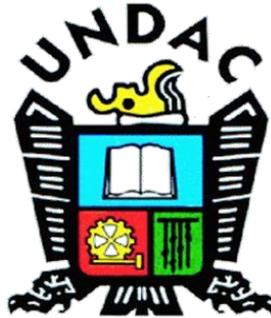


UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE

INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS

Método geoquímico de exploración con anomalías de AS, Pb, Zn, Cu y Fe, Proyecto Virgen de las Nieves, Raura

Para optar el título profesional de:

Ingeniero Geólogo

AUTOR: Bach. Jonatan QUISPE TAIPE

ASESOR: Mg. Vidal Victor CALSINA COLQUI

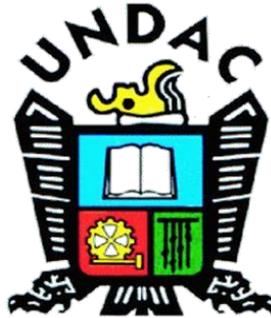
Cerro de Pasco - Perú - 2021

UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRION

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE FORMACION PROFESIONAL DE

INGENIERIA GEOLOGICA



TESIS

Método geoquímico de exploración con anomalías de AS, Pb, Zn, Cu y Fe, Proyecto Virgen de las Nieves, Raura

Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:

Ing. Ramiro Ernesto DE LA CRUZ FERRUZO
PRESIDENTE

Mg. Javier LOPEZ ALVARADO
MIEMBRO

Ing. Eder Guido ROBLES MORALES
MIEMBRO

DEDICATORIA

A Dios por permitirme estar aquí y guiarme en cada paso que doy. A mis padres: Lucio y Caitana por su amor infinito y por haberme motivado a no rendirme en continuar con mis sueños de ser profesional. A mis hermanos por ser parte importante de mi vida y representar la unión.

RECONOCIMIENTO

Una enorme satisfacción y reconocimiento a todas las personas que me incentivaron e hicieron posible la obtención de uno de los objetivos trazados en mi vida, asimismo a todos los que me apoyaron para lograr realizar este trabajo de una manera desinteresada

RESUMEN

El presente proyecto contiene el Estudio Geológico y Geoquímico de Superficie en el área Virgen de las Nieves ubicada al NE de la laguna Puyhuancocha del Distrito Minero Raura

Se realizó el mapeo geológico a escala 1:2000 y muestreo geoquímico superficial realizando una malla de 100 x 100 donde se ha identificado anomalías geoquímicas de As, Pb, Zn, Cu, Fe por lo cual se definió e interpreto las áreas mencionadas como target de exploración.

Se ha caracterizado geoquímicamente las rocas sedimentarias calcáreas de la Fm. Celendín y de las diferentes unidades de la Fm. Jumasha, con la finalidad de determinar los patrones geoquímicos como el valor de fondo y umbral geoquímico en dichas rocas, mediante estos patrones se realizaron la interpretación y reinterpretación de la prospección geoquímica en rocas realizadas desde el año 2005 hasta el año 2019.

Palabras clave: Target de exploración, patrones geoquimicos

ABSTRACT

This project contains the Surface Geological and Geochemical Study in the Virgen de las Nieves area located NE of the Puyhuancocha lagoon of the Raura Mining District

The geological mapping was performed at a 1: 2000 scale and surface geochemical sampling using a 100 x 100 mesh where geochemical anomalies of As, Pb, Zn, Cu, Fe have been identified, whereby the areas mentioned as target of exploration.

The calcareous sedimentary rocks of the Fm. Jumasha, with the purpose of determining Celendín and the different units of the Fm. Jumasha, with the purpose of determining the geochemical patterns such as the background value and geochemical threshold in these rocks, through these patterns the interpretation and reinterpretation of the geochemical prospecting in rocks made from the year 2005 to the year 2019 were performed.

Keywords: Exploration target, geochemical patterns

INTRODUCCIÓN

El proyecto Virgen de las Nieves se ubica en la parte norte del distrito minero Raura. Entre las cotas 4300 msnm a 5000 msnm con un área de 4 km² son intrusivos de composición variable desde diorita – monzodiorita – granodiorita – pórfido cuarzo-feldespato, los que intruyeron a las formaciones plegadas y falladas Jumasha y Celendín del Cretáceo. El emplazamiento de los intrusivos está controlado por estructuras regionales N80 y N350.

Compañía Minera Raura es una empresa peruana de mediana minería polimetálica. Ubicada entre los distritos de San Miguel de Cauri (provincia de Lauricocha, departamento de Huánuco) y Oyón, (provincia de Oyón, departamento de Lima), se dedica a la explotación y procesamiento de concentrados de cobre, plomo, plata y zinc.

INDICE

DEDICATORIA

RECONOCIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema.....	1
1.2. Delimitación de la investigación.....	1
1.3. Formulación del problema.....	2
1.3.1. Problema principal.....	2
1.3.2. Problemas específicos.....	2
1.4. Formulación de objetivos.....	2
1.4.1. Objetivo general.....	2
1.4.2. Objetivos específicos.....	2
1.5. Justificación de la investigación.....	3
1.6. Limitaciones de la investigación.....	3

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de estudio.....	4
2.2 Bases teórico – científicos.....	4
2.2.1 Método geoquímico de exploración.....	4
2.2.2 Historia.....	5
2.2.3 Tipos de muestras y su aplicación.....	8
2.2.4 Conceptos básicos.....	9
2.2.5 Los pasos de una exploración geoquímica.....	9
2.2.6 Elemento indicador, elemento explorador.....	10
2.2.7 Anomalía geoquímica.....	11
2.2.8 Mineralización primaria y halo geoquímico secundario.....	20
2.2.9 Método Geoquímico de Exploración.....	27
2.2.10 Depósitos de tipo skarn.....	34

2.3	Definición de términos	41
2.4	Formulación de hipótesis	42
2.4.1	Hipótesis General	42
2.4.2	Hipótesis Específicos	42
2.5	Identificación de las variables	43
2.6	Definición operacional de variables e indicadores.....	43

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1	Tipo de investigación	44
3.2	Método de investigación	44
3.3	Diseño de investigación	45
3.4	Población y muestra	45
3.5	Técnicas e instrumentos de recolección de datos	45
3.6	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	46
3.7	Tratamiento estadístico	46
3.8	Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación ...	46
3.9	Orientación ética	47

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Descripción del trabajo de campo	48
4.1.1	Generalidades	48
4.1.2	Geomorfología.....	50
4.1.3	Unidades Geomorfológicas	51
4.1.4	Geología Regional	53
4.2	Presentación, análisis e interpretación de resultados	55
4.2.1	Ubicación del proyecto.....	55
4.2.2	Geología Local	55
4.2.3	Geología Estructural.....	60
4.3	Prueba de hipótesis.....	64
4.4	Discusión De Resultados.....	72
4.4.1	Prospección geoquímica en rocas encajonantes.....	72

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFIA

ANEXSOS

CAPITULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema

El estudio tiene como objetivo determinar los patrones geoquímicos como el valor de fondo y umbral geoquímico en rocas, mediante estos patrones se realizaron la interpretación y reinterpretación de la prospección geoquímica en rocas.

Asimismo, nos permitirá encontrar nuevos recursos que permitan la continuidad de operaciones en un futuro de CIA MINERA RAURA, basado en un estudio geoquímico.

La evaluación geoquímica de las rocas en el proyecto Virgen de las Nieves se realiza a partir de los datos geoquímicos obtenidos a la fecha y determinar posteriormente target de exploración.

1.2. Delimitación de la investigación

Se delimito el sector de Virgen de las Nieves, del Distrito Minero Raura, de acuerdo a las interpretaciones y anomalías geoquímicas, asociadas a una mineralización polimetálica (Zn, Pb, Ag, Cu)

1.3. Formulación del problema

De la formulación del problema se plantea las siguientes interrogantes:

1.3.1. Problema principal

¿El Método geoquímico de exploración en rocas determina anomalías de As, Pb, Zn, Cu y Fe en el Proyecto Virgen de las Nieves, Raura?

1.3.2. Problemas específicos

1. ¿Las características geoquímicas de las rocas del yacimiento influyen en la determinación de anomalías en el proyecto Virgen de las Nieves, Raura?
2. ¿Las características geológicas de las rocas del yacimiento influyen en la determinación de anomalías en el proyecto Virgen de las Nieves, Raura?

1.4. Formulación de objetivos

1.4.1. Objetivo general

- Determinar que el Método geoquímico de exploración en rocas determina anomalías de As, Pb, Zn, Cu y Fe en el Proyecto Virgen de las Nieves, Raura.

1.4.2. Objetivos específicos

- ¿Las características geoquímicas de las rocas del yacimiento influyen en la determinación de anomalías en el proyecto Virgen de las Nieves, Raura?

- ¿Las características geológicas de las rocas del yacimiento influyen en la determinación de anomalías en el proyecto Virgen de las Nieves, Raura?

1.5. Justificación de la investigación

Esta investigación se justifica porque el proyecto Virgen de las Nieves es una zona con altas perspectivas geoeconómicas importantes para la mina Raura, con las cuales se lograría incrementar los recursos minerales y los trabajos en exploraciones geológicas permitirán reconocer con mayor precisión el comportamiento de las estructuras mineralizadas.

1.6. Limitaciones de la investigación

La información geológica en la unidad minera es privada y por lo tanto es limitada para que pueda ser expuesto en su totalidad en el presente estudio.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes de estudio

Se tiene como un antecedente el estudio de la tesis intitulada “EXPLORACIÓN GEOQUÍMICA Y DETERMINACIÓN DE ELEMENTOS PATHFINDER - TARGET PROYECTO: CHAPARRA - ACHANIZO CARAVELÍ - AREQUIPA” de CESAR WILSON QUINO LAYME, donde se determina los patrones geoquímicos que determinan el comportamiento geoquímico de las rocas.

2.2 Bases teórico – científicos

2.2.1 Método geoquímico de exploración

El método geoquímico de exploración o prospección respectivamente es un método indirecto. La exploración geoquímica a minerales incluye cualquier método basándose en la medición sistemática de una o varias propiedades químicas de material naturalmente formado. El contenido de trazas de un elemento o de un grupo de elementos es la propiedad común, que se mide. El material naturalmente formado incluye rocas, suelos, capas de hidróxidos de Fe formadas por meteorización llamadas 'gossan', sedimentos glaciares, vegetación, sedimentos de ríos y lagos, agua y vapor. La exploración

geoquímica está enfocada en el descubrimiento de distribuciones anómalas de elementos.

Se distingue los estudios geoquímicos enfocados en un reconocimiento general y los estudios geoquímicos más detallados aplicados en un área prometedora para un depósito mineral. Además, se puede clasificarlos con base en el material analizado.

2.2.2 Historia

El principio fundamental de la prospección geoquímica, que el ambiente de un depósito mineral está caracterizado por propiedades conspicuas y diagnósticas ya está conocido y es aplicado desde el tiempo, en que el ser humano empezó a explotar metales.

Los análisis de elementos trazas por espectrógrafo fueron aplicados a muestras de suelos y plantas en las medias de 1930. Entre 1940 y 1950 con los avances en los análisis hidroquímicos y en la espectrografía en los Estados Unidos y en Canada se desarrollaron métodos más económicos y más efectivos de prospección geoquímica. A partir de 1950 los métodos geoquímicos fueron aplicados en otros países del mundo.

Los estudios geoquímicos de los suelos (hoy día el método más avanzado) y de la vegetación iniciaron en la década de 1930 a 1940, en las medias de 1950 se podían emplear los estudios geoquímicos de drenaje en una forma rutinaria. Además, entre 1950 y 1960 se realizaron muestreos sistemáticos de rocas alteradas y frescas y a partir de 1960 se introdujeron varios métodos de prospección geoquímica para rocas, especialmente en la Unión

Soviética antigua. Las mediciones de gases de suelos y atmosféricos todavía están en desarrollo.

a) Reconocimiento general

Por medio de una cantidad pequeña de muestras o es decir mediante un muestreo lo menos costoso como posible se quiere localizar sectores favorables en un área extendida y reconocida en grandes rasgos. Las áreas de 10 a 1000 km² se evalúan a menudo con una muestra por 1km² a una muestra por 100km². Un método geoquímico apto para el reconocimiento general es la localización de provincias geoquímicas y su delineación.

Si existe una correlación entre la probabilidad de la presencia de las menas y la abundancia media de un elemento en una roca representativa para una región o la abundancia media de un elemento en distintos tipos de rocas se puede establecer una red de muestreo con un espaciamiento amplio y analizar las muestras para ubicar las áreas con valores elevados en comparación con la abundancia media del elemento en interés.

b) 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.

2.2.3 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.

2.2.4 Conceptos básicos

Según la definición original de GOLDSCHMIDT (en ROSE et al. 1979)

la geoquímica se ocupa de dos ramos:

la determinación de la abundancia relativa y absoluta de los elementos de la tierra y el estudio de la distribución y de la migración de elementos individuales en varias partes de la tierra con el objetivo de descubrir los principios, que controlan la distribución y la migración de los elementos.

2.2.5 Los pasos de una exploración geoquímica

Selección de los métodos, de los elementos de interés, de la sensibilidad y la precisión necesaria y de la red de muestreo. Las selecciones se toman 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.

2.2.6 Elemento indicador, elemento explorador

Elemento indicador, indicador directo o elemento blanco ('target element') se refiere a uno de los elementos principales del depósito mineral, que se espera encontrar.

Elemento explorador o elemento pionero ('pathfinder element') se refiere a un elemento asociado con el depósito mineral, pero que puede ser detectado más fácilmente en comparación al elemento blanco, que puede ser dispersado en un área más extendida y que no está acompañado por tanto ruido de fondo en comparación al elemento blanco. La selección de un elemento explorador requiere un modelo del depósito mineral, que se espera descubrir. Arsénico (As) por ejemplo puede presentar un elemento explorador para la búsqueda de cobre (Cu)

en un depósito macizo de sulfuros, pero no es un elemento explorador para cada tipo de depósito de cobre.

Tabla N° 1: Elementos indicadores y exploradores de algunos tipos de depósitos minerales (Modificado de Hurtado, 2002)

ASOCIACIÓN DE MENAS	ELEMENTO INDICADOR	ELEMENTO EXPLORADOR
Pórfido cuprífero	Cu, Mo	Zn, Au, Re, Ag, As, F
Depósitos complejos de sulfuros	Zn, Cu, Ag, Au	Hg, As, S (en forma de SO ₄), Sb, Se, Cd, Ba, F, Bi
Vetas de metales preciosos	Au, Ag	As, Sb, Te, Mn, Hg, I, F, Bi, Co, Se, Tl
Depósitos del tipo 'Skarn'	Mo, Zn, Cu	B, Au, Ag, Fe, Be
Uranio en areniscas	U	Se, Mo, V, Rn, He, Cu, Pb
Uranio en vetas	U	Cu, Bi, As, Co, Mo, Ni, Pb, F
Cuerpos ultramáficos de oro	Pt, Cr, Ni	Cu, Co, Pd
Vetas de fluorita	F	Y, Zn, Rb, Hg, Ba

Proporciones de isótopos estables también pueden servir para indicar un depósito mineral, por ejemplo, Pb, S y Sr están distribuidos en zonas alrededor de algunos depósitos minerales y las variaciones en la composición de carbón y oxígeno pueden indicar la proximidad de un depósito mineral del tipo Mississippi Valley.

2.2.7 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 desviarse 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).

