



SGP
FUNDADA 1924

XVIII Congreso Peruano de Geología

USO DE LA GEOQUIMICA DE DISPERSIÓN PRIMARIA PARA UBICAR CUERPOS MINERALIZADOS “CIEGOS” – CRD. MINA POZO RICO, PASCO-PERÚ.

Héctor Barrionuevo (hector.barrionuevo@buenaventura.pe) Cía. de minas Buenaventura SAA.

RESUMEN

La mina Pozo Rico, se ubica a 7 km en línea recta de la gran mina subterránea Uchucchacua, primera productora de plata en Latinoamérica, produce 13 millones de Onzas de Plata anuales. Pozo Rico, es un yacimiento de cuerpos brecha-pipe “ciegos” argentíferos en ganga de carbonatos y silicatos de Mn con escaso Pb-Zn. Se le considera un típico CRD al igual que Uchucchacua. La roca huésped son calizas pertenecientes a la formación Jumasha del Cretáceo superior. Se presentan pequeños diques dacíticos en la mina. Estimamos que la formación de los cuerpos brecha-pipes, se debieron al ascenso de intrusivos menores calientes siguiendo la debilidad estructural, al digerir las calizas han generado gases CO₂ y otros. Dicha alta energía produjo en su ascenso cuerpos de brecha-pipe compuestos de fragmentos de calizas con intrusivos en matriz polvo de roca. Algunos de ellos han sido conductos para el emplazamiento posterior de fluidos hidrotermales.

Como rocas efusivas cercanas, se encuentra discordante sobre la secuencia sedimentaria carbonatada un vulcanismo terciario de lavas y pequeños centros volcánicos de composición andesítica a dacítica de la Formación Calipuy (24.5 Ma +/-0.4 Ma, Universidad British Columbia). Como rocas intrusivas cercanas se tiene 3 diques dacíticos de firma adakítica (9 Ma, K-Ar, Donald Noble). La veta Jancapata de Pb-Zn en varios puntos corta dicho dique. En la mina Uchucchacua, se encuentra el stock dacítico porfirítico Casualidad (25.3 + 0.4 Ma K-Ar, Donald Noble). Esta edad Oligocena tardía, no concuerda con las intrusiones regionales ligadas a la mineralización en el distrito. A 7 km al Sur este, se ubica el intrusivo Anamaray (6.76 +/- 0.02 Ma por U-Pb, de la UBC); dicho intrusivo tiene una aureola de skarn no productivo con zoneamiento distal de mineralización de Ag y Pb-Zn no económico a la fecha. Entre la mina Uchucchacua y los proyectos Pozo Rico y Yumpag, afloran diques andesíticos-riolíticos cuyas edades son del Mioceno medio (13.63 +/- 0.23 Ma y Miocénico tardío 7.3 +/-0.4 Ma, UBC). Se estima que a esta generación de intrusivos bimodales está relacionada la mineralización en las minas Uchucchacua-Pozo Rico-Yumpag, coincidiendo con el periodo de la edad de mineralización regional.

La exploración con labores subterráneas sobre la veta Morococha interceptó el cuerpo Mercedes, de 1,500 m² de área y 200 metros de altura con 311,685 t de mineral económico @ 16.5 oz ag, 0.6 % pb y 1.0 % zn. El afloramiento del cuerpo Mercedes es “estéril”, presentándose como una brecha-pipe, compuesto de fragmentos de calizas en matriz de polvo de roca de calizas e intrusivo. Para caracterizarlo geoquímicamente se muestreo solo la matriz.

El presente trabajo sigue principios de la técnica QZA (análisis cuantitativo del zoneamiento), desarrollado por el Profesor Dr. Ulrich Petersen para estudiar el zoneamiento primario en un fluido hidrotermal. Compila el proceso de la data geoquímica para el cuerpo Mercedes, en el sentido vertical; previamente se había estudiado en los diferentes niveles intermedios su variabilidad

lateral GQ con la caliza (José Vizquerra). Se usaron 82 muestras tomados sobre niveles mineros, perforaciones diamantinas y en el afloramiento “estéril”. Se ensayaron por 50 elementos en los laboratorios ALS Chemex. Después de un primer proceso estadístico en SPSS se redujeron a 13 elementos representativos de la dispersión primaria del flujo hidrotermal, la cual indica un zoneamiento vertical geoquímico.

