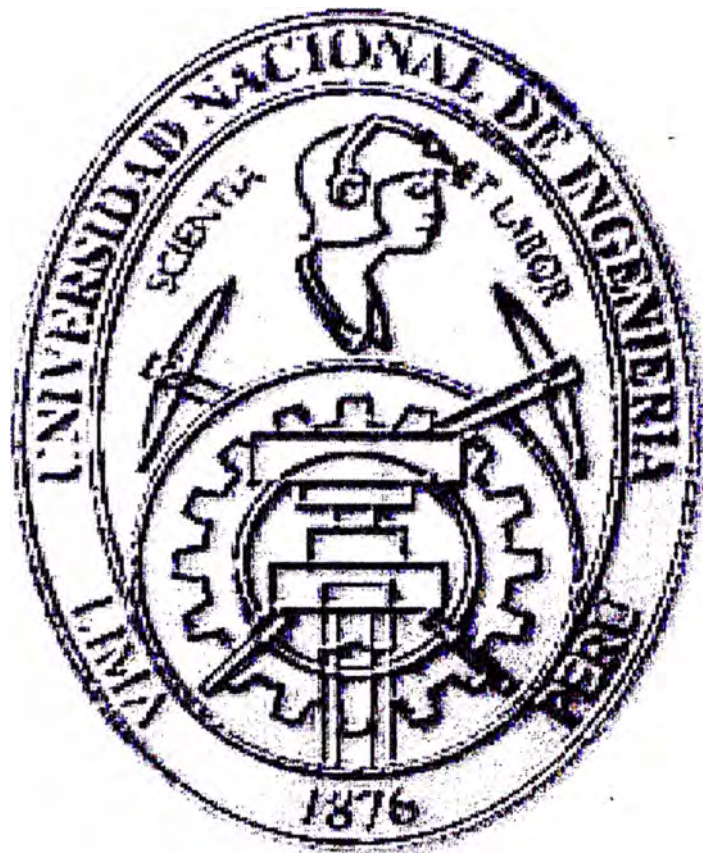


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica



**CORIMAYO, DEPOSITO AURIFERO DE ALTA LEY EN UN SISTEMA
EPITERMAL TIPO ACIDO SULFATO.
DISTRITO MINERO DE YANACOCCHA (CAJAMARCA - PERU)**

TESIS

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO GEOLOGO

JAIME GLISBARDO GOMEZ JIMENEZ

Lima - Perú
2002

A MI ESPOSA ROMINA, MI
HIJO RENATO, A MIS
PADRES Y A TODOS LOS
QUE ME APOYARON EN
ESTE TRABAJO.

CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS

RESUMEN

1. OBJETIVOS Y CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 OBJETIVOS

1.2 METODOS DE TRABAJO

1.3 UBICACIÓN Y ACCESO

1.4 GEOMORFOLOGIA Y CLIMA

1.5 EXPLORACION Y LA HISTORIA MINERA DE YANACOCHA

1.6 PROPIETARIOS, PRODUCCION, RECURSOS Y RESERVAS DE YANACOCHA

2. GEOLOGIA REGIONAL

2.1 INTRODUCCION

2.2 AMBIENTE TECTONICO

2.3 ESTRATIGRAFIA

2.3.1 MARCO ESTRATIGRAFICO

2.3.2 SECUENCIAS DEL BASAMENTO CRETACISO Y JURASICO

2.3.3 SECUENCIAS VOLCANICAS DEL TERCARIO

2.3.3.1 Formación Volcánicos Llama

2.3.3.2 Formación Volcánicos Porculla

2.3.3.3 Volcánicos Huambos

2.4 METALOGENIA REGIONAL

3. GEOLOGIA DEL DISTRITO MINERO YANACocha

3.1 INTRODUCCION

3.2 ESTRATIGRAFIA DEL DISTRITO MINERO YANACocha

3.2.1 ESTRATIGRAFIA PRE-COMPLEJO VOLCANICO DE YANACocha.

3.2.2 COMPLEJO VOLCANICO DE YANACocha.

3.2.3 ESTRATIGRAFIA POST-COMPLEJO VOLCANICO YANACocha.

3.3 DESCRIPCION ESTRUCTURAL DEL DISTRITO MINERO YANACocha

3.4 ALTERACIONES EN EL DISTRITO MINERO YANACocha

3.5 MINERALIZACION DEL DISTRITO MINERO YANACocha

3.5.1 RELACION DEL ORO CON LA ALTERACION

3.5.2 RELACION DEL ORO CON EL TIPO DE ROCA

4. GEOLOGIA LOCAL DEL DEPOSITO CORIMAYO

4.1 INTRODUCCION

4.2 LITOLOGIA

4.2.1 DESCRIPCION DE UNIDADES LITOLÓGICAS.

4.2.2 INTERPRETACION LITOLÓGICA

4.3 DESCRIPCION ESTRUCTURAL DEL AREA

4.4 ALTERACIONES

4.4.1 ALTERACION SILICEA.

4.4.2 ALTERACION ARGILICA AVANZADA.

4.4.3 ALTERACION ARGILICA.

4.4.4 ALTERACION PROPILITICA, CLORITICA.

4.4.5 INTERPRETACION DEL ZONEAMIENTO DE LA ALTERACION.

4.5 MINERALIZACION

4.5.1 RELACIONES DE LA MINERALIZACION.

4.5.2 INTERPRETACION DE LOS EVENTOS MINERALIZANTES.

4.5.3 SECUENCIA PARAGENETICA.

4.6 EVOLUCION GEOLOGICA DEL DEPOSITO

5. GEOQUIMICA DE LOS ELEMENTOS TRAZAS Y SU RELACION CON EL ORO EN EL DEPOSITO CORIMAYO

5.1 INTRODUCCION

5.2 GEOQUIMICA SUPERFICIAL

- 5.2.1 METODOLOGIA
- 5.2.2 ANALISIS ESTADISTICO
- 5.2.3 ANALISIS DE HISTOGRAMAS
- 5.2.4 ANALISIS DE CORRELACIONES
- 5.2.5 ANALISIS DE PLANOS GEOQUIMICOS

5.3 GEOQUIMICA DE LOS SONDAJES DIAMANTINOS

- 5.3.1 METODOLOGIA
- 5.3.2 ANALISIS ESTADISTICO
- 5.3.3 ANALISIS DE HISTOGRAMAS
- 5.3.4 DISTRIBUCION DEL ORO Y LOS ELEMENTOS TRAZAS POR ALTERACION COMPARANDO CON ALGUNOS DEPOSITOS DEL DISTRITO
- 5.3.5 ANALISIS DE CORRELACIONES
- 5.3.6 CONTORNOS DE LEY x ESPESOR
- 5.3.7 DISTRIBUCION VERTICAL DEL ORO Y ELEMENTOS TRAZAS

6. CORRELACION DE LOS MODELOS GEOFISICOS CON LOS MODELOS DE ALTERACION DEL DEPOSITO CORIMAYO

6.1 INTRODUCCION

6.2 METODOS GEOFISICOS DE ESCALA DISTRITAL

- 6.2.1 MAGNETOMETRIA
- 6.2.2 GRAVIMETRIA

6.3 METODOS GEOFISICOS DE ESCALA LOCAL

- 6.3.1 POLO-DIPOLO IP/RESISTIVIDAD
- 6.3.2 MEDICIONES DE CSAMT
- 6.3.3 SONDEOS DE TDEM
- 6.3.4 DISCUSIONES DE LOS RESULTADOS DEL SODEO TDEM

7. PRUEBAS METALURGICAS DE RECUPERACION DEL ORO

7.1 INTRODUCCION

7.2 DISCUSION

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

8.2 RECOMENDACIONES

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

APENDICE

FOLDER DE MAPAS

AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo fue posible gracias al apoyo de muchas personas quienes colaboraron con el autor.

Mi sincero agradecimiento a Bruce Harvey (Director de Geología de Minera Yanacocha S.R.L.), y a Carl Schnell, quienes permitieron y apoyaron este trabajo de tesis. En particular agradezco a Stan Myers, por permitirme trabajar y desarrollar este proyecto en sus inicios de exploración. También quiero agradecer a Lewis Teal por sus ideas y apoyo para desarrollar análisis petrográficos. Especial agradecimiento a los geólogos por sus ideas y asistencia; para Steve Masterman, Thomas Klein, Miguel Rutti, José Trujillo, Percy Guerreros, Rita Pinto, Cesar Velazco, y Jorge Espinoza; para el centro de cómputo en especial para Mike Martos, Romina Pinillos, Denis Chonón y Leslie Terán.

También agradezco a Mark Goldie por su apoyo y soporte en la parte de geofísica; a Brad Leach en el soporte geoquímico.

Finalmente, pero no menos, agradezco a todos mis viejos amigos, a la familia de Romina y en especial a mis padres y hermanos por su aliento.

RESUMEN

El depósito de Corimayo, es uno de los últimos descubrimientos grandes en el distrito minero de Yanacocha. Se encuentra ubicado en la parte central del distrito, en la cuenca de La Quinua.

La particularidad de este depósito, es que se encuentra completamente cubierto (oculto), por flujos piroclásticos parcialmente alterados a arcillas y por las gravas cuaternarias de La Quinua.

Corimayo es un depósito de alta ley, con valores hasta 63 g/t Au, teniendo un inventario de mineral (en la fase de exploración), más de 1.5 millones de onzas con ley promedio de 2.5 g/t Au.

El nombre Corimayo, tiene un significado quechua: “río de oro”; fue escogido para este depósito aurífero, debido a que hay una quebrada con este nombre, al suroeste de depósito, posiblemente, esta quebrada tuvo alguna relación con el oro y trabajos de épocas pre-incas en el área de Yanacocha.

En el área de Corimayo, el contexto geológico está definido por las rocas volcanoclásticas, que son parte del Complejo Volcánico Yanacocha (CVY) de edad Mioceno (11.8-12.5 Ma). Específicamente se encuentra dentro de la secuencia superior del CVY, que está formado mayormente por flujos piroclásticos de diferente granulometría y localmente con presencia de fiammes, teniendo en el tope de esta secuencia, un flujo rico en cristales de plagioclasas. Toda la columna litológica ha sufrido los efectos de varios eventos formados por brechas freáticas y brechas hidrotermales (algunos relacionados con la mineralización); la última estructura es una diatrema que corta a todas las secuencias piroclásticas y cuerpos de brechas anteriores.

La alteración es de tipo ácido sulfato, con varios eventos de silicificación sobreimpuestos. Verticalmente el zonamiento de alteración está conservado, teniéndose en la superficie roca fresca, y hacia abajo pasa a alteraciones de arcillas (hasta 100m de espesor), sílice alunita-sílice arcillas (hasta 20m de espesor) y una zona de lixiviación ácida compuesta por sílice granular (10-20m de espesor), debajo pasa a una zona de sílice masiva y sílice calcedónica,

relacionados a brechas hidrotermales, volviéndose a encontrar la sílice granular, los taladros no llegaron a la base del zonamiento de la alteración.

En el área de La Quinoa, donde se encuentra el depósito de Corimayo, hay un complejo sistema de fallas normales reactivadas (corroborado por taladros diamantinos), que desplazan verticalmente el sistema de alteración y el cuerpo de oro. Estas fallas tienen direcciones de N40°-60°O y N50°-70°E y forman un complejo de horst y grabens.

La mineralización de oro tuvo varios eventos, pero los más importantes por la alta ley son de fases tardías y están controlados por estructuras (algunas fallas reactivadas). Uno de estos eventos está relacionado a las brechas hidrotermales con textura fluidal de sílice calcedónica (color crema), por lo general tiene valores de 3-10 g/t Au. , Otro evento de mineralización es con baritina (manifestado por cristales euhedrales), que se encuentran rellenando fracturas y cavidades, donde a veces es posible encontrar oro visible, los valores de oro es de 10-63 g/t Au. Estas zonas de alta ley no es muy extensa y tiene orientaciones NNE y NO, que son los controles de estructuras.

El estudio geoquímico fué desarrollado en dos partes: con datos del muestreo superficial y datos del muestreo de sondajes diamantinos. Como parte del programa de exploración, se hicieron modelos tridimensionales de 11 elementos trazas (Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Bi, As, Sb, Hg, Se, Te), usando la información de los sondajes diamantinos analizados por estos elementos. Los modelos destacan una buena correlación del oro-bario-bismuto-mercurio-plata, en la zona de óxidos. Los elementos que se comportan como un halo vertical (sombrero) con respecto al oro son: Zn-As-Sb-Hg. La Ag también tiene un comportamiento de un halo lateral.

La geofísica fue de gran ayuda para descubrir y definir este depósito cubierto (oculto). Se realizaron buenas correlaciones de los modelos de resistividad (usando el método TDEM), con los modelos de alteración.

Necesariamente, como todo proyecto de exploración, se realizaron pruebas metalúrgicas de recuperación del oro, obteniéndose buenos resultados.

1. OBJETIVOS Y CONSIDERACIONES GENERALES

1.1 OBJETIVOS

El objetivo del presente trabajo es dar a conocer las características geológicas de un yacimiento epitermal aurífero tipo ácido sulfato, con zonas de alta ley. Este depósito se encuentra cubierto, por lo que se tuvo que usar diversos criterios y técnicas de trabajos exploratorios para su descubrimiento y posterior desarrollo del depósito limitando la mineralización económica, entender y modelar la geología. Fue uno de los proyectos de exploración que ahora se encuentra en su fase de cálculo de recursos por Geología de Mina en el Distrito Minero de Yanacocha.

En este trabajo se desarrollan los siguientes temas:

- Marco geológico regional y distrital tomados de trabajos previos.

- Marco estructural del distrito de trabajos desarrollados anteriormente.

- La posición estratigráfica de Corimayo basados en nuevos trabajos desarrollado por el autor.

- Descripción de minerales y las alteraciones hidrotermales con sus diferentes fases sobre la base de observaciones de sondajes.

- Estudios petrográficos.

- Estudios de difracción de rayos X..

- Estudios de Fluorescencia de rayos X.

- Descripción de las correlaciones del oro con respecto a los elementos Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Bi, As, Sb, Hg, Se, Te.

- Correlaciones de modelos geofísicos con las alteraciones del depósito.

El presente trabajo enfoca en nuevos modelos geológicos y ocurrencias de mineralización, que dan una manera diferente de enmarcar la exploración de yacimientos cubiertos.

En el distrito de Yanacocha cada depósito descubierto tienen características particulares, una forma de ocurrencia y modelo geológico; por consiguiente diferente enfoque de exploración para su descubrimiento y desarrollo del proyecto.

El objetivo final que con lleva todo este trabajo de tesis es obtener el título de Ingeniero Geólogo.

1.2 METODOS DE TRABAJO

La información de la geología regional y distrital proviene de los estudios existentes de la parte Norte del Perú y del distrito de Yanacocha, respectivamente. Corimayo fue un proyecto del área de exploración, por lo tanto toda la información local es el desarrollo del trabajo continuo del autor.

La particularidad de este depósito es que se encuentra cubierto, por las gravas cuaternarias de La Quinua y rocas ricas en cristales con ciertas zonas de débil alteración a arcillas. La información trabajada para realizar las interpretaciones geológicas, modelos de alteración, mineralización (límite del oro económico), modelo de la geoquímica; en gran proporción provienen de la descripción (logueo), observaciones y análisis de los sondajes diamantinos; y muy poco de la parte superficial, debido a la escasez de afloramientos al borde Oeste del depósito. Se describieron y analizaron más de 40 sondajes para construir secciones transversales y longitudinales de la geología, alteración y con los resultados de los análisis de los sondajes se modeló el cuerpo del oro. También se construyó una columna volcano-estratigráfica a escala del depósito y el modelo de la posible evolución del depósito.

Con respecto al trabajo de campo, se realizó un muestreo geoquímico de los afloramientos que se encuentran alrededor Oeste y Suroeste (relativamente alejados) del depósito, también se mapeó dichos afloramientos a una escala de 1:2500.

Los estudios de laboratorio consistieron de varios análisis de petrografía microscópica y microsonda electrónica, en muestras que fueron seleccionadas de sondajes con distintos valores de oro, tipos de alteración y tipos de roca. Así mismo se hicieron análisis de difracción de rayos X para definir minerales con la identificación de su tipo de estructura cristalina. Estudios de fluorescencia de rayos X para definir óxidos y elementos generando el tipo de roca y composición de los minerales. Las pruebas metalúrgicas fueron parte de los análisis de laboratorio para conocer el porcentaje de recuperación del oro, estas pruebas consistieron de análisis de recuperación por cianuración, pruebas de botella y pruebas de recuperación de columna chica.

Además se hicieron análisis por los elementos Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Bi, As, Sb, Hg, Se y Te, de 32 sondajes diamantinos (completamente), para tener un modelo tridimensional de la distribución de los elementos trazas con respecto al oro, y poder aplicarlos en la exploración de otros depósitos cubiertos. También se hicieron correlaciones de los

modelos geológicos y de alteración con modelos de algunos métodos de prospección geofísica, tales como TDEM y CSAMT.

1.3 UBICACIÓN Y ACCESO

El distrito minero de Yanacocha se encuentra al norte del Perú, en el departamento de Cajamarca, provincia de Cajamarca y distrito de La Encañada; aproximadamente 25 km (en línea recta) al NNE del centro de la ciudad de Cajamarca. Siguiendo la carretera hacia Hualgayoc, se encuentra a 48 km, desviándose en el km 32 hacia el Este. Se encuentra en las siguientes coordenadas: latitud $6^{\circ}58'S$ y longitud $78^{\circ}30'E$ (Fig. 01).

Con respecto a la cota del distrito, se tienen dos áreas definidas: la parte Este se encuentra entre 3500 y 4200 m.s.n.m. y la parte Oeste se encuentra entre 3250 y 3800 m.s.n.m.

El depósito aurífero de corimayo se encuentra en la parte central del distrito, el área de La Quínuá, 600m al suroeste del depósito El Tapado.

1.4 CLIMA Y GEOMORFOLOGIA

El distrito minero de Yanacocha se encuentra en la división entre el drenaje de la cuenca Amazónica al Este y el árido desierto costero al Oeste (Fig. 02).

