

PROSPECCIÓN LITO - GEOQUÍMICA Y SU IMPLICANCIA EN LA SELECCIÓN DE “TARGETS” DEL YACIMIENTO RAURA

Edwin Uribe & Eddy Zapana

Cia. Minera Raura S.A., Las Begonias 441, Of. 251, San Isidro - Lima

GENERALIDADES

El yacimiento Raura, se encuentra entre los límites de las provincias Lauricocha, Oyón y Daniel Alcides Carrión, departamentos de Huánuco, Lima y Cerro de Pasco **respectivamente**.

Es un depósito de tipo skarn de Zn-Cu-Pb-Ag **que** se encuentra en la Franja de pórfidos Cu-Mo (Au), skarn de Pb-Zn-Cu (Ag) y depósitos polimetálicos relacionados con intrusivos **que se presentan como stocks** de alto nivel del Mioceno superior, emplazados en la zona imbricada de la faja corrida y plegada del Marañón (MTFB) y en contacto con las rocas sedimentarias del Mesozoico; **de las cuales las más importantes son las de** la Formación Jumasha (Cretáceo superior).

ASPECTOS GEOLÓGICOS

El entorno geológico distrital involucra a las rocas sedimentarias calcáreas de las Formaciones Jumasha (Miembros 1, 2, 3 y 4) y Celendín, **a las** rocas volcánicas clasificadas como flujos riolíticos y tobas litocristalinas de composición dacítica a riodacítica, **que pertenecen** a la unidad del Volcánico Raura (Subdivididos en 1, 2, 3), **e incluyen a las rocas intrusivas que corresponden a** magmas calcoalcalinos con medio a alto contenido de K, de naturaleza ácida a intermedia. **Estos intrusivos son de** granodiorita y cuarzo monzonita, **y sus correspondientes** subvolcánicos porfiríticos. Las dataciones existentes han reportado edades de 10.1 Ma para la granodiorita y 8.2 +/-0.2 Ma para el pórfido cuarzo monzonita (Noble, 1999). Los cambios texturales y neoformación de minerales producto del metamorfismo y metasomatismo, **dieron lugar** al mármol y skarn. Los fallamientos son los rasgos estructurales importantes, distinguiéndose tres sistemas **de fallas** importantes: NNW-SSE, NW-SE, E-W; el primero asociado al fallamiento regional y los dos últimos sistemas son de distensión que corresponden a un corredor muy favorable para la mineralización (“feeders”). Las principales alteraciones hidrotermales presentes son: sericitización, argilización, propilitización y silicificación. Las ocurrencias metálicas del yacimiento de Raura (Zn, Cu, Pb, Ag) están relacionadas a los intrusivos de edad Mioceno superior (8 y 10 Ma), en contacto con las unidades sedimentarias calcáreas del Cretácico superior.

METODOLOGÍA

Las muestras han sido preparadas y analizadas mediante el método ICP óptico (disueltos con agua regia) **en el caso de** multielementos a nivel de trazas. **Para** el caso de los sobre límites han sido analizadas por el método de Absorción Atómica, en los laboratorios de ALS Perú S.A. (ME-ICP41, 35 elementos) e Inspectorate Services Perú S.A.C. (ISP-142, 41 elementos).

CARACTERIZACIÓN GEOQUÍMICA

EVALUACIÓN DE LOS PRINCIPIOS GEOQUÍMICOS

Las evaluaciones e interpretaciones están enfocadas a tres ambientes geológicos caracterizados principalmente por sus diferencias litológicas, por lo que cada uno de ellos corresponde al ambiente geoquímico primario, bajo las siguientes denominaciones: **sedimentario calcáreo, ígneo intrusivo, ígneo volcánico**. Las dispersiones primarias singenéticas son controladas en el ambiente ígneo

intrusivo; para el caso de las dispersiones primarias epigenéticas, éstas son controladas por las rocas sedimentarias calcáreas de la Fm. Jumasha y las rocas del Volcánico Raura. La principal consideración que se tiene en las rocas calcáreas son las dispersiones químicas, mediante elementos no típicos, debido al aporte de nuevos elementos por difusión, provenientes de las soluciones hidrotermales mineralizadoras; asimismo en estas rocas se ha controlado la dispersión de elementos originales mediante las “aureolas negativas” del estroncio. Las dispersiones químicas en las fallas, objetos de estudio, son debidas al aporte de nuevos elementos por infiltración.