2.2.7.1 Tipos de anomalías geoquímicas

- **Anomalías epigenéticas en las rocas de caja**

Las anomalías epigenéticas se describen como aureolas químicas, mineralógicas e isotópicas generadas por los procesos de mineralización, de escape y de lixiviación de los elementos a través de los fluidos, que causan la mineralización y que pasan por canales desde el cuerpo mineralizado hacia las rocas de caja. Estas anomalías están superimpuestas a las rocas preexistentes y se ubican en las rocas de caja de un cuerpo mineralizado. El desarrollo más extensivo de anomalías epigenéticas se observa cerca de depósitos hidrotermales y canales de transporte de fluidos. La viscosidad baja de los fluidos favorece su penetración a lo largo de fracturas y por intersticios de la roca hacia la roca de caja. Las anomalías epigenéticas están caracterizadas por cantidades anómalas de elementos distribuidas cerca de canales hidrotermales, por la alteración hidrotermal de minerales de las rocas de caja y la lixiviación de elementos en sectores del corrido de los fluidos formadores de la mineralización. Factores, que controlan la formación de las aureolas son entre otros los gradientes de temperatura, el estado de oxidación de los iones involucrados, la movilidad de los elementos participantes, los

sistemas de fracturas, la permeabilidad y la reactividad de las rocas.

- **Anomalía causada por difusión de elementos**

Una aureola de difusión se genera por la difusión de metales disueltos por fluidos intersticiales estacionares hacia la roca de caja de un cuerpo mineralizado como una veta o un dique por ejemplo. Los metales disueltos subsecuentemente son precipitados en o absorbidos por la roca de caja.

Los constituyentes disueltos en un fluido realizan movimientos atómicos al azar y tienden a difundir hacia las regiones de concentración más baja. Debido a la velocidad extremadamente pequeña de la difusión el efecto de difusión normalmente es mucho menor en comparación con aquel de la infiltración. En comparación con el efecto de un fluido moviéndose con una velocidad de 0,001mm/s (= 32m/año) por ejemplo el efecto de difusión es despreciable (ROSE et al. 1979). En ausencia de un gradiente alto de presión o de una salida hacia una zona permeable el fluido solo podrá pasar lentamente por los poros finos y fracturas de la roca y el efecto de la difusión podría ser significativo.

La naturaleza de una aureola formada por difusión y por absorción y precipitación depende de los factores siguientes:

- Concentración del elemento difundiéndose desde su fuente: una concentración inicial alta resulta en valores altos a lo largo de un perfil de concentración trazado a partir de la fuente del elemento

o es decir a partir del cuerpo mineralizado hacia la roca de caja; una variación de la concentración del elemento en la fuente también influye la difusión. Intervalo de tiempo, en que puede actuar la difusión: tanto más tiempo disponible, tanto más extendida será la aureola de difusión.

- Naturaleza de reacciones con la roca de caja: en una roca de caja reactiva se desarrollará una aureola pequeña, caracterizada por altas concentraciones de elementos; en una roca de caja menos reactivo se desarrollará una aureola de difusión más extendida con concentraciones de elementos más bajas.

- Porosidad y permeabilidad de la roca de caja: una roca de caja con alta porosidad y con poros conectados entre sí tiende a hospedar aureolas más extendidas en comparación con una roca menos porosa.

Valor de la constante de difusión característica para la especie química (elemento, molécula) y para las condiciones químicas respectivas: generalmente iones pequeños y temperaturas altas tienden a favorecer aureolas grandes.

- **Anomalía de corrosión o de lixiviación**

Un halo de corrosión (leakage en inglés) se causa por fluidos, que pasan por vetas, fracturas y intersticios de la roca y cuyos metales disueltos subsecuentemente son precipitados o absorbidos. Este tipo de transporte se denomina infiltración, las anomalías resultantes se llama anomalías de corrosión o de lixiviación.

La ubicación, las dimensiones y la intensidad de una anomalía de corrosión dependen de los factores siguientes:

- Corrido del fluido mineralizado: Zonas de fracturas o de alta porosidad en la roca figuran zonas permeables, que favorecen un recorrido rápido en comparación al corrido a lo largo de bordes de granos o en poros de rocas macizas. Normalmente el corrido de los fluidos hidrotermales está dirigido hacia arriba debido a las presiones elevadas presentes en altas profundidades, sin embargo, no se excluye corridos horizontales o dirigidos hacia abajo.

- Concentración de los elementos indicadores en el fluido mineralizado: BARNES & CZAMANSKE (1967, en ROSE et al., 1979) estiman, que los fluidos formadores de los depósitos de los metales básicos comunes, contienen metales en rangos entre 1ppm y 1000ppm. En comparación las aguas superficiales y subterráneas normalmente están caracterizadas por concentraciones en Cu, Pb y Zn de aproximadamente 0,01ppm.

- Influencia de precipitación, absorción, intercambio iónico y de otros procesos al transferir los elementos indicadores de su forma disuelta en el fluido hidrotermal hacia una fase sólida en la roca.

Prácticamente los dos efectos anteriormente descritos, la difusión y la infiltración pueden contribuir a la formación de una anomalía.

Distribución de los elementos por zonas en depósitos minerales epigenéticos y en sus aureolas

Los depósitos minerales epigenéticos y sus aureolas pueden ser caracterizados por una distribución de elementos por zonas. Las

proporciones de pares de elementos varían gradual- y progresivamente en función con la distancia o de la posición respecto al depósito mineral debido a variaciones en las condiciones de deposición y en el fluido, que genera la mineralización. Las proporciones de metales pueden proveer un medio indicador para la dirección, en que la mineralización se ubica o se vuelve más rica, y un medio para distinguir las raíces de la mineralización de anomalías, que superponen la mineralización.

- **Anomalías en suelos residuales**

El objetivo del estudio geoquímico de suelos consiste en el reconocimiento de la distribución primaria de elementos seleccionados en las rocas subyacentes. En los suelos residuales generalmente la distribución primaria se expresa todavía en forma relativamente clara, aún estará modificada por los efectos de varios procesos superficiales. Algunos de estos procesos tienden a homogeneizar el suelo y por consiguiente borrar la distribución primaria como entre otros la helada, la actividad de plantas, la gravedad, la disolución local y la redeposición. Otros procesos contribuyen a la formación de horizontes verticalmente diferenciados o es decir favorecen la formación de un suelo. Otros procesos, que tienden a borrar la distribución primaria, son la remoción de elementos mediante la meteorización y la formación del suelo (corrosión por agua meteórica, ascenso por plantas) y la adición de elementos (por deposición del agua

subterránea, adición de elementos provenientes de la desintegración de vegetación, por polvos, elementos disueltos en agua meteórica).

Anomalías en 'gossan' y cubiertas afectadas por corrosión y lixiviación

'Gossan' se refiere a un producto de meteorización, que contiene Fe y que se sitúa encima de un depósito de sulfuros. Se forma por oxidación de los sulfuros y por la lixiviación del azufre y la mayoría de los metales dejando como únicos remanentes hidróxidos de Fe (limonita por ejemplo) y raramente algunos sulfatos (definición según BATES & JACKSON, 1984).

Capas de limonita residual y otros productos de meteorización de sulfuros de Fe usualmente pueden figurar guías valiosas hacia menas en áreas caracterizadas por meteorización profunda y cubiertas residuales. Desdichadamente se puede confundir fácilmente los productos de meteorización de menas con aquellos de rocas comunes. Los estudios de elementos trazas son útiles para distinguir entre menas meteorizadas y los productos de meteorización de otras formaciones geológicas como por ejemplo de pirita de formación hidrotermal o singenética o de carbonatos de Fe.

Las cubiertas alóctonas se constituyen de depósitos glaciares, de depósitos aluviales y coluviales, de turba, de sedimentos eólicos y material piroclástico. Una cubierta alóctona impide la observación directa de un depósito mineral subyacente. Los

estudios de trazas de metales en la cubierta transportada pueden contribuir al descubrimiento de un depósito mineral escondido.

En cubiertas alóctonas se distinguen anomalías geoquímicas singenéticas y epigenéticas.

- La anomalía singenética se forma simultáneamente con el depósito de material transportado.

- La anomalía epigenética se refiere a una distribución de uno o varios elementos introducida en el depósito de material transportado subsecuentemente a su formación. Ambos tipos de anomalías pueden ocurrir juntos en una cubierta alóctona y pueden superponerse mutuamente.

- **Anomalías en agua**

Una distribución anómala de elementos en aguas subterráneas y meteóricas se denomina anomalía hidrogeoquímica. Como generalmente los elementos son transportados en forma disueltos en las aguas naturales, los elementos más aptos para la exploración geoquímica de aguas son los elementos relativamente móviles.

Una aplicación muy exitosa de la exploración geoquímica de aguas consiste en la determinación de U en aguas subterráneas y meteóricas.

- **Anomalías en sedimentos de drenaje**

A los sedimentos de drenaje pertenecen los sedimentos de manantiales, de lagos, de llanuras de inundación, los sedimentos

activos de corrientes de agua y los sedimentos, que funcionan como filtros para el agua (seepage sediments en inglés).

Los sistemas de drenaje a menudo parten de manantiales. Los sedimentos situados en la cercanía de los manantiales y los sedimentos de filtración tienden a exhibir anomalías apreciables y por consiguiente estos sedimentos son útiles para una exploración geoquímica. Los sedimentos activos de corrientes de agua incluyen material clástico y hidromórfico de los sectores de filtración, el material clástico erosionado de los bancos de material detrítico situados en los lechos de los ríos y de material hidromórfico absorbido o precipitado por el agua de la corriente. Las anomalías desarrolladas en estos sedimentos activos pueden extenderse varios diez de kilómetros con respecto a su fuente. Los estudios de estas anomalías se utilizan frecuentemente y preferentemente para lograr un reconocimiento general. En el caso de los lagos se estudia los componentes clásticos y el material absorbido o precipitado de los sedimentos. En áreas con una alta cantidad de lagos como en el área del escudo precámbrico de Canadá modelado por glaciares el estudio geoquímico de los sedimentos de lagos puede ser el método más económico y efectivo para un reconocimiento general.

2.2.8 Mineralización primaria y halo geoquímico secundario

Las prospecciones geoquímica y geobotánica se basan en el conocimiento, que generalmente una mineralización primaria envuelve un depósito mineral

y una asociación secundaria de elementos químicos se forma durante la meteorización y erosión del depósito mineral. El envuelto de la mineralización primaria y la asociación secundaria de los elementos químicos pueden formar anomalías geoquímicas.

El envuelto de la mineralización primaria, el halo geoquímico (aureola geoquímica) o litogeoquímico primario puede corresponder a una alteración o a una distribución por zonas. Las dimensiones de los halos varían de centímetros a kilómetros en depósitos minerales grandes a varios cientos de metros y kilómetros en distritos mineros. Por ejemplo, a Tynagh y Navan en Irlanda las zonas de contenidos anómalamente altos de zinc (Zn) se extienden 1 km con respecto al depósito mineral y los halos de manganeso (Mn) se extienden más de 10 km debajo y 300 m arriba del depósito mineral.

El halo geoquímico secundario contiene residuos de la mineralización por menas y puede ser detectado en muestras de rocas, suelo, sedimentos, y agua, que se toman en distancias de metros a varias diez de kilómetros con respecto al depósito mineral. En algunos casos elementos dispersados del depósito mineral fueron reconcentrados formando un depósito mineral supergéneo o formando anomalías de elementos trazas, que interfieren con el esquema general de distribución de los elementos más estrechamente relacionados con el depósito mineral.

Fondo, valores normales del fondo, valor umbral

El término 'fondo' se refiere a la abundancia normal de un elemento en los materiales terrestres no mineralizados. Considerando dos diferentes tipos de materiales terrestres la abundancia normal de un distinto elemento en un tipo de material terrestre muy probablemente difiere de su abundancia en

otro tipo de material terrestre. Por ejemplo, el contenido medio en K₂O de granitos es 5,46 % en peso, de basaltos es 0,82% en peso (según NOCKOLDS, 1954). La distribución de un distinto elemento en un material terrestre apenas es uniforme. Por esto se recomienda considerar el fondo como un intervalo de valores en vez de tratarlo como un valor absoluto, incluso cuando se observa un ambiente relativamente uniforme. La naturaleza del ambiente por su mismo puede influir la distribución, puesto que bajo distintas condiciones unos elementos pueden ser enriquecidos y otros pueden ser empobrecidos. Por consiguiente, en el estudio de muestras de un área no conocida se debería determinar o por lo menos tener en cuenta el rango de los valores del fondo.

En el laboratorio las variaciones en la preparación de las muestras, en los análisis del laboratorio y en los reactivos contribuyen al fondo o al ruido del fondo respectivamente. Respecto al depósito mineral procesos, que modifican el depósito mineral como la migración irregular de fluidos, la meteorización y la erosión influyen el ruido de fondo. En el terreno efectos antropógenos, como la contaminación del ambiente forman parte del ruido de fondo. Además, la influencia de la morfología y la estructura geológica del terreno pueden contribuir al ruido de fondo.

La tabla siguiente presenta la composición media de las rocas ígneas. La figura ilustra el rango de algunos elementos de los subgrupos del sistema periódico con base en la composición media de seis tipos de rocas principales como las rocas ígneas ultramáfica, máfica y granítica, la arenisca, la caliza y la pelita.

Tabla N° 2: Abundancia normal de los elementos químicos en rocas de la corteza terrestre (de ROSE et al., 1979)

Element	Símbolo	Abundancia en ppm	Elemento	Símbolo	Abundancia en ppm
Bromo	Br	1,8	Mercurio	Hg	0,02
Cadmio	Cd	0,1	Molibdeno	Mo	1,5
Calcio	Ca	33000	Niobio	Nb	20
Carbono	C	230	Níquel	Ni	75
Cerio	Ce	81	Oro	Au	0,003
Cesio	Cs	3	Oxígeno	O	473000
Cinc	Zn	2	Paladio	Pd	0,01
Circonio	Zr	150	Plata	Ag	0,05
Cloro	Cl	130	Platino	Pt	0,0005
Cobalto	Co	25	Plomo	Pb	10
Cobre	Cu	50	Potasio	K	25000
Cromo	Cr	100	Renio	Re	0,0006
Escandio	Sc	13	Rubidio	Rb	150
Estaño	Sn	80	Selenio	Se	0,1
Estroncio	Sr	300	Silicio	Si	291000
Flúor	F	600	Sodio	Na	25000
Fósforo	P	900	Talio	Tl	0,45
Galio	Ga	26	Tantalio	Ta	2
Germanio	Ge	2	Telurio	Te	0,002

Hafnio	Hf	3	Titanio	Ti	4400
Hierro	Fe	46500	Torio	Th	10
Indio	In	0,1	Uranio	U	2,5
Lantano	La	25	Vanadio	V	150
Litio	Li	30	Volframio	W	1
Magnesi o	Mg	17000	Yodo	I	0,15
Mangan eso	Mn	1000			

En base de la abundancia normal de los elementos en la corteza terrestre se puede calcular el factor de enriquecimiento o es decir el factor, con que se debe multiplicar la abundancia normal de un elemento en la corteza terrestre para obtener una concentración económicamente explotable. El cutoff grade para un elemento designa la concentración mínima de la mineralización, que todavía se puede explotar económicamente. Con el cutoff grade variándose por la situación económica mundial o por otros factores variaría el factor de enriquecimiento, asimismo. En la tabla siguiente se da a conocer la abundancia normal en la corteza terrestre, los cutoff grades y factores de enriquecimiento para algunos elementos (de PETERS, 1980). La abundancia normal de algunos elementos difiere ligeramente de los valores dados en la tabla anterior por el uso de otra base de datos y por su carácter variable (intervalos, rangos).

