

Caracterización geoquímica de los prospectos mineros de Lagunas Huamanya y Paccha, Ancash - Perú

GEOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF LAGUNAS HUAMANYA Y PACCHA MINING PROSPECTS, ANCASH - PERÚ

Félix Cornelio O.* y Hugo Rivera M.**

RECIBIDO: 14/01/2013 – APROBADO: 20/05/2013

RESUMEN

El proyecto minero El Inca comprende los prospectos mineros de Lagunas Paccha y Huamanya, perteneciente a la Compañía Minera Ancash Perú S.A. El Prospecto minero de Laguna Paccha puede definirse como un pórfido de molibdeno-cobre hospedado en un hipabisal de dacita porfirítica que corta unidades sedimentarias, la alteración es del tipo potásico (biotita + ortosa + cuarzo) con una mineralización generada por un fuerte a moderado de vetillas milimétricas a centimétricas de cuarzo que contienen sulfuros agregados finos, en la periferia al sistema porfirítico se tiene la presencia de vetas mesotermales de cuarzo + sulfuros + oro. La distribución geoquímica presenta un núcleo con la asociación W-Mo-Re, rodeada por la asociación Cu-Mo-Re, esta última presenta en su periferia un halo con los elementos Pb-Zn, esta zonación de elementos puede estar generada por una diferenciación térmica en el pórfido. El prospecto minero de Laguna Huamanya consiste en un sistema de vetas de cuarzo + sulfuros + oro del tipo mesotermal. La roca caja corresponde a un intrusivo tonalítico, el cual presenta una alteración hidrotermal del tipo filítico con una sobreimposición argílica. La mineralización tiene como mineral económico al oro el cual se encuentra asociado principalmente a la arsenopirita. La distribución geoquímica de los elementos en el intrusivo de las vetas mesotermales presenta una zonificación con un núcleo interno con la asociación W-Cu y un núcleo externo con Cu-Mo-Re. La asociación Au-Ag-Bi-Sb-As presenta sus mayores valores en los alrededores de los afloramientos.

Palabras clave: pórfido, vetas, alteración, mineralización, geoquímica, ACP

ABSTRACT

The Inca Mining project owned by Compañía Minera Ancash Peru S.A. includes the Laguna Paccha and Huamanya mining prospects. The Laguna Paccha Prospect can be defined as a molybdenum copper porphyry lodged in a dacite porphyry hypabyssal stock. This stock consists of a potassic, biotite, dacite and quartz alteration and runs across sedimentary units. Minerals were generated by a strong to moderate stockwork of thin quartz veins containing fine sulphide aggregates. On the porphyritic system boundary we find quartz + sulphide + gold mesothermal veins. The geochemical arrangement consists of a nucleus containing the W + Mo + Re association surrounded by a Cu + Mo + Re system. The latter association is at the same time surrounded by an halo of Pb + Zn. This zonal pattern may have been generated by a thermal gradient in the porphyry. The Laguna Huamanya mining prospect consists of mesothermal quartz + sulphur + gold vein systems. Both hanging and footwall rocks consist of a tonalite intrusive hydrothermally altered of phylite + argelite type. Commercial ore mainly consists of gold predominantly associated to arsenopyrite. The geochemical arrangement of elements in the intrusive stock of the mesothermal veins displays a zonal pattern containing an association of W + Cu in its internal nucleus and Cu + Mo + Re on the external side. Around vein outcrop the association Au + Ag + Bi + As displays its highest values.

Keywords: porphyry, vein, alteration, mineralization, geochemistry, PCA

* Egresado Tesista EAPIG-UNMSM. E-mail: felixelg2001@hotmail.com

** Docente EAPIG UNMSM. E-mail: hriverram@unmsm.edu.pe

I. GENERALIDADES

Estos prospectos pertenecen a la Compañía Minera Ancash Perú S.A. y en los primeros años se realizaron una serie de trabajos de prospección y exploración en los alrededores de los poblados de Huandoval y Lacabamba, el objetivo de estos primeros trabajos fue ubicar depósitos minerales del tipo filoniano con altos contenidos de Au. El objetivo principal del presente trabajo es realizar un estudio geoquímico basado en el muestreo sistemático por grillas, el cual pretende determinar un modelo del comportamiento de los elementos metálicos de interés económico en las áreas prospectadas.

I.1. Ubicación y accesibilidad

Los prospectos Paccha y Huamanya, y en general las propiedades del “Proyecto El Inca” de la “Compañía Minera Ancash Perú S.A.”, se ubican en el Paraje de las Lagunas Paccha y Huamanya, en el distrito de Lacabamba, provincia de Pallasca del departamento de Ancash. Los terrenos superficiales se encuentran dentro de la Comunidad Campesina de Lacabamba (Figura N.º 1).



Figura N.º 1. Mapa de acceso al Proyecto Minero El Inca y los principales centros poblados del área de estudio.

I.2. Estratigrafía de los prospectos mineros de Laguna Huamanya y Paccha

Las sedimentitas del área en su mayor parte pertenecen al relleno Mesozoico de la cuenca occidental peruana (y en particular a la Cuenca Santa) (Wilson *et al.*, 1995; INGEMMET, 1995; Cobbing *et al.*, 1985 y Palacios *et al.*, 1995).