Los elementos indicadores directos o elementos blancos (“targets elementos”) que se zonifican son: Zn, Cu, Pb, Ag. Teniendo en consideración a la mineralización de las distintas zonas operativas de Raura, y al procesamiento de datos, en el presente trabajo, se determinan como elementos guías principales al Mn, As, Sb y Cd, los que pueden ayudar a detectar zonas con mineralización de los elementos indicadores que se mencionó anteriormente.

DEFINICIÓN Y ANÁLISIS DE POBLACIONES

Para el análisis y procesamiento estadístico de las muestras recolectadas se ha considerado principalmente al ambiente primario, el cual se ha subdividido en 12 poblaciones estadísticas de acuerdo a su litología y unidad estratigráfica. Estas poblaciones y la cantidad de muestras asignadas a cada una de ellas se presentan en el cuadro 1. La distribución de los elementos en las 12 poblaciones tiene tendencia a la log normalidad, pero en algunos casos la tendencia es a la normalidad o a presentar una distribución sesgada o errática; en general, en todos ellos se nota una mejor distribución (log normal en mayor parte de los casos); para el caso de la plata, aluminio y el hierro en las diferentes poblaciones la tendencia es a la normalidad.

Cuadro N° 1. Poblaciones estadísticas de ambientes geoquímicos

Ambiente Geoquímico	Población	Unidades Geológicas	Muestras
Sedimentario Calcáreo	Pob1	Fm. Jumasha, Mbo 1 (Ks-jm1)	60
	Pob2	Fm. Jumasha, Mbo 2 (Ks-jm2)	53
	Pob3	Fm. Jumasha, Mbo 3 (Ks-jm3)	25
	Pob4	Fm. Jumasha, Mbo 4 (Ks-jm4)	45
	Pob5	Fm. Celendín (Ks-ce)	45
Ígneo Intrusivo	Pob6	Granodiorita (T-gdi)	100
	Pob7	Cuarzo monzonita (T-qzmz)	181
	Pob8	Pórfido dacita (T-pda)	35
	Pob9	Pórfido cuarzo monzonita (T-pqzmz)	26
Ígneo Volcánico	Pob10	Volcánico Raura 1 (Tvr1)	55
	Pob11	Volcánico Raura 2 (Tvr2)	176
	Pob12	Volcánico Raura 3 (Tvr3)	80

EVALUACIÓN DE LOS PARÁMTEROS GEOQUÍMICOS

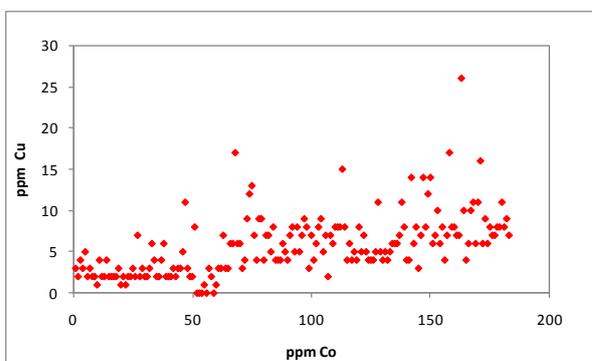
Los niveles de fondo de cada elemento corresponden a la media geométrica calculada, mientras que para la obtención del umbral geoquímico o “thershold” en las poblaciones log normales o normales, se ha calculado según la siguiente fórmula: ($Umbral = Media\ geométrica + 2\ desviaciones\ estándar$). En el cuadro 2 se muestran tanto los niveles de fondo como los umbrales geoquímicos de los elementos indicadores y elementos traza asociados para los 03ambientes geológicos.

