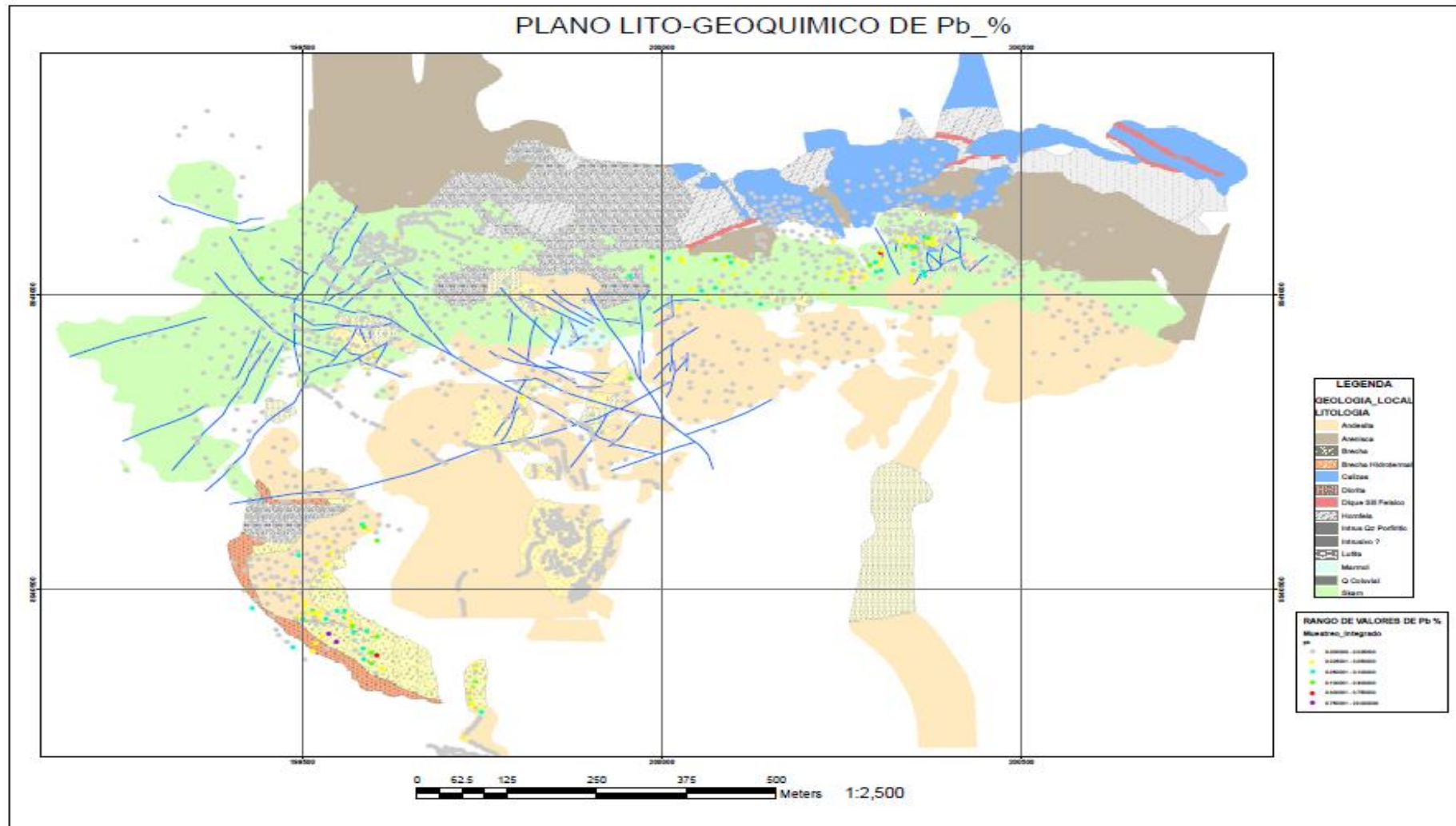
PLANO LITOGEOQUIMICO DE CU



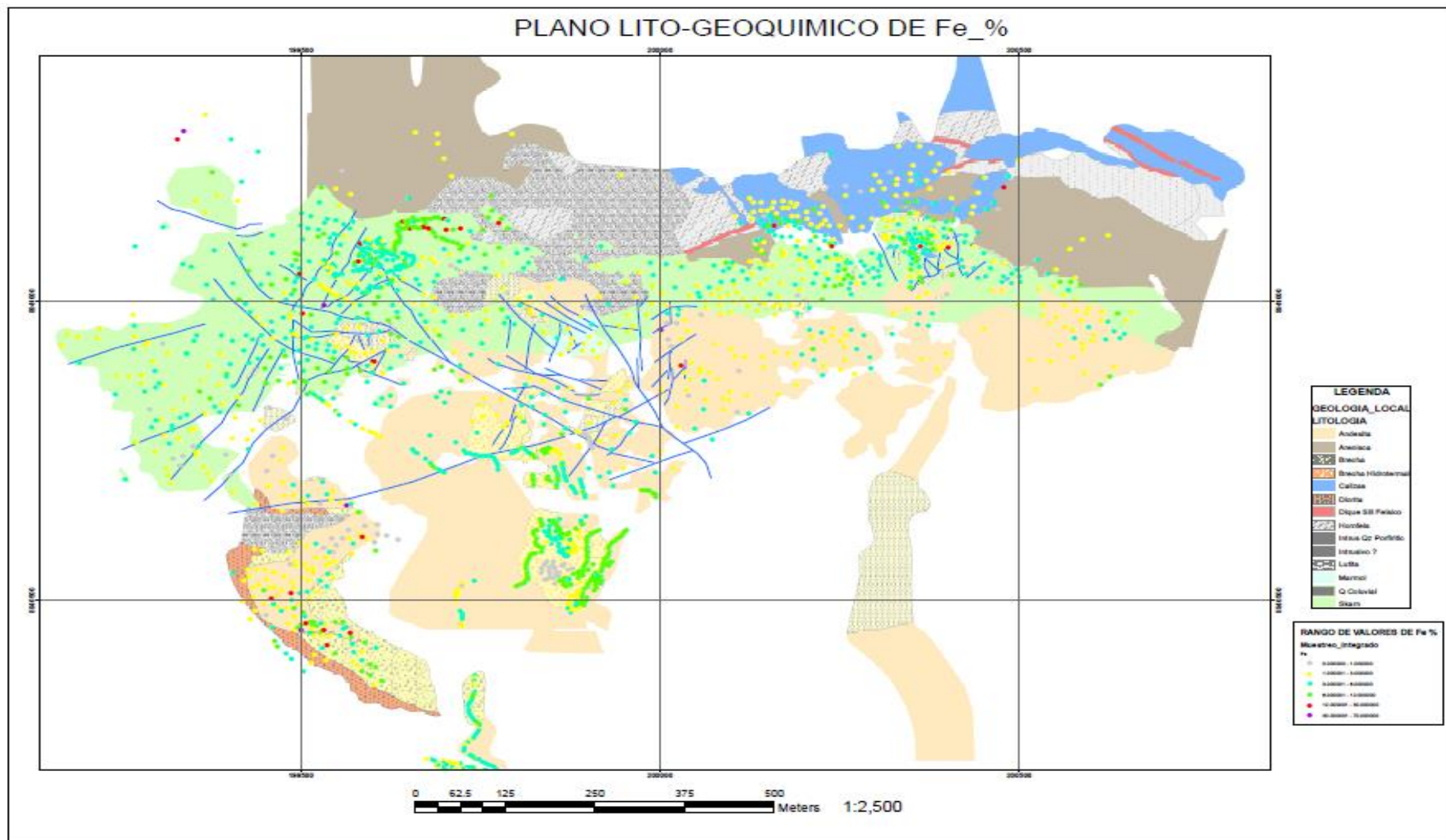