En un promedio de elevación sobre los 4000 m.s.n.m. el clima es frígido llegando a temperaturas menores a $3^{\circ}C$, dando lugar a continuas heladas en la temporada de lluvias. En la temporada seca se tiene intenso sol, fuertes vientos y temperaturas mayores a $20^{\circ}C$.

Las principales unidades geomorfológicas han sido diseñadas por los procesos de erosión, levantamiento y fallamientos debido a la Tectónica Andina, por el volcanismo Cenozoico y por la glaciación Cuaternaria.

Se distinguen las siguientes unidades geomorfológicas:

Superficies de erosión, estarían conformados por todas las cumbres, los cuales se encuentran entre los 3800 y 4150 m.s.n.m. Las más altas corresponden a la "Superficie Puna" pero es probable que correspondan a diferentes superficies de

erosión, relacionadas con el levantamiento de los Andes. En varios casos se puede reconocer remanentes de superficie de erosión como en Cerro Yanacocha, los Cerros Carachugo, Cerro Chaquicocha y San José (Fig. 02).

Las pampas de Pampa Larga (4000 msnm) y Pampa Negra (3600 msnm) corresponden a dos niveles de erosión de la superficie Puna (Mioceno).

El modelaje final del paisaje lo dan superficies de erosión glacial, destacando algunas geoformas semicirculares de circos glaciares erosionados (testigos de ello son muchas estrías labradas en las rocas silíceas). Algunas zonas modeladas por la glaciación son el Cerro Yanacocha y Plateros, Cerro Chaquicocha (Foto N° 01), la quebrada Encajon y las morrenas de La Quinua.

Las quebradas que bordean las superficies de erosión del área de Yanacocha, forman un drenaje juvenil con cañones abruptos y tributarios principales en la dirección NNO y secundarios en la dirección NE-SO ó NO, los cuales aportan sus aguas tanto a la cuenca Pacífica como a la Atlántica.



Foto N° 01 : Superficies de erosión glacial, con estrías. Estas evidencias son del Cerro Chaquicocha.

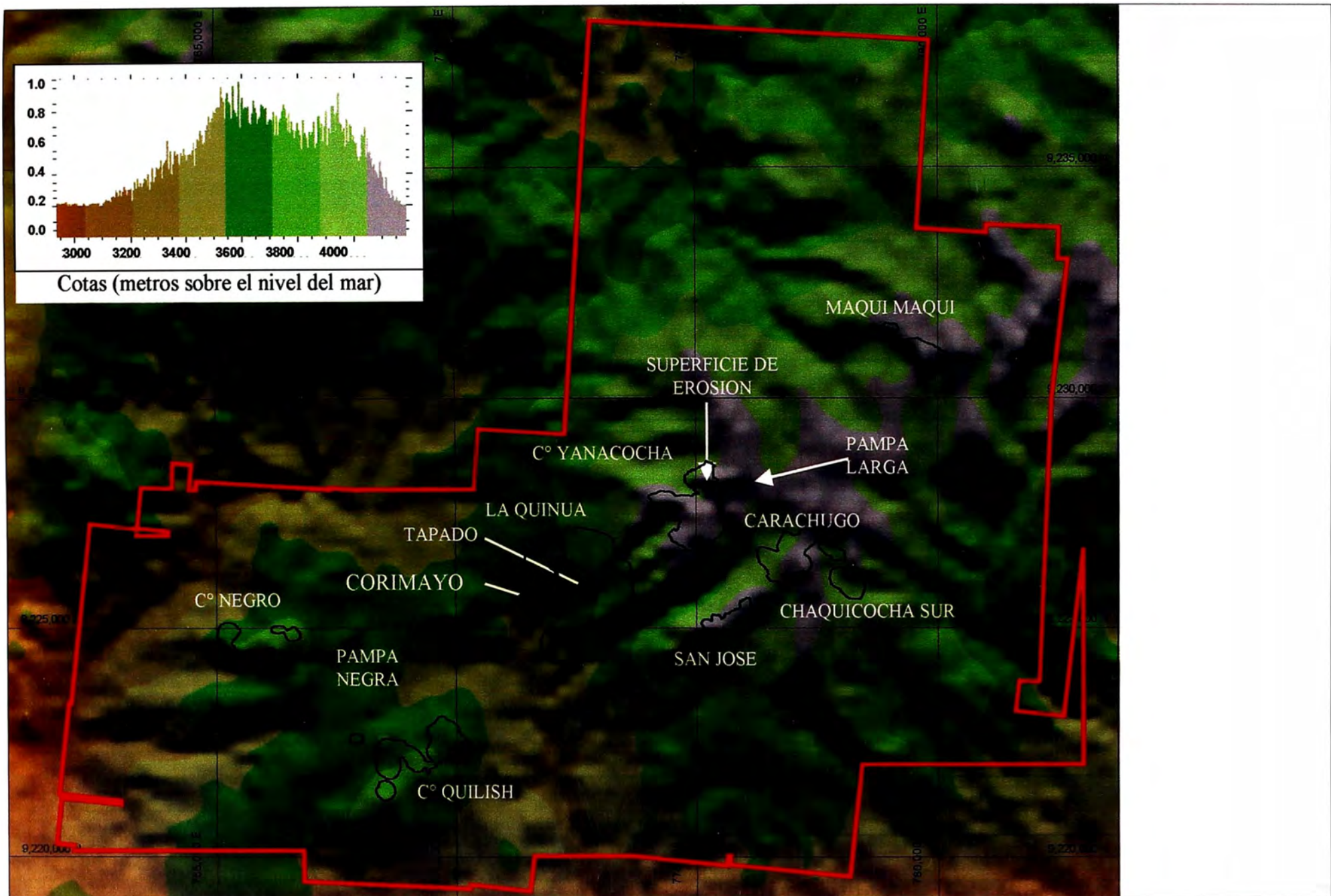


Fig. 02: Imagen de topografía del distrito minero de Yanacocha

1.5 EXPLORACION Y LA HISTORIA MINERA

Período Pre-Inca a Colonial

Las excavaciones realizadas por el Centro de Documentación y Estudios Arqueológicos, han descubierto trabajos casi continuos por miles de años en cuevas de diferentes áreas como el de Maqui Maqui, Cerro Chaquicocha, el área de Río Grande, Pabellon, el Cerro Carachugo. Antiguamente la sílice calcedónica extraída de las cuevas la usaban para construir las puntas de las flechas. En los niveles inferiores de las excavaciones se encontró abundante mercurio nativo, lo que indica que el cinabrio ha sido extraído probablemente por las culturas pre-Caxamarca (100-700 años D.C). La mayoría de los trabajos antiguos en el distrito minero de Yanacocha fueron por cinabrio; tanto la cultura pre-Inca y la Inca, usaban el cinabrio para pintar vasijas de barro y para maquillaje de sus muertos. El método de extracción probablemente ha variado muy poco desde tiempos antiguos; el material con cinabrio diseminado que se extraía manualmente de las cuevas, pasaba por un proceso de selección, molienda, lavado en acequias, y el cinabrio se recuperaba por gravedad. Estos trabajos antiguos se observan alrededor de Río Grande, Pabellón, Carachugo, Cerro Quilish, y Cerro Negro; la mayoría son una combinación de pequeños tajos abiertos y galerías.

Raimondi (1902), describió trabajos de minas abandonadas en Carachugo, durante un viaje al distrito de Hualgayoc, al norte del distrito minero de Yanacocha. Aunque él indica que el minado fue por oro, parece probable que los trabajos inicialmente fueron por cinabrio, el cual es común en rocas lixiviadas en Carachugo Sur. La mayoría del oro en el distrito minero de Yanacocha no es recuperable por gravedad, lo cual limita el potencial para una minería aurífera antigua. También se encontraron trabajos menores en pequeñas zonas de cobre (brocantita), baritina, venas de rejalgar, y en pirita semimasiva. La edad de la mayoría de estos trabajos a pequeña escala, no se conoce. Cerca a los trabajos en brocantita, se encontraron implementos de piedra antiguos, además se han identificado algunos intentos de fundición de cobre sobre el cerro de Carachugo; esto se asocia a la edad de piedra de la Cultura Caxamarca.

Período de Exploración Moderna

- 1968** Nippon Mining Company: 13 sondajes diamantinos para exploración de Pórfido de Cu, en la Quebrada Encajón.
- 1969** La British Geological Survey (BGS): programa de cooperación técnica con el Perú; muestreo sistemático de drenajes para metales bases en el norte del Perú.
- 1973** St Joe Minerals Corp. : TURAM electromagnetismo superficial; 2 taladros diamantinos para metales bases entre Cerro Quilish y Cerro Negro.
- 1981** CEDIMIN, una sucursal de la Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM), denunció el área en 1981 (Quiróz, 1994).
- 1983** Newmont realiza su primera visita al área de Yanacocha.
- 1984** En mayo CEDIMIN firmó un Joint Venture con Newmont y Buenaventura; posteriormente con un programa de mapeo, muestreo de suelos y trincheras, y se identificaron tres anomalías fuertes de plata y valores débiles de oro. (Bowerman, 1995).
- 1985** Las perforaciones dieron como resultado el descubrimiento de un pequeño cuerpo con bajo contenido de plata, 3.13 m con 87 g/t de plata y 0.4 g/t de oro, en un objetivo al norte del depósito de Yanacocha Norte (Bowerman y Pavard, 1994). Además un interesante tramo de 7 m con 9.6 g/t de oro, fue interceptado en un segundo objetivo en Yanacocha Norte (Bowerman y Pavard, 1994). Un sistemático reconocimiento de rocas se realizó desde 1985 hasta 1987, y se identificaron algunas anomalías fuertes de oro.
- 1986** Se perforaron siete sondajes, que dieron como resultado el descubrimiento de los depósitos de Yanacocha Norte y Yanacocha Sur, con tramos de 122 m con 1.36 g/t de oro en el Norte y 297 m con 2.76 g/t de oro en el Sur.
- 1990** Se hacen las perforaciones para la delineación del cuerpo mineralizado de Carachugo; también se hicieron los primeros 8 sondajes en Maqui Maqui Sur, con buenos resultados, y a la vez se pone en marcha los estudios de factibilidad

para comenzar con una planta piloto para lixiviación en pilas; 15000 toneladas de mineral se lixiviaron con una recuperación de 83%.

- 1993** En agosto se inicia la producción de Carachugo, con 82500 onzas de oro producidas en ese año.
- 1997** En 1997 se descubre el depósito de La Quinoa con más de 10 millones de onzas de oro, y además otros dos depósitos: El Tapado y Chaquicocha Sur se descubrieron en 1997-98.
- 1999** En 1999 se descubre el depósito de Corimayo con más de 1.5 millones de onzas de oro a la fecha, un depósito con las mismas características de El Tapado.
- 2000** Se descubre el pequeño depósito de Arnacocha.
- 2001** Desarrollo o inicios de trabajos en sulfuros (zonas de enriquecimiento) y sistemas de Pórfidos.

1.6 PROPIEDAD, PRODUCCION, RECURSOS Y RESERVAS DE YANACOCHA

PROPIEDAD

Minera Yanacocha es un *Joint Venture*, que incluye a Newmont Mining Company (51%), la Compañía de Minas Buenaventura S.A. (44%), y la International Finance Corporation (5%). Newmont es el operador del Joint Venture (Fig. 03).



Fig. 03 Propiedad

PRODUCCION

En la actualidad, Minera Yanacocha S.R.L., es el más grande productor de oro en Latinoamérica con una producción de 1.902 millones de onzas de oro en el 2001 y este año se tiene proyectado producir 2.40 millones de onzas de oro. Las operaciones empezaron en 1993 con la producción de la primera barra de oro (Doré) el 7 de Agosto de 1993. El inicio del minado fue en la mina Carachugo con 82,000 onzas de oro recuperado. La segunda mina fue Maqui Maqui, fue aperturado en 1994. En 1996 y 1997 dos nuevas minas fueron aperturados: San José y Cerro Yanacocha y la combinación de las operaciones de todas estas minas produjeron mas de 1.00 millón de onzas de oro para el año 1997. En 1999 se aperturó la mina Chaquicocha Norte. Para fines del año 2001 se produjo más de 9.00 millones de onzas de oro (Fig. 04). El año 2001 se inició las operaciones en la mina La Quinua, que son las gravas auríferas que se encuentran parcialmente sobre Corimayo.

Año	Carachugo / San José / Chaquicocha N (Moz)	Maqui Maqui (Moz)	C° Yanacocha (Moz)	La Quinua (Moz)	Total (Moz)
1993	0.082	-----	-----	-----	0.082
1994	0.274	0.030	-----	-----	0.304
1995	0.260	0.292	-----	-----	0.552
1996	0.360	0.452	-----	-----	0.812
1997	0.353	0.693	0.007	-----	1.053
1998	0.581	0.647	0.108	-----	1.336
1999	0.909	0.240	0.507	-----	1.656
2000	1.122	0.081	0.592	-----	1.795
2001	0.904	0.038	0.954	0.006	1.902
Total	4.845	2.473	2.168	0.006	9.492

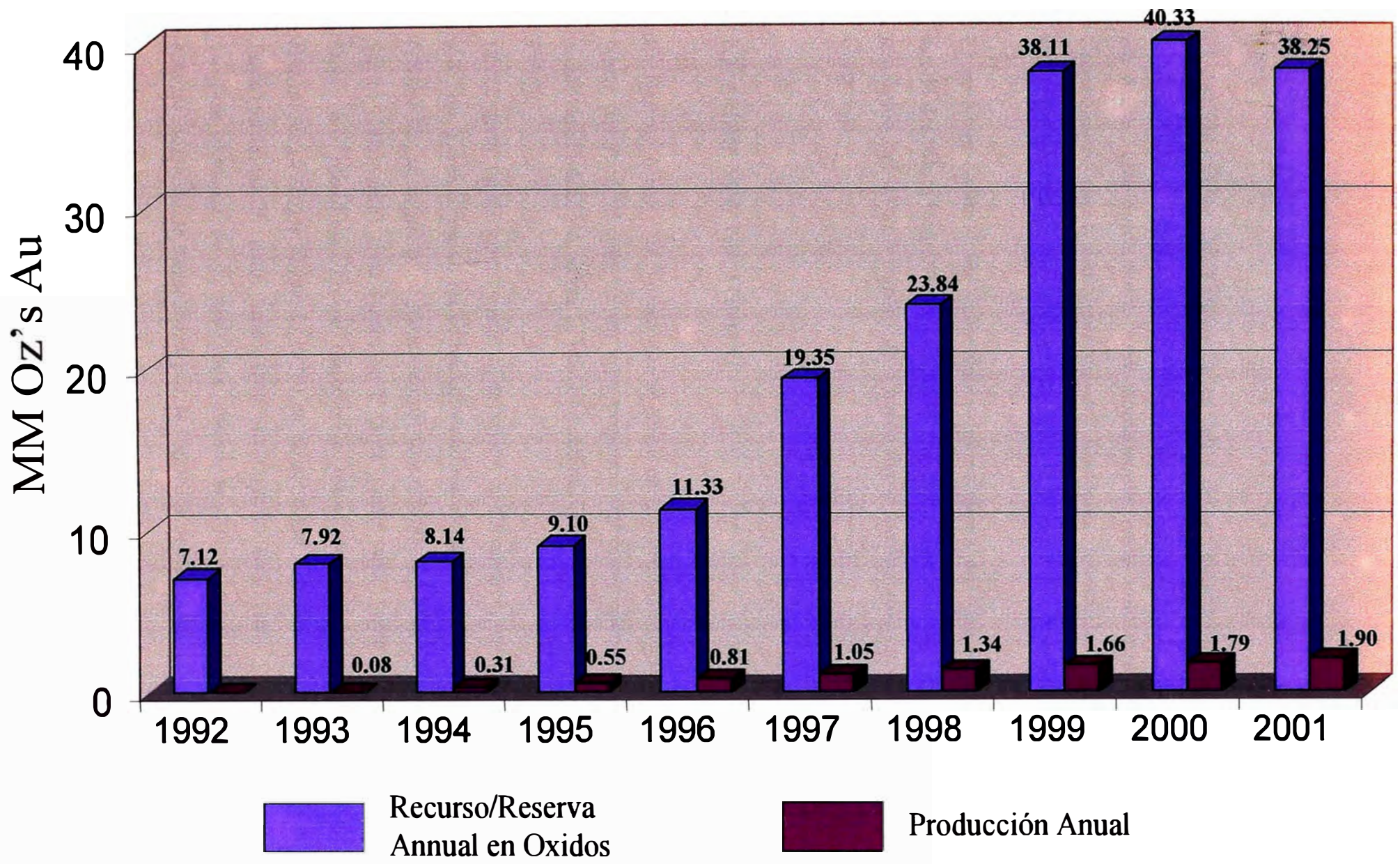
Tabla 01: Producción de los diferentes depósitos del distrito de Yanacocha. Tabla modificado de B. Harvey, 1999 (PACRIM).

RECURSOS Y RESERVAS

El inventario de oro en Yanacocha fue incrementado drásticamente desde que fue anunciada la primera reserva en 1992 de 1.28 millones de onzas de oro. Entre 1996 y 2000 el recurso/reserva fue más que duplicado con la adición de mas reservas en C° Yanacocha y el descubrimiento del depósito de La Quinua en 1997. A fines de 2000 se reportaron 40.33 millones de onzas de reserva/recurso, siendo así él más grande distrito de oro en Latinoamérica (Fig. 04). Casi todo el material de recurso/reserva anunciado se encuentra en óxido, con un pequeño contenido de material mezcla de óxidos y sulfuros o “transicional” en la base de la zona de óxidos, que se ha incluido en las reservas en Yanacocha Sur. El oro que se encuentra en la zona de sulfuros (profundo), no ha sido todavía considerado en la clasificación de recursos/reservas.

Año	Recurso (Moz)	Reserva (Moz)	Total (Moz)
1992	5.846	1.275	7.121
1993	4.136	3.780	7.916
1994	4.174	3.970	8.144
1995	4.193	4.911	9.104
1996	5.219	6.109	11.328
1997	5.464	13.883	19.347
1998	3.211	20.615	23.835
1999	5.250	32.860	38.110
2000	3.770	36.560	40.330
2001	4.137	34.173	38.310

Tabla 02: Registro del incremento en Recursos/Reservas desde el año 1992 hasta el 2000. Tabla modificado de B. Harvey, 1999 (PACRIM).