Tabla N° 3: Factores de enriquecimiento de algunos elementos (de PETERS, 1980)

Metal	Abundancia en la corteza terrestre en %	Cutoff grade en %	Factor de enriquecimiento
Hg	0,0000089	0,2	22500
Pb	0,0013	4	3100
Sn	0,00017	0,5	2900
W	0,00011	0,2	1800
Au	0,00000035	0,0003	900
Mo	0,00013	0,1	800
U	0,00017	0,1	600
Zn	0,0094	3	300
Cu	0,0063	0,3	50
Ni	0,0089	0,3	35
Fe	5,8	30	5
Al	8,3	30	4

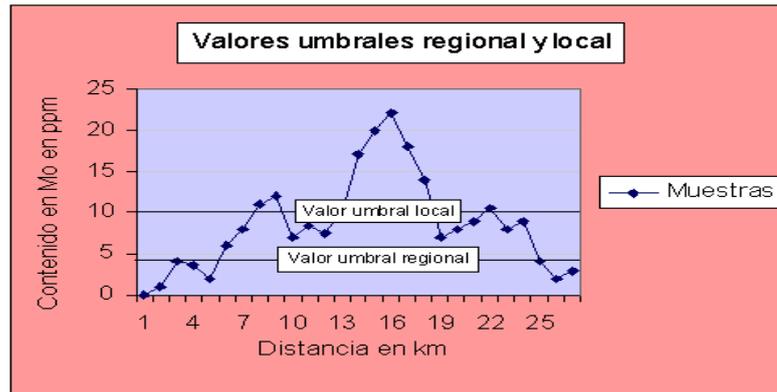
Aún el oro es el elemento más escaso, no lleva el factor de enriquecimiento más alto. Al mercurio pertenece el factor de enriquecimiento máximo. El hierro y el aluminio están caracterizados por los factores de enriquecimiento menores.

El valor umbral designa la concentración de un elemento indicador sobre que una muestra se puede considerar anómala. En el caso más sencillo el

valor umbral coincide con el límite superior de los valores del fondo, los valores mayores son anomalías, los valores menores pertenecen al fondo. En casos más complejos se puede definir dos o tres valores umbrales. A veces las anomalías relacionadas con un depósito mineral superponen un fondo caracterizado por un valor umbral elevado (en comparación a los valores umbrales comunes). Este fondo forma un relieve geoquímico definido por un valor inferior correspondiente al fondo regional y por un valor umbral regional, que lo separa de un nivel superior de valores elevados generado por una mineralización o dispersión extendida.

De este nivel superior parten las anomalías más estrechamente relacionadas con el depósito mineral, las cuales están definidas por un valor umbral local. El reconocimiento de los valores umbrales regional y local puede ser de importancia extremadamente grande en la prospección geoquímica. A partir de este reconocimiento se puede dirigir la búsqueda detallada de los altos de la anomalía local al nivel determinado por el valor umbral superior, que fue delineado por medio de una red de muestreo de espaciamiento grande (con fig 01.). Por el relieve geoquímico se puede expresar la intensidad de la anomalía geoquímica con respecto al fondo geoquímico local proporcionando las intensidades de la anomalía y del fondo geoquímica local.

Fig 01.: Valores umbrales regional y local. El fondo regional está limitado por un valor umbral de 5 ppm molibdeno (Mo), el valor umbral del fondo local es 10 ppm Mo. La anomalía local alcanza un tope de 22 ppm Mo.



La intensidad de la anomalía se puede expresar como cociente entre el alto de la anomalía y el valor medio del fondo o el valor umbral del fondo.

Por el relieve geoquímico se expresa la intensidad de la anomalía geoquímica con respecto al fondo geoquímico local proporcionando las intensidades de la anomalía y del fondo geoquímico local.

2.2.9 Método Geoquímico de Exploración

- Método geobotánico

Hace mucho tiempo se utilizan las asociaciones geobotánicas (y las plantas de color pálido de Agrícola) en la prospección geobotánica). Con el desarrollo de normas cuantitativas en la geobotánica se empezaron estudiar las relaciones geoquímicas entre roca, suelo, agua y plantas en detalle. Con este conocimiento la exploración geobotánica formó una parte de 'remote sensing' (fotos infrarrojas, imágenes multiespectrales) Se podría considerar la geobotánica como un aspecto visible de la geoquímica, en que se toman los esquemas especiales del crecimiento de las plantas, la presencia de plantas indicadores y cambios de la morfología o mutaciones de la vegetación como evidencia para anomalías geoquímicas.

La prospección geoquímica utiliza especies de plantas (por ej. un miembro de la familia de las mentas puede indicar la presencia de cobre = Cu), líquenes

indicadores y especies de musgos (que indican la presencia de Cu). Además, la prospección geoquímica toma en cuenta el aspecto microbiológico, por ejemplo, identificando una especie de bacterias, que es frecuente en suelos encima de depósitos minerales metalíferos.

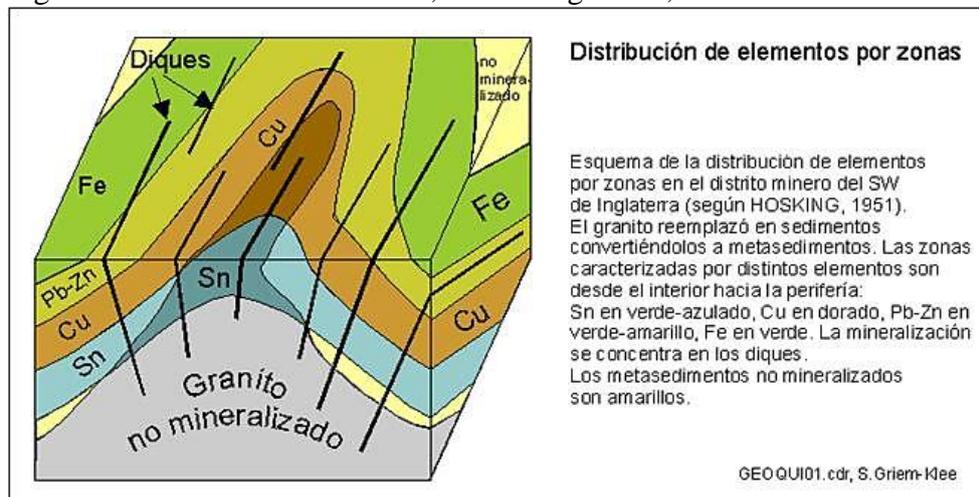
Algunos distritos mineros de Zambia fueron explorados con base en un miembro de la familia de las mentas, que puede indicar la presencia de Cu.

- Método geozoológico

La geozoología puede contribuir al reconocimiento de áreas mineralizadas por la observación y el muestreo de mamíferos, aves, peces e insectos. El examen de los granos minerales llevados a la superficie en las bocas de las termitas fue usado en áreas tropicales: el muestreo de termiteros resultó en la detección de concentraciones de metales anómalas y el descubrimiento de por lo menos un depósito de oro en Zimbabwe, la Mina Termita. Otros métodos más experimentales incluyen el muestreo de miel para análisis de elementos trazas (con el conocimiento de que abejas raramente se alejan de su colmena más de un a dos kilómetros), el muestreo de distintas especies de peces.

Ejemplos para la aplicación de la geoquímica a la prospección/exploración

Fig. 2 Distrito minero Cornwall, SW de Inglaterra, distrito de Sn.



El distrito minero Cornwall pertenece a los depósitos minerales epigenéticos hidrotermales vetiformes. La mineralización está relacionada con diques, que se ubican en el contacto granito-metasedimentos (véase fig. 2). La mineralización se caracteriza por una distribución de los elementos por zonas, que se refleja en la distribución de minerales por zonas (Tabla: Distribución de las zonas de minerales en el distrito minero Cornwall, SW de Inglaterra). La distribución de elementos por zonas desarrollada en los diques es desde el interior (en profundidad relativamente alta) hacia la periferia (cerca de la superficie) la siguiente: zona de Sn (estaño) en el contacto inmediato entre granito y metasedimento - Cu - Pb-Zn - Fe. Los contornos de las zonas enriquecidas en uno o unos distintos elementos son paralelos al contacto entre granito y metasedimentos. Los diques mineralizados están orientados paralelamente al eje del lomo de granito o es decir que el rumbo de los diques es aproximadamente igual al rumbo del eje del lomo de granito.

Gradientes pequeños de temperatura y presión normalmente establecidos en alta profundidad favorecen la distribución de los elementos por zonas claramente distinguibles. En profundidades someras con gradientes altos de temperatura y presión se observa que las zonas mineralizadas se solapan. A este fenómeno se llama 'telescoping'.

Al principio la minería fue limitada a los niveles de Cu en los diques. En 1839 se descubrieron la distribución de los elementos por zonas. En consecuencia, se ampliaron las minas de Cu hacia la profundidad, donde se encontraron Sn. Como entre las zonas de Cu y de Sn puede ubicarse una

zona no mineralizada de un espesor hasta 100m no se descubrieron la zona de Sn anteriormente.

Generalmente en el caso de una distribución de los elementos por zonas se continúa buscando hacia la periferia y debajo del depósito mineral para definir la desaparición de la última zona (más exterior).

Tabla N° 4. aplicación de un modelo genético (mineralización por zonas) a la prospección/exploración.

Tipo de ganga	Zona	Tipo de mena	Elementos de valor económico	Profundidad
		Ultima mineralización		Cerca de la superficie
chalc, cc	7	Pirita, hematita, jamesonita de antimonio	Fe, Sb	
flu, chalc	6	Tetraedrita, Pirargirita, siderita, pirita (marcasita)		
cz, flu, dol	5b	Argentita, galenita, esfalerita	Ag, Pb, Zn	
cz, cl, hem, flu, bar	5a	Pechblenda, niquelina, saflorita, cobaltina (bismutina)	U, Ni, Co, Bi	Zonas de diques meso- y epitermales, generalmente perpendiculares a lomos de granitos
cz, cl, hem, flu	4	Calcopirita, esfalerita, wolframita (scheelita), arsenopirita, pirita	Sn, Cu, W, As	
cz, fsp, mc, tur, cl	3	Calcopirita (estannita), wolframita (scheelita), arsenopirita, casiterita	Sn, Cu, W, As	
cz, fsp, mc, tur	2	Wolframita (scheelita), arsenopirita, molibdenita?, casiterita	Sn, Cu, W, As	
cz, fsp, mc, tur	1	Casiterita, especularita	Sn, W, As	Zonas de diques hipotermiales, a menudo paralelas a lomos y diques de granitos, alta profundidad
cz, fsp, mc, tur	ii	Arsenopirita, estannita, wolframita, casiterita, molibdenita	Sn, W, As	Diques frecuentes en el techo de los granitos
cz, tur	i	Arsenopirita, wolframita, casiterita, molibdenita	Sn, W, As	
		Primera mineralización		

i : pegmatitas

ii : diques rodeados por 'Greisen' (= formado por alteración metasomática)

Abreviatura: cz = cuarzo, fsp = feldespato, mc = mica, tur = turmalina, cl = clorita, hem = hematita, flu = fluorita, chalc = calcedonia, bar = baritina, dol = dolomita, cc = calcita

Composición de las menas:

Arsenopirita FeAsS, Wolframita(Fe,Mn)WO₄, Scheelita CaWO₄, Casiterita SnO₂, Molibdenita MoS₂, Estannita Cu₂FeSnS₄, Especularita Fe₃O₄, Calcopirita CuFeS₂, Pechblenda UO₂, Niquelina NiAs, Saflorita CoAs₂, Cobaltina CoAsS, Bismutina, Argentina Ag₂S, Galenita PbS, Tetraedrita Cu₁₂Sb₄S₁₃, Pirargirita, Siderita FeCO₃, Pirita FeS₂ (cúbico), Marcasita FeS₂ (ortorrómbico), Hematita Fe₂O₃, Jamesonita Pb₄Fe* Sb₆S₁₄ (=4PbSFeS* 3Sb₂S₃).

Epitermal: Cerca de la superficie hasta 1500m, temperatura entre 50 - 200°C, en rocas sedimentarias y rocas magmáticas, diques, stockwork.

Mesotermal : Profundidad entre 1200 - 4500m, temperatura entre 200 - 300°C, adentro o cerca de intrusiones magmáticas, depósitos formados por substitución o como rellenos de diques, transiciones de menas macizas a stockwork.

Hipotermal: Profundidad entre 3000 - 15000m, temperatura entre 300 - 600°C, adentro o cerca de cuerpos plutónicos profundos, rellenos de vetas o substituciones, acompañados por impregnaciones, por ejemplo Sn en Cornwall.

2. Flat-River, Old Led Belt, SW de Missouri/EEUU

Distribución de los elementos Pb, Zn, Cu, Ag y Cd por zonas. Adentro de la zona de Pb, que tiene la mayor extensión, se ubica la zona de Zn con contornos parecidos a los contornos de la zona de Pb. Las zonas de Cu y de

Ag y Cd forman manchas pequeñas en la zona de Pb. Las zonas de Ag y Cd están relacionadas con las fallas, dos de estas zonas se ubican en la intersección de dos fallas.

Por consiguiente en este caso las intersecciones de fallas son prometedoras para la búsqueda de las menas.

3. Depósito de Sn de Altenberg, Erzgebirge, en el este de Alemania

‘Greisen’ son agregados granoblásticos de cuarzo y muscovita (o lepidolita) con contenidos accesorios de topacio, turmalina y fluorita y con contenidos de Sn y W, que se forman por alteración metasomática. Se ubican a menudo en los contactos superiores de intrusiones de granitos y a veces son acompañados por mineralizaciones del tipo ‘Stockwork’.

El depósito de Sn de Altenberg es un depósito del tipo Stockwork. Se constituye de veins (diques) de casiterita, wolframita y molibdenita, que pasan por un cuerpo de ‘Greisen’, formados por alteración metasomática, que afecta los granitos.

En distancias relativamente altas del depósito (800m) se encontraron concentraciones anómalas altas de Sn (línea segmentada) y Bi (línea punteada). Contenidos elevados en Mo (línea segmentada punteada) se ubican en una zona más cerca al depósito (500m). La zona de Ga (gallium, línea segmentada y punteada) es relativamente profunda y angosta. Concentraciones elevadas de Li se ubican debajo del depósito en relativamente alta profundidad.

En el depósito de Altenberg los elementos Ga y Li se ubican en el centro y en profundidad relativamente alta, los elementos Sn-Bi-Mo se ubican en la periferia y en un nivel más somero. De esto se puede deducir que los

elementos Ga y Li fueron enriquecidos en la primera fase de mineralización y que los demás elementos como Sn-Bi-Mo fueron concentrados en una fase tardía de mineralización.

La secuencia paragenética para la región del Erzgebirge es F-Ga-Li-Sn-As-Bi-Mo.

Además, en la región del Erzgebirge se utilizaron la distribución de los elementos por zonas en minerales de wolframita para la búsqueda de depósitos de Sn. La proporción de Fe-Mn en wolframita se aumenta en zonas de W y Sn de los 'Greisen' caracterizados por altas temperaturas de formación. Con base en esta observación se delinearon la proporción huebnerita/ferberita ($MnWO_4/FeWO_4$) a lo largo de un perfil por un dique pequeño de wolframio (W) para encontrar los valores más altos. En la exploración siguiente se proyectaron este punto hacia la profundidad y encontraron un depósito de Sn en una profundidad de 300m.

En la prospección/exploración de depósitos parecidos los elementos Sn y Bi podrían indicar la presencia de un depósito en distancias relativamente grandes (target rings), el elemento Mo podría indicar la proximidad al depósito, el elemento Ga podría indicar las raíces del depósito.