Formación Chicama: La Fm. Chicama consiste en grosores considerables de lutitas y areniscas finas. Infrayace en discordancia paralela a la Fm. Oyón de edad Titoniana.

Formación Chimú: Los bancos morfológicamente competentes de ortocuarcita, mayormente blancas, con algunas intercalaciones de areniscas grises, muy finas, y lutitas muy subordinadas que afloran en el sector de las Lagunas

Paccha y Huamanya pertenecen sin duda a la Formación Chimú (Grupo Goyllarizquisga).

Formación Santa: Conformada de calizas, se encuentra presente cerca del poblado de Lacabamba, tiene una potencia estimada a una centena de metros, y estratigráficamente se superponen a la cuarcitas Chimú.

I.3. Geología estructural

El proyecto minero El Inca tiene dos sistemas de lineamientos estructurales principales, que son concordantes con los lineamientos a nivel regional del Cuadrángulo de Pallasca (Wilson *et al.*, 1995).

El lineamiento principal presenta un rumbo NO-SE, conformado por ejes de pliegues, sobreescurrecimientos y fallas normales. En el distrito de Lacabamba solo se nota el monoclinal de Lacabamba, donde las capas de sedimentos buzanan entre 20° y 35° al Este y NE; en este monoclinal se pueden ver un par de sobreescurrecimientos, que en algunos casos producen sobreimposición de capas más antiguas sobre capas más jóvenes.

El segundo lineamiento presenta un rumbo E-O con tendencia a ser fallas de rumbo principalmente. Cabe destacar, como observación, que el prospecto de Laguna Huamanya y el de Laguna Paccha se encuentran en la intersección de estos dos lineamientos, lo cual es una guía para la prospección de futuras áreas de interés para la compañía (Cornelio, 2012).

I.3.1. Control estructural en el prospecto minero Laguna Paccha

En el prospecto minero de Paccha ubicado al sur de Lacabamba encontramos los siguientes controles estructurales:

- i. Lineamiento estructural Paccha - Lacabamba.
- ii. Sistemas de diaclasas.
- iii. *Stockwork* de venillas de cuarzo + molibdenita + calcopirita (tz).
- iv. Vetillas de cuarzo lechoso.
- v. Vetas periféricas de cuarzo + pirita + arsenopirita.

I.3.2. Control estructural en el prospecto minero Laguna Huamanya

En este prospecto minero Huamanya ubicado al SO de Lacabamba, se encuentra los siguientes controles estructurales:

- i. Lineamiento Huamanya.
- ii. Lineamiento Chonta.
- iii. Fallas normales.
- iv. Sistema de diaclasas.
- v. Venillas con mineralización de Au y arsénico.

I.4. Rocas intrusivas

Las rocas intrusivas que afloran corresponden al batolito de la Cordillera Blanca, con una edad aproximadamente de 12 MA (Cobbing, *et al.*, 1981).

El *stock* intrusivo de dacita en Laguna Paccha y la tonalita de Laguna Huamanya también son unos de los principales rasgos estructurales en el proyecto minero El Inca, ellos son los receptores de la mineralización, estos *stocks* constituyen los conductos de conexión con una probable fuente profunda. En ambos prospectos, los *stocks* intrusivos son los que determinarán la geometría de las ocurrencias minerales, tanto en el pórfido como en las vetas de cuarzo con oro.

En el prospecto de Laguna Huamanya, las características del cuerpo intrusivo presente son de composición tonalítico (Figura N.º 2), de textura equigranular cuyos minerales esenciales son plagioclasas, cuarzo primario. La matriz de este cuerpo porfírico está compuesta esencialmente por plagioclasas de 8 micras. También hay cuerpos intrusivos del tipo dique de composición andesítica de textura porfírica (Cornelio, 2012).

En el prospecto de Laguna Paccha el cuerpo intrusivo aflorante es de composición dacítica (Figura N.º 3), cuya textura primaria es porfírica, los minerales esenciales son plagioclasas, cuarzo primario, biotita primaria. La matriz del pórfido dacítico está compuesta por plagioclasas de tamaño promedio de 22 micras y cuarzo probablemente parte del ensamble de la alteración potásica presente en esta parte del área de estudio.

1.4.1. Alteración y mineralización en el prospecto de Laguna Paccha

La alteración en los alrededores de Laguna Paccha fue generada por un fluido del tipo hidrotermal, en donde los mecanismos para el proceso de alteración y mineralización aprovecharon tanto el sistema de venillas tipo *stockwork* y a las microvenillas en la matriz del pórfido dacítico. El ensamble de alteración viene dado por biotita secundaria, ortosa secundaria, cuarzo y epidota, este ensamble es típico de una alteración potásica (Figura N.º 4).