Producción total desde su inicio +9.6MM Oz Au

Fig. 04: Historia de Recurso/Reserva y Producción de Minera Yanacocha S.R.L.

2. GEOLOGIA REGIONAL

2.1 INTRODUCCION

El distrito minero de Yanacocha es parte de un extenso cinturón de depósitos de minerales (Au, Cu-(Mo) y polimetálicos) que se encuentran a lo largo de la cordillera de los Andes. Geológicamente está asociado con rocas volcánicas e intrusivas de edad Cenozoica y rocas sedimentarias del Cretáceo, los cuales albergan una serie de depósitos polimetálicos, sistemas tipo pórfido Cu-(Mo-Au) y sistemas epitermales.

El presente capítulo fué redactado principalmente en base a trabajos existentes, en donde describen importantes características que tienen relación directa con el ambiente geológico del distrito minero de Yanacocha y localmente con el depósito aurífero de Corimayo.

2.2 AMBIENTE TECTONICO

El Distrito Minero de Yanacocha se ubica en la Cordillera occidental de los Andes del Norte del Perú, dentro de un arco principal volcano-plutónico terciario, asociadas a zonas de subducción entre la placa oceánica Nazca y la placa sudamericana (Sillitoe, 1976).

El accidente tectónico mayor es la deflexión de Cajamarca, ubicada entre los paralelos 7° y 8° Sur. En esta región las estructuras andinas de la Cordillera Occidental de dirección NNO-SSE, se inflexionan para adquirir una orientación Este-Oeste a partir de 7° S (Al SE de Cajamarca). Esta dirección E-O es conservada hacia el oeste hasta 79° O, al Oeste del meridiano no se observa la transición. Según estudios realizados por Benavides (1956) y Megard (1979) en el norte del Perú han determinado tres grandes fases tectónicas: Peruana, Inca y Quechua, cuya evolución es:

La fase Peruana de la tectónica andina se inicia en el Cretáceo Superior (post santoniano), esta se caracteriza por la regresión marina, seguido de un levantamiento general y un suave plegamiento que afecta la serie calcárea Cretácica.

La fase Incaica se desarrolla en el Eoceno superior, esta tectónica de tipo compresiva es considerada como la más importante del ciclo andino por la gran deformación tectónica

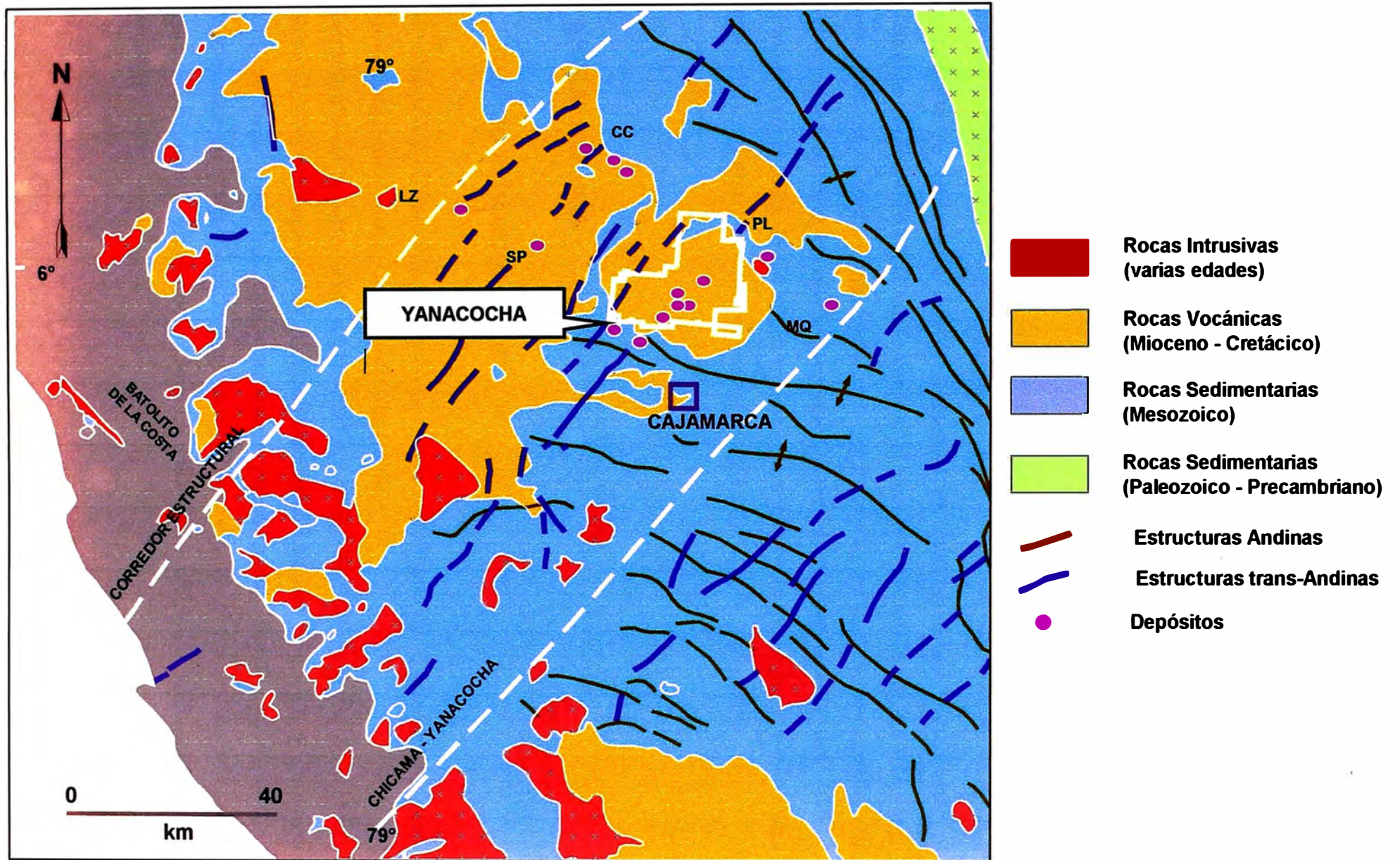


Fig. 05: Corredor Estructural Chicama - Yanacocha

que afecta a toda la serie Cretácica y del Paleo-Eoceno, desarrollando grandes plegamientos y fallamientos que controlaron subsecuentemente las primeras manifestaciones de la actividad intrusiva y volcánica de la región. En este periodo se origina la deflexión de Cajamarca.

c) La fase Quechua de edad Miocénica presenta 4 subfases, este episodio parece prolongarse hasta el Pleistoceno, en este periodo la actividad volcánica e intrusiva tiene gran desarrollo en toda la región de Cajamarca, y concomitantemente se desarrolla la gran actividad hidrotermal y mineralización de Yanacocha y de otros depósitos de la región.

Por otro lado, el corredor estructural SO-NE trasandino Chicama-Yanacocha (Quiroz, 1997) parece desarrollarse inmediatamente después del plegamiento Incaico, esta estructuración se caracteriza por el desarrollo de grandes fallas transversales al lineamiento andino ONO-ESE que controla la sucesión de una serie de fenómenos estructurales, magmáticos e hidrotermales, y que mucho de los yacimientos metálicos de gran volumen se suceden alineados dentro de este corredor estructural (Fig. 05).

La zona de intersección de los dos corredores estructurales mayores fue favorable para el desarrollo de la gran depresión volcano tectónica en el área de Yanacocha.

2.3 ESTRATIGRAFIA

2.3.1 MARCO ESTRATIGRAFICO

La estratigrafía y el ambiente volcánico son parte significativa de la geología regional, donde se encuentra el distrito aurífero de Yanacocha.

La estratigrafía de la parte Oeste de la cordillera en el Norte del Perú fue descrita por Cobbing (1981), pero aunque las rocas sedimentarias han sido muy bien descritas en detalle, las rocas volcánicas Terciarias fueron generalmente divididos en secuencias muy generales de rocas volcánicas terciarias (Tabla 03). Estas secuencias volcánicas sobreyacen en forma discordante sobre un basamento de rocas sedimentarias del Cretáceo (Fig. 06).

2.3.2 SECUENCIAS DEL BASAMENTO CRETACEO

Las rocas volcánicas del Terciario se encuentran sobre una secuencia de las rocas sedimentarias del cretáceo las cuales están estructuralmente deformados y de paleorelieve accidentado; el contacto entre estas dos secuencias es una disconformidad angular y erosional. Estudios estratigráficos detallados (Benavides, 1956), define que las edades de estas rocas sedimentarias son del Cretáceo. Esta secuencia del basamento sedimentario está dominado por la presencia de cuarcitas del Farrat (Ki) evidenciadas en las zonas de la quebrada Tual, Porcon y Huambocancha; en el sector Este y Noreste del distrito el basamento está dominado por calizas, con lutitas y limolitas. Xenolitos de cuarcitas son localizados en los flujos de domos y flujos piroclásticos, los cuales indican la presencia de unidades de cuarcitas debajo de la secuencia volcánica que probablemente pertenecen a la formación Goyllarisquizga del cretáceo inferior.

Secuencias potentes, plegadas y capas falladas de calizas son expuestas al Norte y Noreste de Maqui Maqui (Fig. 05). En algunas partes las calizas son grandes bloques levantados y rodeados por stocks andesíticos de niveles superficiales (Norte de La Quinoa). Dentro de las secuencias de calizas, estrechos diques andesíticos, sills y pequeños stocks intruyeron a lo largo de fracturas extensionales.

Las calizas son extensivamente recristalizados por fuertes efectos termales cerca de contactos intrusivos y menor desarrollo de ensambles tipo skarn. Estas zonas son discontinuas y mejor desarrolladas en capas de calizas limosas y limolitas.

2.3.3 SECUENCIAS VOLCANICAS DEL Terciario

2.3.3.1 Formación Volcánicos Llama

Es la unidad volcánica más antigua del Terciario, está bien expuesta en las proximidades del pueblo de Pampacuyoc, al Norte de Llapa y al Oeste de Yanacocha. Sus características es la estratificación en bancos delgados y sus colores violáceos, abigarrados y amarillentos.

Litológicamente son tufos de cáida, con abundante componente cinerítico, niveles de lapillis y como brechas andesíticas tipo avalanchas. Muestra un leve plegamiento.

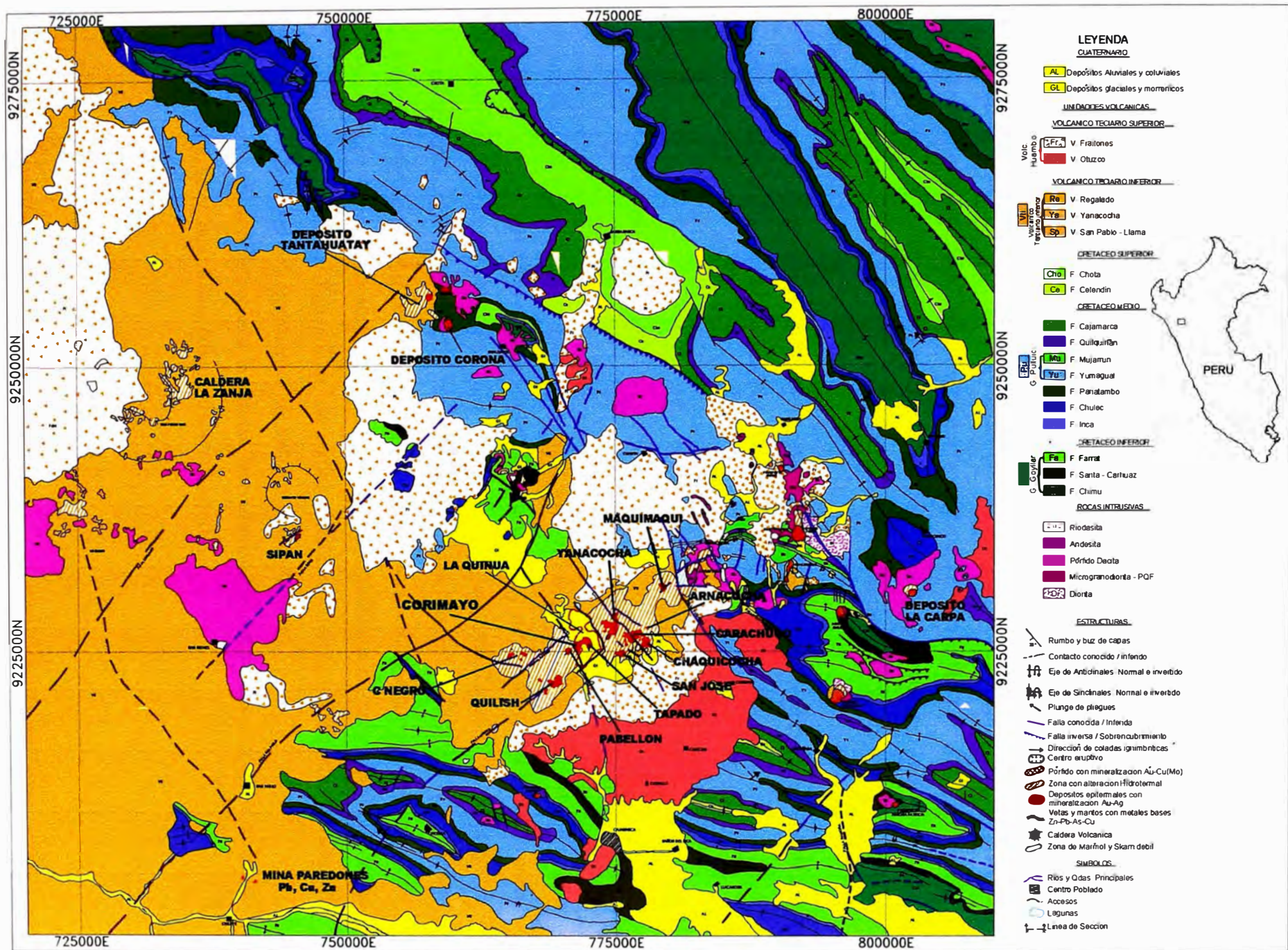


Fig. 06: Plano geológico de la región de Cajamarca

No ha sido posible observar un contacto definido con los volcánicos Porculla, en la región próxima a Yanacocha.

2.3.3.2 Formación Volcánicos Porculla

Aflora en Yanacocha, en algunos sectores al Norte de San Miguel de Pallaques y al Oeste de Hualgayoc. El volcanismo Porculla en esta región es de una alta energía, muy rico en su facie gaseosa y líquida, a decir por la naturaleza de sus depósitos piroclásticos y por la intensa actividad hidrotermal que se registra en toda el área.

Está formado por una potente secuencia de flujo piroclásticos que son más abundantes que los derrames lávicos. La composición de estas secuencias varía desde andesítico hasta dacítico.

Las rocas del Complejo Volcánico Yanacocha (CVY) y los volcánicos Regalados son correlacionados con la formación Porculla (Tabla 03).

2.3.3.3 Volcánicos Huambos

Son depósitos piroclásticos subhorizontales de distribución en bancos potentes de hasta 10 y 15 m, los cuales se han depositados directamente sobre la superficie de erosión Puna del Mioceno. Rellenan los bajorrelieves, las altiplanicies y sobreyacen directamente a los Volcánicos Porculla erosionados, hacia el Este se le encuentra sobreyaciendo a los Volcánicos Llama y en algunos casos a las rocas sedimentarias del Mesozoicos. Un centro volcánico claramente identificable se encuentra en la zona de los Negritos al Norte de Yanacocha, en cuyos alrededores destacan algunos niveles de brechas de bloques con fragmentos de hasta 2 m. de diámetro.

A esta unidad, que representa la última fase importante del volcanismo Cenozoico en Cajamarca, se le asigna una edad Terciario Superior.

ERA	SISTEMA	SERIE		Distrito Yanacocha	Hoja de Cajamarca	Hoja de Chota	Hoja de San Marcos	Hoja de Celendin
CENOZOICO	TERCIARIO	SUPERIOR	GRUPO CALIPUY FORMACION PORCULLA	Formación Huambos	Formación Huambos	Formación Huambos Miembro Frailones Miembro Otuzco	Formación Cajabamba	Formación Huambos
		MEDIO		Volcánicos Regalado	Volcánicos San Pablo	Volcánicos Porculla Volcánicos Regalado Volcánicos Yanacocha	Volcánicos San Pablo	Volcánicos Porculla
		INFERIOR		Complejo Volcánico Yanacocha	Volcánicos Chilete			
				Basamento del Cretáceo	Formación Cajamarca	Formación Chota	Formación Chota	Formación Chota
MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR		Basamento del Cretáceo	Formación Cajamarca	Formación Chota	Formación Chota	Formación Chota

Tabla N° 03 : Correlación estratigráfica del Cretáceo y Terciario, en la región de Cajamarca. Tomado de las hojas geológicas del INGEMMET y de la tesis doctoral de S. Turner 1996.

2.4 METALOGENIA REGIONAL

Los depósitos auríferos del distrito minero de Yanacocha ocurren en una franja mineralizada la cual incluye una variedad de diferentes estilos de mineralización polimetálica (Fig. 07; Tabla 04). Cobbing (1981) consideró este distrito como parte de una provincia metalogenética en una franja definida, extendiéndose desde Cajamarca hasta La Huaca en el Norte.

Depósitos tipo Pórfidos de Cu (Mo, Au) son localizados en Michiquillay, Galeno, La Carpa, Chaihuagon, Perol, Cerro Corona y La Granja. Estos depósitos tipo Pórfidos están alineados en un trend NO el cual se intercepta con el trend NE en Chaihuagon. Hollister y Sirvas (1974) nombraron el corredor NO como la Falla Hualgayoc y determinaron que esta tuvo un desplazamiento de rumbo dextral.

Mantos y tipo veta de Plata y depósitos polimetálicos extensamente trabajados en el distrito de Hualgayoc con un registro de producción de 48 millones de onzas de Ag (Vidal y Cabos, 1983). Este mismo distrito hospeda el Pórfido de Cerro Corona.

Pequeños depósitos tipo Skarn son notados en la cercanía de stocks granodioríticos y dacíticos, como San Cirilo, Aurora Patricia y al Noreste del depósito Maqui Maqui.