4. Relación entre la geología de un área y la distribución de Ni en suelos residuales en la región Nguge, Tansania

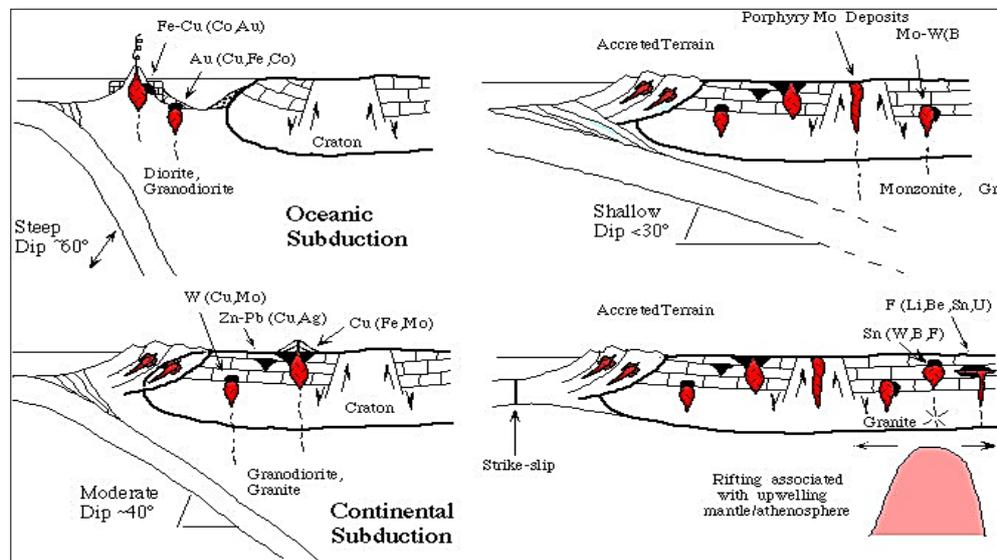
Los valores más elevados de Ni (mayor a 500ppm y mayor a 1000ppm) detectados en los suelos residuales ocurren en los sectores formados por la picrita. En estos sectores en la cercanía e inmediatamente en los ríos los valores de Ni bajan obviamente debido a que los ríos diluyen y transportan una cierta cantidad de los elementos enriquecidos en los suelos residuales.

Picrita es una roca volcánica ultramáfica, se constituye principalmente de olivino en su mayoría transformado en serpentina y de augita, el piroxeno de la composición enstatita-bronzita es más raro, la hornblenda de formación primaria ocurre solo subsidiariamente, la biotita participa esporádicamente, accesorios son apatita, magnetita y el espinel de cromo. En el olivino una cierta cantidad de Mg puede ser reemplazado por Ni. A partir del olivino puede formarse por meteorización una serpentina rica en Ni (garnierita $(Ni, Mg)_3[(OH)_4/Si_2O_5]$). Los valores elevados de Ni se deben a un olivino rico en Ni, que puede ser transformado a la serpentina rica en Ni. La norita de olivino es una roca plutónica ultramáfica de piroxeno, plagioclasa y olivino. La anortosita es una roca plutónica leucocrática de plagioclasa como componente principal, que ocurre geológicamente junto con gabro o charnockita.

La distribución de Ni en los suelos residuales encima de las rocas refleja la litología del subsuelo.

2.2.10 Depósitos de tipo skarn

Fig. 3 Ambiente de formación de los skarns.



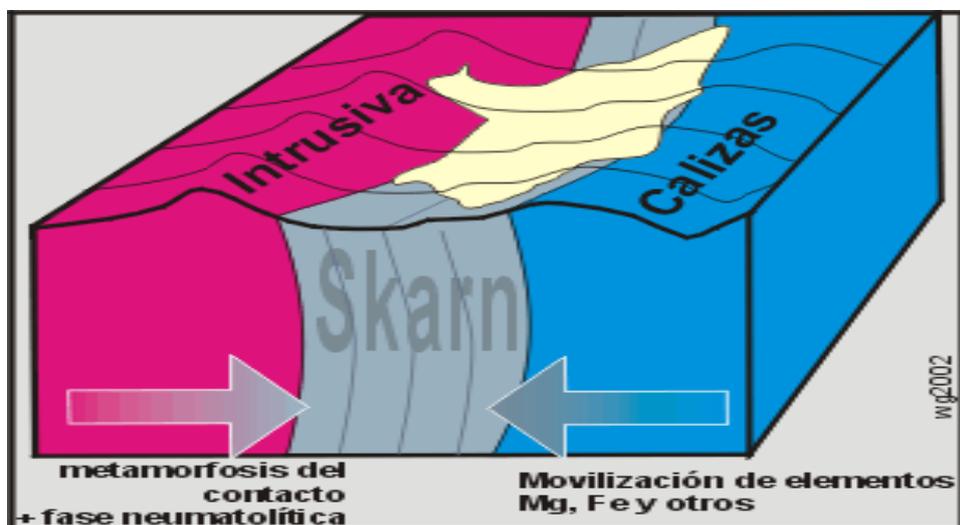
Ambiente de formación de los Skarn, referido a un arco magmático donde los intrusivos de composición media - ácida entran en contacto con rocas sedimentarias del tipo calizas y dolomitas y de esta interacción suceden fenómenos de metamorfismo de contacto y que posteriormente con el enfriamiento del intrusivo se liberan fluidos que reaccionan con las calizas y sucede el fenómeno de metasomatismo.

Generalidades

El término skarn fue introducido por petrólogos metamórficos suecos para designar rocas metamórficas regionales o de contacto constituidas por silicatos de Ca, Mg y Fe derivados de un protolito de calizas y dolomitas en las cuales se ha introducido metasomáticamente grandes cantidades de Si, Al, Fe y Mg.

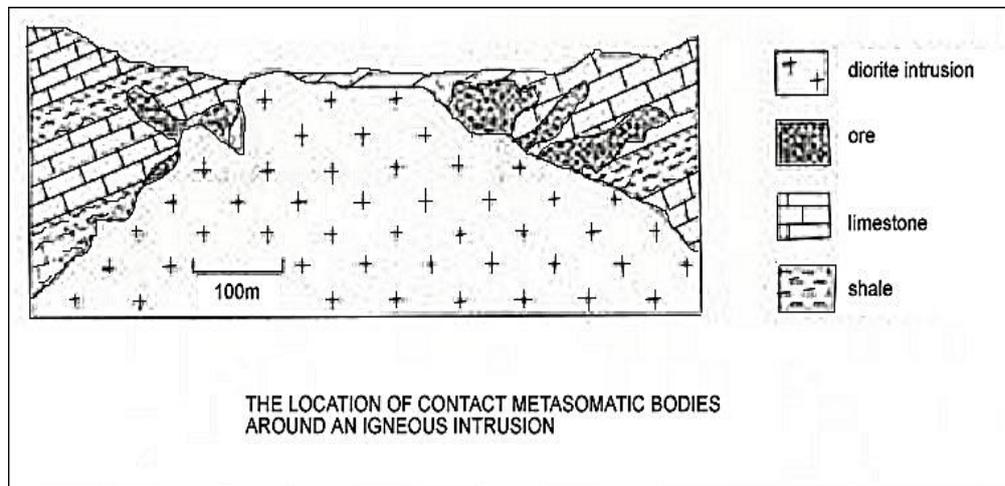
De modo que se entiende por skarn rocas que contienen minerales calcosilicatados, tales como, por ejemplo: diópsido, wollastonita, granate andradita y actinolita. Estas comúnmente ocurren en aureolas metamórficas de contacto en torno a plutones que intruyen secuencias calcáreas.

Fig 4 contacto intrusivo-calizas



A este tipo de rocas metamórficas se asocia un variado grupo de depósitos minerales extremadamente irregulares, los que pueden formar lenguas de mena que se extienden a lo largo de cualquier estructura planar (estratificación, diaclasas, fallas, etc.) y su distribución dentro de la aureola de contacto de un intrusivo es a menudo caprichosa. Los cuerpos de mena pueden terminar abruptamente con cambios en la estructura.

Fig 5. Ubicación de los cuerpos metasomáticos de contacto alrededor de una intrusión ígnea



Los depósitos de tipo skarn han sido denominados también:

- metamórficos hidrotermales
- metamórficos ígneos
- metamórficos de contacto
- pirometasomáticos (Lindgren, 1922)

Sin embargo, el término SKARN es ampliamente utilizado y es adecuado para referirse a este tipo de depósitos relacionados a aureolas de contacto de intrusiones dentro de secuencias calcáreas (calizas, dolomitas). Estas últimas rocas formadas por calcita o dolomita (CaCO_3 y $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$) se

convierten en mármoles, rocas córneas calcosilicatadas (hornfels) y/o skarns por el efecto del metamorfismo de contacto.

Zonación que sucede en la mayoría de los skarn la cual copia la geometría del contacto del plutón y los flujos de fluidos. Los Skarn son zonados y la zona de endoskarn y exoskarn proximal posee un alto contenido de Granate. Las zonas distales son más ricas en piroxeno y en la zona más frontal, relacionada con mármoles puede estar dominada por piroxenoides o vesuvianita

La producción principal de depósitos de tipo skarn incluye: Fe, Cu, W, C (grafito), Zn, Pb, Mo, Sn, U, Au., granate, talco y wollastonita.

Los minerales calcosilicatados diópsido (clinopiroxeno), andradita (granate cálcico) y wollastonita (piroxenoide) son los dominantes en skarn mineralizados e indican, junto con otras evidencias, que el rango de formación de skarn es en general de 400°-600°C. Aunque los skarn de Zn-Pb se forman a temperaturas más bajas, en términos generales en el proceso de formación de skarn están involucradas altas temperaturas. La presión es variable y estos depósitos se forman de 1 a varios Km de profundidad.

Los skarns de USA están asociados a pórfidos cupríferos, consecuentemente son relativamente someros. En este caso específico los sistemas de skarn son en realidad una extensión de los pórfidos, pero con rocas de caja diferentes (ricas en calcio). Aunque en los skarns no se desarrolla alteración fílica, primero se forma el skarn y luego se mineraliza involucrando también el colapso del sistema magmático-hidrotermal y la mezcla con aguas meteóricas.

Aunque existen ricos yacimientos de tipo skarn, la mayoría de los skarns no contienen mineralización económica. Las secuencias de rocas calcáreas o

dolomíticas impuras originan rocas córneas calcosilicatadas o skarnoides, las que pueden distinguirse por sus relaciones de terreno, excepto cuando hay reacción entre capas de silicatos y de carbonatos de secuencias sedimentarias (skarn de reacción). El metamorfismo de contacto afecta a las rocas de caja, pero es frecuente que la intrusión también sufra efectos metasomáticos.

Esto resulta en una zonación de endoskarn (minerales calcosilicatados dentro del intrusivo) y exoskarn (skarn en las rocas calcáreas). El endoskarn ocurre principalmente en la periferia de los plutones intrusivos donde el flujo de fluidos fue hacia adentro del plutón o paralelo al contacto de éste, pero usualmente están ausentes en las cúpulas de intrusiones con mineralización de tipo pórfido debido a que domina el flujo ascendente de los fluidos provenientes del plutón.

La formación de depósitos de tipo skarn involucra esencialmente tres etapas:

1) Metamorfismo isoquímico:

Recristalización metamórfica y cambios mineralógicos reflejando el protolito y circulación de fluidos a alta temperatura formando minerales calcosilicatados. Incluye además el desarrollo de: mármol, rocas córneas, cuarcitas, skarn de reacción, skarnoides, talco y wollastonita hacia la periferia.

2) Etapas múltiples de metasomatismo:

Cristalización del magma y liberación de una fase fluida produciendo skarn metasomático. Se forman principalmente minerales anhidros por acción de fluidos de derivación magmática a temperaturas de 400°-800°C. Usualmente en esta etapa ocurre o comienza la mineralización.

3) Alteración retrógrada:

Enfriamiento del plutón y circulación de aguas de temperatura más baja, posiblemente meteóricas, oxigenadas, causando alteración retrógrada de los minerales calcosilicatados metamórficos y metasomáticos. En esta etapa se forman nuevos minerales hidratados de temperatura más baja, a partir de los minerales anhidros formados previamente. Incluyen: epidota, actinolita, clorita y otras fases minerales hidratadas, típicamente con control estructural y sobreimpuestos a la secuencia de progrado (fallas, contactos estratigráficos o intrusivos). En algunos casos la mineralización se extiende también a esta etapa de retrogrado.

Etapas en la evolución de un plutón asociado a depósitos tipo Skarn:

- Intrusión inicial que causa metamorfismo de contacto en las rocas sedimentarias.
- Recristalización metamórfica y cambios de fases mineralógicas en la roca original, con fenómenos locales de metasomatismo y circulación de fluidos que forma diversos minerales del grupo calco-silicatados (A esto se le denomina reacción skarn y skarnoide), y sucede ante litologías diversas a lo largo de un contacto entre tipos de fluidos. Observe que el metamorfismo es más extenso y de mayor temperatura en profundidad que en las zonas adyacentes y en los topes del sistema.
- Cristalización y liberación de facies acuosas de lo cual resulta la skarnificación por fluidos metasomáticos. Observe que en profundidad la aureola metamórfica es menor. En el tope del sistema a veces el proceso metasomático supera la aureola metamórfica.

- El enfriamiento del plutón y la posible circulación de agua meteórica muy oxigenada causa alteración retrógrada del complejo de minerales calco-silicatados siendo esta alteración más típica en sistemas formados a baja profundidad.

En los skarns distales las etapas 1 y 2 están ausentes y se forman principalmente depósitos de Zn-Pb en el rango de temperatura de 210°-350°C. Cabe destacar que el desarrollo de skarn depende de la profundidad de formación. A niveles más someros el skarn metasomático tiene amplia extensión lateral pudiendo sobrepasar la aureola metamórfica, mientras en profundidad es relativamente pequeño comparado con la aureola de metamorfismo. Por su parte, la alteración retrógrada es más extensa a niveles más someros (ya sea un skarn más somero o partes superiores de un sistema de tipo skarn), puesto que está controlada por la circulación de fluidos y la participación de aguas meteóricas en la fase tardía del sistema.

La mayor parte de los skarns están ligados genéticamente a rocas ígneas, de modo que un modelo que permita explicar su ocurrencia y la variedad de metales asociados, debe ser petrogenético y así es el modelo de Meinert (1993), Special Paper 40, Geological Society of Canada.

No se detallan aquí las consideraciones del modelo de Meinert, pero de acuerdo a él los tipos de metales asociados a skarns dependen principalmente de la fuente de los magmas y del marco tectónico de la región. Por su parte, los factores relevantes que controlan la evolución hidrotermal de los sistemas de tipo skarn son:

- Presión (profundidad de formación)
- Estado de oxidación del magma (fugacidad de oxígeno)

- Grado de diferenciación del magma (cristalización fraccionada)
- Tiempo de separación del fluido (fase volátil del magma respecto a la cristalización del plutón)

Los depósitos minerales de tipo Skarn son yacimientos de reemplazo metasomático caracterizados por la presencia de minerales calcosilicatados faneríticos de grano grueso, de Ca, Fe, Mg y Mn.

Reemplazan selectivamente a rocas carbonatadas y pueden asociarse con mineralización metálica de W, Cu, Zn, Pb, Sn, Fe-Ca y menor Au-Ag.

2.3 Definición de términos

➤ Prospección geoquímica

El método geoquímico de exploración o prospección respectivamente es un método indirecto. La exploración geoquímica a minerales incluye cualquier método basándose en la medición sistemática de una o varias propiedades químicas de material naturalmente formado

➤ Muestreo geoquímico

El muestreo geoquímico es la forma corriente de obtener muestras representativas de un determinado material natural, colectado de una manera estandarizada

➤ Target geoquímico

Elemento indicador y/ elemento explorador, se refiere a uno de los elementos principales asociados al depósito mineral, que se espera encontrar

➤ Los sondajes

Son perforaciones que permiten obtener muestras de dichas zonas a profundidades de hasta 1.200 m para ser estudiadas y analizadas por lo

geólogos. Las técnicas más utilizadas actualmente son la perforación con recuperación de testigos o diamantina y la con recuperación de detritos o aire reverso.

➤ **Prospección minera**

Desde el punto de vista geológico, es la etapa en la que se buscan minerales aprovechables en una zona determinada. Las técnicas que se usan están basadas en estudios geológicos, o técnicas basadas en geofísica, geoquímica, etc.