Se concluye que, para obtener anomalías geoquímicas guías en los afloramientos estériles de los cuerpos brecha-pipes, se debe muestrear solo la matriz evitando los fragmentos de calizas. El resultado se debe comparar con la firma geoquímica del cuerpo económico Mercedes cuyo afloramiento “estéril” tiene fuerte anomalías en P, Rb, K y V e incipientes valores en Ag, Sb, As. Si las firmas geoquímica son similares, ameritaría su exploración en profundidad. Adicionalmente, debajo de los cuerpos argentíferos, hay buenas posibilidades de encontrar mineral económico de Zn-Pb.

1. GEOLOGIA ECONOMICA

La mina Uchucchacua, el Proyecto Pozo Rico y otros proyectos, se encuentran formando un distrito de minerales argentíferos CRD dentro de un alineamiento regional con mineralización polimetálica que va desde el yacimiento de Izcaycruz siguiendo por la mina Raura hacia el Norte y extendiéndose hasta el gran depósito de Antamina. (fig. 2).



Fig.2 Ubicación del distrito argentífero dentro de la franja polimetálica en rocas carbonatadas

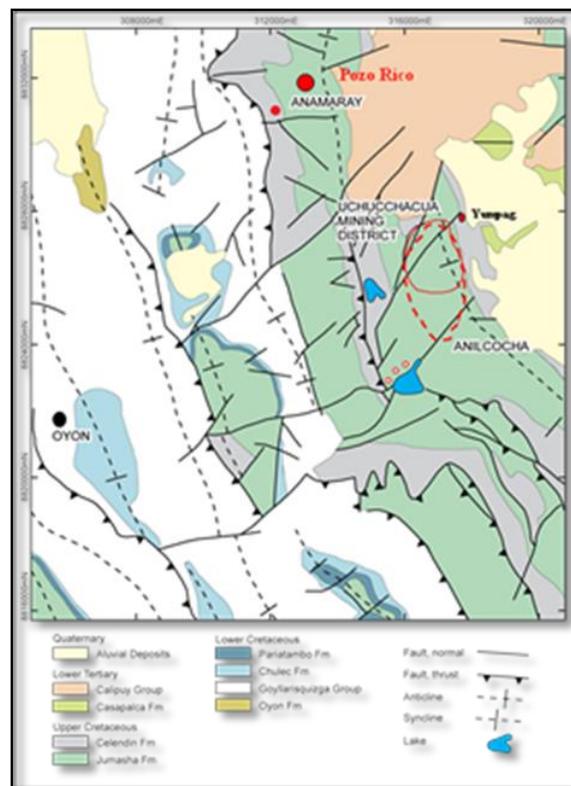
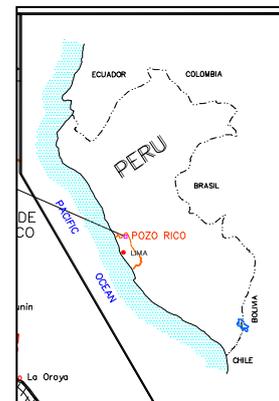
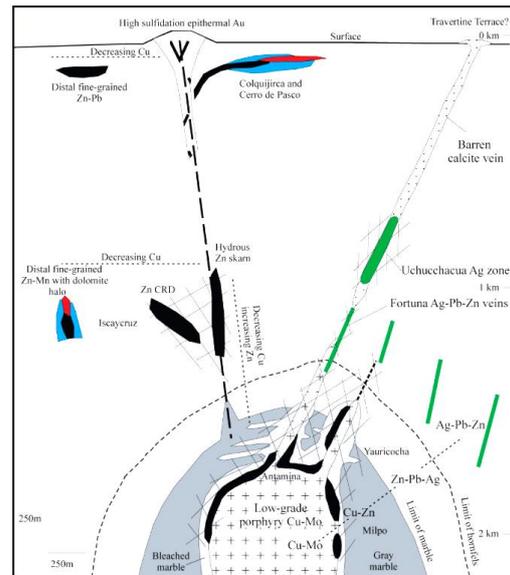


Fig.3 Mina Uchucchacua y los proyectos Pozo Rico y Yumpag dentro de las calizas Jumasha del cretáceo superior.