PLANO LITOGEOQUIMICO DE ZN



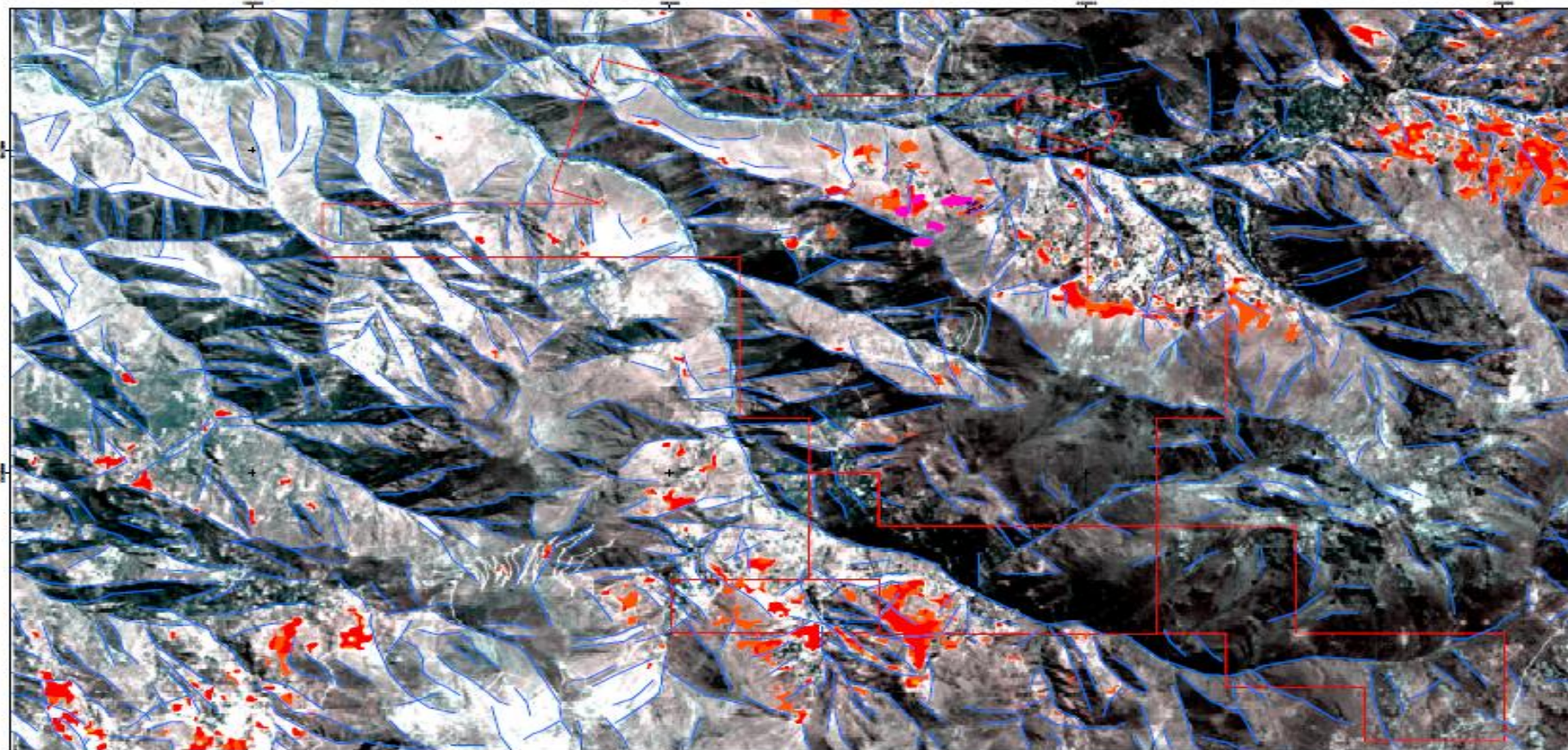
PLANO LITOGEOQUIMICO DE PB



PLANO LITOGEOQUIMICO DE FE