➤ **Exploración minera**

Es la etapa inicial de la actividad minera, consiste en identificar las zonas por donde se ubican los yacimientos de minerales que luego - dependiendo de su dimensión y composición - serán explotados en un proyecto minero.

2.4 Formulación de hipótesis

2.4.1 Hipótesis General

El Método geoquímico de exploración en rocas determina anomalías de As, Pb, Zn, Cu y Fe en el Proyecto Virgen de las Nieves, Raura.

2.4.2 Hipótesis Específicos

- Las características geoquímicas de las rocas del yacimiento influyen en la determinación de anomalías en el proyecto Virgen de las Nieves, Raura.
- Las características geológicas de las rocas del yacimiento influyen en la determinación de anomalías en el proyecto Virgen de las Nieves, Raura

2.5 Identificación de las variables

a. Variables independientes

El Método geoquímico de exploración en rocas

b. Variables dependientes

Anomalías de As, Pb, Zn, Cu y Fe en el Proyecto Virgen de las Nieves, Raura.

2.6 Definición operacional de variables e indicadores

La evaluación geológica se describe como sigue:

- Etapa de recolección de información en gabinete.
- Etapa de planificación de tareas.
- Procesos y procedimientos técnicos para desarrollar la investigación.
- Elaboración de matriz de consistencia.
- Etapa de recolección de información en campo.
- Cadena de custodia de BD y muestras.
- Procesamiento e interpretación de información recolectada

CAPITULO III

METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN

3.1 Tipo de investigación

De acuerdo a su carácter aplicativo la investigación que se lleva a cabo es del tipo de exploratorio-deductivo.

Con este tipo de investigación se busca, conocer para hacer, para actuar, para construir, para modificar. Así mismo porque se requiere de un marco teórico. Los resultados de esta investigación aplicada son para uso inmediato.

3.2 Método de investigación

La metodología aplicada hace referencia a un modelo numerico descriptivo y correlacional, entre la descripción geológica (mapeo superficial y subterráneo) y los resultados producto del análisis de muestras recolectadas en la campaña de exploración se ha requerido básicamente de la evaluación geológica detallada y antecedentes del depósito, que nos dan pautas de la dispersión de elementos

geoquímicos, la parte más importante consistió en aplicar el método geoquímico para determinar las anomalías en las rocas y para ello se utilizó a la:

- **Petrografía.**

Se utiliza para realizar la descripción macroscópica y microscópica de los diferentes tipos de roca que se encuentran en el yacimiento

3.3 Diseño de investigación

El diseño de investigación es descriptivo - deductivo.

Se describirá todas las características geológicas y estructurales con las respectivas posibilidades económicas que se encuentran en el proyecto.

3.4 Poblacion y muestra

- **La población** está representada por los afloramientos de rocas de la Unidad minera Raura.
- **La muestra** son las rocas del proyecto Virgen de las Nieves.

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

- Se utilizo la cartografía geológica existente para identificar zonas de interés, en donde se realizará cartografiado, mapeado a detalle, selección y toma de datos y muestras.
- Se utilizo columnas estratigráficas para diferenciar las facies litológicas y mineralógicas.
- Registro y codificación de datos.

- Para seleccionar los diferentes datos y muestras, se recolectarán muestras de roca, tanto de superficie como de los diferentes sondajes DDH; la recolección estará orientada a las zonas de interés.

3.6 Técnicas de procesamiento y análisis de datos

- Ejecución de estudios de geología, geología estructural, mineralogía, que nos servirá para determinar la propuesta de exploración para el incremento de recursos minerales en el yacimiento.
- Técnicas Analíticas e Interpretación de toda la información obtenida en las diferentes etapas de Trabajo.

3.7 Tratamiento estadístico

La información recolectada es compilada en una base de datos (Excel) con la finalidad de realizar evaluaciones que ayuden en la consecución del objetivo de la presente investigación.

3.8 Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación

La selección de toda la información necesaria para la investigación fue establecida mediante el protocolo de muestreo que se tiene para la etapa de exploración en targets de interés geológico para la unidad minera; la validación está a cargo del equipo de QAQC, quienes dan validez a la información recolectada, en tanto ello garantice la confiabilidad de toda información como instrumento que derivará a lograr el objetivo.

3.9 Orientación ética

La exploración dentro del proceso de evaluación geológica es muy importante para la compañía minera, es por ello que basado en las mejores prácticas de la industria minera las investigaciones desarrolladas para determinar el valor geológico de los recursos dentro de la concesión son desarrollados siguiendo protocolos establecidos dentro de la unidad minera

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Descripción del trabajo de campo

4.1.1 Generalidades

La Unidad Minera Raura, es una empresa dedicada a la exploración, explotación y tratamiento de minerales polimetálicos con contenidos de plomo, zinc, cobre y plata.

- **Ubicación**

La mina Raura se encuentra ubicado entre:

- Departamento de Huánuco (Provincia de Lauricocha, distrito de San Miguel de Cauri),
- Departamento Lima (Provincia y distrito de Oyón)
- Departamento Pasco (Provincia Daniel Alcides Carrión, distrito de Yanahuanca),

Tiene una altura promedio de 4,700 m.s.n.m

Fig 7. Plano de ubicación Unidad Minera Raura



- **Accesibilidad**

La unidad Minera Raura es accesible desde la Ciudad de Lima con una longitud de 415 Km la cual se indica a continuación:

Tabla N° 5. Vias de acceso a Unidad Minera Raura

TRAMO	Km	TIPO DE	CONDICIONES
-------	----	---------	-------------

		ACCESO	
LIMA- HUACHO	170	ASFALTADA	MUY BUENA
HUACHO- SAYAN	50	ASFALTADA	BUENA
SAYAN-CHURIN	61	AFIRMADA	REGULAR
CHURIN-OYON	74	ASFALTADA	BUENA
OYON – RAURA	60	AFIRMADA	BUENA

4.1.2 Geomorfología

Los rasgos geomorfológicos de la zona de estudio son el resultado de procesos tectónicos (plegamientos y sistemas de fallas), procesos exógenos (clima, precipitaciones pluviales, escorrentía superficial, etc.) y dada las características de las diferentes unidades litológicas, se tiene como resultado una topografía agreste con zonas accidentadas y deprimidas producto de la acción de los fenómenos meteorológicos presentando también una delgada capa de suelo.

Las estructuras como fallas y pliegues, son las principales causantes de la forma del relieve actual, la zona de estudio se encuentra a pie de la Cordillera Raura que forma parte de la divisoria de aguas y estribaciones superiores de la Cordillera Occidental (4800 – 5685 msnm) y en la Región Puna (4300 – 4800 msnm).

La descripción regional de las unidades geomorfológicas se realizó en base a información levantada durante los trabajos de campo y a la información existente.

4.1.3 Unidades Geomorfológicas

Para la definición de las unidades geomorfológicas se consideró 2 grandes grupos:

- Geoformas de carácter tectónico-degradacional.
- Geoformas de Carácter deposicional.

Con este criterio se describe las siguientes unidades geomorfológicas:

a) Cordillera Raura.

Constituyen las elevaciones topográficas más altas y resaltantes que forman parte de las cordilleras que en la parte superior de sus crestas contienen áreas con glaciares. Esta cadena de cerros en conjunto constituye la Cordillera Occidental y divisoria de aguas, donde se inicia las vertientes de

Pacífico y del Atlántico. Estas cadenas de cerros generalmente están modeladas por rocas cretácicas y localmente en rocas volcánicas e intrusivas.

Sus configuraciones topográficas son accidentadas y distribuidas con formas predominantemente irregulares. Las laderas de esta cadena de cerros presentan pendientes variables, predominantemente pronunciadas a abruptas.

b) Valle Glaciar

Los valles en su mayoría de origen glaciar, constituyen las geoformas más resaltantes que existen en el área de estudio, estas han sido modeladas principalmente por los glaciares durante el pleistoceno, y algunos también tienen origen tectónico. En la zona de estudio los valles tienen diferentes

orientaciones, siendo los principales: valle de laguna Tinquicocha, valle Gayco, valle Yanco, Shucshapac y otros valles menores como Santa Ana.

La mayoría de los valles drenan sus aguas hacia la vertiente del Atlántico y en menor porcentaje hacia el Pacífico.

c) Morrenas

Esta unidad comprende a geoformas convexas, suaves y alargadas producidas por la acumulación de materiales depositados por acción glaciaria durante el Pleistoceno-Holoceno. Corresponde a coluviones de rocas con tamaños decimétricos, que responderían a procesos de desprendimientos, flujos y gelifracción (este último con generación de avalanchas de detritos).

Existen varios tipos de morrena de acuerdo a su posición frente a un glaciar; morrena de fondo es la que se sitúa en contacto con el lecho glaciario; morrena lateral, cuando se sitúa en las orillas o bordes del lecho glaciario; morrena central, formada por la unión de morrenas laterales en la confluencia de dos glaciares en un mismo valle; morrena frontal o terminal, cuando se sitúa en la zona de deshielo del glaciar.

d) Lomadas

Esta unidad agrupa a las superficies conformadas por lomas (con desniveles menores a 300 m), mesetas y pampas caracterizadas por su modelado suave. Estas superficies se ubican en los márgenes inmediatos a la zona donde existían glaciares, han sido formadas a causa de la alternancia periódica de procesos de hielo y de deshielo, y los efectos de la crioturbación, geliturbación, solifluxión y reptación.

e) Quebradas

En el área de la mina Raura existen numerosas depresiones por donde drenan las aguas de las lagunas y precipitaciones pluviales; tienen forma de U y localmente en forma de una V. Gran parte de estas Geoformas fueron modelados en rocas calcáreas y algunas en rocas volcánicas. Asimismo, se pudo apreciar en algunas quebradas causes escalonados y con pronunciadas huellas del modelado glaciar y que el eje de las quebradas coincide con las trazas de las fallas y/o contacto litológico.

4.1.4 Geología Regional

La secuencia estratigráfica en la zona de estudio comprende desde el Neoproterozoico, Paleozoico superior, Mesozoico – Cenozoico y Cuaternario.

El Neoproterozoico está constituido por el Complejo del Marañón formado por esquistos, filitas y pizarras ubicadas en la parte media y oriental de la Unión y NE de cuadrángulo de Yanahuanca, constituyendo la Cordillera Oriental.

El paleozoico superior está conformado por el Grupo Ambo y Mitu, sobreyaciendo discordantemente sobre el Complejo Marañón, estas unidades no muestran mayor deformación y se les encuentran en amplios sinclinales (Llata y Margos). El Grupo Ambo constituido por areniscas pardo verdosas y material volcanoclástico, infrayace al grupo Mitu que presenta una secuencia donde se distinguen conglomerados, areniscas rojas y algunas andesitas. El Grupo Pucará también se presenta en estos sinclinales, así como en los alrededores de los pueblos de Yanahuanca y la Unión.

La Formación Oyón, mayormente constituida por rocas pelíticas y areniscas, representan al Titoniano – Valanginiano. Sobre la Formación Oyón se sitúa el Grupo Goyllarisquizga, mejor desarrollado en la parte central del Perú. A esta secuencia de areniscas y limoarcillitas le suprayacen las formaciones Pariahuanca, Chúlec, Pariatambo, Jumasha y Celendín, formadas esencialmente por calizas, margas y limoarcillitas que muestran un adelgazamiento hacia el Este.

El Cretáceo superior-Paleógeno consiste de capas rojas cartografiadas como Formación Casapalca, las que han sido deformadas con igual intensidad que la secuencia cretácica infrayacente. Inmediatamente después se emplazaron las diversas unidades del Batolito como un plutonismo posttectónico.

Posteriormente, con el levantamiento andino (Fase Peruana), se acumuló el grupo Calipuy que actualmente forma la cordillera Negra y que consiste mayormente en piroclastos y algunas lavas y aglomerados andesíticos – dacíticos. Durante el Mioceno – Plioceno se han emplazado stocks graníticos y subvolcánicos porfiríticos en rocas del Grupo Calipuy y en las secuencias mesozoicas al Este del Batolito de la Cordillera Blanca, los que están asociados en algunos casos a yacimientos minerales.

La Formación Unión representa la erosión pleistocénica de las secuencias cretáceas y se depositó en las depresiones preexistentes que se localizan en La Unión Baños y Rondos.

4.2 Presentación, análisis e interpretación de resultados

4.2.1 Ubicación del proyecto

El proyecto Virgen de las Nieves se ubica en la parte norte del distrito minero Raura. Entre las cotas 4300 msnm a 5000 msnm con un área de 4 km² son intrusivos de composición variable desde diorita – monzodiorita – granodiorita - pórfido cuarzo-feldespató, los que instruyeron a las formaciones plegadas y falladas Jumasha y Celendín del Cretáceo

4.2.2 Geología Local

Las rocas sedimentarias que afloran en los alrededores de la Mina Raura, pertenecen a la secuencia estratigráfica del Cretáceo. Las más antiguas se exponen al suroeste y oeste las cuales pertenecen al Grupo Goyllarisquizga representada por la Formación Carhuaz. A éste sobreyace la Formación Chúlec, Pariatambo. Jumasha y Celendín. La Formación Jumasha ocupa la mayor área aflorante y es la más importante por que alberga los yacimientos mineros.

➤ Fm. Carhuaz (Ki-ca)

Esta formación yace concordante sobre la Formación Santa y consiste principalmente de limoarcillitas, aunque pueden estar presentes capas de arenisca cuarzosas en la parte central de la unidad. Las limoarcillitas son principalmente de color gris a gris verdosa, con algunas intercalaciones de capas de yeso. Esta secuencia tiene 1000 m. de potencia aproximadamente y la morfología que caracteriza a esta formación es más suave en relación a las unidades adyacentes. La Formación Carhuaz es considerada de edad Hauteriviana – Barremiano.

➤ **Fm. Chúlec (Ki-ch)**

La Formación descansa concordantemente sobre el Grupo Goyllarisquizga. Litológicamente consiste de calizas y margas. Las calizas son macizas con costras amarillas alteradas en capas de 1 m de espesor. En la región de la Cordillera de Huayhuash tiene una potencia de 50 m. Según los fósiles encontrados en la Formación Chúlec se le atribuye una edad correspondiente al Cretáceo inferior (Albiano medio).

➤ **Fm. Pariatambo (Ki-pt)**

La Formación Pariatambo descansa concordantemente sobre la Formación Chúlec e infrayace a la Formación Jumasha. Consiste principalmente de margas de color marrón oscuro y calizas marrón oscuras que tiene un olor fétido y se presenta en capas delgadas. Esta formación tiene una potencia de 100 m que se mantiene regularmente constante, pero hacia el eje de la cuenca es ligeramente más grueso, alcanzando una potencia de 500 m. en la zona de la Cordillera de Huayhuash. Esta formación contiene una fauna abundante, perteneciente al Cretáceo inferior (Albiano medio).

➤ **Fm. Jumasha (Ks-jm)**

Sobreyace concordante a la Formación Pariatambo e infrayace concordante a la Formación Celendín. El grosor en algunas zonas excede los 1000 m aproximadamente. Según su litología presenta una estratificación regularmente maciza de calizas grises en estratos de 1 a 2 m. La Formación Jumasha constituye una de las unidades más importantes y características en los Andes Centrales. Se ha observado

que se conservan en los núcleos de los sinclinales y forman cadenas de elevaciones muy conspicuas, tal como la Cordillera de Huayhuash. Las calizas se describen como micritas y biomicritas con una buena proporción de material limoarcilloso. La Formación Jumasha es pobremente fosilífera, pero su rango va del Albiano superior al Turoniano (Cretáceo superior).

En los alrededores de la mina afloran las calizas de esta formación, en contacto con las Formación Carhuaz, por sobreescorrimento, los estratos de la Formación Jumasha presentan un rumbo en el sentido de plegamiento regional N030W. Por efecto de la intrusión granodiorítica, las calizas presentan diferentes grados de alteración que va de calizas frescas a granatización (Skarn) pasando por marmolización, silicificación y epidotización.