1.1. Tipo de yacimiento

Pozo Rico, como Uchucchacua son yacimientos argentíferos de remplazamiento dentro de rocas carbonatadas de la formación Jumasha; son del tipo CRD (carbonate replacement deposits). Puede su origen ser catalogado por su ensamble mineralógico como un skarn distal (Dr. Ulrich Petersen) ó como una somera manifestación zoneada de un sistema magmático-hidrotermal (University of British Columbia). (Fig.3).

Fig.3 Modelo zoneado de yacimiento CRD



1.2. Estructural

El anticlinal regional de Raura de dirección N75°W, inflexiona las calizas del proyecto. La falla Pozo Rico de dirección N-S y vetas angostas e intermitentes de dirección N70°W, N45°W y E-W. En superficie se reportan afloramientos “estériles” de varios cuerpos brecha-pipe. Una labor subterránea siguiendo la veta Morocochoa (no económico), interceptó el cuerpo Mercedes cubicándose 311,685 tc con 16.5 oz ag, 0.6 % pb y 1.0 % zn. Adicionalmente se reportan 16 lentes métricos, esparcidos en las calizas con alta ley en plata. Esta ocurrencia puede representar indicios de cuerpos ocultos en profundidad. (Fig.4).

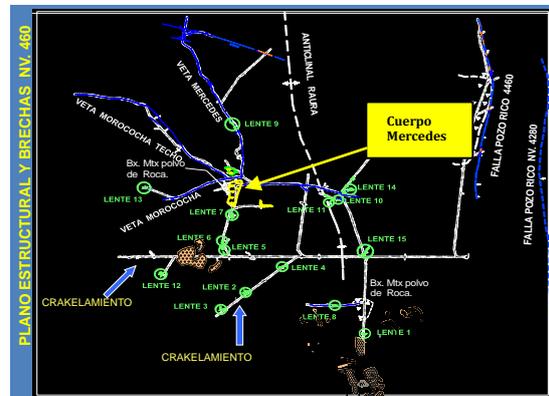


Fig.4 Plano estructural nivel 460; vetas, cuerpos brecha - pipe y lentes de mineral. Cuerpo Mercedes en amarillo

1.3. Mineralogía.

Primera etapa de calcita, dolomita y variedades sin-tectónicas (no presenta fluorescencia UV). Segunda etapa con calcita hidrotermal, mangano-calcita (con fluorescencia UV), rodocrosita, cuarzo, rodonita, y silicatos (ortoclasa). Tercera etapa de sulfuros como pirita, esfalerita, galena. Cuarta etapa con una variedad de sulfosales de plata (miargirita, pirargirita etc.). Paragénesis: por José Vizquerra - Queen’s University. Refrendado por estudios de microscopía electrónica de barrido y difracción de rayos X en Laboratorio de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Fig. 5).

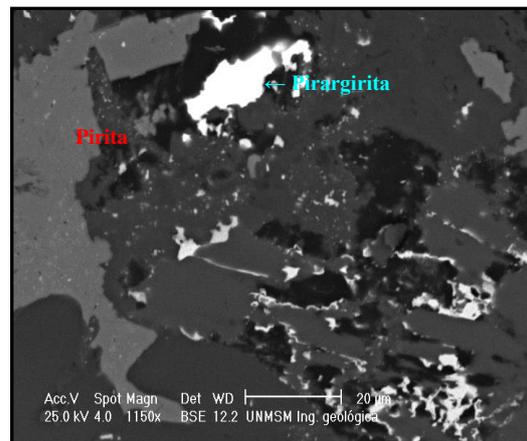


Fig.5 Microscopía electrónica UNMSM

2. PROCESO GEOQUIMICO PARA DETERMINAR EL HALO GEOQUIMICO EN LA PARTE SUPERIOR DEL CUERPO MERCEDES

Se tomaron 82 muestras dentro del cuerpo (Fig.6) para ensaye por 50 elementos, en la parte alta sobre el afloramiento “estéril” en superficie, y para los tramos mineralizados en los cuatro niveles mineros y en las perforaciones diamantinas.