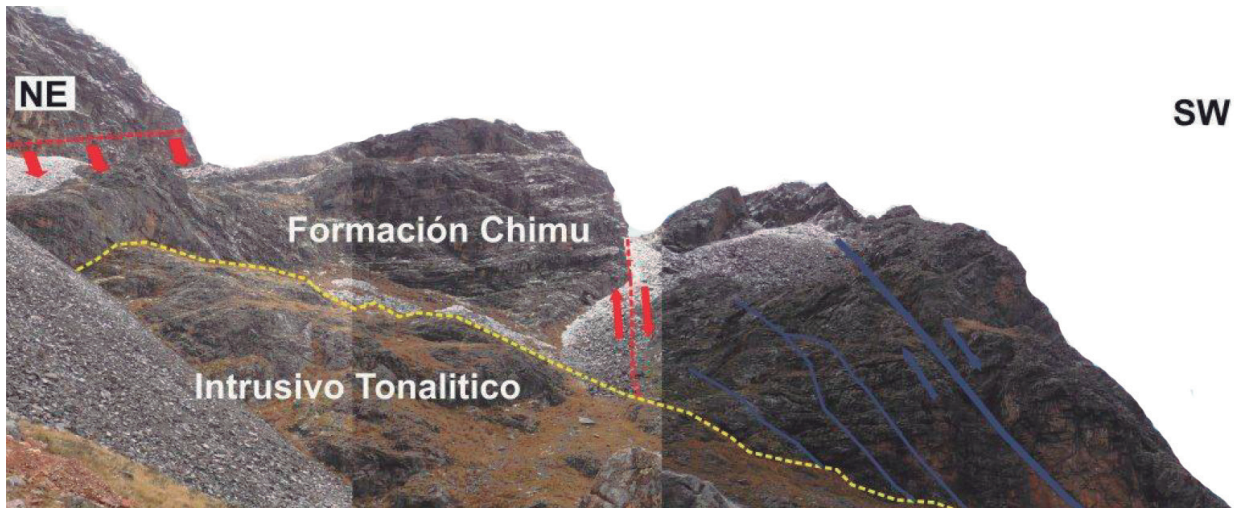


Figura N.º 2. Vista del sector sur del prospecto de Laguna Huamanya, observándose el contacto entre la formación Chimú y el intrusivo tonalítico del batolito de la Cordillera Blanca; además se puede apreciar el sistema de fallas normales que afecta al cuerpo sedimentario.



Figura N.º 3. Foto mirando al sur del Prospecto Paccha, se observa el pórfido dacítico en el centro con fuerte diaclasamiento.

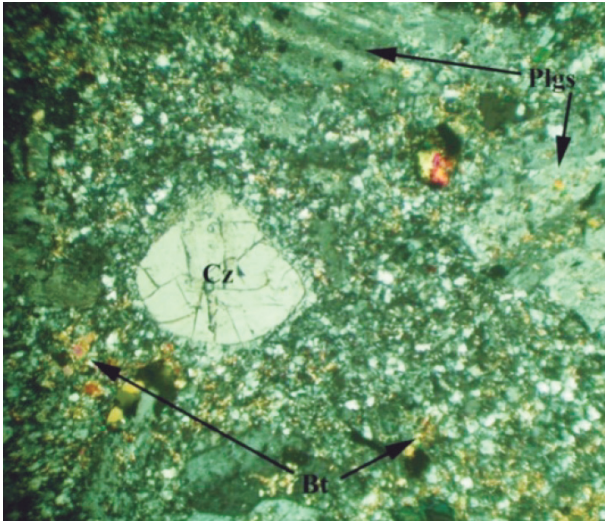


Figura N.º 4. Pórfido dacítico de matriz fanerítica, en la parte superior plagioclasas y al centro cuarzo primario.

La mineralización en el prospecto de Laguna Paccha es principalmente de molibdeno y cobre, que es generada por una serie de venillas y microvenillas que mineralizan al Pórfido dacítico. En las microvenillas se determinó la presencia de sulfuros como molibdenita y calcopirita diseminada, estos sulfuros “diseminados” resultaron estar relacionados a microvenillas de biotita, cuarzo y sulfuros; estos micro conductos permitieron la movilización de los fluidos hidrotermales.

Según los estudios petromineralógicos en el prospecto de Laguna Paccha, la mineralización es en general por reemplazamiento de los sulfuros a los minerales máficos (biotita secundaria) (Figura N.º 5).

Este estudio fue realizado en tres muestras representativas del prospecto, donde se pudo determinar las siguientes asociaciones con sus respectivos eventos de formación:

Asociación Pirrotita-Calcopirita-Marcasita

Asociación Pirita-Rutilo- Goethita.

Asociación Pirita-Calcopirita-Molibdenita.

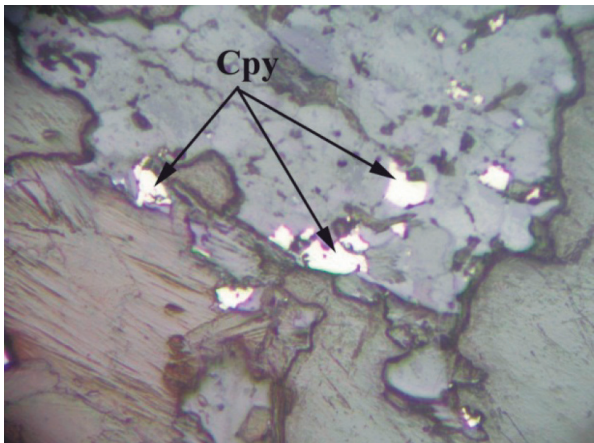


Figura N.º 5. Calcopirita circundando a mineral de alteración. Luz reflejada PP, 100 X.