➤ **Fm. Celendín (Ks-ce)**

Esta unidad sobreyace concordantemente a la Formación Jumasha e infrayace a la Formación Casapalca, estableciéndose un pase rápido de una secuencia netamente marina a las capas rojas continentales. La formación consiste de calizas margosas nodulares, pobremente estratificadas, algo homogéneas con presencia de fósiles, con coloración amarillo grisácea. Se intercalan con las calizas, estratos de limoarcillitas grises y margas.

A la Formación Celendín se le encuentra en los núcleos de sinclinales de rumbo NO-SE que se ubican en la Cordillera de Raura. Se le define una potencia de 500 m. aproximadamente, aflorando al noreste de la

falla Chonta. La fauna presente en la Formación Celendín es indicativa del Coniaciano al Santoniano (Cretáceo superior).

➤ **Fm. Casapalca (KsT-ca)**

Sobreyace concordantemente a la Formación Celendín. Su afloramiento se le encuentra al este de la falla Chonta en estructuras sinclinales y un frecuente contacto fallado con las areniscas del Cretáceo inferior. La litología consiste de areniscas rojas friables, margas, lodolitas y conglomerados que tienen un color rojo característico. Puede llegar a tener un grosor de 600 m. aproximadamente. También se observan areniscas y lodolitas rojas, siendo de aguas deltaicas de poca profundidad o depósitos continentales. A la unidad de capas rojas continentales y en base a las algas carofitas se le asigna una edad Cretáceo superior posterior al Paleógeno temprano.

➤ **Volcánico Raura (T-vr)**

El Volcánico Raura está compuesto de flujos riolíticos y tobas litocristalinas de composición dacítica a riodacítica (Uribe, E., Zapana, E., 2012). Esta unidad local aflora al parecer en contacto erosivo sobre las calizas Jumasha. Se ubican en la zona SE de la Unidad Minera, asimismo en la zona central del cuerpo mineralizado se encuentra en contacto con las rocas intrusivas granodioríticas. La edad aproximada de estas rocas volcánicas data del Mioceno.

➤ **Depósitos Morrénicos (Q-mo)**

En la microcuenca Putusay y en la zona de Nieve Ucro se presentan tanto morrenas laterales como terminales, las cuales están constituidas

por material grueso en una matriz fina. Los depósitos morrénicos se consideran como el resultado de la glaciación pleistocénica y se diferencian de los depósitos morrénicos recientes por presentar formas de crestas o depósitos alargados e inconsolidados.

➤ **Depósitos Coluviales (Q-co)**

Los depósitos coluviales están compuestos por fragmentos angulosos que se acumulan regularmente en los taludes adyacentes a los macizos rocosos, con tamaño y formas variables dependientes de la roca madre. En algunas zonas se evidencian fragmentos angulosos con fracciones de limoarcillas y arena distribuidos irregularmente.

➤ **Nevados Perpetuos (Q-nv)**

Estos nevados se encuentran en forma discontinua en las diferentes áreas de la U.M. Raura y con mayor propagación en las áreas adyacentes a las lagunas. La nieve que permanece y se acumula bordea entre los 5,000 y 5,200 msnm. Los principales glaciares presentes en la Unidad Minera Raura son: Glaciar Brazzini, Glaciar Patrón, Glaciar Niño Perdido-Gayco, Glaciar Niño Perdido, Glaciar Niño, Perdido-Virgen de las Nieves, Glaciar Siete Caballeros y Glaciar Santa Rosa. Se les asigna una edad Pleistocénica.

➤ **Rocas Intrusivas**

En la Unidad Minera Raura se encuentra un stock de 6 km² que se emplazó dentro del anticlinal que corta las calizas Jumasha, las que han sido alteradas en el contacto, formándose el proceso de marmolización. El intrusivo es complejo, tiene un marcado diaclasamiento planar paralelo al techo de la intrusión el cual se

aproxima a roca volcánica. El material pseudo volcánico es cortado por diques de diorita y pórfido dacítico, además ha sido cortado por un cuerpo de tonalita que contiene pirita diseminada. Grandes bloques de calizas de la Formación Jumasha han sido encontrados dentro de los intrusivos y las zonas de contacto ligeramente alterados.

4.2.3 Geología Estructural

En la Unidad Minera Raura se han reconocido tres fases de plegamiento producto del proceso tectónico compresional, y entre cada periodo hubo un proceso tensional a lo largo del eje SW-NE. La zona de estudio está controlada por el sistema de fallas de la Cordillera Blanca.

Teniendo como patrón estructural la cadena de montañas de los Andes centrales, en el cretácico superior (fase Inca) se dieron etapas de plegamiento, fallamiento y plutonismo como producto de los esfuerzos de compresión (SW-NE) en la zona de Raura. Las estructuras principales de plegamientos están representadas por el anticlinal Santa Ana y el sinclinal Caballococha que son los más importantes del área, con rumbo N 020-030 W, produciendo fallas y sobre escurrimientos en la misma dirección, siendo la falla Chonta la que representa este evento, colocando en contacto a las arenisca y cuarcitas del Grupo Goyllarisquizga con las calizas de la Formación Jumasha.

Se han producido varios sistemas de fracturación N65°- 80°W (vetas Gianina, Abundancia, Roxana, Torre de Cristal, Flor de Loto). El fallamiento local en bloques es un patrón estructural importante en la zona

de Catuva. Dos sistemas de fallas regionales de gran ángulo están cortando y atravesando las calizas Jumasha:

- El primer sistema N-NW, 70° SW, el más antiguo, inverso y longitudinal, controla aparentemente los stocks elongados de granodiorita y de monzonita de 10 Ma. Las fallas principales son Restauradora, Raura, Cabalcocha, Chonta y Gayco.
- El segundo sistema W-NW, 70° SW, el más reciente, transversal, sinistral y tensional, aloja a los diques pórfido cuarcíferos, que espacialmente están asociados a los cuerpos de skarn de Zn-Pb (Ag, Cu) tales como Ofelia y Cobriza y vetas polimetálicas, respectivamente. Sin embargo, algunas fallas longitudinales de gran ángulo y de pocos metros de desplazamiento inverso, como las fallas Raura y Restauradora, se comportan tan igual que las fallas transversales controlando tanto el cuerpo de skarn de Zn-Pb como el cuerpo Balilla y el gran cuerpo Niño Perdido - Catuva - Betsheva - Primavera, respectivamente (Golder Associates, 2012).

Cabe mencionar que la falla Flor de Loto de sentido SW-NE, ubicada en la parte noroeste de la zona de estudio, es una de las estructuras geológicas principales de Raura. Su potencia en interior mina se logra apreciar en galerías de mayor profundidad, cortando principalmente a las calizas de la Formación Jumasha y Celendín. Al parecer, es un nexo en toda la red de fallas inversas las cuales transitan flujos subterráneos culminando en Flor de Loto. Estructuralmente, la zona de estudio es compleja, las principales fallas son: Virgen de las Nieves, Matapaloma, Esperanza, Restauradora, Chonta, Puyhuancocha, Raura, Tinquicocha, Santa Rosa, Yerupaja, Brazzini, Putusay Alto, Putusay Bajo y Quichas.

Del mismo modo, se ha identificado el Anticlinal Raura y Caudalosa y el Sinclinal Caballococha. Estas fallas de orden regional en algunos casos, juegan un papel importante en la mineralización de la unidad, mayormente de sentido inverso.

La caracterización de las fracturas da como resultados 2 a 3 sistemas de familias de fracturación para cada tipo de litología. La Tabla muestra un resumen de los principales sistemas de fracturas.

Tabla N° 6: Resumen Principales sistemas de Fracturación

Formación Litológica	Sistema 1	Sistema 2	Sistema 3
Fm. Jumasha	N319E / 72NE	N345E / 55NE	N027E / 82NW
Intrusivo Dacítico	N030E / 11SE	N282E / 70NE	
Fm. Celendín	N078E / 54SE	N279E / 81NE	
Volcánico Raura	N075E / 33NW	N068E / 61SE	

De acuerdo a los resultados obtenidos sobre los sistemas de fracturación para las diferentes litologías, se realizó una evaluación de la distribución de discontinuidades que se mencionan a continuación:

En la Formación Jumasha se encuentran 3 sistemas principales de fracturación:

- ✓ El sistema 1, posee una dirección de 319° y un buzamiento de 72° hacia el NE.
- ✓ El sistema 2, posee una dirección de 345° y un buzamiento de 55 al NE.
- ✓ El sistema 3, posee una dirección de 027° y un buzamiento de 82 al NW.
- ✓ El Intrusivo Dacítico posee 2 sistemas principales de fracturación:
 - El sistema 1, posee una dirección de 030° y buza 11° hacia el SE.
 - El sistema 2, posee una dirección de 282° y buza 70° hacia el NE.
- ✓ La Formación Celendín posee 2 sistemas principales de fracturación:

- El sistema 1, posee una dirección de 078° y un buzamiento de 54° al SE.
- El sistema 2, posee una dirección de 279 y un buzamiento de 81° al NE
- ✓ En el macizo rocoso del Volcánico Raura se encuentra 2 sistemas principales de fracturación:
 - El sistema 1, posee una dirección de 075° y buza 33° hacia el NW.
 - El sistema 2, posee una dirección de 068° y buza 61° hacia el SE.

La apertura, extensión y frecuencia de las fracturas se convierten en aspectos fundamentales al momento de caracterizar el macizo rocoso y su relación directa con el movimiento del flujo subterráneo. Otro parámetro aún más importante es el tipo de material que rellena las fracturas, ya que de ello depende la cantidad de flujo de agua que circula. Los medios fracturados, se caracterizan por presentar, en superficie, fracturas de mayor frecuencia y de mayor apertura, mientras que en profundidad las fracturas disminuyen su frecuencia y apertura.

La Formación Jumasha conformado por calizas se caracteriza por presentar fracturas con apertura de 0.5 a 2.5 milímetros y como material de relleno óxidos y poco de finos. Por otro lado, el espaciamiento de las discontinuidades se encuentra en el rango de 0.3 a 1 metro con persistencia de 2 a 16 metros. Cabe mencionar que la Formación Jumasha ocupa una gran extensión en la zona de estudio y es la roca caja de la mineralización, por ende, está fuertemente fracturada y alterada.

El macizo rocoso conformado por las rocas intrusivas de composición dacítica se caracteriza por presentar fracturas con apertura 0.5 a 2.5 milímetros principalmente y relleno de las mismas compuesto por finos y

óxidos. Asimismo, el espaciamiento de las discontinuidades se encuentra en el rango de 0.3 a 3 metros con persistencia menores a 15 metros.

La Formación Celendín conformada por calizas se caracteriza por presentar estructuras o fracturas con apertura de 0.5 a 10 milímetros rellenas de material orgánico y óxidos, asimismo las discontinuidades poseen un espaciamiento de 0.3 a 1 metros con una persistencia del orden de 1 a 15 metros.

El macizo rocoso conformado por las rocas volcánicas se caracteriza por presentar mayor densidad de fracturas y con aperturas entre 0.5 a 3 milímetros rellenas de material arcilloso, también posee un espaciamiento de 0.3 a 1 metro con persistencia en el rango de 10 a 20 metros.

En síntesis, sobre la base de la dinámica estructural de la zona de estudio, el cual comprende de principales fallas, como la falla Flor de Loto, Oblicua, Matapaloma, Santa Rosa, Farallón y Raura son favorables para que exista movimiento del flujo subterráneo desde las partes altas (zonas de nevados) hacia las labores de interior mina.

4.3 Prueba de hipótesis

El Proyecto Virgen de las Nieves se ubica en la parte norte del distrito minero Raura. Entre las cotas 4300 msnm a 5000 msnm con un área de 4 km² son intrusivos de composición variable desde diorita – monzodiorita – granodiorita – pórfido cuarzo-feldespato, los que intruyeron a las formaciones plegadas y falladas Jumasha y Celendín del Cretáceo. El emplazamiento de los intrusivos está controlado por estructuras regionales N80 y N350.

4.3.1 Geología

Se identifica hornfels de varios cientos de metros de ancho en la Fm. Celendín, ubicada en las partes superiores en el techo de los intrusivos que varían entre monzodiorita - tonalita (plagioclasa – biotita – hornblenda ± cuarzo) en el contacto con las calizas, seguido en la parte central por granodiorita (plagioclasa – ortosa – biotita – hornblenda – cuarzo) y finalmente zonas muy restringidas de pórfido de cuarzo – feldespato QFP (plagioclasa – cuarzo – biotita – hornblenda).

En los cuerpos principales de granodiorita – monzodiorita existen formas transicionales entre las dos composiciones que se caracterizan por variabilidad en las relaciones biotita / hornblenda.

Las rocas encajonantes en los niveles inferiores son calizas de la Fm. Jumasha y a partir de aproximadamente 4600 msnm consisten en calizas margosas de la Fm. Celendín. Estos últimos son calizas y margas de niveles someros – costaneros en bancos delgados con estratificación finamente laminada, en parte sesgada, y la presencia de estomatolitos y otros horizontes fosilíferos. La zona de contacto con los intrusivos está alterada a hornfels de color gris verduzco en una aureola de varios cientos de metros de ancho. En la zona alta de aprox. 5000 msnm nivel de, cerca de los contactos con los intrusivos se observa en algunas oportunidades el avance de delgadas zonas estratoligadas de skarn progrado (granate – piroxeno) penetrando varios metros a la roca caja.

Endoskarn se observa solamente en algunos tramos, nunca pasa el ancho de pocos centímetros a lo mucho. No se ha observado las zonas extensas de endoskarn reportadas en el mapa / informe de Valdivia et al., BISA (2005),

posiblemente se ha confundido la denominación exoskarn con endoskarn en el momento del mapeo.

En niveles de altitudes más bajas (4300 msnm) a lo largo de la carretera Tinquicocha –Chuspicocha se observa exoskarn extenso desarrollado en las calizas de la Fm. Jumasha. Varían entre exoskarn rico en granate y piroxeno hasta mármol distal. Al Este de la carretera a lo largo del contacto con las calizas esta desarrollado una zona continua de exoskarn a este nivel a lo largo de más de un kilómetro. En la intersección de esta zona N350 con la proyección del eje principal N80 de los intrusivos el exoskarn tiene composición peculiar de granate – calcita – fluorita de grano muy grueso. Posiblemente corresponde a una zona de más alta temperatura de fluidos y de su aporte más constante.

Los resultados se muestran en la tabla N° 7.