Después de un primer proceso estadístico con SPSS, gráficos logarítmicos y ploteo de los valores en una sección vertical del cuerpo, se redujeron a 13 elementos representativos del flujo hidrotermal. Se observa un zoneamiento vertical en su mineralización, con las siguientes características:

- El afloramiento del cuerpo brecha-pipe se hace “estéril” en valores geoquímicos en plata(0.2-10 ppm) . Sin embargo, presenta anomalías en elementos como el P, Rb, K y V y muy bajos valores en Ag, Sb, As que son indicadores para inferir que a 150 metros en profundidad hay un sistema hidrotermal generador de una mineralización argentífera.
- Mineralización argentífera de Alta ley, asociada con el Sb-Hg en los niveles intermedios.
- Decrecimiento de los valores en plata en los niveles profundos con incremento del plomo, zinc-cadmio.

Para una mejor visualización en el plano de sección se colorearon cada muestra de acuerdo al nivel que se tomó. Con el fin de identificarlos en los gráficos logarítmicos y facilitar su interpretación del zoneamiento. (Fig. 6)

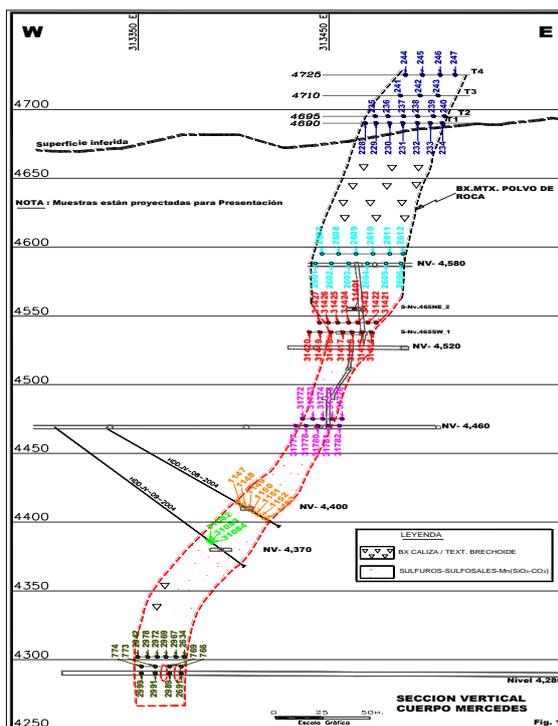


Fig. 6 Muestras en la sección vertical del cuerpo

2.1 Estadística y ploteo

- Se usó el software SPSS para la evaluación estadística de los análisis de las 82 muestras:

Primera etapa:

- Se procesaron los 50 elementos para ver correlaciones lineales.
- Análisis de cinco componentes principales (ACP) llegando a 86% de varianza acumulado (confianza al proceso) y la matriz de componentes rotados nos dieron el “derrotero” de las familias geoquímicas afines.
- Gráficos logarítmicos entre pares de

Cuadro 1: Matriz de componente^a

	Componente				
	1	2	3	4	5
ppm Rb	,894	,349	-,025	,183	-,021
ppm P	,889	,380	,086	,012	,020
% K	,887	,365	-,067	,239	-,013
ppm V	,837	,348	,276	-,249	-,028
ppm Ba	,799	,339	-,105	,304	-,067
ppm Cd	-,687	,649	-,209	-,019	-,098
ppm Zn	-,687	,652	-,201	-,019	-,072
ppm Mn	-,684	,074	,243	,377	,016
ppm Pb	-,495	,584	-,307	-,194	-,352
ppb Hg	-,353	,174	,674	,348	-,020
ppm Sb	,038	,264	,672	-,656	-,039
ppm Ag	-,450	,222	,488	,336	-,109
ppm As	-,307	,490	-,071	-,050	,796

Método de extracción: análisis de componentes principales.

a. 5 componentes extraídos.

elementos con correlación lineal.