Actualmente hay suficiente información de dataciones de Pórfidos y rocas volcánicas en la parte Norte del Perú para demostrar que ciertas épocas metalogenéticas están cercanamente relacionadas para identificar periodos orogénicos y asociarlos a la actividad magmática. Soler y Bonhomme (1988) y McKee y Noble (1989) notaron la favorabilidad de periodos de tiempo particulares para la formación de mineralización polimetálica. Cardozo y Cedillo (1990) indicaron que los pulsos magmáticos de 15 a 5 Ma, son asociados con las fases deformacionales de la tectónica Quechua, y es la más impresionante época metalogenética en el Perú.

Con los datos de dataciones existentes, se puede indicar que los emplazamientos y formación de los depósitos tipo Pórfidos de Cu-Au (Mo) fueron relativamente más antiguos a la formación de los depósitos epitermales como Yanacocha.

Nombre del Depósito	Tipo de Mineralización	Tonelaje / Ley	Fuente
Michiquillay	Pórfido Cu (Mo)	570 Mt 0.72 % Cu	1
Galeno	Pórfido Cu (Au-Mo)	486 Mt 0.57 % Cu, 0.14 g/t Au	2
La Carpa	Pórfido Cu (Au)		
Chailhaugon	Pórfido Au-Cu	75 Mt 0.94 g/t Au, 0.30 % Cu	3
Perol	Pórfido Au-Cu	162 Mt 0.92 g/t Au, 0.34% Cu	3
C° Corona	Pórfido Cu (Au)	3.00 Moz, 1 billon lbs Cu	4
La Granja	Pórfido Cu (Mo)		
Hualgayoc / Tantahuatay	Manto-Tipo Veta Ag Cu-Pb-Zn (Au)	48 Moz Ag producido	5,6
San Cirilo	Vetas de Cu-Pb-Zn-Ag		
Distrito de Yanacocha	Alta Sulfuración	reser. 34.17 Moz 1.0 g/t Au Ox recur. 4.14 Moz 0.68 g/t Au Ox Producido >9.00 Moz Au	7
La Zanja	Alta Sulfuración	38.76 Mt 0.64 g/t Au Ox+Sul	8
Sipan	Alta Sulfuración	11.8 Mt 1.89g/t Au Ox	9
Tantahuatay	Alta Sulfuración	52 Mt 0.80 g/t Au Ox 350 Mt 0.3 g/t Au, 0.85% Cu Sul	8
San Nicolas Sinchao	Alta Sulfuración	6.2 Mt 3.37 g/t Au Sul.	10

Fuente : 1- Perú Minero, 1995; 2-Córdova y Hoyos, 2000; 3-Llosa y Veliz, 2000; 4-Dow Jones News, 1994; 5-Vidal y Cabos, 1983; 6-Macfarlane y Petersen, 1990; 7-Newmont 2000 / 2001 Reporte Anual; 8-Buenaventura 1997 Reporte Anual; 9-Aramburu, 1998; 10-El Misti Gold prensa libre.

Tabla 04 Lista de todos los tipos de depósitos que se encuentran en al parte de Cajamarca.

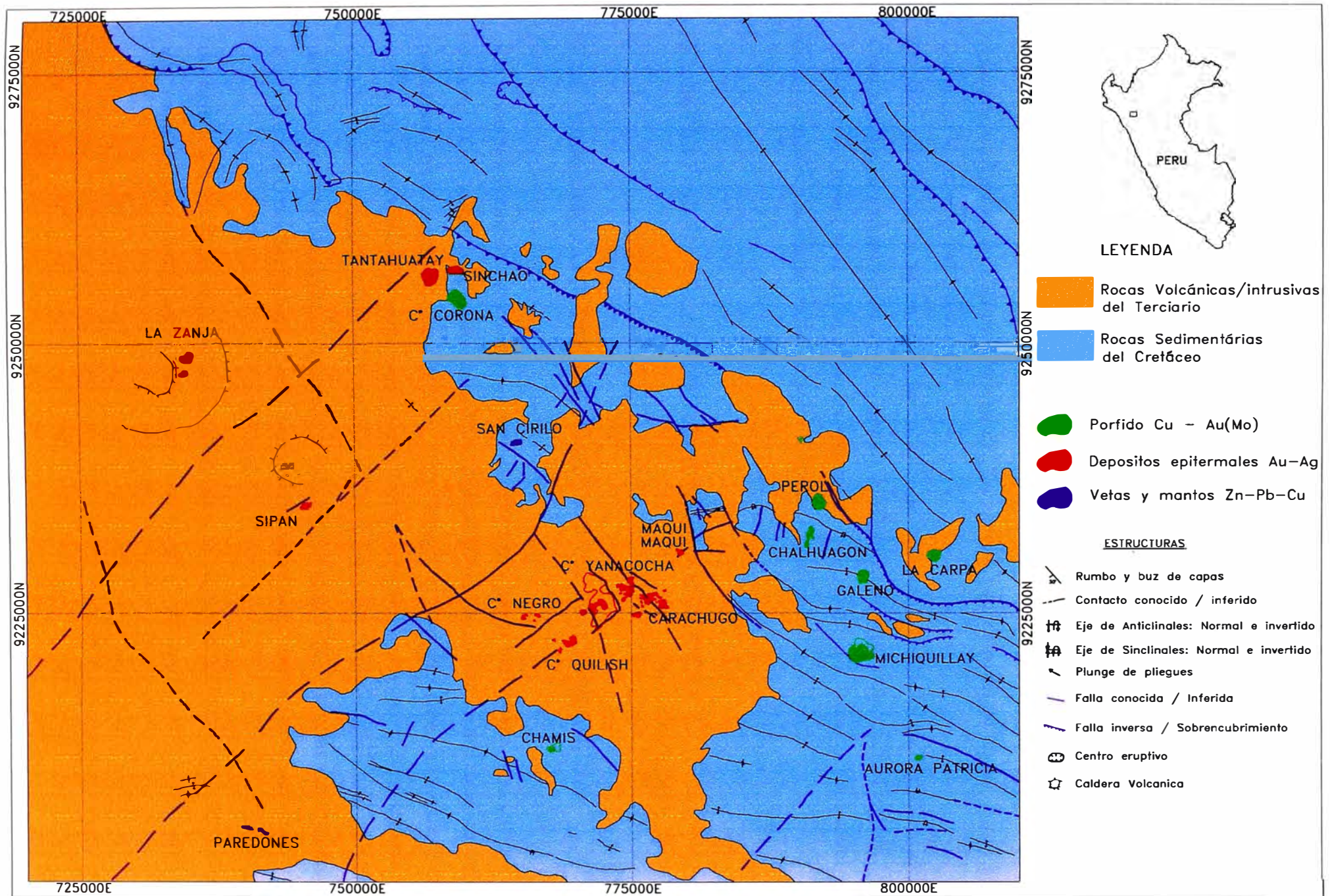


Fig. 07: Geología generalizada y la ubicación de los diferentes tipos de ocurrencia mineralizada en la región de Cajamarca

3. GEOLOGIA DEL DISTRITO MINERO YANACOCCHA

3.1 INTRODUCCION

Esta parte va enfocar la descripción de las rocas volcánicas del distrito Yanacocha, basandose en el estudio realizado por Steve Turner (Tesis doctoral, 1997), publicaciones de Andrés Quiroz (1994), Bruce Harvey (1999), Tony Longo (1999) y Lewis Teal (2001). Las unidades litológicas del distrito minero de Yanacocha han sido denominadas como el Complejo Volcánico Yanacocha (CVY).

La parte geológica, se va tratar en forma muy general sobre las rocas sedimentarias del Cretáceo que se encuentran al borde y dentro del Distrito Minero Yanacocha. También se va a tratar en forma general las unidades volcánicas Pre-Complejo Volcánico Yanacocha y de las unidades volcánicas post-Complejo Volcánico Yanacocha.

3.2 ESTRATIGRAFIA DEL DISTRITO MINERO YANACOCCHA

3.2.1 ESTRATIGRAFIA PRE-COMPLEJO VOLCANICO YANACOCCHA

Las principales unidades sedimentarias son las calizas del grupo Pulluycana y las cuarcitas del grupo Goyllarisquisga del cretáceo. En el distrito afloran rocas sedimentarias dominado por calizas, en el Norte, Noreste y Este de Maqui Maqui, al Norte del área La Quinoa. Esta calizas en algunos casos se encuentran recristalizados (marmolizados) por efectos termales, debido a su cercanía a intrusivos. Muchas veces estas rocas sedimentarias son grandes techos colgantes del basamento levantado y rodeado por intrusivos de niveles superficiales. Hacia la parte Oeste del distrito afloran las rocas sedimentarias dominadas por cuarcitas.

Sobreyaciendo las rocas sedimentarias del cretáceo se encuentra la formación Llama con una marcada disconformidad angular entre estas rocas (Cobbing, 1981). Los volcánicos

Llama son el equivalente de los volcánicos Tembladera el cual Reyes (1980), describió como una brecha andesítica tipo avalancha y tufos con intercalación de areniscas tufáceas y limolitas. Noble (1990), definió a los volcánicos Llama como una secuencia de flujos tufáceos de cenizas riolíticas y rocas volcánicas dacíticas. Descripciones de la unidad volcánica basal del Norte del Perú, y observaciones del Distrito Minero Yanacocha y Cajamarca, indican que hay varias secuencias de rocas volcánicas, probablemente de diferentes centros volcánicos, los cuales son agrupados como los volcánicos Llama. Este problema es causado por la definición de los volcánicos Llama como una unidad litológica regional, mas que como facies volcánicos relacionados a diferentes centros volcánicos.

3.2.2 COMPLEJO VOLCANICO YANACOCCHA (CVY)

El CVY, litológicamente comprende de múltiples episodios volcánicos, magmáticos e hidrotermales y en algunos casos esta intensamente alterado (obliterado), haciendo que la identificación del tipo de roca original sea más difícil.

Toda la columna volcánica parece tener dos secuencias muy características (inferior y superior), cada una con fuerte implicancia (positiva y/o negativa) para el emplazamiento de la mineralización aurífera (control litológico).

En la secuencia inferior del CVY, el tipo de roca dominante es un feldespatos porfirítico andesítico a dacítico, los cuales ocurren como flujos de lavas, domos, flujos de colapso de domo; así mismo, en menor proporción hay secuencias piroclásticas (Fig. 08). Volumétricamente el feldespatos porfirítico es la roca más abundante en el distrito, sin embargo, esta no es la roca huésped favorable para el emplazamiento de la mineralización de oro.

La secuencia superior del CVY está compuesta por extensos depósitos de rocas piroclásticas con fragmentos previamente alterados y rocas de brechas freáticas los cuales son los mejores huéspedes para la mineralización de oro (Fig. 08). Las rocas piroclásticas son andesíticas a dacíticas con feldespatos (plagioclasas) y menos cristales de cuarzo en la matriz. Las texturas de fiammes están localmente preservados y los tufos son pobremente soldados. Estas unidades varían desde tufos de cristales con líticos a brechas piroclásticas y

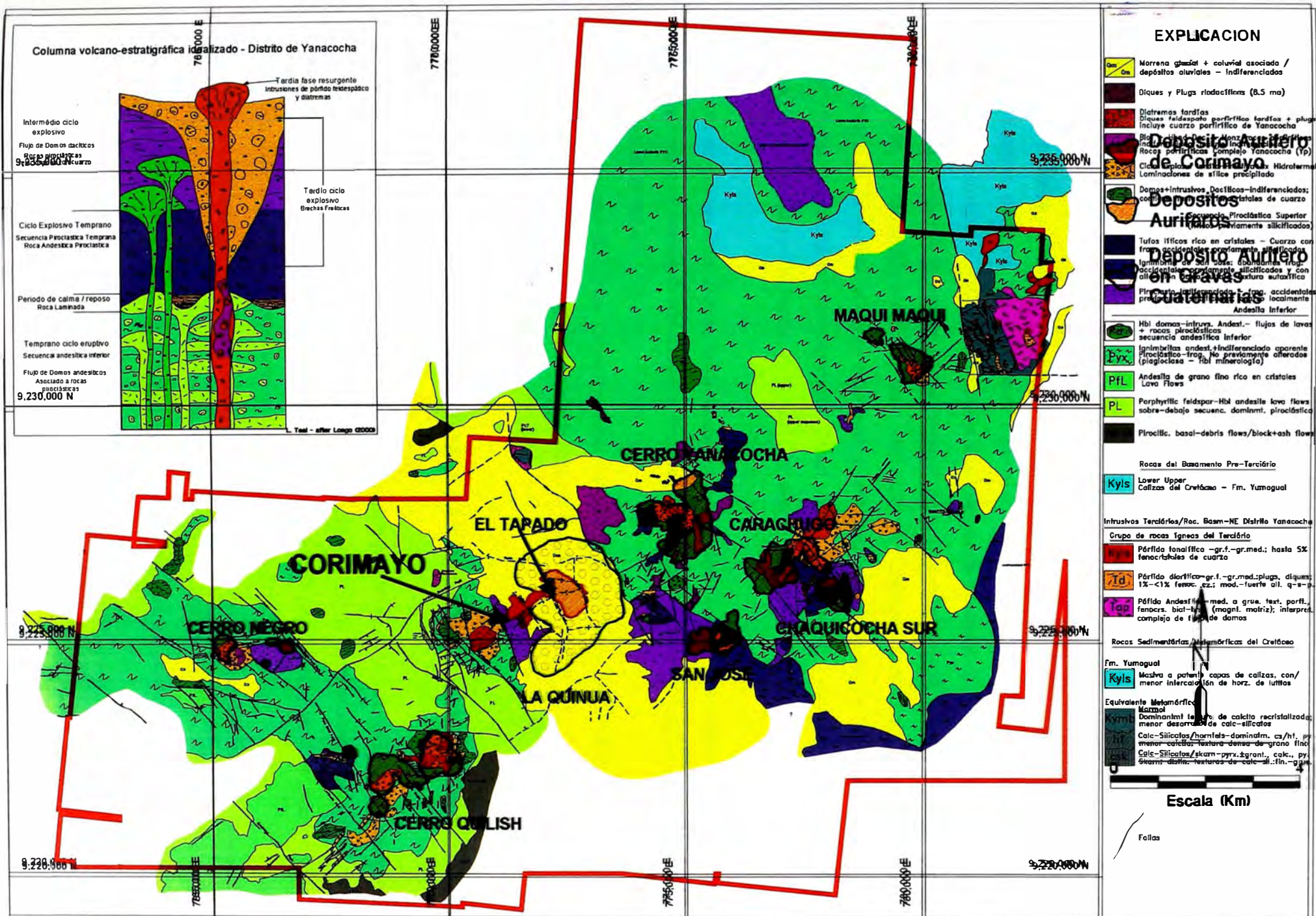


Fig. 08: Plano litológico del distrito minero de Yanacocha

forman capas sub-horizontales hasta >150 m. de espesor. Toda la secuencia tiene al menos 1000 m. de espesor y fue bien datada en 11.8 a 12.5 Ma (S. Tumer, 1997).

Los depósitos freáticos están compuestos de hasta 50% de fragmentos en una matriz fina de polvo de roca. Los fragmentos están alterados a sílice masiva (denso) y sílice vuggy, los cuales son las alteraciones mas comunes. Estas rocas son encontradas en espesores acumulados hasta mas de 300 m. con una limitada extensión de área.

Las diatremas ocurren como brechas heterolíticas, matriz soportado que tienen formas verticales, geometría circular a elongados desde algunos décimos de metros hasta 500 m de ancho. Texturalmente tienen una característica de mayor presencia de clastos de feldespatos porfiríticos y también contiene una variedad de clastos alterados, la presencia de feldespatos en la matriz, a veces esta matriz está formada de material fino como polvo de roca. Estas estructuras de diatrema están bien identificados en Cerro Yanacocha, Carachugo, Chaquicocha Norte, Pabellon, Tapado y Corimayo (Fig. 08).

También se encuentran diques tardíos andesíticos a dacíticos de posición subvertical, con dimensiones que varían desde metro a decenas de metros de ancho y longitudes de decenas a centenas de metros.

El emplazamiento de todo estos eventos magmáticos fueron controlados por patrones estructurales distritales y regionales, como los corredores NE y NO.

3.2.3 ESTRATIGRAFIA POST-COMPLEJO VOLCANICO YANACOCHA

Las rocas del Volcánico Regalado fueron mapeados por Reyes (1980) en la hoja geológica de San Marcos (1:100,000). Hay una secuencia de lavas andesíticas con horblenda débilmente alterados, localmente con cuarzo, piroclástico proximal, y menos granos finos, tufos estratificados. Están comúnmente en las periferias del CVY.

Aunque el Volcánico Regalado claramente sobreyace disconformemente los flujos de domos y flujos piroclásticos débilmente alterados en muchas localidades, esto esta incluido como la parte superior de la formación Porculla por que está espacialmente muy cerca y en relación temporal con el Complejo Volcánico Yanacocha.

Los flujos característicamente exhiben fuertes texturas fluidales, con fina laminación a bandas de flujos gruesos.

Sobreyaciendo a los volcánicos Regalado se tiene a la secuencia de rocas de la formación Huambos. En armonía con la terminología local, la formación Huambos en el área de Cajamarca comprende al menos dos secuencias distintas, los miembros Frailones y Otuzco, correspondiendo a dos diferentes centros eruptivos, Norte y Sur del CVY, respectivamente. Generalmente la formación Huambos está compuesto por tufos como flujos de cenizas con una composición que varía desde Andesítico (miembro Otuzco) a dacítico (miembro Frailones).

Depósitos glaciales y aluviales formados por el retrabajo de tills son encontrados cubriendo los bajos topográficos alrededor del bloque Este y Oeste del distrito. Evidencias de glaciación como estrías glaciales, geomorfología glacial como valles en U, circos y morrenas son comunes en el bloque Este, pero no hay indicaciones de actividades glaciales en el área Oeste. En los depósitos glaciales/aluviales los espesores varían desde unos pocos metros hasta más que 250 m. de potencia, como en el caso de La Quinua. Esta secuencia consiste en gravas inconsolidadas con tamaños que varían desde escombros de grandes bloques hasta arena en una matriz de arcilla, limo hasta lodolitas. En la Quinua, también, existen horizontes de gravas ricos en fierro, ferricretas, los cuales son encontrados dentro de la secuencia aluvial.