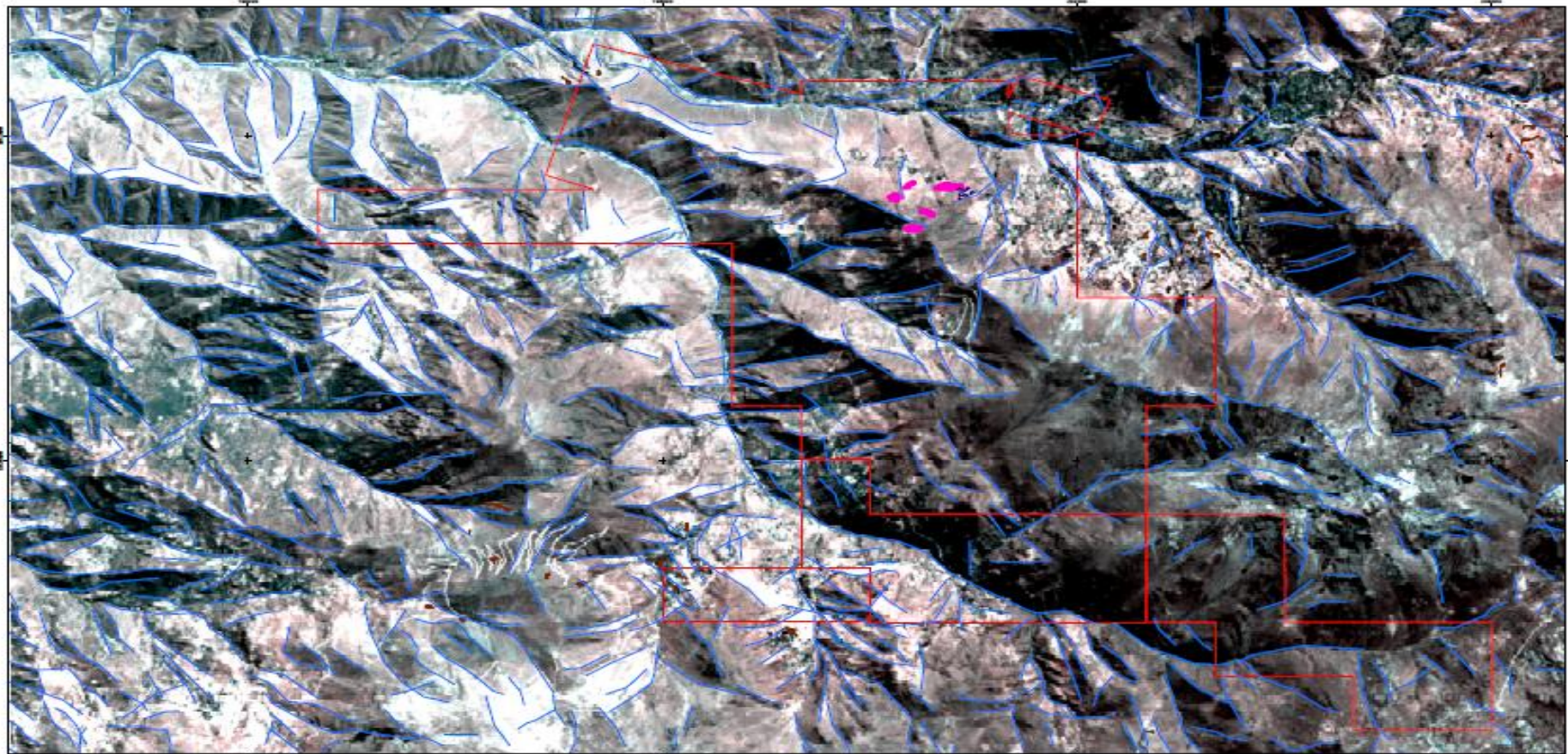
PLANO DE ANOMALIAS DE OXIDO



- Export_Output
- ▭ LIMITE_DENUNCIO
- Poligonos_Cuerpos
- LINEAMIENTOS
- ▭ ZONAS DE INTERES
- ▭ GOET_PC123FMTMF_99%
- ▭ HEM_PC123FMTMF_99%
- ▭ JAROS_PC123FMTMF_99%