- Eliminar elementos de una a dos órdenes de magnitud logarítmica

Segunda etapa:

- Elección de 13 elementos: Ag, As, Ba, Cd, Hg, K, Mn, P, Pb, Rb, Sb, V, Zn. Generación de matriz de componente rotado. (Cuadro N° 01).
- Generar solido 3D y tres vistas auxiliares de componentes rotados de los elementos, dónde se confirmó visualmente la asociación para formar familias de elementos. (Fig.7).
- Correlación lineal dan Tres Familias: Ag-Hg-Sb; Pb-Zn-Cd y K-P-Rb-V. (Fig. 8, 9 y 10)

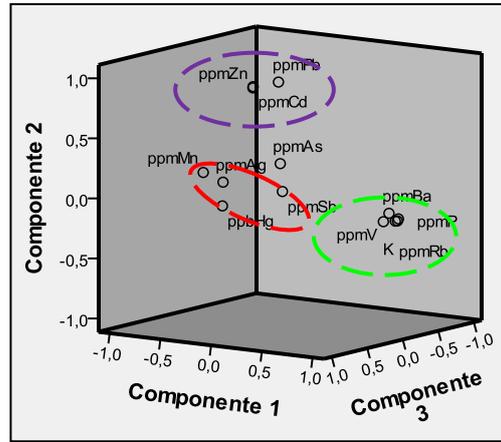


Fig. 7 Componentes rotados de los elementos

Fig. 8 Ag-Sb

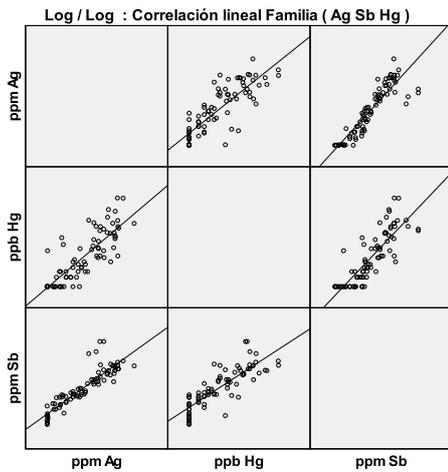


Fig. 9 Pb-Zn-Cd

Log / Log : Correlación lineal Pb Zn Cd

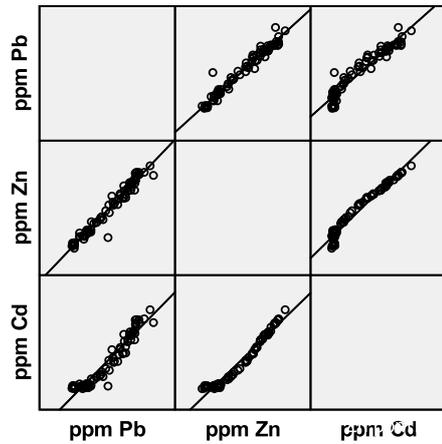
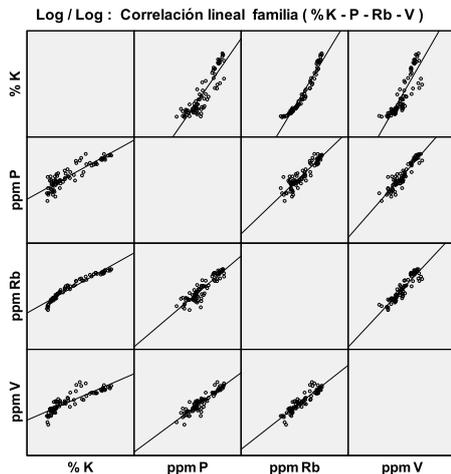


Fig. 10 K-P-Rb-V



Tercera Etapa: Interpretación

- Macro gráfico logarítmico, para comparar elementos entre diferentes familias geoquímicas. Ejemplo Ag vs Pb. (Fig. 11).

Ag-Hg-Sb Vs Familia Pb-Zn-Cd
 Ag-Hg-Sb Vs Familia P-Rb-K-V
 K-P-Rb-V Vs Familia Pb-Zn-Cd

- Cuanto más separados sean los brazos del “arco” los elementos están más distantes uno del otro.
- Cuanto más apretado es el “arco” los elementos están más juntos.
- Planos en la verticalidad del cuerpo Mercedes con leyes de Ag, Sb, Pb, Zn, Cd, P, Rb, K y V. Se nota la diferente distribución espacial de los elementos elegidos. (Ej. Fig. 13 y 14).