3.3 DESCRIPCION ESTRUCTURAL DEL DISTRITO MINERO YANACOCCHA

Los lineamientos estructurales NE son corredores estructurales transversales a la dirección andina, no son fenómenos aislados y obedecen a una tectónica que afecta prácticamente a todo el arco volcánico terciario. La característica más importante de estos corredores es que existen fallas transandinas y deflexiones en los ejes de plegamiento que indican un movimiento transcurrente de los bloques fallados del basamento (A. Quiroz, 1996). Estas fallas NE estarían generando zonas de debilidad por la que circularían los magmas en ascenso, controlando de esta manera el volcanismo y la actividad hidrotermal subsecuente.

En el Distrito Minero Yanacocha, las evidencias de campo son muy sutiles, para identificarlos, debido a que fueron sobreimpuestos y/o borrados por eventos volcánicos e hidrotermales posteriores, pero hay otras evidencias, como las ocurrencias de mineralización (depósitos) que se encuentran alineados en la dirección SO-NE (Fig. 09), y mayormente en las intersecciones con los corredores SE-NO. Los centros de alteración tipo ácido sulfato tienen la misma orientación NE. Otra evidencia de dicho lineamiento regional y distrital NE, son las direcciones de las anomalías aeromagnéticas (Fig. 74) de moderados a altos, los cuales se alinean y elongan en ese rumbo. Es posible que estos sistemas de fallas NE, han tenido varias reactivaciones en el tiempo (movimientos pre, intra y post mineralización).

Las estructuras más fáciles de identificar y mapearlos en el campo son las fallas con rumbo NO (en muchos casos es post mineral), que en algunos casos generan horst y grabens (Fig. 10), exponiendo zonas mineralizadas a cotas superiores a los 4200 m.s.n.m. y en otros han deprimido zonas formando cuencas donde se han depositado derrames andesíticos frescos y acumulaciones glaciales - aluviales de grandes dimensiones, que están cubriendo algunos depósitos como Corimayo y El Tapado. Las fallas de La Quinoa, Baul (Foto N° 02) y Plateros son las estructuras NO más evidentes del distrito. Los lineamientos estructurales NO cuando están formando intersecciones con los NE, también controlado la ubicación de los depósitos Chaquicocha y Maqui Maqui.

El sistema de estructura con dirección E-O, en la parte central del distrito está evidenciada por juntas sistemáticas (paralelas y continuas), juego de venillas silicificadas, delgadas brechas hidrotermales, todos estos demuestran patrones de estructuras extensionales. También están evidenciados como fallas que controlan la mineralización como en los depósitos de Cerro Negro y parte de Cerro Quilish que se encuentran alineados a lo largo de zonas estructurales E-O.

Los patrones estructurales NS son predominantemente reflejados como grandes masas de silicificación a lo largo de estos lineamientos.

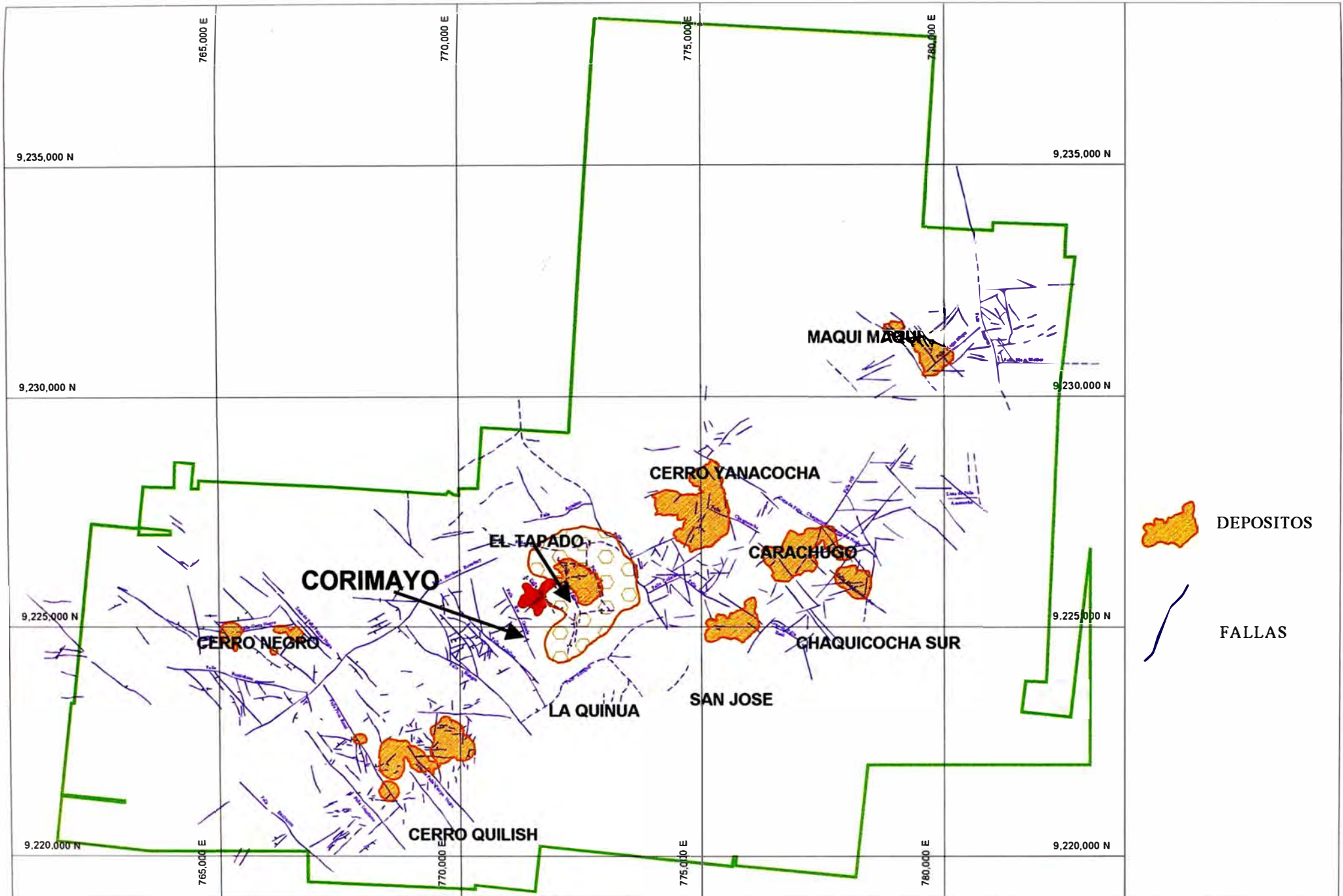
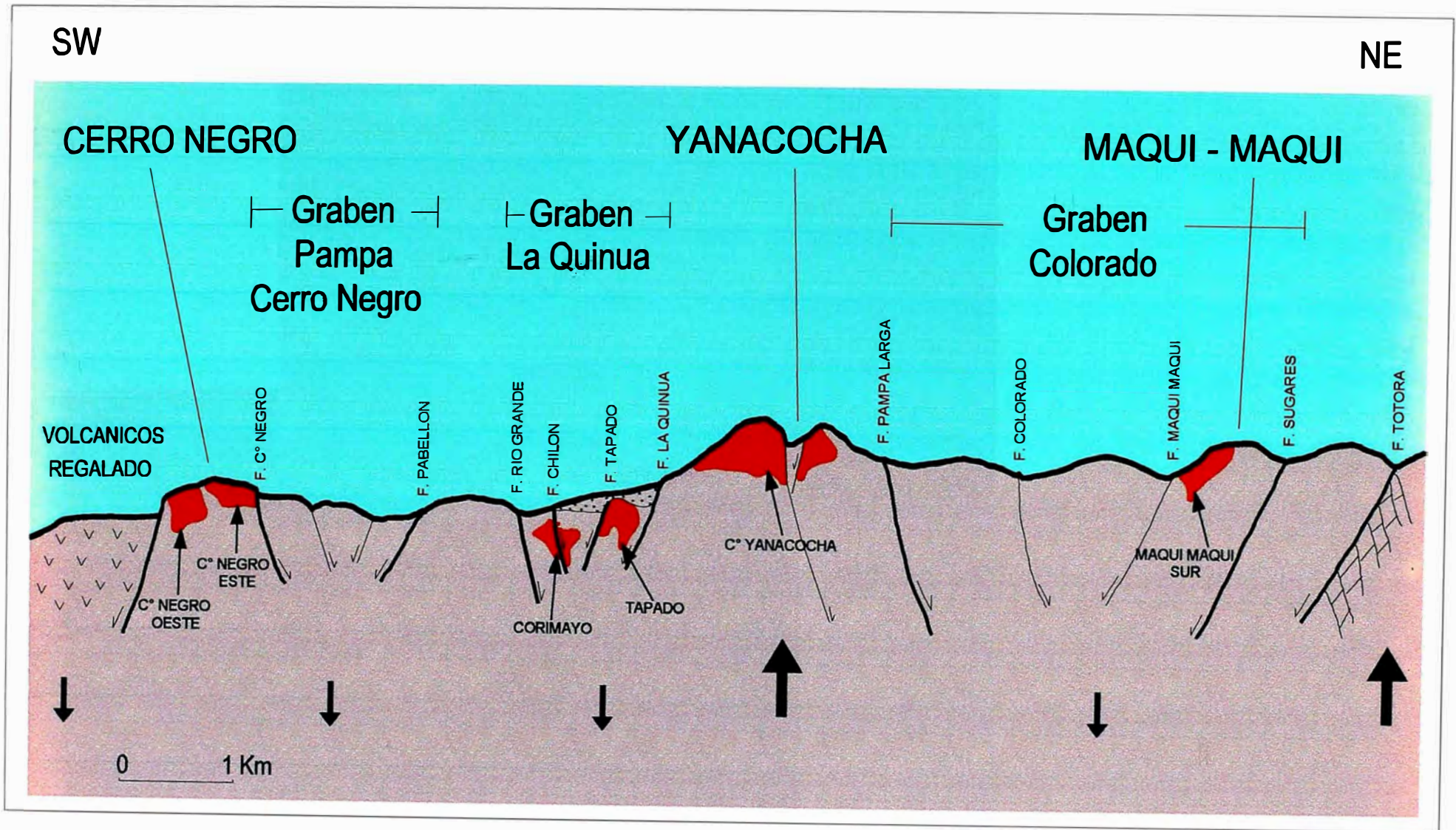


Fig. 09: Plano de Estructuras del distrito minero de Yanacocha



 Depósitos Auríferos

Fig. 10: Modelo estructural



Foto N° 02: La Falla Baul,
tipo normal, con mas de 4 m. de
espesor de zona de falla.

3.4 ALTERACIONES EN EL DISTRITO MINERO YANACOCCHA

El Distrito Minero Yanacocha abarca un enorme sistema de alteración que es extensiva, pervasiva y los límites del distrito están definidos por la extensión de las rocas alteradas. La alteración típica es de un sistema ácido-sulfato (alta sulfuración). La alteración es intensa y en todo el distrito se ha podido identificar varios centros de alteración hidrotermal (Fig. 11). Existe un patrón zonal cerca de cada centro, con sílice porosa y sílice masiva en la parte central, que gradúa alejándose del centro, a argílico avanzado (con ensamble sílice-alunita±pirofilita), argílico (caolinita, montmorillonita), y propilítica. Volumétricamente el tipo de alteración más abundante es arcilla, pero la alteración silíceo es la más importante debido a que + 90% de la mineralización de oro se encuentra dentro de esta alteración. Se han determinado edades de 10.9 a 11.46 millones de años para el evento de alteración (dataciones en alunitas), indicando un corto lapso de tiempo para la evolución volcánica e hidrotermal del distrito (Turner, 1997)

ALTERACION SILICEA

Grandes volúmenes de roca silíceo están presentes en el distrito minero de Yanacocha y a diferencia de muchos sistemas de alteración tipo ácido-sulfato la sílice no está limitada a estructuras pequeñas, pero sí en forma de grandes masas continuas, esencialmente montañas de sílice. Sílice de diferentes hábitos y ensambles, a modo práctico consideramos: sílice granular, sílice porosa (sílice vuggy), sílice masiva y sílice brechada con óxidos de hierro.

ARGILICO AVANZADO (Sílice Alunita, Sílice Pirofilita, Sílice Caolín)

La alunita ocurre en varias formas y en diferentes lugares dentro del sistema. Los tipos son: alunita como un zonamiento hacia los márgenes del centro más silíceo, alunita como matriz en brechas hidrotermales, alunita fina blanquecina en venillas, cristales blancos en cuerpos

profundos de sílice-pirita dentro del sistema, alunita fina cristalizada, alunita relleno de fracturas.

La pirofilita es una alteración predominante, se encuentra como una alteración marginal a la sílice y está localmente desarrollada en la base del sistema de alteración, debido a que es un mineral estable a alta temperatura. Ocurre con alunita y/o caolinita, gradando hacia los márgenes con ensambles de: pirofilita+alunita; pirofilita+alunita+caolinita; pirofilita+caolinita. Las zonas de alunita, gradan a sílice caolinita con poco contenido de sílice illita±alunita, sílice pirofilita, óxido de hierro y pirita, en dirección a los márgenes del sistema.

ARGILICO (MONTMORILLONITA)

Los márgenes del sistema se caracterizan por tener este tipo de alteración. Ocurre como una zonación hacia los márgenes del sistema y debajo de la zona de alunita, pirofilita o caolinita, o como un contacto abrupto en los márgenes o debajo de zonas silíceas.

PROPILITICO

La zona de arcilla grada, hacia los márgenes del sistema, a alteración propilítica. Las rocas con esta alteración frecuentemente tienen un color verde y están compuestas de sílice con débil clorita, epidota, montmorillonita, illita±pirita y calcita. La alteración propilítica es más común a los bordes de los sistemas de alteración debido a los efectos supérgenos extensos cerca a la superficie.

FRECUENCIA Y ABUNDANCIA DE MINERALES EN DEPOSITOS EPITERMALES TIPO ACIDO SULFATO

	Mena	Ganga
Esencial	Enargita-Luzonita (+/-)	Cuarzo (a) Pirita (a)
Comun	Oro nativo (mp) Teleruros (mp) Covelita (m) Tenantita (+/-) Calcopirita (m) Esfalerita (+/-) Galena (+/-)	Barita (m) Alunita (+/-) Caolinita (m) Pirofilita (+/-) Diáspora (mp) Illita (m)
No comun o raro	Electrum (mp) Selenuros (mp) Pirargirita (mp) Arsenopirita (mp) Cinabrio (mp) Estibnita (mp)	Calcedonia (m) Esmectita (m)
Ausentes excepto como sobreimposición		Calcita Adularia

Tabla N° 5: Tomado del artículo “Yacimientos epitermales de oro: tipos de mineralización, características y exploración” por Hedenquist J., Izawa E., Arribas A. y White N. Abundante: a, menor: m, muy poco: mp, variable: +/-.