1.4.2. Alteración y Mineralización en el Prospecto de Laguna Huamanya

La alteración de la roca caja en el sistema mineralizado del prospecto de Laguna Huamanya es limitada a 1 o 2 metros de las estructuras mineralizadas (Vetas) donde el ensamble de alteración es cuarzo, pirita, sericita y moscovita; este ensamble es típico de una alteración fílica (Figura N.º 6). Tanto el cuarzo y la sericita se encuentran reemplazando a los feldespatos de la roca caja. La presencia de minerales de arcillas que se encuentran reemplazando a las sericitas apoya la teoría de que existen dos pulsos de fluidos hidrotermales que aprovecharon la zona de falla para emplazarse.

La ocurrencia de la mineralización en el prospecto de Laguna Huamanya se da en un sistema de vetas del tipo sigmoideo, cuyas potencias observables no superan el metro de ancho. Presente: Pirita, Arsenopirita, Calcopirita, Covelita, Rutilo y gangas (Figura N.º7).

La secuencia de eventos mineralizadores de forma generalizada en el prospecto minero de Laguna Huamanya es:

- Evento 1: Formación de la Pirita I.
- Evento 2: Formación de la Arsenopirita rellenando microfracturas de Pirita I y en los espacios vacíos.
- Evento 3: Formación de Pirita II rellenando espacios vacíos en Pirita I.
- Evento 4: Formación de Calcopirita, rellenando Cuarzo I en todos los espacios vacíos.
- Evento 5: Formación de Cuarzo II, el cual rellena microfracturas de Cuarzo I.
- Evento 6: Precipitación del Oro, en microvenillas que cortan tanto a la arsenopirita I y II

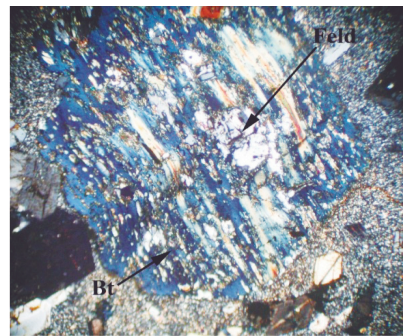


Figura N.º 6. Relictos de feldespatos reemplazados por biotita secundaria. Luz XP, 40X.

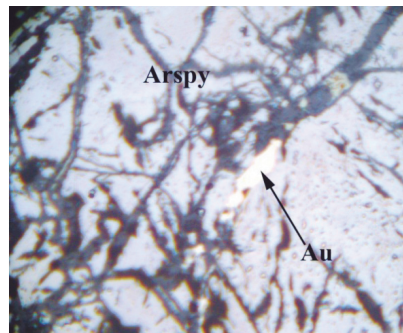


Figura N.º 7. Oro como relleno de microfracturas en arsenopirita. Este tipo de oro para su tratamiento metalúrgico es considerado como dócil, de una fácil liberación en la molienda. Luz reflejada 200 X.

II. ANÁLISIS ESTADÍSTICO - GEOQUÍMICO

2.1. Muestreo geoquímico

La prospección geoquímica es, en la actualidad, un método de trabajo imprescindible en cualquier programa destinado a la búsqueda de depósitos minerales. Para el estudio geoquímico en los prospectos mineros de Laguna Paccha y Huamanya se han recolectado 174 muestras en total.

De las cuales para el prospecto de Laguna Huamanya fueron tomadas 110 muestras por el método de rock chip, 11 muestras de una trinchera y 6 muestras tomadas por el método de Canal en estructuras mineralizadas (Figura N.º 8).

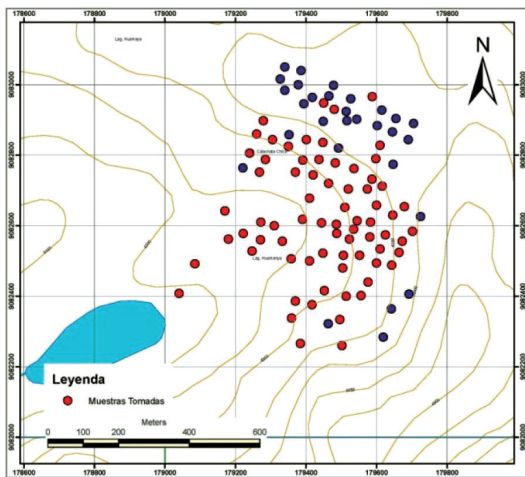


Figura N.º 8: Distribución espacial de las muestras tomadas en el Prospecto Minero de Laguna Huamanya.

En el caso del prospecto de Laguna Paccha 43 muestras fueron tomadas por el método de rock chip y 4 muestras por el método de canal en estructuras mineralizadas.

La distribución espacial de las muestras fue cubriendo el área de Laguna Paccha y Huamanya en una grilla de muestreo de 50 x 50 metros, donde la muestra se tomaba en la intersección de las rectas imaginarias de la grilla cuya orientación fue N-S / E-W. (Figura N.º 9).

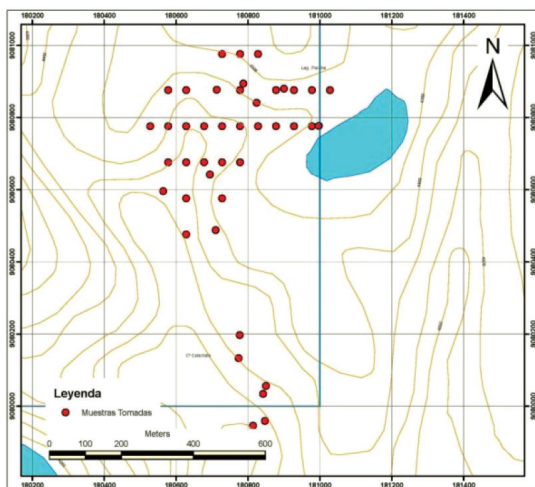


Figura N.º 9: Distribución espacial de las muestras tomadas en el Prospecto Minero de Laguna Paccha.