PLANO DE ANOMALIAS DE OXIDOS
ESCALA/30,000

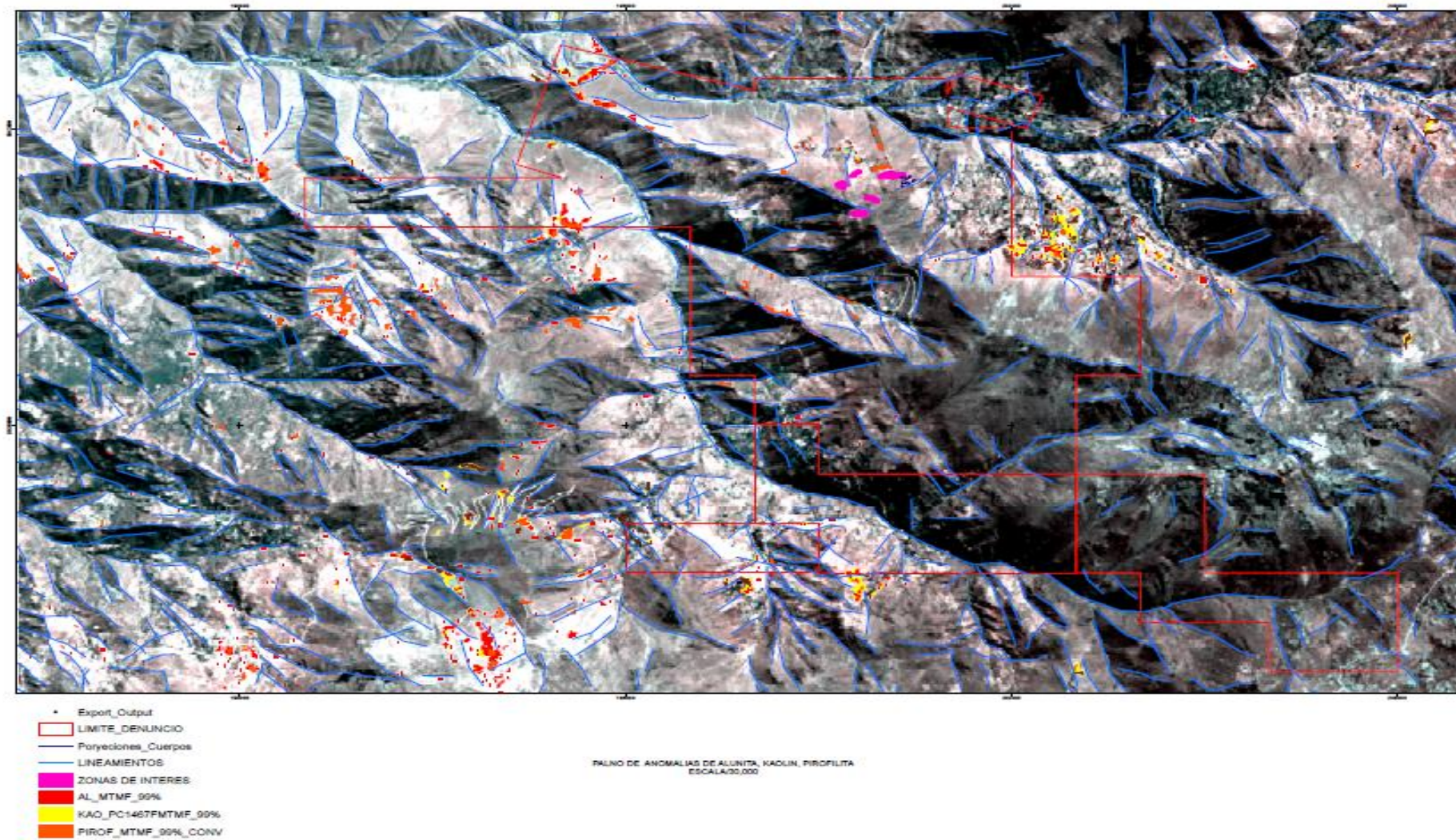
PLANO DE ANOMALIAS DE MUSCOVITA