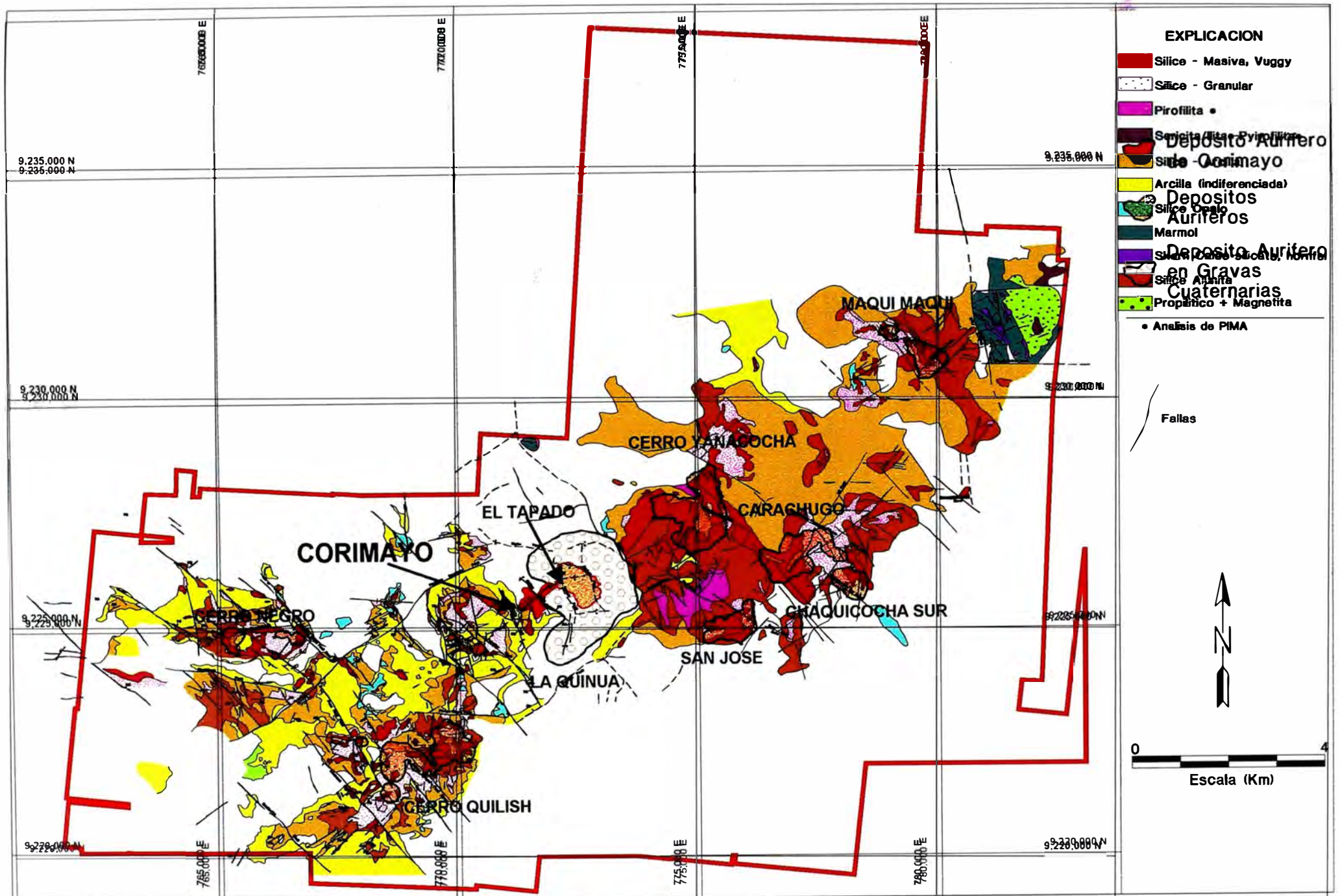


Fig. 11: Plano de alteraciones en el distrito minero de Yanacocha

3.5 MINERALIZACION EN EL DISTRITO MINERO YANACOCCHA

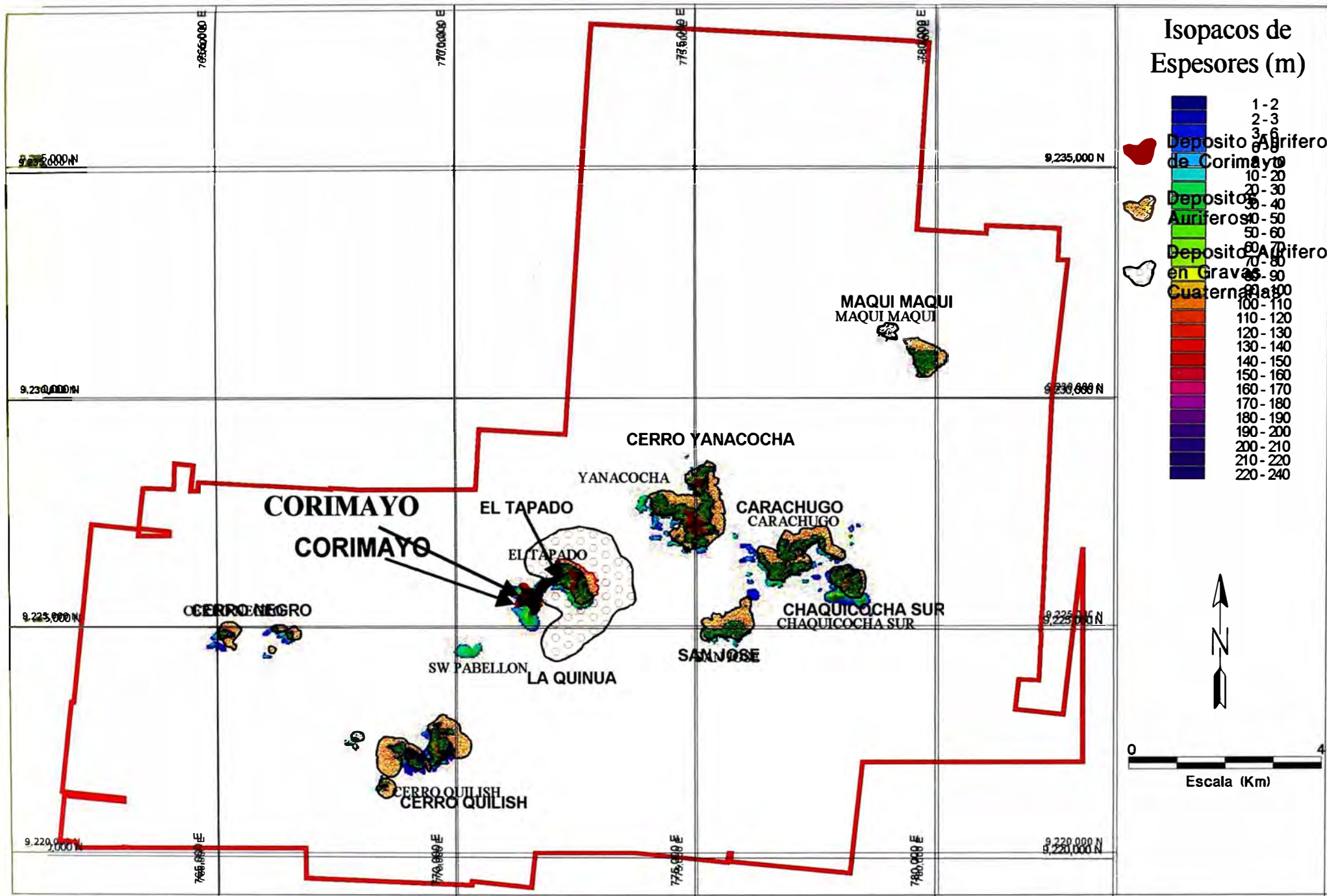
Varios centros de mineralización se identificaron en los afloramientos, y de ellos algunos contienen más de un millón de onzas de oro (Fig. 12). El Complejo Cerro Yanacocha que es el sistema más grande, tiene un recurso/reserva de 14.01 millones de onzas. También se tiene un depósito de oro en gravas que es La Quinoa el cual contiene 10 millones de onzas de oro.

La mineralización está diseminada y el promedio de ley para los depósitos varía desde 0.8 a 1.6 g/t. Las concentraciones más altas ocurren en sílice vuggy, sílice masiva, sílice brechada con óxidos de hierro, en fracturas rellenas con óxidos con baritina y jarosita, en sílice granular lixiviada y en zonas de sulfuros con pirita, sulfuros de cobre y venillas de cuarzo. El enriquecimiento con oro se extiende más allá de los límites del depósito definido por la ley de corte de 0.35 g/t

Definitivamente las concentraciones del oro tienen una gran “relación con la alteración” y también “relación con el tipo de roca”.

3.5.1 Relación del oro con la Alteración

La sílice es la alteración huésped para la mineralización de oro más frecuente y casi el 80% del inventario de oro está en sílice. Todos los tipos de sílice excepto la sílice opalina, tienen concentraciones de leyes de oro. La sílice porosa, sílice masiva y sílice brechada con óxidos de hierro, son las que comúnmente forman los cuerpos mineralizados. La sílice masiva es bastante densa y pobremente mineralizada; sin embargo si ocurre un intenso fracturamiento después de la silicificación y antes del evento aurífero, esta condición se convierte en una excelente receptora de la mineralización. La alteración sílice vuggy, es la zona más permeable y el mejor huésped para la mineralización de oro; Yanacocha es conocida por la sílice vuggy mineralizada. La sílice granular que típicamente forma un sombrero estéril, pero hay depósitos como San José y Carachugo que la mineralización se encuentra en esta alteración.



12: Plano de contornos de los isopacos de espesores mayores a 1 g/t Au

Aunque la mayoría de la mineralización se encuentra en sílice, también hay cantidades significativas de oro la alteración de sílice alunita. Las zonas de sílice-arcilla (caolinita) y arcilla (montmorillonita) contienen valores de oro geoquímicamente anómalos; la alteración propilítica es estéril.

3.5.2 Relación con el tipo de Roca

La mineralización aurífera frecuente se encuentra hospedado en rocas piroclásticas y unidades de brechas. Estas rocas con buena permeabilidad y porosidad fueron más receptivas para los fluidos hidrotermales que las rocas de feldespatos porfiríticas (flujos de lavas y domos) poco permeables. Esto se evidencia en San José donde el cuerpo mineralizado está desarrollado en rocas piroclásticas inmediatamente encima del contacto con rocas de feldespatos porfiríticas de domo.

Las diatremas generalmente están alteradas a arcilla, son estériles y se emplazaron en una etapa posterior al evento silíceo y al principal evento aurífero.

Los diques posteriores a los eventos de silicificación son estériles en oro, generalmente están alterados a arcilla, y cortan a zonas silicificadas con oro.

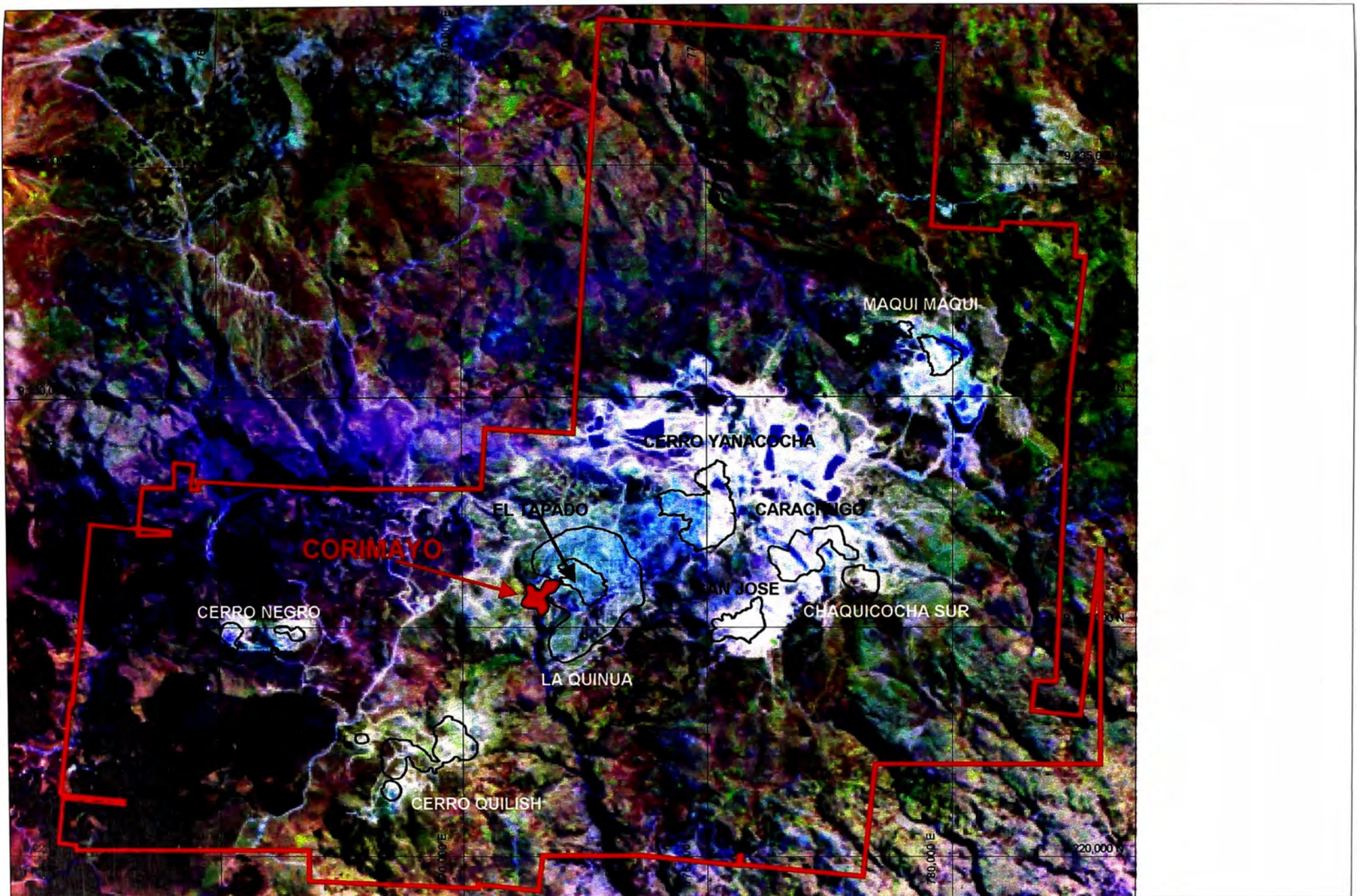


Fig. 13: Imagen Lansat (5 - 7 - 1) del distrito minero de Yanacocha con ubicación de los depósitos

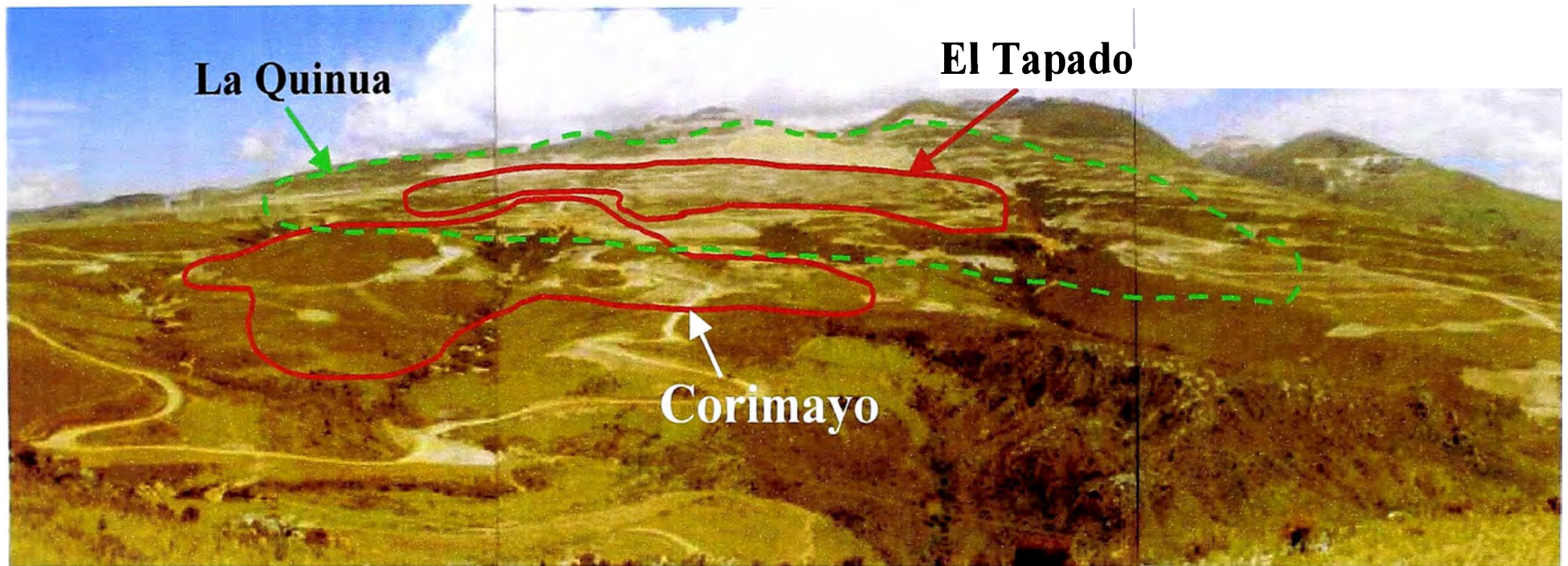


Foto N° 03: Vista panorámica (mirando hacia el NE), del depósito en gravas cuaternarias de La Quinua. Debajo se encuentran los depósitos de El Tapado Y CORIMAYO.

4.0 GEOLOGIA LOCAL DEL DEPOSITO CORIMAYO

4.1 INTRODUCCION

El depósito de Corimayo se encuentra en la parte central del área de La Quinua (debajo de gravas cuaternarias), al SO del depósito El Tapado (Fig. 13 y Fig. 14).

El área de trabajo desarrollado es de 3.0x2.0 km, el cual incluye a los depósitos de El Tapado, Corimayo y Pabellón.

El depósito Corimayo fue descubierto el año 1999, como parte del programa de exploración del prospecto La Quinua Basamento (desarrollado por el Ing. Geol. Miguel Rutti con el geofísico Mark Godie). Los criterios que ayudaron a este descubrimiento fueron chequear el lineamiento NE de los depósitos C° Yanacocha, El Tapado y la pequeña ocurrencia de mineral en Pabellón, todos estos se encuentran alineados con dirección NE-SO. El uso de la herramienta geofísica (CSAMT, TDEM) fue fundamental para este descubrimiento, por que se pudo identificar un cuerpo resistivo a 150 m de profundidad, debajo de las gravas de La Quinua y de rocas tufáceas alterados a arcillas, que fué corroborado por taladros diamantinos, encontrándose rocas silicificadas con mineralización aurífera.

En el área de trabajo se reconocieron secuencias volcanoclásticas (capas con rumbo N40°O y buzan 30°-40°NE, ver Fotos N° 27 y N°28), que consiste de tufos de cristales y tufos líticos que tienen una potencia de mas de 800 m de profundidad; estas secuencias tufáceas estan afectadas por estructuras de brechas freáticas, brechas hidrotermales y una diatrema tardía (posiblemente con reactivaciones), que corta a toda la secuencia piroclástica.

En este proyecto de exploración se desarrollaron varios tipos de trabajos como perforación diamantina, como fuente principal de información geológica para desarrollar el modelamiento litológico, de alteración y de mineralización. También se desarrollaron muchos trabajos de prospección geofísica para ayudar orientar la exploración de este depósito cubierto.

A continuación se presenta una descripción detallada de la litología, alteración, mineralización y el posible modelo de evolución del depósito. También las correlaciones de algunos elementos trazas como Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Bi, As, Sb, Hg, Se y Te, con respecto al oro.

Así mismo se detalla el trabajo geofísico desarrollado durante la fase de exploración.