2.2. Procesamiento Estadístico

Para desarrollar el procesamiento estadístico de manera adecuada se utiliza solo las muestras tomadas por el método de rock chip y considerando criterios litológicos se agrupan las muestras en dos poblaciones. (Tablas N.º 1 y N.º 2).

Tabla N.º 1: Analizadas del Prospecto Laguna Paccha

Litología	Análisis Realizados	N.º
Intrusivo	Au AA23 , ME MS41	42
Areniscas	Au AA23 , ME MS41	2

Tabla N.º 2: Análisis del Prospecto Laguna Huamanya

Litología	Análisis Realizados	N.º
Intrusivo	Au AA23, Au GRA21, ME MS41	73
Areniscas y Cuarzitas	Au AA23, Au GRA21, ME MS41	29
Vetas	Au AA23, Au GRA21, AsAA46, MEICP41	6

2.3. Análisis de Componentes Principales (ACP)

El análisis de componentes principales (ACP) es una técnica estadística de síntesis de la información, o reducción de la dimensión (número de variables). Es decir, ante un banco de datos con muchas variables, el objetivo será reducirlas a un menor número perdiendo la menor cantidad de información posible. Los nuevos componentes principales o factores será una combinación lineal de las variables originales, y además serán independientes entre sí.

Para el análisis de componentes principales hay que tener ciertos cuidados antes de iniciar con los cálculos de los componentes, conviene asegurarse de que no existen datos atípicos (Outliers), ya que, estos valores pueden distorsionar totalmente la matriz de covarianzas.

En el Análisis de Componentes Principales del Prospecto Laguna Paccha, para todas las variables se seleccionaron los 7 primeros componentes, con lo cual se explica hasta el 74.13% de la varianza total. Tanto el gráfico de sedimentos como los autovalores iniciales mayores que uno (1) sustentan la elección de los componentes seleccionados.

El análisis de la matriz de componentes rotados da las siguientes asociaciones de elementos:

Asociación de elementos en la matriz de componentes rotados del total de variables (Tabla N.º 3)

Componente 1: LnBa-LnZn-LnMn

Componente 2: LnCo -LnCu

Componente 3: LnRe-LnMo

Componente 4: LnAs-LnSb-LnBi

Componente 5: No hay asociación de variables significativas

Componente 6: LnCr-LnNi

Componente 7: No hay asociación de variables significativas

Tabla N.º 3. Matriz de componentes rotados por el método Varimax del total de variables del prospecto de Laguna Paccha litología Intrusivo

Matriz de componentes rotados							
ppm	Componente						
	1	2	3	4	5	6	7
LnBa	0.868						
LnZn	0.698		-0.443	-0.281	-0.105	0.131	
LnMn	0.648		-0.164	-0.203	0.458		-0.148
LnCo		0.794	-0.245			0.112	-0.217
LnCu	-0.334	0.662	-0.146	-0.266	-0.306		-0.140
LnPb	-0.205	-0.646	0.119			-0.190	
LnSn	0.242	0.552	0.103		0.438	-0.147	0.283
LnRe	-0.132		0.906				
LnMo	-0.127	-0.254	0.882				
LnAs	-0.125			0.887	-0.150		0.176
LnSb	-0.129		0.162	0.763	-0.125		-0.198
LnBi		-0.444	-0.156	0.581	0.211	0.112	
LnW	0.133				0.845	-0.154	
LnCr					-0.253	0.711	
LnAg	0.195		0.234	0.287	-0.515	-0.597	
LnNi	0.442	0.258		0.187		0.594	
LnU		-0.160					0.926

Tabla N.º 4: Matriz de Componentes Rotados por el método Varimax del prospecto de Laguna Paccha litología Intrusivo

Matriz de componentes rotados				
ppm	Componente			
	1	2	3	4
LnRe	0.919			
LnMo	0.905	-0.260	-0.116	
LnCu		0.901		-0.209
LnCo	-0.243	0.771		0.337
LnPb	0.146	-0.562		-0.431
LnAs		-0.157	-0.891	0.224
LnMn	-0.273	-0.123	0.644	0.299
LnZn	-0.474		0.605	0.389
LnNi				0.885

Asociación de elementos en la matriz de componentes rotados para los elementos que tuvieron correlación significativa del coeficiente de correlación de Pearson (Tabla N.º 4)

Componente 1: LnRe – LnMo

Componente 2: LnCu – LnCo

Componente 3: LnMn – LnZn

Componente 4: No hay asociación de variables significativas.

En el Análisis de Componentes Principales del Prospecto Laguna Huamanya, la litología intrusiva al procesar todas las variables por Análisis de Componentes Principales, la prueba KMO y de Bartlett dieron como resultado 0,592 y sig 0,000, respectivamente, con lo cual los datos se adecuaban a un modelo de análisis de factores ($0,592 > 0,5$). En este caso solo analizaremos el ACP para el total de variables.