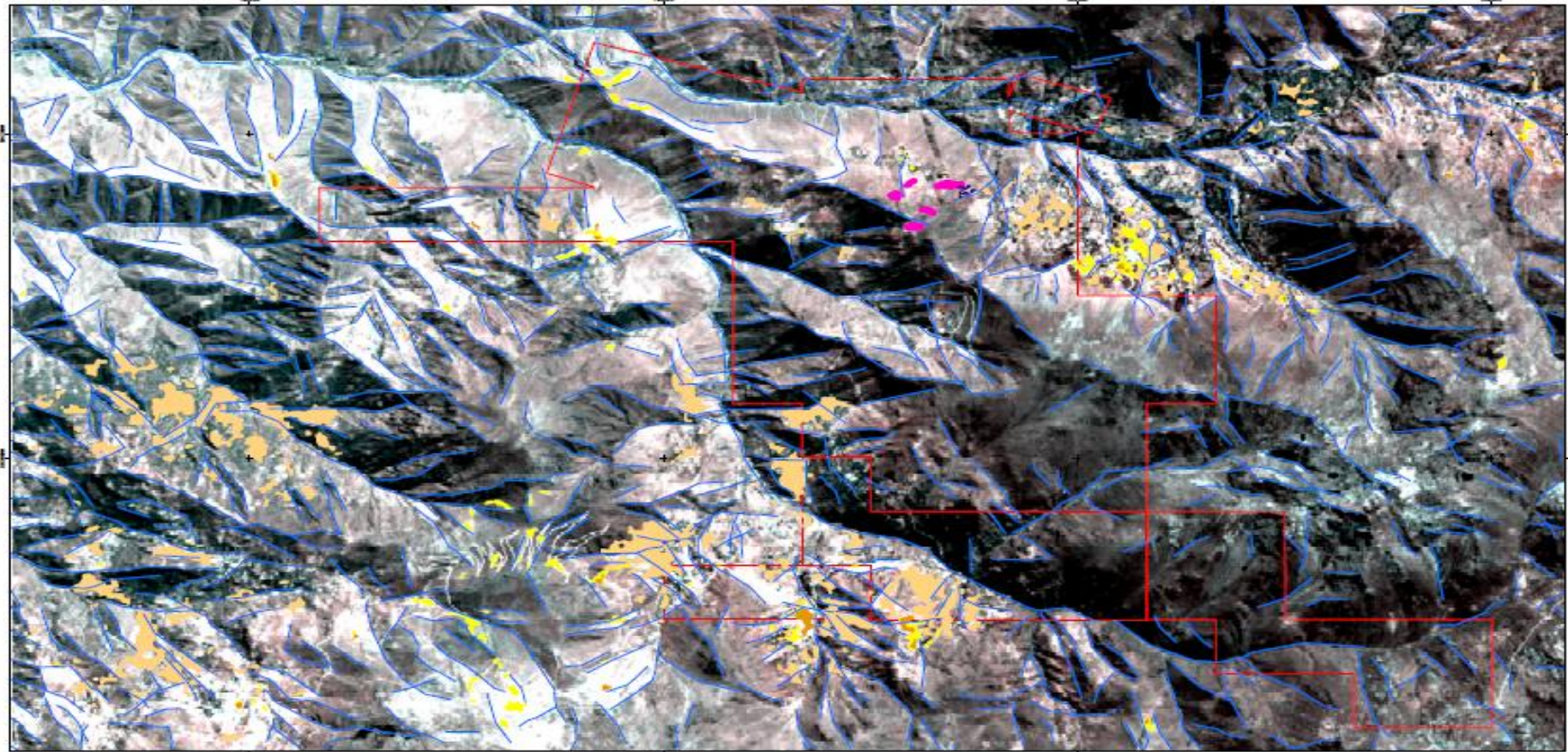
- Export_Output
- ▭ LIMITE_DENUNCIO
- ▭ Poligones_Cuerpos
- ▭ LINEAMIENTOS
- ▭ ZONAS DE INTERES
- ▭ MUSC_MTMF_99%_CONV