TABLA III													
Muestra	Este	Norte	Cota	Sector	Metodo de Muestreo	Long.Diam. (m)	Ancho (m)	Nombre de Roca	As_ppm	Cu_ppm	Pb_ppm	Zn_ppm	Fe_ppm
6501	310906.00	8846207.00	4593.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	6	12	3	7	5400
6502	310891.00	8846102.00	4634.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	<5	9	2	27	4100
6503	310786.00	8846093.00	4617.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	7	7	<2	39	2900
6504	310794.00	8846193.00	4554.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	9	3	2	9	1900
6505	310814.00	8846304.00	4490.00	WV	CAN	2.00	0.05	Marmol	79	4	2	11	4000
6506	310808.00	8846400.00	4465.00	WV	CAN	2.00	0.05	Marmol	8	6	2	16	9800
6507	310783.00	8846495.00	4462.00	WV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	313	11	15	56	21800
6508	310716.42	8846418.85	4410.00	WV	CAN	2.00	0.05	H-Siarn	39	13	12	55	28400
6509	310706.00	8846300.00	4430.00	WV	CAN	2.00	0.05	Marmol	28	2	<2	226	2200
6510	310715.00	8846197.00	4504.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	24	16	4	58	7000
6511	310698.00	8846097.00	4608.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	14	3	<2	15	2900
6512	310600.00	8846100.00	4585.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	16	3	3	14	3300
6513	310603.00	8846191.00	4451.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	<5	4	<2	12	2700
6514	310626.00	8846314.00	4400.00	WV	CAN	2.00	0.05	Marmol	6	3	2	8	3900
6515	310520.00	8846191.00	4420.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	<5	6	<2	24	3700
6516	310499.00	8846101.00	4565.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	19	6	3	115	5100
6517	310419.00	8846078.00	4495.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	50	2	<2	21	2200
6518	310412.00	8846200.00	4450.00	WV	CAN	2.00	0.05	Marmol	7	2	<2	17	1900
6519	310405.33	8846295.46	4380.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	42	3	<2	14	2200
6521	310384.00	8846384.00	4391.00	WV	CAN	2.00	0.05	Marmol	43	4	69	15	2900
6522	310400.00	8846494.00	4389.00	WV	CAN	2.00	0.05	Marmol	12	7	4	24	4800
6523	310301.00	8846371.00	4390.00	WV	CAN	2.00	0.05	Marmol	17	4	<2	33	3000
6524	310296.34	8846293.55	4440.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	20	5	5	27	4500
6525	310304.05	8846203.89	4499.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	9	2	3	90	2800
6526	310308.70	8846107.52	4496.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	18	3	4	22	3600
6527	310202.15	8846119.32	4445.00	WV	CAN	2.00	0.05	Marmol	17	3	4	21	3800
6528	310199.74	8846199.55	4435.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	10	1	<2	2	2600
6529	310230.00	8846294.00	4410.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	57	4	<2	6	4100
6530	310113.00	8846285.00	4375.00	WV	CAN	2.00	0.05	Marmol	17	2	9	17	700
6531	310106.28	8846195.99	4384.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	12	8	25	65	2900
6532	310095.03	8846087.81	4420.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	11	5	6	41	5000
6533	310005.47	8846092.99	4435.00	WV	CAN	2.00	0.05	Marmol	7	3	3	19	3600
6534	310026.71	8846234.76	4454.00	WV	CAN	2.00	0.05	Marmol	9	5	7	21	4900
6535	309999.41	8846298.70	4405.00	WV	CAN	2.00	0.05	Marmol	74	3	4	57	4200
6536	310998.00	8846593.00	4585.00	WV	CAN	2.00	0.05	Marmol	7	1	<2	<2	1600
6537	310999.88	8846704.97	4562.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	12	<1	3	5	1100
6538	311007.01	8846807.20	4526.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	13	<1	2	4	1600
6539	311000.60	8846999.47	4511.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	20	1	4	5	3100
6541	310890.01	8846999.42	4493.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	7	1	6	5	2400
6542	310889.87	8846899.99	4508.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	7	1	2	12	3400
6543	310885.01	8846799.91	4498.00	WV	CAN	2.00	0.05	Marmol	9	<1	3	4	1400
6544	310900.18	8846687.21	4493.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	11	<1	<2	3	1500
6545	310900.03	8846599.71	4497.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	21	1	<2	3	3700
6546	310801.00	8846614.00	4463.00	WV	CAN	2.00	0.05	Marmol	11	<1	15	23	3200
6547	310812.02	8846712.02	4453.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	11	1	4	10	2700
6548	310791.00	8846826.14	4468.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	6	3	3	4	2300
6549	310796.58	8846895.42	4482.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	18	1	<2	2	1400
6550	310800.81	8846998.72	4457.00	WV	CAN	2.00	0.05	Caliza	7	<1	4	3	2600

6551	310699.37	8847000.10	4435.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	17	<1	3	31	1400
6552	310692.69	8846899.94	4450.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	10	<1	2	<2	2700
6553	310700.17	8846798.30	4443.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	38	<1	3	13	2500
6554	310699.48	8846698.83	4440.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	9	1	<2	2	4800
6555	310692.78	8846602.57	4416.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Marmol	14	7	2	15	11200
6556	310600.36	8846700.10	4385.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Marmol	<5	28	5	25	12400
6557	310599.24	8846806.21	4414.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	17	3	3	19	2800
6558	310581.00	8846893.00	4415.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	8	2	2	10	2500
6559	310626.00	8846995.00	4414.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	11	2	4	6	1500
6561	310506.00	8846885.00	4377.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	63	4	11	12	4500
6562	310525.00	8846795.00	4350.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	439	6	9	17	10700
6563	310390.77	8847400.40	4378.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Marmol	5	9	9	29	18500
6564	310400.26	8847499.57	4393.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Marmol	11	8	7	21	16600
6565	310499.50	8847500.53	4390.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	20	3	3	13	3400
6566	310500.41	8847400.16	4388.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	17	2	3	4	3300
6567	310500.27	8847199.99	4353.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Marmol	8	3	<2	10	1800
6568	310505.39	8847100.19	4365.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	68	3	3	9	2700
6569	310591.00	8847106.00	4413.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	22	1	3	9	1800
6570	310600.00	8847200.00	4402.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	13	3	3	3	1800
6571	310611.33	8847402.04	4374.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Marmol	16	3	2	3	1500
6572	310589.00	88475486.00	4395.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	14	2	3	12	800
6573	310699.87	8847500.91	4407.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	14	2	4	3	2800
6574	310669.00	8847400.00	4377.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Marmol	6	1	4	6	2100
6575	310700.31	8847200.34	4395.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	5	2	4	5	2300
6576	310696.12	8847096.23	4433.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	7	1	4	27	1300
6577	310801.54	8847098.14	4460.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	6	2	4	4	2200
6578	310788.00	8847194.00	4412.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	8	2	2	6	2700
6579	310800.87	8847298.82	4392.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	<5	2	3	2	1600
6581	310799.00	8847402.00	4391.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	12	2	2	8	2300
6582	310806.03	8847497.18	4405.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Marmol	15	1	<2	3	1400
6583	310896.00	8847401.00	4419.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Marmol	<5	1	3	7	2300
6584	310900.00	8847300.00	4451.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Marmol	<5	<1	2	5	1100
6585	311010.00	8847092.00	4500.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	<5	2	3	7	2200
6586	310992.00	8847212.00	4492.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Marmol	8	3	5	9	1600
6587	310999.37	8847299.87	4525.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	8	1	3	15	2200
6588	311001.00	8847388.00	4525.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	<5	2	4	22	2400
6589	311004.00	8847503.00	4485.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	6	3	4	8	2200
6590	311000.52	8847590.32	4510.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	<5	1	<2	6	1000
6591	310964.00	8847704.00	4500.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	<5	1	<2	5	2200
6592	310984.79	8847799.80	4478.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	<5	<1	<2	6	1600
6593	310899.89	8847799.50	4470.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	<5	1	<2	5	3000
6594	310900.12	8847699.59	4479.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	<5	<1	<2	9	900
6595	310908.13	8847607.20	4450.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	10	1	<2	6	2300
6596	310806.91	8847597.90	4422.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	6	1	2	4	1300
6597	310802.87	8847701.40	4435.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	<5	2	4	8	3500
6598	310805.39	8847830.04	4422.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	<5	1	<2	5	1600
6599	310791.00	8847875.00	4394.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	6	2	<2	5	2000
6601	310699.80	8847993.90	4372.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Marmol	24	4	3	13	3500

6602	310700.67	8847900.74	4408.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	38	2	3	5	3000
6603	310700.53	8847799.50	4431.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	8	4	3	17	5500
6604	310699.27	8847699.64	4436.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	6	2	5	17	2100
6605	310699.69	8847600.52	4428.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	7	2	5	12	2800
6606	310599.57	8847602.07	4406.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	13	1	2	43	1700
6607	310600.36	8847699.77	4405.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	5	1	2	456	900
6608	310597.00	8847793.00	4400.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	8	1	4	26	1200
6609	310600.20	8847908.83	4398.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	10	1	2	23	1300
6610	310601.34	8848003.03	4366.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	18	1	4	24	1900
6611	310500.21	8847999.39	4367.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Marmol	<5	2	3	9	2000
6612	310500.55	8847900.18	4373.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	16	2	4	15	2100
6613	310500.05	8847800.12	4368.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	<5	1	2	15	1400
6614	310498.62	8847707.28	4369.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	9	2	2	13	2500
6615	310503.36	8847596.59	4382.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Caliza	15	2	4	21	2100
6616	310391.00	8847602.00	4363.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Marmol	5	7	11	25	16700
6617	310407.00	8847690.00	4360.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Marmol	<5	5	13	27	12200
6618	310223.00	8848010.00	4348.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Marmol	72	6	9	51	4800
6619	310201.14	8847900.40	4376.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Marmol	18	3	4	21	3200
6621	310199.63	8847799.06	4403.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	112	19	30	41	27100
6622	310216.00	8847695.00	4373.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Marmol	34	8	3	21	5300
6623	310096.48	8847905.17	4447.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	6	15	23	72	28500
6624	310097.55	8847990.88	4395.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	9	43	30	87	30300
6625	310000.07	8847999.68	4390.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	5	13	21	78	34900
6626	310000.07	8847889.71	4445.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	7	22	30	95	27300
6627	310000.13	8847799.75	4433.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	9	12	30	113	26400
6628	309999.39	8847700.19	4442.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	10	15	30	96	27300
6629	309901.57	8847701.00	4512.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	8	8	21	170	28500
6630	309902.75	8847797.71	4464.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	16	17	28	165	28100
6631	309899.62	8847899.17	4425.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	6	24	67	134	29000
6632	309888.41	8847998.82	4388.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	72	6	23	80	23600
6633	309806	8847977	4355.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	9	53	27	60	20700
6634	309796.00	8847910.00	4408.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	6	3	20	41	16300
6635	309806.13	8847804.22	4465.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	14	44	36	241	18400
6636	309800.20	8847698.99	4537.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	5	3	26	60	25600
6637	309698.63	8847705.77	4531.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	25	24	23	51	22100
6638	309698.97	8847799.67	4432.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	6	4	25	63	18200
6639	309725.00	8847925.00	4392.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	6	4	22	47	17600
6641	309629.18	8847792.59	4461.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	16	19	35	68	18300
6642	309535.02	8847699.97	4600.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	<5	3	28	97	19500
6643	309498.94	8847914.71	4470.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	28	9	23	52	16800
6644	309400.00	8847900.24	4582.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	9	5	24	54	14300
6645	309399.49	8847799.47	4622.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	5	2	37	87	17700
6646	309399.47	8847699.52	4667.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	<5	4	20	55	18000
6647	309300.17	8847699.97	4710.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	7	16	22	43	18900
6648	309300.01	8847805.85	4643.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	7	3	29	51	18000
6649	309309.41	8847899.33	4595.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	12	20	25	51	17000
6650	309199.97	8847869.56	4655.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	12	20	45	126	20600
6651	309209.30	8847803.75	4683.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	6	14	21	48	18200
6652	309199.65	8847699.63	4728.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	21	4	38	78	18500
6653	309099.52	8847700.31	4768.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	<5	2	25	63	16600

6654	309099.91	8847799.62	4710.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	8	17	21	44	16200
6655	309004.00	8847790.00	4755.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	8	69	41	39	20100
6656	308998.13	8847694.96	4793.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	6	4	31	42	19400
6657	308899.78	8847700.21	4846.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	93	7	9	161	40100
6658	308900.42	8847800.25	4830.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	42	2	6	105	35900
6659	308799.96	8847780.22	4862.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	31	35	38	219	33300
6661	308799.96	8847699.92	4883.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	57	65	115	428	34300
6662	308700.84	8847700.46	4912.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	46	38	22	151	39500
6663	308699.98	8847920.08	4902.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	28	9	64	480	35300
6664	308696.00	8847999.76	4920.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	26	3	17	98	36700
6665	308592.07	8847994.83	4965.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	34	46	173	769	26100
6666	308600.85	8847899.79	4960.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	40	41	85	242	45400
6667	308610.31	8847810.68	4952.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	15	9	6	109	21100
6668	308600.41	8847699.62	4934.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	76	14	7	92	33400
6669	308894.00	8847609.00	4845.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	55	10	8	122	60800
6670	309000.00	8847300.00	4865.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	24	20	31	207	31300
6671	308900.00	8847300.00	4845.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	<5	24	14	38	31100
6672	308800.00	8847200.00	4880.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	75	54	82	175	34100
6673	308900.00	8847200.00	4905.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	51	10	45	287	38100
6674	309026.02	8847210.33	4890.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	50	1540	29	368	89000
6675	309000.00	8847100.00	4920.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	30	5	19	177	43500
6676	308900.00	8847100.00	4960.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	30	4	58	203	34400
6677	308784.00	8847106.00	4960.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	14	31	21	188	39500
6678	308700.00	8847100.00	4950.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	55	46	11	118	37500
6679	308600.00	8847100.00	4965.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	17	16	14	51	32900
6681	308610.00	8847003.00	5040.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	15	4	19	121	32400
6682	308700.00	8847000.00	5035.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	24	97	40	145	37100
6683	308797.00	8847007.00	5025.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	28	20	21	135	38100
6684	308900.00	8847003.00	4960.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	19	11	383	469	37600
6685	309006.00	8847019.00	4910.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	25	48	57	128	34200
6686	309000.00	8846900.00	4915.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	20	59	9	305	34700
6687	308897.68	8846898.10	4960.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	16	4	40	129	33300
6688	308800.00	8846900.00	5010.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	14	54	127	252	30500
6689	308700.00	8846900.00	5105.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	10	74	83	198	31000
6690	308589.78	8846906.29	5090.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	28	84	35	627	30100
6691	308500.00	8846900.00	5110.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	17	597	665	658	29600
6692	308600.00	8846800.00	5160.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	9	32	18	69	28800
6693	308715.00	8846800.00	5090.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	16	23	53	121	30500
6694	308785.00	8846804.00	5025.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	20	9	22	76	31100
6695	308900.00	8846800.00	4960.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	15	4	26	112	34900
6696	309000.00	8846800.00	4900.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	44	61	43	143	32500
6697	309000.00	8846700.00	4955.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	31	4	22	74	32000
6698	308900.00	8846700.00	5000.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	46	26	55	107	31200
6699	308800.00	8846700.00	5050.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	28	26	17	62	29800
6701	308684.00	8846705.00	5097.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	19	59	12	74	33800
6702	308801.00	8846601.00	5095.00	VNV	CAN	2.00	0.05	H-Skam	11	33	25	135	31800
6703	310051.00	8847381.00	4370.00	VNV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	<5	15	26	68	32500
6704	309950.00	8847201.00	4365.00	VNV	CHIPS	5.00	5.00	Granodiorita	<5	101	29	136	44200

6705	309901.00	8847000.00	4405.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Granodiorita	6	10	18	81	35500
6706	309901.00	8846400.00	4410.00	VWV	CAN	2.00	0.05	Marmol	<5	5	4	38	4000
6707	309900.46	8846058.91	4485.00	VWV	CAN	2.00	0.05	Marmol	<5	9	8	65	12500
6708	309766.00	8846089.00	4515.00	VWV	CAN	2.00	0.05	Marmol	<5	8	32	82	13800
6709	309750.00	8846197.00	4505.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Marmol	<5	7	18	87	11900
6710	309756.00	8846301.00	4580.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Marmol	9	16	10	80	17600
6711	309762.00	8846398.00	4490.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Marmol	11	6	20	42	7800
6712	309699.11	8846497.22	4538.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Marmol	<5	11	13	86	17600
6713	309675.00	8846600.00	4580.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Marmol	13	10	10	77	14200
6714	309702.00	8846699.00	4532.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Marmol	<5	7	5	67	8800
6715	308999.53	8847399.89	4835.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Granodiorita	7	6	30	94	24000
6716	308998.83	8847601.74	4538.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Granodiorita	<5	37	27	92	20000
6717	309200.73	8847600.75	4778.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Granodiorita	<5	20	22	55	22900
6718	309199.78	8847399.81	4808.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Granodiorita	7	7	19	42	25800
6719	309347.25	8847372.78	4780.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Granodiorita	6	38	22	70	26900
6721	309575.60	8847599.87	4643.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Granodiorita	30	8	31	76	20700
6722	309599.58	8847389.80	4758.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Granodiorita	<5	22	23	71	26200
6723	309793.38	8847408.40	4670.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Granodiorita	7	12	19	56	30700
6724	309801.66	8847599.14	4592.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Granodiorita	<5	28	32	75	28900
6725	310000.49	8847600.03	4450.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Granodiorita	<5	20	23	74	30500
6726	309596.19	8847201.36	4795.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Granodiorita	5	16	29	72	23400
6727	309600.00	8847300.00	4790.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Granodiorita	<5	12	19	48	22300
6728	309825.00	8846650.00	4438.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Granodiorita	7	19	22	43	22800
6729	309915.00	8846571.00	4400.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Marmol	<5	4	4	48	4900
6730	309710.00	8846120.00	4600.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Marmol	38	262	26	168	19900
6731	309693.52	8846202.83	4618.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	H-Skarn	19	4	113	567	29300
6732	309680.00	8846300.00	4630.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	H-Skarn	37	61	14	112	39100
6733	309640.00	8846400.00	4638.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	H-Skarn	35	29	8	64	29300
6734	309637.00	8846497.00	4655.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	Marmol	29	174	61	142	24600
6735	309616.00	8846608.00	4645.00	VWV	CHPS	5.00	5.00	H-Skarn	133	87	9	195	30700
6736	309611.00	8846594.00	4645.00	VWV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	386	12	3	24	32200
6737	309618.00	8846579.00	4637.00	VWV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	438	21	28	54	29300
6738	310254.00	8847848.00	4355.00	VWV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	116	13	14	39	20300
6739	309923.00	8846924.00	4374.00	VWV	CAN	2.00	0.05	Granodiorita	448	21	18	30	30700

4.3 Discusión De Resultados

4.4.1 Prospección geoquímica en rocas encajonantes

Los resultados obtenidos son las anomalías geoquímicas significativas clasificadas en tres grupos.