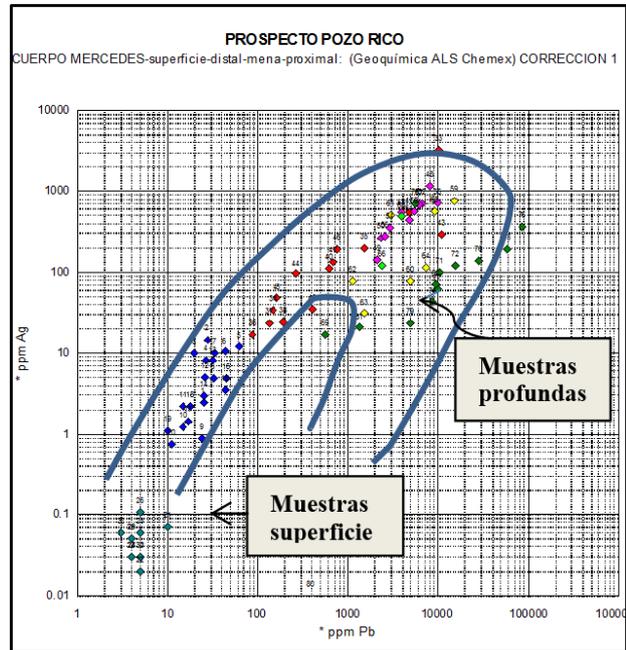


Fig. 10 Gráfico log Ag/log Pb

- Determinación del sentido del flujo mineralizador interpretando los gráficos logarítmicos y la distribución en el plano de sección vertical que indican el emplazamiento gradual espacial de los diferentes elementos. (Fig.12).