Cuadro N° 2. Niveles de fondo y umbrales geoquímicos por ambientes geoquímicos

Ambiente	Par.	Ag ppm	As ppm	Co ppm	Cr ppm	Cu ppm	Fe %	Mn ppm	Ni ppm	P ppm	Sb ppm	Sr ppm	V ppm	Zn ppm
Sedimentario Calcáreo	Fon.	0.46	14.64	2.05	4.05	5.26	0.53	209.65	4.09	5.66	2.88	767.71	10.91	28.32
	Ths.	1.31	75.85	3.82	9.53	9.36	1.03	524.99	8.65	12.60	10.57	439.35	28.78	66.92
Ígneo Intrusivo	Fon.	0.50	16.23	6.25	10.22	17.77	2.31	268.85	2.99	45.03	2.67	-	41.03	59.24
	Ths.	4.67	102.46	12.11	46.20	70.58	3.49	735.97	6.16	416.37	8.91	-	78.71	224.07
Ígneo Volcánico	Fon.	0.37	19.89	3.33	4.39	8.33	1.43	285.50	2.38	22.76	2.41	-	11.57	42.43
	Ths.	26.43	49.93	8.29	23.08	31.08	2.32	568.74	9.41	68.16	4.79	-	33.74	106.03

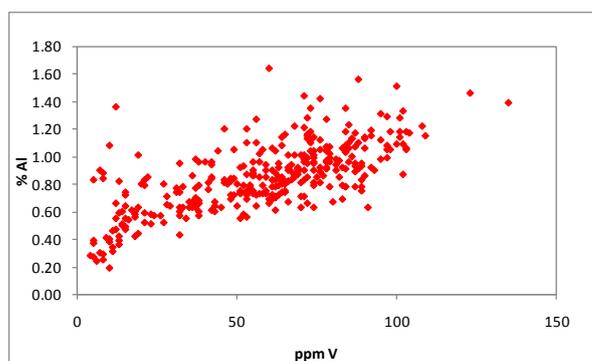
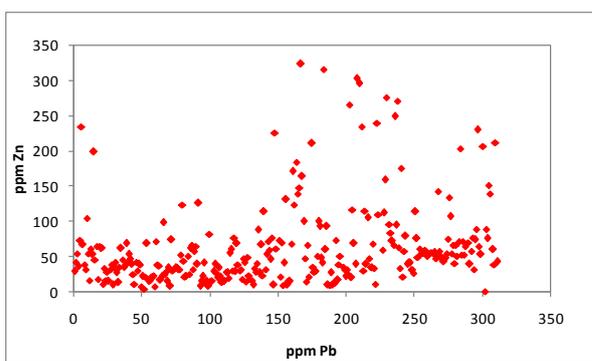
CORRELACIONES Y ASOCIACIONES GEOQUÍMICAS

La interpretación del Coeficiente de Correlación principalmente positivas son las de mayor interés, debido a que pueden tener buenas asociaciones geoquímicas y pueden ayudar a determinar los elementos guías exploradores; para el caso del Sr se debe buscar una correlación baja a negativa con el calcio.

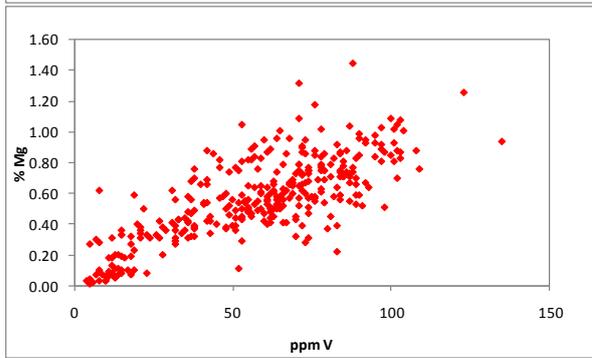


(c)

(b)



(d)



(c)

Fig. 4.14. Diagramas de dispersión. (a) cobalto – cobre, en el ambiente sedimentario calcáreo, (b) plomo –zinc en el ambiente volcánico, (c, d) vanadio – magnesio y vanadio – aluminio en el ambiente ígneo intrusivo.