- En las actuales zonas con explotación minera, para este caso los patrones geoquímicos (fondos y umbrales) se ha aplicado y estandarizado en las rocas encajonantes de las estructuras mineralizadas, donde se confirma que dichas rocas de las zonas con explotación minera son geoquímicamente anómalas en superficie, la obtención de estos resultados son importantes para la comparación y relación con las nuevas anomalías geoquímicas y con los sectores que fueron explorados y paralizados por falta de un mayor sustento geológico.
- En los sectores con exploración histórica, similar que el anterior los patrones geoquímicos se han aplicado y estandarizado en las rocas encajonantes, también se confirman que dichas rocas son geoquímicamente anómalas pertenecientes al proyecto Virgen de las Nieves. Con estos nuevos parámetros se están ratificando las anomalías geoquímicas que se mencionaron los años 2008 (Virgen de las Nieves),
- En el 2011 la anomalía Virgen del Carmen fue descrita como anomalía entre Gayco y Virgen de las Nieves, debido a que no se tenía con claridad los fondos y umbrales geoquímicos con los que se estuvieron trabajando, al igual que la anomalía Caudalosa donde fue descrita como anomalía Yanco. Para el caso de la anomalía Brazzini

- Putusay, se hizo mención en el año 2010. Es importante resaltar que uno de los últimos descubrimientos denominados franja de skarn Hadas - Farallón, también se están ratificando que son geoquímicamente anómalos en las rocas volcánicas e intrusivas en superficie, con estos nuevos parámetros.
- Se ha realizado la revisión de información geológica previa en rocas en el Distrito Minero Raura, donde se ha seleccionado el sector de Virgen de las Nieves, de acuerdo a las interpretaciones se ratifican las anomalías geoquímicas asociadas a una mineralización polimetálica (Zn, Pb, Ag, Cu), adicionalmente se ha complementado con la revisión de los resultados del estudio realizado por BISA (2005) para la determinación de anomalías puntuales de talio y oro, la mayor distribución con buenas concentraciones de talio se evidencian en el sector Virgen de las Nieves.

CONCLUSIONES

1. Se determino mediante el método Geoquimico de exploración anomalías de As, Pb, Zn, Cu y Fe, en el proyecto Virgen de las Nieves Raura-
2. Las características geoquímicas y geológicas de las rocas del yacimiento influyeron en la determinación de anomalías de As, Pb, Zn, Cu y Fe, en el proyecto Virgen de las Nieves Raura.
3. La re-interpretcion geológica de la zona junto con el mapeo ha permitido evidenciar varios tipos de estructuras que están aflorando en la zona principalmente vetas, cuerpos irregulares, lazos cimoides y stockworks, cuya importancia se puede conocer cuando se realice una exploracion diamantina y labores mineras.

RECOMENDACIONES

- La exploración en la zona debería ser de niveles superiores a niveles inferiores esto permite controlar mejor la continuidad de la mineralización.
- Inicialmente la exploración diamantina es lo recomendable en el nivel 170 (4235 m) y en el nivel -100 (3970 m), esto nos puede dar sorpresas.

BIBLIOGRAFIA

- Cobbing, Edwin John | Quispesivana Quispe, Luis Juan | Paz Maidana, Manuel
Geología de los cuadrángulos de Ambo, Cerro de Pasco y Ondores 21-k, 22-k, 23-k
– [Boletín A 77] 1996
- Bateman, Alan (1959) “Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico”. Ed.
Omega. Madrid, España. 1203 pp.
- Bustillos, M & López J., C (1999) “Manual de Evaluación y Diseño de
Explotaciones Mineras”, Entorno Gráfico S. L. Madrid, España, 705 pp.
- Carras Pallete, C. (2002) “Geología de Minas”. Ed. Omega. Madrid, España. 984 pp.
- D’ Lessio, P. (2002) “Explotación de metales”. ETS Minas Madrid. España. 382 pp.
- Delgado Peña, R. (2006) “Los Minerales y la Economía Peruana”. Ed. Retama.
Lima, Perú. 133 pp.
- Del Río Thomas, F. (2005) “Comercialización de Minerales”. Ed. Lirio Lima, Perú.
436 pp.
- Informe Interno Unidad Minera El Porvenir 2018

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

**“MÉTODO GEOQUÍMICO DE EXPLORACIÓN CON ANOMALÍAS DE As,
Pb, Zn, Cu Y Fe, PROYECTO VIRGEN DE LAS NIEVES, RAURA**

PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLES	METODOLOGIA
¿El Método geoquímico de exploración en rocas determina anomalías de As, Pb, Zn, Cu y Fe en el Proyecto Virgen de las Nieves, Raura?	- Determinar que el Método geoquímico de exploración en rocas determina anomalías de As, Pb, Zn, Cu y Fe en el Proyecto Virgen de las Nieves, Raura.	El Método geoquímico de exploración en rocas determina anomalías de As, Pb, Zn, Cu y Fe en el Proyecto Virgen de las Nieves, Raura.	<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>El Método geoquímico de exploración en rocas</p> <p>DIMENSION</p> <p>Búsqueda de concentraciones y distribuciones anómalas de un elemento o grupo de elementos químicos</p>	<p>TIPO: INVESTIGACION APLICADA</p> <p>NIVEL: DESCRIPTIVA – DEDUCTIVA</p> <p>METODO: método geoquímico para determinar las anomalías en las rocas</p> <p>DISEÑO: El diseño de investigación es descriptivo – deductivo</p>
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS	VARIABLE DEPENDIENTE	POBLACION Y MUESTRA
1. ¿Las características geoquímicas de las rocas del yacimiento influyen en la determinación de anomalías en el proyecto Virgen de las Nieves, Raura?	Describir las características geoquímicas de las rocas del yacimiento que influyen en la determinación de anomalías en el proyecto Virgen de las Nieves, Raura.	1. Las características geoquímicas de las rocas del yacimiento influyen en la determinación de anomalías en el proyecto Virgen de las Nieves, Raura.	<p>Anomalías de As, Pb, Zn, Cu y Fe en el Proyecto Virgen de las Nieves, Raura</p> <p>DIMENSION</p> <p>Desviación con respecto a la norma.</p> <p>variación de la distribución geoquímica normal</p>	<p>POBLACION: La población está representada por los afloramientos de rocas de la Unidad minera Raura</p> <p>MUESTRA: La muestra son las rocas del proyecto Virgen de las Nieves</p>
2. ¿Las características geológicas de las rocas del yacimiento influyen en la determinación de anomalías en el proyecto	Describir las características geológicas de las rocas del yacimiento que influyen en la determinación de anomalías en	2. Las características geológicas de las rocas del yacimiento influyen en la determinación de anomalías en el proyecto Virgen de las Nieves, Raura		<p>TECNICAS E INSTRUMENTOS</p> <p>TECNICAS: cartografiado y mapeado a detalle, selección, toma de datos y muestras</p> <p>INSTRUMENTOS: cartografía geológica, planos, de puntos de muestreo, archivos de datos, Registro y</p>

Virgen de las Nieves, Raura?	el proyecto Virgen de las Nieves, Raura.			codificación de datos TECNICA DE PROCESAMIENTO DE DATOS: - Ejecución de estudios de geología, geología estructural, mineralogía, petrología. - Técnicas Analíticas e Interpretación de toda la información obtenida en las diferentes etapas de Trabajo
------------------------------	--	--	--	--

INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS:

- Planos Geológicos detallados.
- Secciones Geológicas de operación y exploración.
- Planos topográficos de la concesión.
- Métodos de muestreo geoquímico superficial en vetas y cuerpos.
- Equipo de localización topográfica (GPS, BRUJULA).
- Equipos de medición (cinta métrica, eclímetro, distanciómetro, estación total, teodlito)



FOTO 01 Virgen de las Nieves – Complejo intrusivo emplazado en calizas Jumasha y Celendín. Anomalías geoquímicas de Cu – Pb – Zn – As.
Vista hacia el NE, laguna Virgen de las Nieves (4850 msnm), zona cumbre al ONO (5250 msnm).

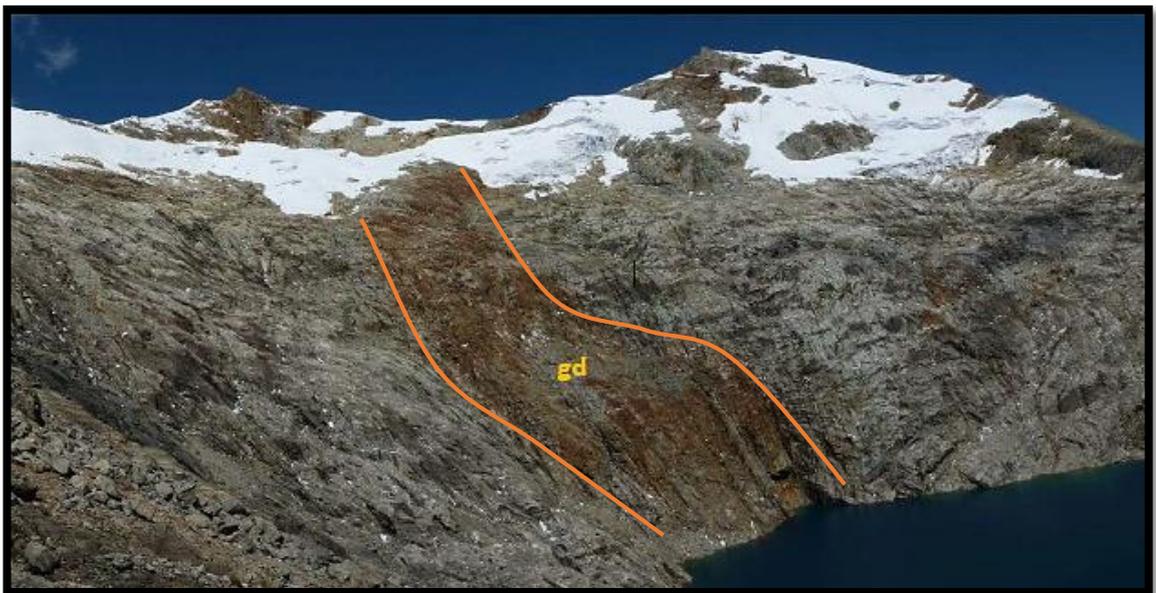


FOTO 02 Intrusivo granodiorítico emplazado en calizas celendin, vista a NO, zona DE CUMBRES

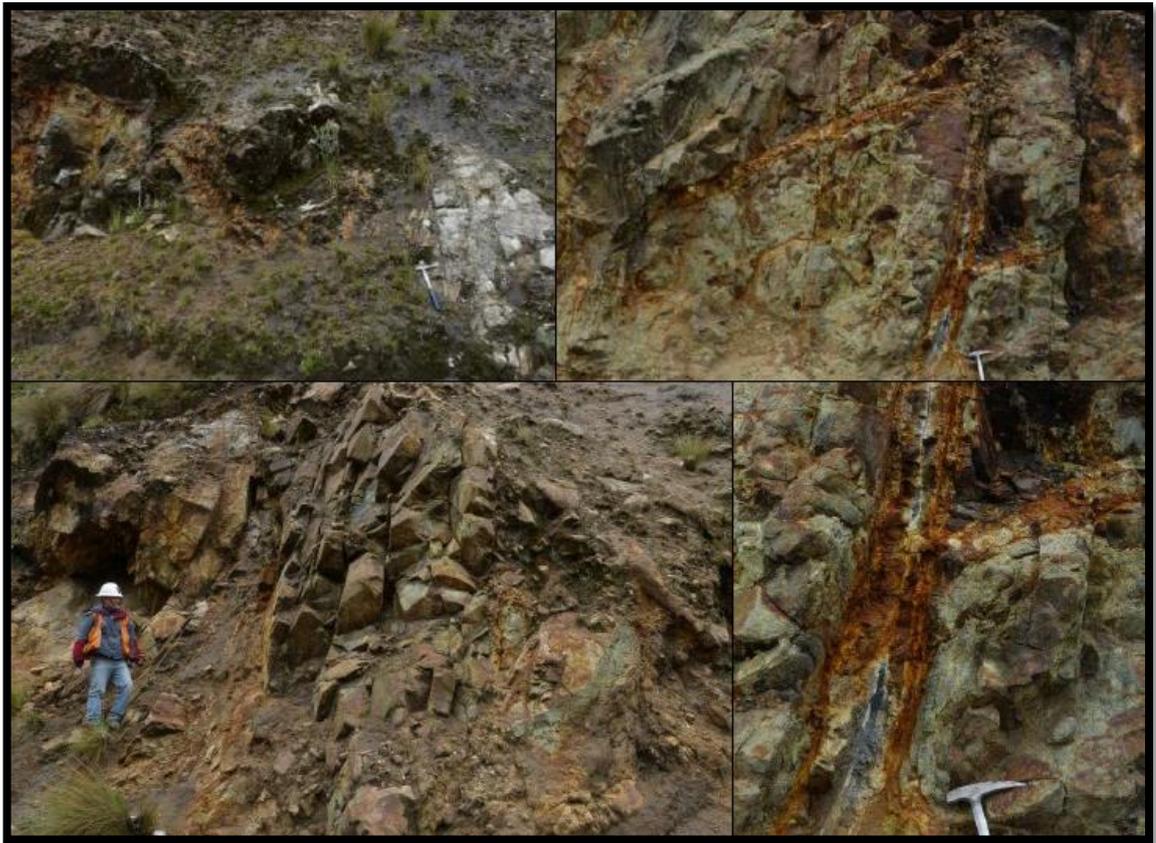


FOTO 03 muestreo geoquímico superficial realizando una malla de 100 x 100 donde se ha identificado anomalías geoquímicas de As, Pb, Zn, Cu, Fe



FOTO 04 Intrusivo Granodiorítico en calizas celendin. Vista ENE

COLUMNA ESTRATIGRAFICA – UNIDAD MINERA RAURA