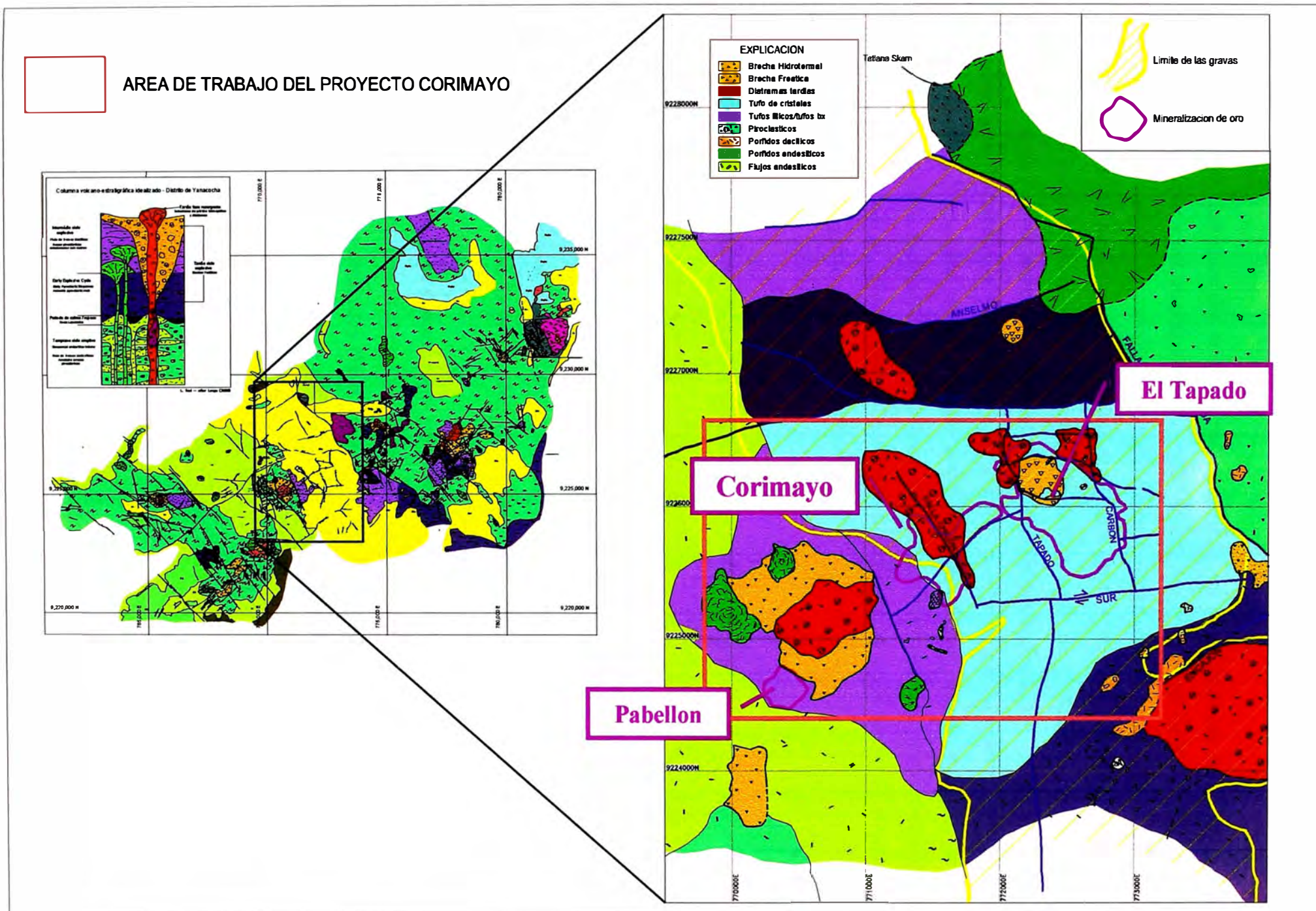


Fig. 14: Limite de exploración del Proyecto Corimayo dentro del area de La Quinoa Basamento

4.2 LITOLOGIA

La descripción litológica del área, se basó gran parte en la descripción detallada de los cores diamantinos y del mapeo de los pocos afloramientos que hay al Oeste y Suroeste del depósito. Este método de trabajo tiene algunas limitaciones, como por ejemplo conocer la continuidad de las unidades definidas, a veces que es difícil identificar la textura de la roca original por la fuerte alteración hidrotermal que sufrió la roca. Pero con mas información de taladros se ha podido correlacionar y definir unidades típicas de rocas.

En el área del depósito Corimayo se ha podido identificar varias unidades de flujos piroclásticos, los cuales se ha dividido como unidades típicas. También se ha podido distinguir brechas freáticas y varios tipos de brechas hidrotermales que cortan estas unidades piroclásticas. Con el trabajo detallado de diferenciar unidades se ha construido una columna estratigráfica del área de trabajo (Fig. 15).

4.2.1 DESCRIPCION DE LAS UNIDADES LITOLÓGICAS

Unidad con fragmentos silíceos gruesos (UFgs) :

Roca con fragmentos líticos gruesos (hasta 5 cm), que están previamente silicificados. La matriz tiene fragmentos finos como polvo de roca, cenizas y posiblemente cristales rotos de plagioclasas (Foto N° 04). Puede tener mas de 200 m de espesor. Es la unidad mas profunda que se ha podido definir mediante los sondajes diamantinos.

Unidad con fragmentos silíceos finos y cristales en la matriz (UFxf / UFfs) :

Roca fragmental fina (1-2 cm) y localmente fragmentos gruesos, está caracterizado por presentar textura eutaxítica (Foto N° 05); a veces es difícil observar los fiammes por la fuerte alteración de la roca (Foto N° 06). Los fragmentos líticos son previamente silicificados. Esta unidad puede tener muchas sub-unidades de granulometrías mas gruesas o finas (Foto N° 04), con zonas donde es posible observar fiammes, que forman una unidad de ignimbritas. Puede tener un espesor de >300m. aproximadamente. También es posible encontrar sub-unidades rica en cristales (tufo de cristales).

En la parte superior de esta unidad hay una gradación de fragmentos a mas finos, y es más difícil encontrar texturas de fiammes. Locamente es posible observar laminaciones o capas de gradación de los fragmentos.

Unidad laminada (UL) :

Roca laminada de fragmentos finos con tamaños de arcillas, mostrando una estructura de capas (estratificación muy fina), da la apariencia de ser un proceso de precipitación de sedimentos en un ambiente acuoso (Foto N° 07). Son unidades posiblemente lacustrinas. Puede estar ausente o llegar hasta 15m. de espesor. Es una unidad muy local o de poca extensión. Esta unidad puede tener varias interpretaciones, pero es importante describirla por que una de las interpretaciones es posiblemente está relacionado a antiguos vents o cráteres donde hubo aporte de soluciones con sílice y fueron precipitados en estos paleolagos. Estas unidades pueden tener una relación muy cercana espacialmente con fuentes ('vents') hidrotermales.

Unidad con fragmentos gruesos monolíticos y con matriz rico en cristales (UFxg) :

Roca fragmental grueso. No presenta una característica mineralógica definida, pero presenta cristales de feldespatos (plagioclasas) rotos en la matriz y muchos fragmentos gruesos (hasta 15 cm) con cristales (Foto N° 08) que son de la misma composición de la roca, algunos fragmentos líticos finos previamente silicificados muy esporádicos, y en algunas partes son raros encontrarlos. Posiblemente es un flujo piroclástico con fragmentos gruesos de textura porfirítica y algunos framentos líticos de grano fino. Puede estar ausente o llegar hasta 50m. de espesor.

Unidad rica en cristales de feldespatos-horblenda-biotita (UTFxb) :

Roca rica en cristales. Mineralógicamente está caracterizado por plagioclasas, horblenda, biotitas y muy raro cuarzo (<0.5%). Las plagioclasas en gran parte están rotos, las horblendas (Foto N° 10) y biotitas euhedrales (hasta 1cm.). Rara vez se observan fiammes (textura eutaxítica). Son cristales soportados y está compuesto de finas plagioclasas rotos, raros clastos líticos. Una posible interpretación es que se trate de un tufo de cristales. Esta unidad puede llegar a tener una potencia de hasta >400 m.

Esta unidad es la secuencia superior de la secuencia volcánica y es la que cubre casi todo el depósito.

Brechas (BX) :

Esta unidad es definida por los diferentes tipos de brechas con múltiples fases de ocurrencia. Uno de los tipos de brechas está caracterizado por ser herolítico con fragmentos silicificados en una matriz de fragmentos finos (polvo de roca) y muchos canales de fluidización (vapor dominante), se interpreta como una brecha freática (Foto N° 12-15). Hay otros tipos de brechas que también son heterolíticos con brechas sobrepuestas y diferentes tipos de sílice (sílice crema, sílice gris), generalmente están fuertemente silicificados (líquido dominante), se los interpreta como brechas hidrotermales (Foto N° 16-19); dentro de esta clasificación de brechas silicificadas, hay múltiples fases, algunos relacionados con la mineralización y otros no. La brecha con textura fluidal de sílice calcedónica (color crema) está fuertemente relacionado con el evento de alta ley de oro (Foto N° 20, 21). Las brechas con fuerte silicificación corta a las unidades Fxfs/Ffs y Fgs; también cortan la unidad TFxb, llegando a la superficie como pequeños canales de brechas (Foto N° 11).

Intrusivos porfiríticos (Pi) :

Roca con textura porfirítica, con feldespatos que tienen una población bimodal, de composición andesítico (Foto N°22, 23). Son intrusivos tardíos. Los cristales gruesos de feldespatos que están aglomerados. No guardan relación con el evento mineralizante.

Unidad fragmental heterolítica con predominio de fragmentos porfiríticos (UYBX1) :

Roca fragmental gruesa (brecha) con fragmentos heterolíticos. Está caracterizado por la abundancia de fragmentos porfiríticos (hasta 1m diámetro). La matriz está compuesta por plagioclasas y fragmentos finos de sílice (Foto N° 24-26); en ciertas partes se observa que la matriz es polvo de roca y fragmentos de cristales. Se observan pocos canales de fluidización. Esta unidad de brecha corta todas las unidades estratigráficas, posiblemente es uno de los eventos más tardíos, su geometría modelado por los taladros es vertical (tubo). Esta unidad de brecha está interpretado como una diatrema.

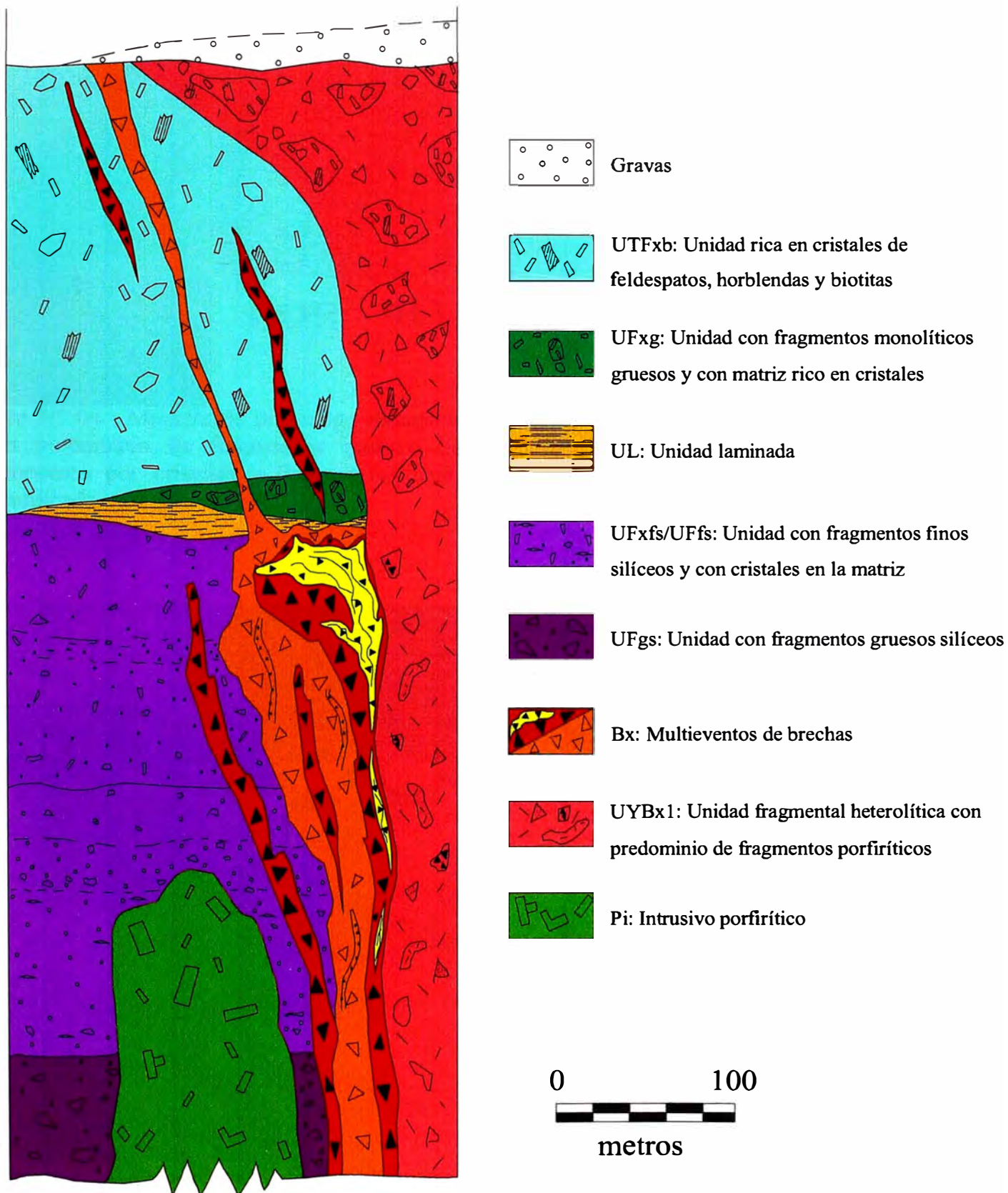


Fig. 15: Columna volcano-estratigráfica del depósito Corimayo



Foto N° 04 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa la unidad UFgs, con predominio de fragmentos gruesos heterolíticos (hasta 5cm), la matriz está compuesto por cristales y fragmentos finos (<0.5 cm). Es la unidad mas profunda identificada.

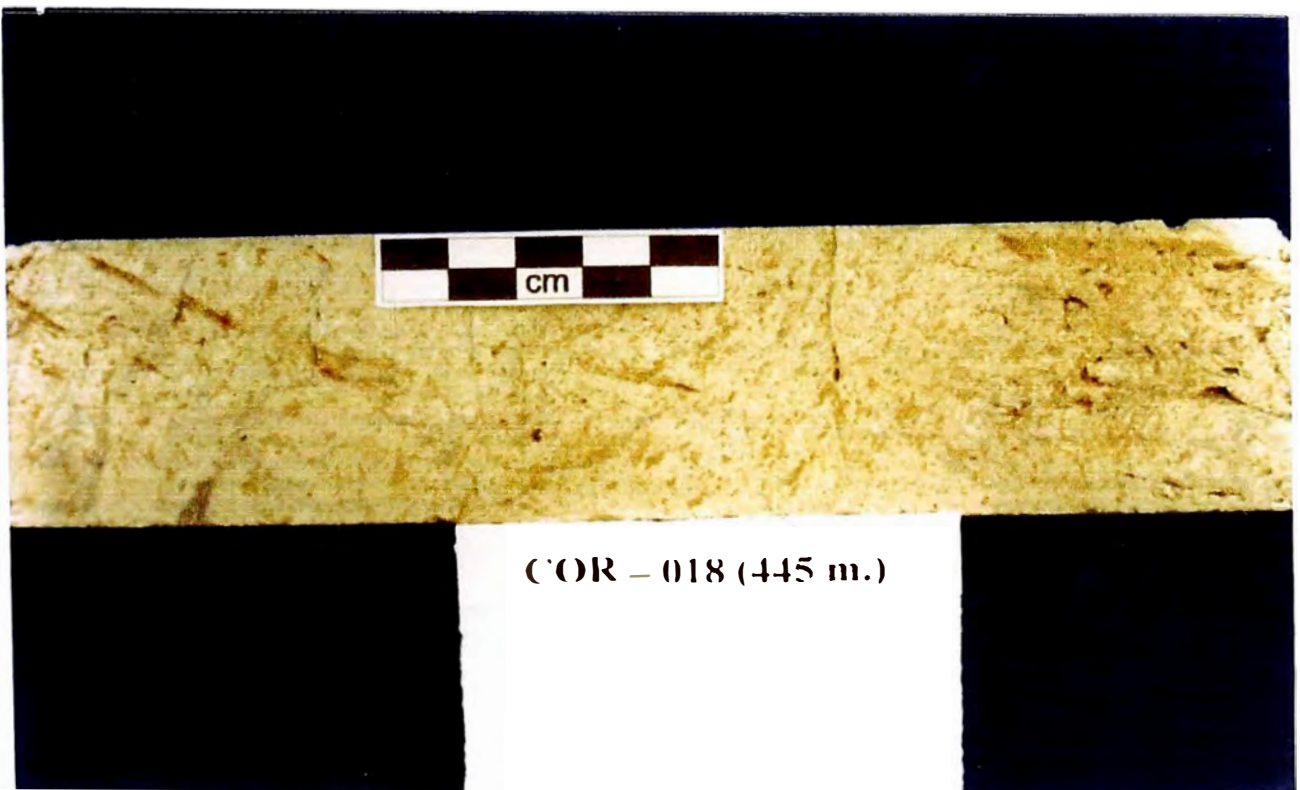


Foto N° 05 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa la unidad UFxfS. Es una roca fragmental fina (<2cm), rico en cristales en la matriz. Se observa débil textura eutaxítica con fragmentos finos silicificados muy espaciados.



Foto N° 06 : Muestra de un testigo diamantino, en el cual se observa la unidad UFxfs, matriz rica en cristales (feldespatos), cavidades dejados por los cristales pre-existentes que fueron lixiviados, y muchos fragmentos finos silicificados.