PLANO DE ANOMALIAS DE MUSCOVITA
ESCALA:30.000

PLANO DE ANOMALIAS DE ALUNITA – KAOLIN - PIROFILITA



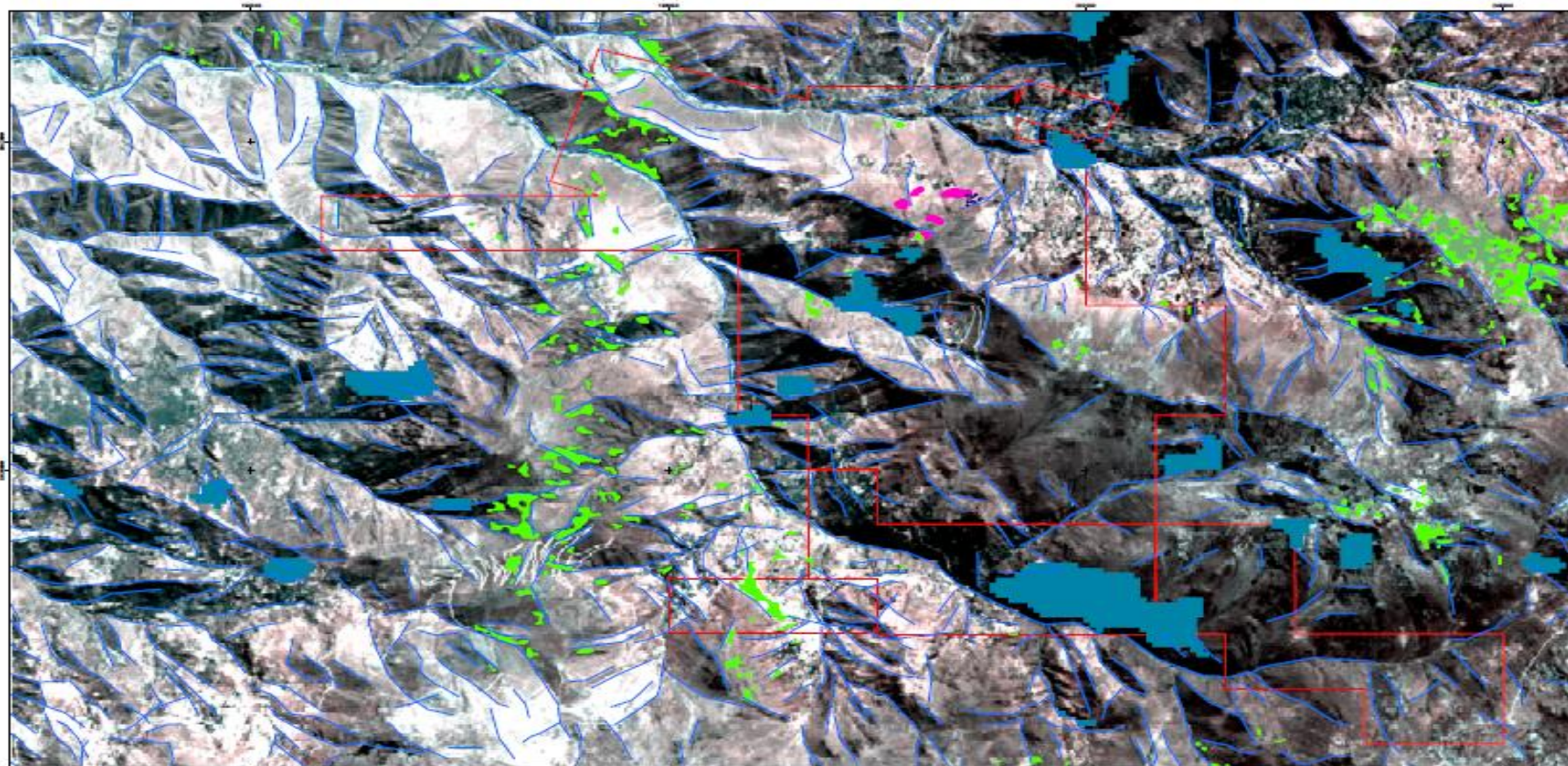
PLANO DE ANOMALIAS DE MONTMORILLONITA- KAOLIN - ARCILLAS



- Export_Output
- ▭ LIMITE_DENUNCIO
- Poligonos_Cuerpos
- LINEAMIENTOS
- ▭ ZONAS DE INTERES
- ▭ MONT_PC1467FMTMF_99%
- ▭ KAO_PC1467FMTMF_99%
- ▭ ARCILLAS_BR_99%_CONV

PLANO DE ANOMALIAS DE MONTMORILLONITA, KAOLIN, ARCILLAS
ESCALA:100,000

PLANO DE ANOMALIAS DE GRANATES – EPIDOTA - CLORITA



- Export_Output
- ▭ LIMITE_DENUNCIO
- ▭ Poliedros_Cuerpos
- LINEAMIENTOS
- ▭ ZONAS DE INTERES
- ▭ BR_12-13_granat-CPX-ep-d_99%_CONV
- ▭ EPID_PC2358FMTMF_99%
- ▭ CLO_MTMF_99%_CONV

PLANO DE ANOMALIAS DE GRANATES, EPIDOTA, CLORITA
ESCALA:30.000

PLANO GEOLOGICO REGIONAL