El análisis de la matriz de componentes rotados da las siguientes asociaciones de elementos:

Asociación de elementos en la matriz de componentes rotados del total de variables (Tabla N.º 5).

Componente 1: LnSb – LnAs

Componente 2: LnZn – LnNi - LnMn

Componente 3: LnW – LnCu

Componente 4: LnAg – LnCr

Componente 5: No hay asociación de variables significativas

Componente 6: No hay asociación de variables significativas

Componente 7: No hay asociación de variables significativas

Tabla N.º 5. Matriz de componentes rotados por el método Varimax el total de variables del prospecto de Laguna Huamanya litología intrusivo.

Matriz de componentes rotados							
ppm	Componente						
	1	2	3	4	5	6	7
LnSb	0.87				0.10		
LnAs	0.80			0.32		0.16	
LnSn	-0.66	-0.22	0.20	0.12	0.42		-0.23
LnBa	-0.51	0.17	0.51			0.31	
LnZn	-0.15	0.82					-0.17
LnNi		0.73	-0.14	0.20	0.17	-0.29	
LnMn	0.14	0.53		-0.29	0.17	0.24	0.46
LnCo	-0.19	0.49	0.11	-0.26	0.37	-0.39	
LnCu		-0.11	0.70		0.14		
LnPb			-0.68	0.33	-0.11	0.23	
LnW	0.22		0.54	0.18	-0.27		-0.33
LnCd	0.17		-0.51	-0.19	0.35	-0.17	-0.28
LnBi		-0.15		0.81			
LnAg	0.20	0.21	-0.18	0.72	-0.18	0.14	0.10
LnCr		0.20			0.84		
LnU						0.86	
LnMo		-0.13				-0.13	0.85

Tabla N.º 6. Matriz de componentes rotados por el método Varimax del prospecto de Laguna Huamanya litología Areniscas & Cuarцитas.

Matriz de componentes rotados					
ppm	Componente				
	1	2	3	4	5
LnMn	0.931				-0.143
LnZn	0.930	-0.183			
LnCo	0.874	0.322		-0.164	0.156
LnNi	0.843			-0.200	0.142
LnBi	-0.717	0.203	-0.165	-0.176	-0.161
LnCr	0.600		-0.599		-0.139
LnCu	0.303	0.789			
LnAg	-0.365	0.786			0.119
LnAs	-0.247	0.782	0.237	0.227	0.108
LnBa		0.508	0.340	0.153	
LnPb		0.164	0.851	-0.159	
LnU	0.136	0.140	0.839	0.329	
LnW		0.104		0.889	
LnMo	-0.251	0.382	0.309	0.669	
LnCd	0.219		-0.145		0.896
LnSb	-0.216	0.130	0.455	-0.438	0.598

El análisis de la matriz de componentes rotados arroja las siguientes asociaciones de elementos:

Asociación de elementos en la matriz de componentes rotados del total de variables (Tabla N.º 6).

Componente 1: LnMn-LnZn - LnCo - LnNi

Componente 2: LnCu-LnAg-LnAs-LnBa

Componente 3: LnPb-LnU

Componente 4: LnW-LnMo

Componente 5: LnCd-LnSb

Tabla N.º 7. Matriz de componentes rotados por el método Varimax del prospecto de Laguna Huamanya litología Areniscas & Cuarцитas.

Matriz de componentes rotados				
pp	Componente			
	1	2	3	4
LnMn	0.932			
LnZn	0.930			
LnCo	0.858		0.347	-0.168
LnNi	0.838		0.106	-0.226
LnBi	-0.740		0.286	-0.192
LnPb		0.884	0.128	-0.151
LnU	0.138	0.856		0.337
LnCr	0.603	-0.609		
LnAg	-0.380	0.139	0.808	0.159
LnCu	0.291		0.806	
LnW				0.914
LnMo	-0.247	0.366	0.351	0.693

Asociación de elementos en la matriz de componentes rotados para los elementos que tuvieron correlación significativa del coeficiente de correlación de Pearson (Tabla N.º 7).

Componente 1: LnMn-LnZn-LnCo-LnNi

Componente 2: LnPb-LnU

Componente 3: LnAg-LnCu

Componente 4: LnW - LnMo

2.4. Interpretación geoquímica

La geoquímica de exploración no localiza directamente a los yacimientos, pero es suficiente para indicar la presencia de anomalías. Los métodos litogeoquímicos son los que mejor caracterizan las aureolas de dispersión primaria, con lo cual este método se adecua para el estudio geoquímico de los prospectos mineros de Laguna Paccha y Huamanya que fue realizado por el método de "Rock Chip" en una red regular que cubre toda el área de interés prospectivo. Cabe destacar que la presencia de suelos en las áreas de estudios es completamente escasa.

El objetivo del presente estudio litogeoquímico en ambos prospectos es determinar indicadores para delimitar las aureolas de dispersión primarias que nos acercarán al cuerpo mineralizado y nos ayudarán también a definir un modelo de la distribución de los elementos en ambos depósitos.

Debido a los objetivos presentados se realizó un análisis estadístico minucioso con el propósito de determinar la ley promedio de los depósitos, la correlación dos a dos entre los elementos (coeficiente bivariado de Pearson), el análisis de las asociaciones de los elementos químicos (análisis de componentes principales) y la distribución espacial de los metales de interés económico en las áreas estudiadas.