En el ambiente **sedimentario calcáreo** los elementos Ag-Pb-Zn se correlacionan entre ellos y tienen buenas correlaciones positivas con el As, Mn, Cd, Sb, regular con el S; mientras que el Cu tiene buena correlación positiva con el Co, Fe, Ni, regular con el V, Pb, S, Cr. En este ambiente se destacan tres asociaciones principales: 1) Ag-As-Mn-Sb, refiere a la mineralización de plata y su relación con los óxidos y sulfosales, 2) Ag-Cu-Pb-Zn-Cd, es propio de una asociación de la mineralización polimetálica (sulfosales y sulfuros), y 3) Al-Co-Cr-Cu-Fe-Ni-V, se refiere a la dispersión por difusión de elementos en las rocas calcáreas a partir de las intrusiones cercanas.

En el ambiente **ígneo intrusivo** los elementos Pb-Zn se correlacionan entre ellos, además tienen buenas correlaciones positivas con el Cd, regular con la Ag; mientras que el Cu-Ag que se correlacionan entre ellos, también tienen buena correlación positiva con el As y Sb. Es importante destacar la buena correlación positiva del V con el Al, regular con el Co, Fe, Ni y la regular correlación negativa del V con el S. En este ambiente se destacan tres asociaciones principales: 1) Ag-As-Sb-Cu, se refiere a la mineralización de plata y su relación con el grupo de minerales (sulfosales), 2) Pb-Zn-Cd-Ag, es propio de una asociación de la mineralización polimetálica (sulfuros), y 3) Al-Co-Fe-Mg-(Ni-Cr-V), es propio de los componentes mineralógicos de la matriz y fenocristales de las rocas, principalmente de los minerales ferro magnesianos.

En el ambiente **ígneo volcánico** los elementos Ag-Pb-Zn-Cu se correlacionan entre ellos y tienen buenas correlaciones positivas con el Cd, Sb; regular con el As, Fe, S; regular correlación positiva del V con el Ni, Co Mg. En este ambiente se destacan tres asociaciones principales: 1) Ag-As-Sb, se refiere a la mineralización de plata y su relación con el grupo de minerales (sulfosales), 2) Ag-Pb-Zn-Cd-Cu-(Sb-Cr), es propio de una asociación de la mineralización polimetálica (sulfosales y sulfuros), y 3) Al-Mg-V-Co-(Ni-Ca), se refiere a los componentes mineralógicos de la matriz de roca, y a sus diferentes líticos o clastos dentro de las rocas volcánicas.

DISTRIBUCIÓN Y ANOMALÍAS GEOQUÍMICAS

Plata (Ag).- Coincidencia con las actuales zonas operativas: Esperanza - Flor de Loto, Hadas - Margot. Coincidencia con los proyectos ya conocidos: Victorias - Farallón, Puyhuanmina – Puyhuancocha. Nuevos sectores con concentraciones anómalas: Yanco, anomalías muy puntuales, y Laguna Gayco (SE), anomalías puntuales.

Arsénico (As).- Coincidencia con las actuales zonas operativas: Esperanza - Flor de Loto, Niño Perdido, Hadas - Margot, Gayco. Coincidencia con los proyectos ya conocidos: Matapaloma Este, Victorias - Farallón, Puyhuanmina - Puyhuancocha. Nuevos sectores con concentraciones anómalas: Yanco, Laguna Putusay Bajo (SW y SE), Siete Caballeros, Laguna Virgen de las Nieves (N y S), Laguna Gayco (E)

Cobre (Cu).- Coincidencia con las actuales zonas operativas: Esperanza - Flor de Loto, Niño Perdido, Pórfido - Hadas - Margot, Gayco. Coincidencia con los proyectos ya conocidos: Farallón - Celia. Nuevos sectores con concentraciones anómalas: Yanco, Laguna Putusay Bajo (SE), Laguna Virgen de las Nieves (N y S), Lag. Gayco (E).

Manganeso (Mn).- Coincidencia con las actuales zonas operativas: Esperanza - Flor de Loto, Niño Perdido y Primavera (NE), Complejo de Brecha Margot, Gayco. Coincidencia con los proyectos ya conocidos: Victorias - Farallón, Puyhuanmina – Puyhuancocha. Nuevos sectores con concentraciones anómalas: Siete Caballeros, Laguna Putusay Bajo (SE), Laguna Virgen de las Nieves (N y S), Laguna Gayco (E).