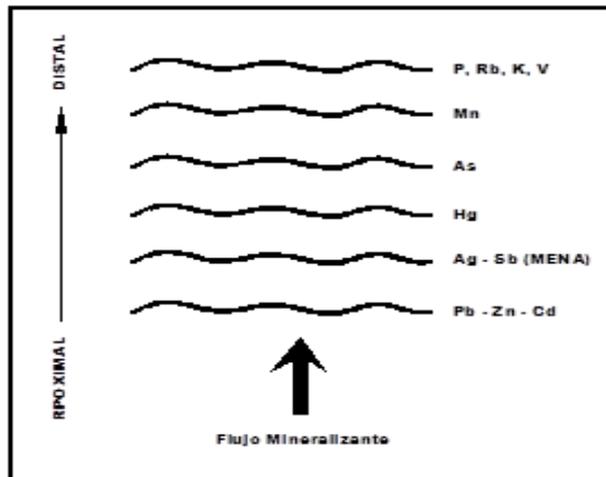


Fig. 12 Zoneamiento del flujo mineralizante

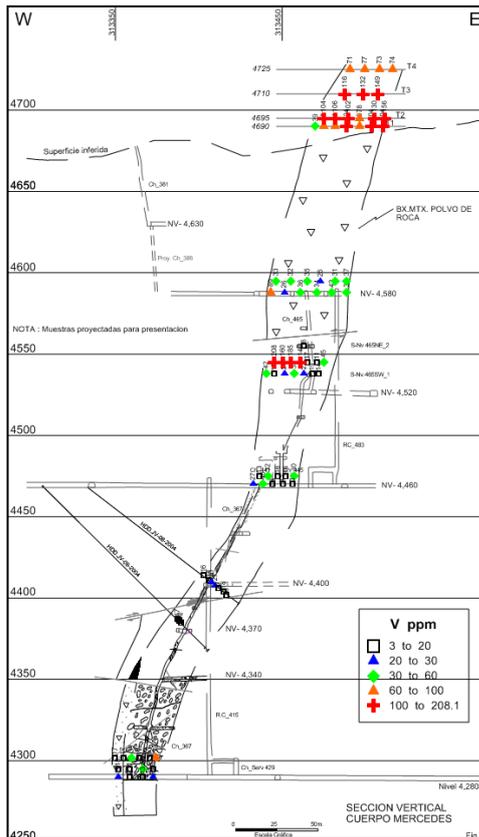


Fig. 13

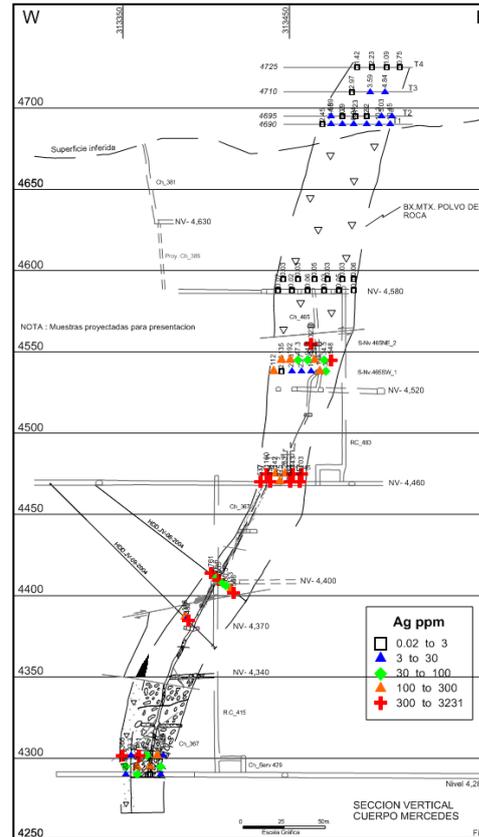


Fig. 14

3. CONCLUSIONES

La firma geoquímica del cuerpo Mercedes, se podría usar como patrón comparativo con los afloramientos “estériles” de otros cuerpos en el área. Hay posibilidad de encontrar mineral económico de Zn-Pb en la parte más baja del cuerpo Mercedes.

4. AGRADECIMIENTO

A Cía. de Minas Buenaventura por permitir la publicación del trabajo.

5. REFERENCIAS

- Alpers, C.N., 1980: Mineralogy, paragenesis, and zoning of the Luz vein, Uchucchacua, Perú. A.B. thesis, Harvard University, Cambridge, MA, 65 pp.
- Bussell, M.A., Alpers, C.N., Petersen, U., Shepherd, T.J., Bermudez, C., and Baxter, A.N., (1990): The Ag-Mn-Pn-Zn vein, replacement, and skarn deposits of Uchucchacua, Perú: studies of structure, mineralogy, metal zoning, Sr isotopes, and fluid inclusions. *Economic Geology*, 1990, v.85, pp.1348-1383.
- Murdock, G.P., 1989: Application of element distribution analysis to hydrothermal ore deposits. PhD thesis, Harvard University, Cambridge, MA, USA, 550 pp.
- Petersen, U. 1965: Regional geology and major ore deposits of Central Perú. *Economic Geology*, v. 60, No.3, pp. 407-476.
- Petersen, U., and Helmericks, M., 1983: Prueba del efecto de diversas rocas encajonantes sobre la mineralización del distrito minero de Atacocha. *Bol. Sociedad Geológica del Perú*, No.72, Sep.1983, pp. 1-9.
- Petersen, U., 1984: Modelado de la distribución de mineral en yacimientos hidrotermales. *Sociedad Geológica del Perú, Volumen Jubilar, LX Aniversario, Fascículo 8*, pp.1-12.
- Petersen, U., 1990: Ore distribution, zoning, and exploration of hydrothermal ore deposits. Presidential Address, Society of Economic Geologists, *Economic Geology*, v.85, pp.424-435.
- Petersen, U., Mayta, O., Gamarra, L., Vidal, C.E., and Sabastizagal, A., 2004: Uchucchacua: A major silver producer in South America. *Economic Geology, Special Publication 11*, pp.243-257.
- Tumialán, P.H., 1983: Fondo mineralógico, ley máxima y frente final de deposición de soluciones hidrotermales en yacimientos peruanos. *Bol. Sociedad Geológica del Perú*, No.72, Sept. 1983, pp.225-232.