Las asociaciones geoquímicas encontradas mediante el análisis de componentes principales en los prospectos de Laguna Paccha y Huamanya presentan algunos pares o grupos de elementos que muestran una estrecha correlación entre los elementos asociados, por tanto las asociaciones de elementos químicos que presenten un elemento de valor económico o prospectivo pueden servirnos como guía de exploración. Las asociaciones geoquímicas en los prospectos mineros de Laguna Paccha y Huamanya son recomendable explicarlas usando también la información otorgada por los planos de isovalores.

La distribución geoquímica de los elementos en estudio se analizó mediante la elaboración de mapas isovalóricos, mediante el método de interpolación espacial denominado de mínima curvatura.

El método de la mínima curvatura es de algún modo un método híbrido puesto que realiza primero una interpolación global, pero a continuación acerca las estimaciones a través de un proceso iterativo que toma en cuenta los residuos locales. De esta forma se puede analizar la distribución geoquímica, realizando mapas isovalóricos de los diferentes elementos en estudio y de aquellos que de acuerdo a la estadística bivariada y multivariada presentan tendencias similares en cuanto a su distribución geoquímica.

Los coeficientes de correlación de Pearson fueron calculados para hallar asociaciones entre los elementos analizados, estas asociaciones no son causadas por el azar, sino por procesos

naturales que pueden estar vinculados a la formación de la roca o por procesos de la actividad hidrotermal en el área.

2.5. Prospecto Laguna Paccha

Al analizar los planos de isovalores en el prospecto minero de Laguna Paccha litología intrusiva se observa (Figuras N.º 10 y N.º 11) lo siguiente:

Au-Ag-As-Bi: Presentan una correlación positiva, los altos valores de los análisis químicos de cada elemento se encuentran relacionados de forma directa.

Cu-Ni: Los altos valores en Ni se encuentran alrededor de la alta anomalía en Cu.

Mo-Re: Presenta una correlación positiva espacialmente lo cual confirma que el renio está presente dentro de la molibdenita.

W-Mo-Cu: Presenta una zonación de elementos donde se puede observar que el **W** se encuentra en el centro continuando por **Mo** y en la periferia encontramos al **Cu**, esto podría indicarnos una variación de elementos químicos según la temperatura, se sabe que la temperatura de formación del W es mayor, el Mo es el primer mineral de sulfuro en formarse y por consiguiente el Cu que en el prospecto se encuentra presente por la calcopirita se formó al final, luego de que todo el molibdeno se convirtiera en molibdenita.

Pb-Zn: Se encuentra en las periferias de la anomalía de Cu.

Lo cual determina que es una distribución típica de sistemas porfiríticos.

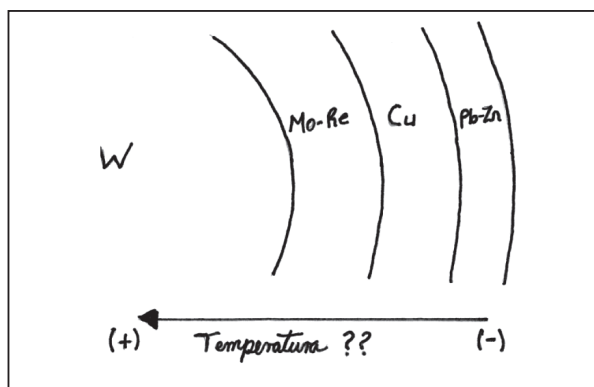


Figura N.º 10. Distribución esquemática de los elementos químicos en el prospecto de Laguna Paccha.

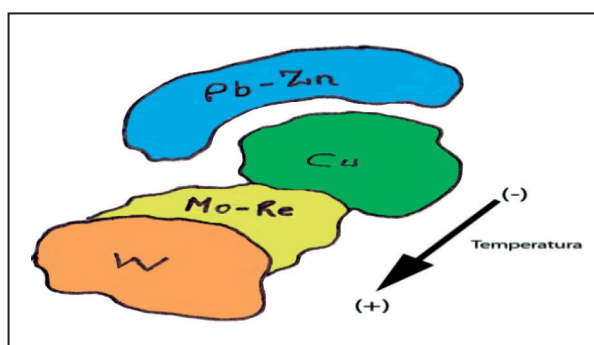


Figura N.º 11. Distribución esquemática idealizada de los elementos químicos en el prospecto de Laguna Paccha.

2.6. Prospecto Laguna Huamanya

En el análisis de los planos de isovalores en el prospecto de Laguna Huamanya en las litologías intrusivo y areniscas-cuarcitas (Figura N.º 12) se observa que:

Au-Ag-As-Bi: Presenta una relación positiva dentro de las areniscas y cuarcitas que están alrededor del intrusivo aflorante en el prospecto de Laguna Huamanya.

W-Cu: Relacionados de manera directa dentro del cuerpo intrusivo, estos altos valores concéntricos podrían indicarnos un centro de calor en el área.

Mo-Ni: Presentes en la periferia de la anomalía de W-Cu, aunque estos elementos no se encuentran relacionados entre sí, ambos presentan un gran halo de anomalía en las areniscas y cuarcitas aflorantes en el prospecto.