Plomo (Pb).- Coincidencia con las actuales zonas operativas: Esperanza - Flor de Loto, Hadas – Margot – Matapaloma Este, Niño Perdido y Primavera (NE). Coincidencia con los proyectos ya conocidos: Victorias - Farallón. Nuevos sectores con concentraciones anómalas: Laguna Putusay Bajo (SW), Laguna Virgen de las Nieves (N y S), Laguna Gayco (E).

Estroncio (Sr).- Coincidencia con las actuales zonas operativas: Esperanza - Flor de Loto, Niño Perdido (NE), Gayco. Coincidencia con los proyectos ya conocidos: Puyhuancocha. Nuevos sectores con concentraciones anómalas (-): **Laguna** Putusay Bajo (SW), **Laguna** Virgen de las Nieves (N y S), **Laguna** Tinquicocha (E), Siete Caballeros, **Laguna** Gayco (E), **Laguna** Gayco (SW), las anomalías negativas de Sr relacionado a las anomalías de Ag, As, Cu, Pb y Zn.

Zinc (Zn).- Coincidencia con las actuales zonas operativas: Esperanza - Flor de Loto, Hadas – Margot – Matapaloma Este, Niño Perdido y Primavera (NE). Coincidencia con los proyectos ya conocidos: Victorias – Farallón. Nuevos sectores con concentraciones anómalas: Yanco, **Laguna** Putusay Bajo (SW), **Laguna** Virgen de las Nieves (N y S), **Laguna** Gayco (E y S).

CONCLUSIONES

Las asociaciones geoquímicas que se destacan en los ambientes sedimentario calcáreo, ígneo intrusivo e ígneo volcánico y en los “feeders” son propios de una mineralización polimetálica; destacándose tres asociaciones principales la primera de ellas se refiere principalmente a una mineralización de plata que tendría relación con el grupo de minerales (sulfosales), la segunda es propio de una asociación de la mineralización polimetálica (sulfosales y sulfuros), y la tercera asociación es propio de los componentes mineralógicos de la matriz y fenocristales de las rocas intrusivas y volcánicas, principalmente de los minerales ferromagnesianos.

Las mayores concentraciones de los elementos indicadores directos o “targets elementos” (Zn, Cu, Pb, Ag) tienen buena relación y se encuentran asociados con los elementos Mn, As, Sb, Cd, los que son denominados elementos guías o “pathfinder”, y los que pueden ayudar a detectar zonas con mineralización de los elementos indicadores que se mencionó anteriormente. Otra guía importante es el estroncio (Sr) en las calizas; este elemento tiene que estar por debajo del fondo geoquímico, lo que también se denomina anomalías negativas.

Como resultado del presente estudio se logran determinar ocho “targets” de exploración: Margot – Santa Rosa (vetas y skarn), Victorias – Farallón (vetas y skarn), Puyhuanmina (mantos y bolsonadas), Brazinni – Putusay (vetas y skarn), Siete Caballeros (mantos, bolsonadas), Virgen de las Nieves (skarn, mantos, bolsonadas), Gayco – Virgen de las Nieves (mantos, bolsonadas), Yanco (vetas, bolsonadas) asociadas a elementos traza indicadores y elementos traza guías.

AGRADECIMIENTOS

Especial agradecimiento al Ing. Gonzalo Freyre por impulsar y permitir realizar trabajos netamente geológicos para la reinterpretación del distrito minero.

REFERENCIAS

- ÁNGELES, C & URIBE, E. (2005). Identificación de subunidades de la Fm. Jumasha en el área de la mina Raura: Implicancias para la estructura de conjunto (con énfasis en los sectores de Farallón y Puyhuancocha). Informe interno Cia. Minera Raura S. A., 6 p.
- DONALD C., N. (1994). Informe preliminar del modelo y distribución de la geología del distrito minero de Raura, potencial de mineral y estrategia de exploración. Informe interno Cia. Minera Raura S. A., 10 p.
- MAMANI, M. (2011). Caracterización petroquímica de magmas del yacimiento Raura a partir de análisis químicos de muestras de rocas intrusivas y volcánicas. Informe interno Cia. Minera Raura S. A., 25 p.
- SÁNCHEZ, A. (2006). Informe geológico, Formación Jumasha - Estratigrafía entre Farallón y Puyhuancocha. Informe interno Cia. Minera Raura S. A., 30 p.

Fig. 3. Mapa de distribución y anomalías geoquímicas de As.

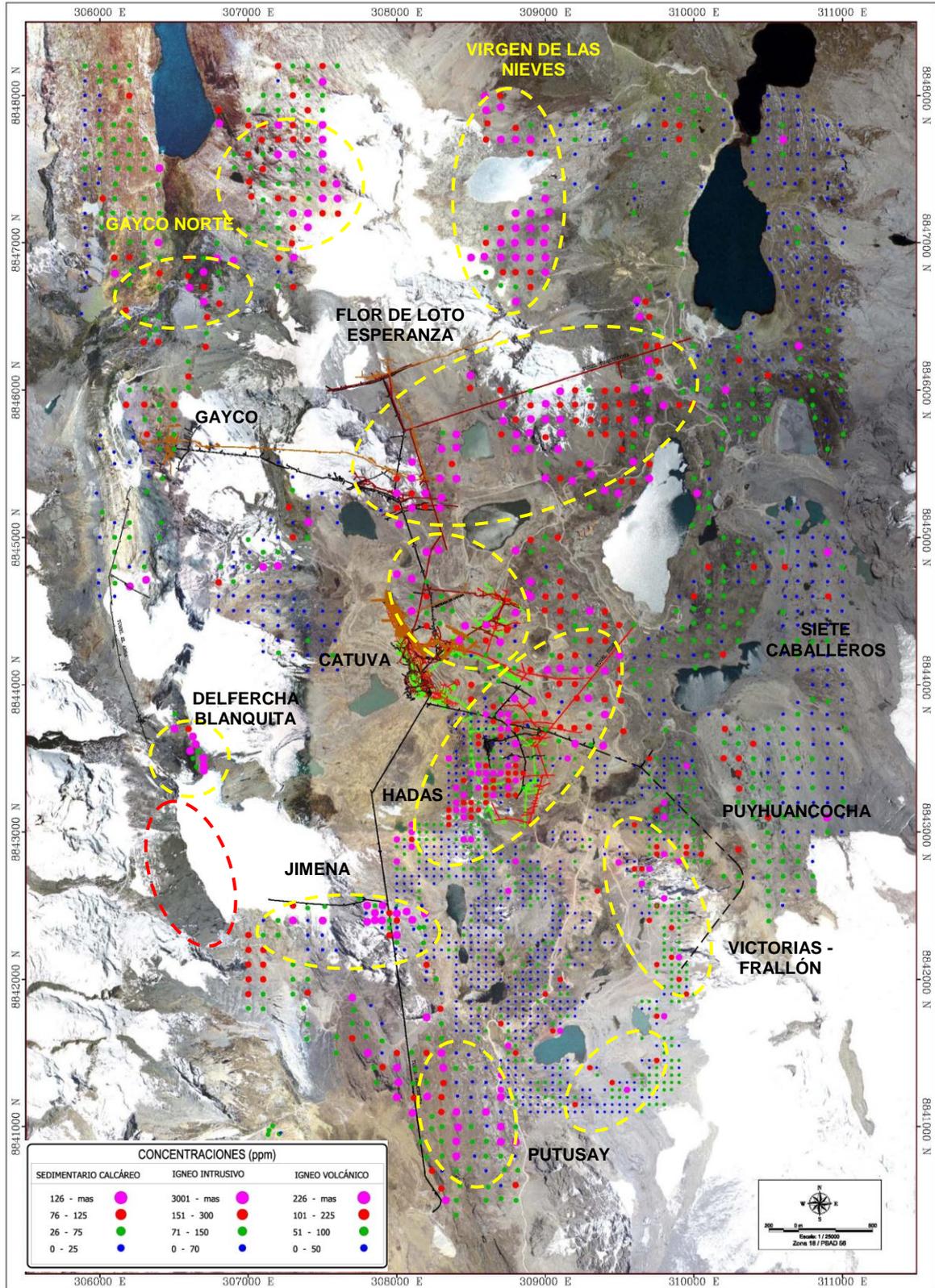


Fig. 3. Mapa de distribución y anomalías geoquímicas de Zn.