Re-Mo: Algo peculiar la distribución no normal entre estos elementos, ya que se conoce la afinidad del Re por el Mo, pero en este prospecto el Mo se encuentra anómalo en los sedimentarios que se encuentran alrededor del intrusivo; en cambio el Re se encuentra en la misma zona anómala que el W-Cu.

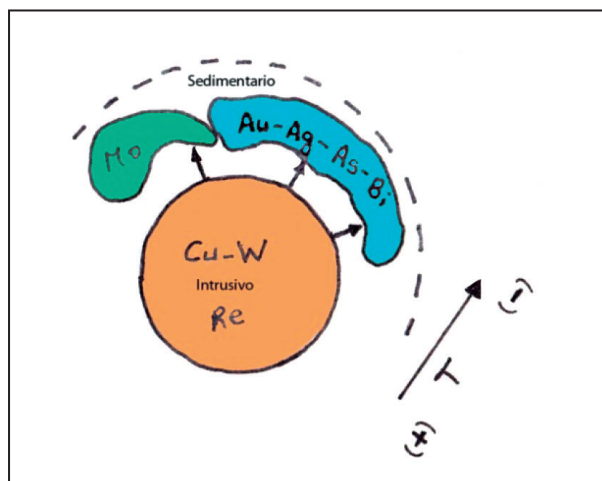


Figura N.º 12. Distribución esquemática de los elementos químicos en el prospecto Laguna Huamanya.

Como se observa en la interpretación geoquímica de ambos prospectos, las asociaciones geoquímicas de los elementos analizados por ACP han presentado una cierta correspondencia con lo observado en los planos de isovalores, que han permitido complementar el análisis estadístico de los prospectos. Además estos planos isovalóricos permitieron generar un pequeño esquema sobre la distribución de los elementos químicos en las presentes áreas de estudios, lo cual puede servirnos como guía para las áreas aledañas al proyecto minero El Inca.

III. CONCLUSIONES

3.1. El prospecto de Laguna Paccha

Según las características geológicas y geoquímicas del área, el prospecto de Laguna Paccha puede definirse como un pórfido de Molibdeno-Cobre con unas dimensiones de 600 por 600 metros.

La roca hospedante es un *stock* hipabisal de dacita porfírica con fenocristales de cuarzo, plagioclasas y biotita.

El ensamble de alteración viene dado por biotita secundaria + ortosa secundaria + cuarzo + epidota, el cual es un ensamble típico de una alteración potásica (biotita + ortosa + cuarzo).

La mineralización en el prospecto es generada por un fuerte a moderado *stockwork* de vetillas milimétricas a centimétricas de cuarzo que contienen sulfuros en agregados finos hasta milimétricos, este *stockwork* es más intenso hacia el Norte y se va debilitando al Sur.

3.2. El prospecto de Laguna Huamanya

De acuerdo a las características geológicas y geoquímicas el Prospecto de Laguna Huamanya consiste en un sistemas de vetas de cuarzo + sulfuros + oro con características típicas de vetas mesotermales.

La roca caja corresponde principalmente a un cuerpo intrusivo equigranular de composición tonalítica aunque parte de las vetas cortan secuencias sedimentarias de la Formación Chimú. Esta secuencia sedimentaria tanto en el contacto con las vetas, así como con el cuerpo intrusivo, se presenta silicificada.

La alteración hidrotermal de la roca caja es restringida a 1 o 2 metros de las estructuras mineralizadas (vetas), es del tipo fílica con una superposición de una alteración argílica.

El ensamble de la alteración fílica es cuarzo + pirita + sericita/muscovita, en donde los feldespatos de la roca caja son reemplazados por sericita y cuarzo, la pirita se encuentra en forma diseminada. Las arcillas se encuentran reemplazando a la sericita, es así que se determina la superposición de la alteración de un segundo fluido hidrotermal, lo cual es típico en sistemas vetiformes del tipo "relleno de espacios abiertos". La mineralización se da en un sistema de vetas, en donde el mineral de rendimiento económico es el oro, se encuentra asociado a otros sulfuros como pirita, arsenopirita, calcopirita y covelita.

IV. AGRADECIMIENTOS

A las autoridades del Instituto de Investigación de la FIGMMG de la UNMSM por la publicación de este artículo así como a los funcionarios de la Cía. Minera Ancash Perú S.A.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Cornelio, Félix (2012). Caracterización Geológica y Geoquímica de los Prospectos Mineros de Lagunas Paccha y Huamanya. Ancash-Perú. Tesis de Ingeniero Geólogo. EAP Ingeniería Geológica, UNMSM.
2. Cobbing, J. Pitcher, W. *et al.* (1981). Estudio Geológico de la Cordillera Occidental del Perú. *INGEMMET*, Boletín N.º 10, Serie D, Estudios Especiales.
3. *INGEMMET* (1995). Geología del Perú. Boletín N.º 55, Serie A, Carta Geológica Nacional.
4. Palacios, O., Sánchez, A. *et al.* (1995). Geología del Perú. *INGEMMET*. Boletín N.º 55, Serie A, Carta Geológica Nacional.
5. Wilson, J., Reyes, L., *et al.* (1995). Geología de los Cuadrángulos de Pallasca, Tayabamba, Corongo, Pomabamba, Carhuaz y Huari. *INGEMMET*. Boletín N.º 60, Serie A, Carta Geológica Nacional, Actualizado a 1995.