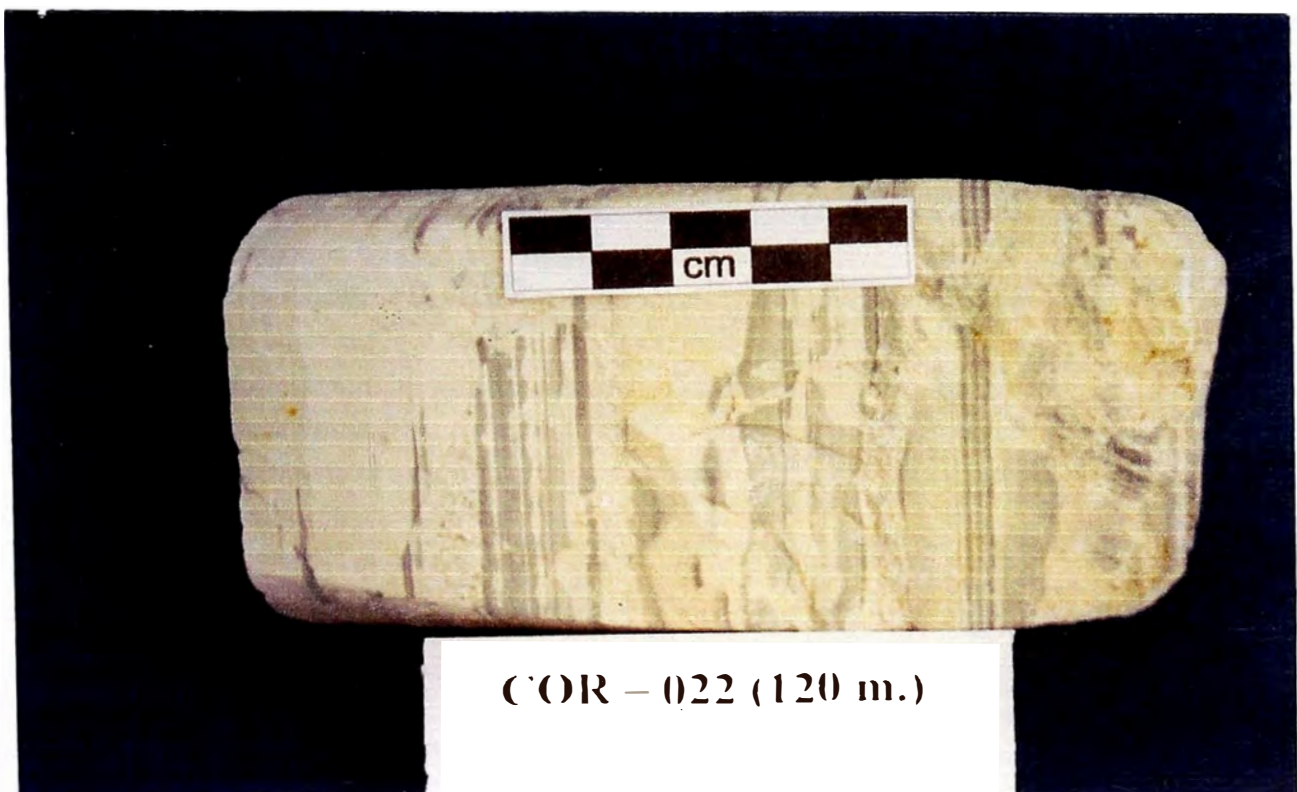
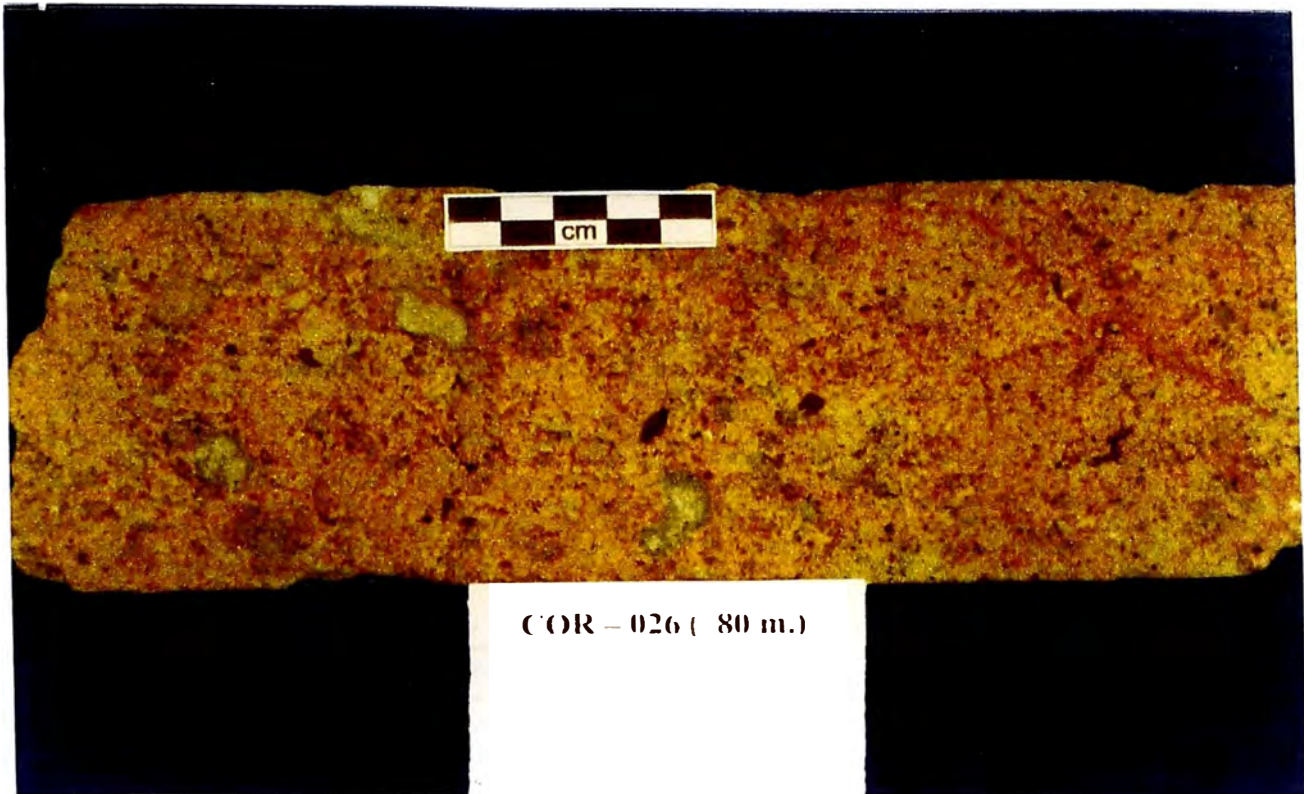


Foto N° 07 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa la unidad Laminada (UL). Esta unidad es interpretada como sedimentos lacustrinos.



COR – 026 (80 m.)

Foto N° 08 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa la unidad UF_{xg} rica en cristales en la matriz y fragmentos gruesos, predominando los fragmentos de la misma composición, los fragmentos previamente silicificados son esporádicos.



COR – 001 (85 m.)

Foto N° 09 : Muestra de un testigo diamantino, de la unidad UF_{xg} alterado a sílice alunita. Se observa que predominan los fragmentos de la misma composición.

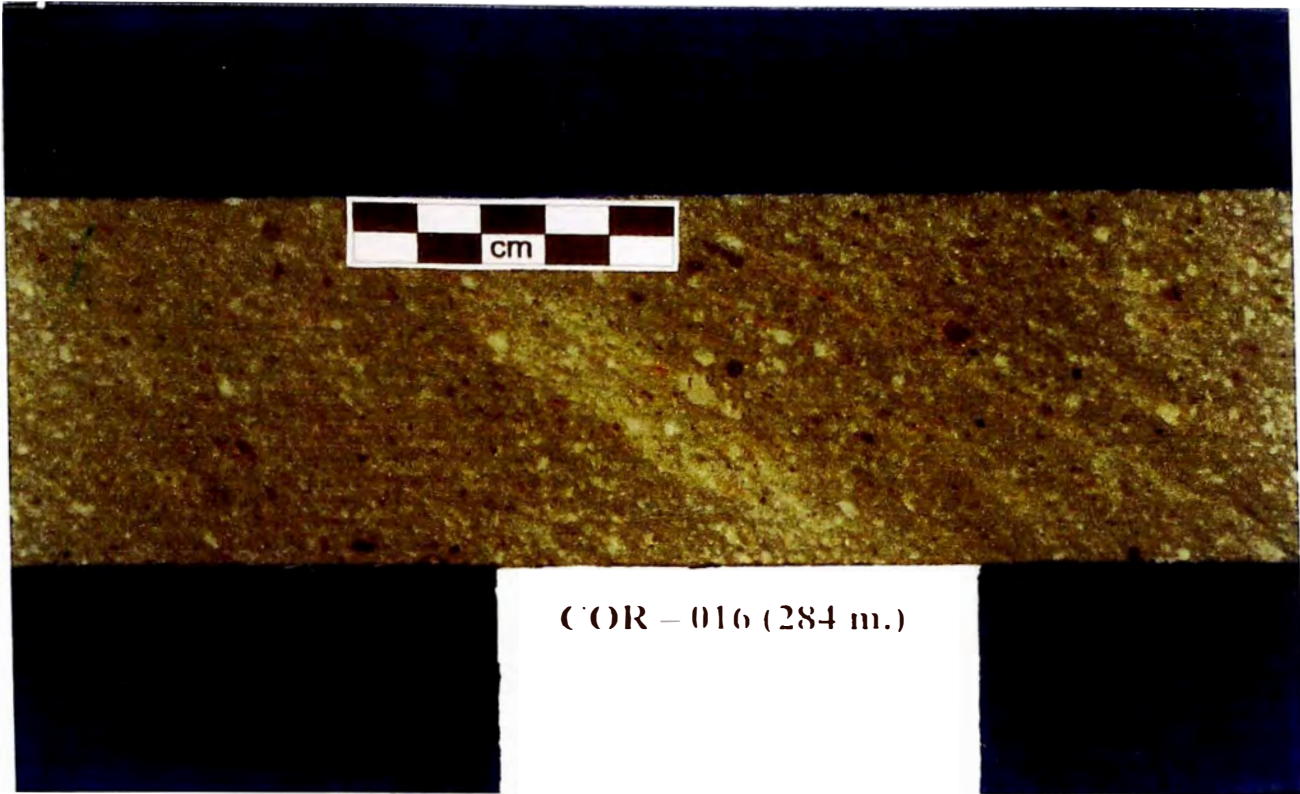


Foto N° 10 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa la unidad UTFxb rica en cristales de feldespatos, biotitas y horblendas. Pertenece a la unidad superior de la columna estratigráfica.



Foto N° 11 : Muestra de un testigo diamantino, en el cual se observa la misma unidad UTFxb alterada a sílice alunita. Esta unidad está cortada por una delgada brecha heterolítica silicificada.



Foto N° 12 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa una brecha heterolítica con fragmentos silicificados, en una matriz de fragmentos muy finos. Es interpretada como una brecha freática.



N° 13 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa una brecha similar al de la foto anterior, proviene del depósito El Tapado. Se observa de fragmentos finos como polvo de roca con una textura fluidal. Es interpretada como una brecha freática.



Foto N° 14 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa una brecha heterolítica matriz soportada. La presencia de grandes cavidades es debido a la lixiviación de fragmentos alterados a argílico avanzado o argílico.



Foto N° 15 : Muestra de un testigo diamantino, similar a la muestra anterior con muchas cavidades de fragmentos que fueron lixiviados. En esta muestra se puede observar cristales muy finos de baritina desarrollados en las cavidades (zona de alta ley).



Foto N° 16 : Muestra de un testigo diamantino, en el cual se observa una brecha heterolítica con los fragmentos previamente silicificados. También se observan venillas silíceas de color crema con textura fluidal.



Foto N° 17 : Muestra de un testigo diamantino perforado verticalmente, en el cual se observa una brecha que corta una roca caja silicificada, esta brecha tiene una matriz fuertemente silicificada. El sondaje diamantino pertenece al depósito El Tapado.



Foto N° 18 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa varias brechas silicificadas, algunas con textural fluidal como la sílice de color crema.



Foto N° 19 : Muestra de un testigo diamantino, perforado verticalmente, en el cual se tiene otro ejemplo de la geometría vertical de una brecha con sílice de color crema y textura fluidal. La brecha con sílice de color crema está cortando a otra brecha heterolítica de color gris.



Foto N° 20 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa la sílice de color crema (brecha hidrotermal), que a veces forma grandes canales con textura fluidal.



Foto N° 21 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa con mayor claridad la textura fluidal de la sílice de color crema que corta una brecha pre-existente y está englobando los fragmentos de esta brecha previamente silicificada.

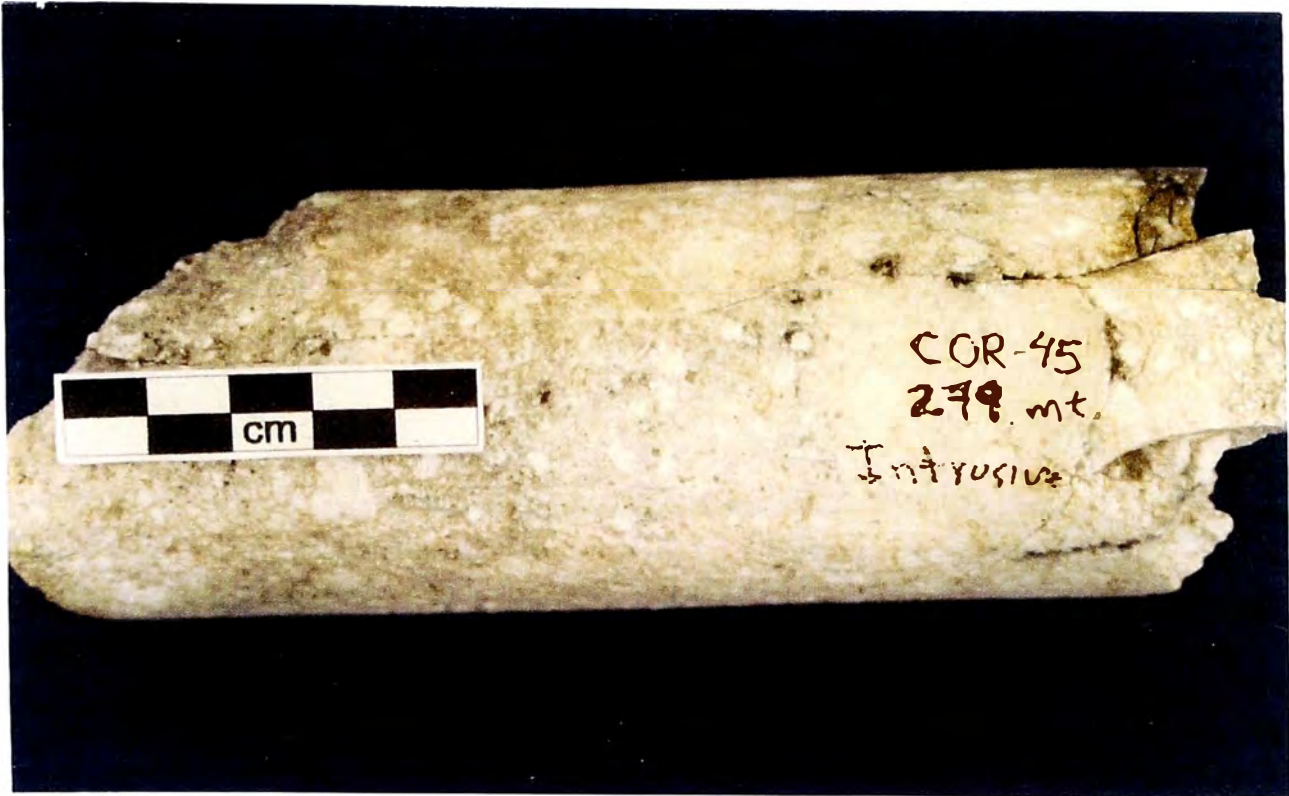


Foto N° 22 : Muestra de un testigo diamantino, en el cual se observa una roca de textura porfírica, de composición andesítica, que está alterado a arcilla. Esta unidad está interpretada como un intrusivo tardío.



Foto N° 23 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa la misma unidad porfírica de composición andesítica que se encuentra sin alteración.

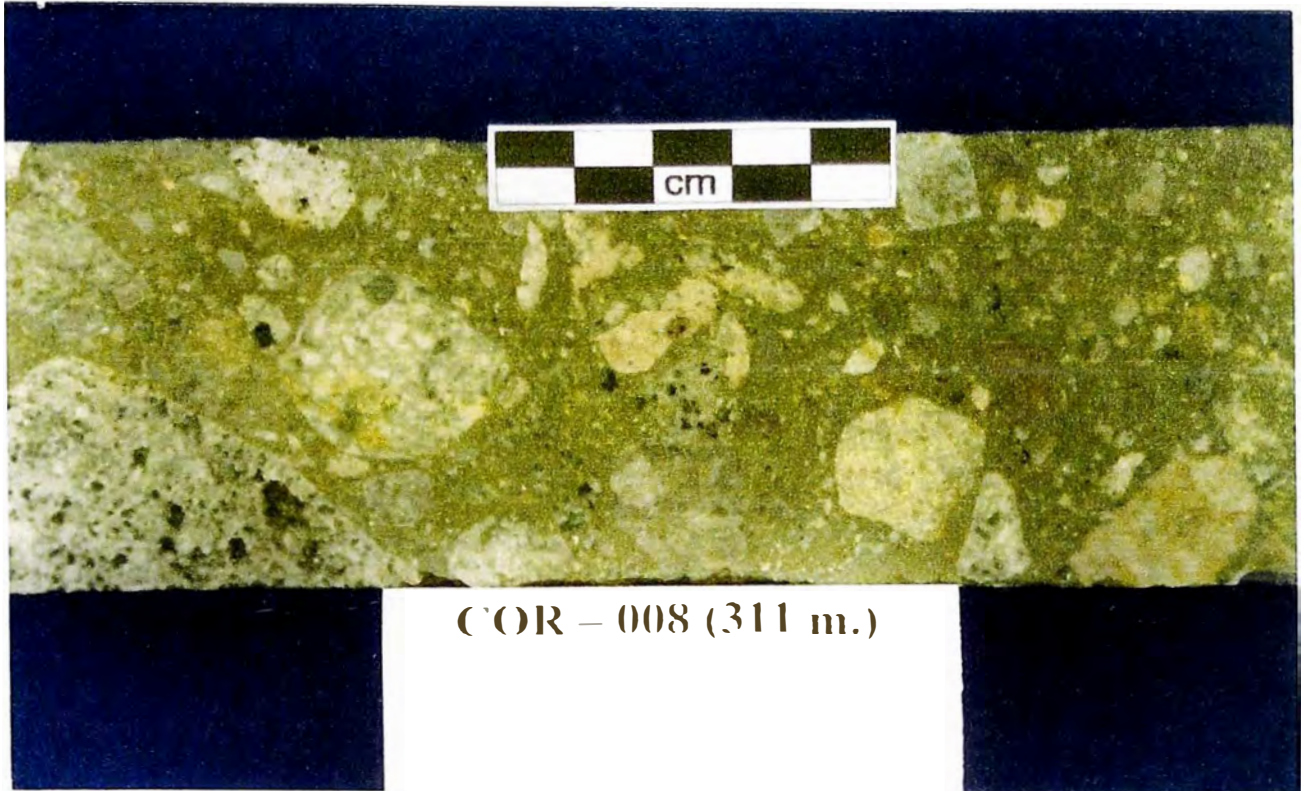


Foto N° 24 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa la unidad UYBx1, es una brecha con fragmentos heterolíticos soportados en una matriz con cristales. Esta unidad está interpretada como la Diatrema tardía que corta todas las unidades piroclásticas.



Foto N° 25 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa la misma unidad UYBx1. Se observar un canal de fragmentos finos que forman una textura fluidal. Hay un predominio de fragmentos con textura porfirítica.

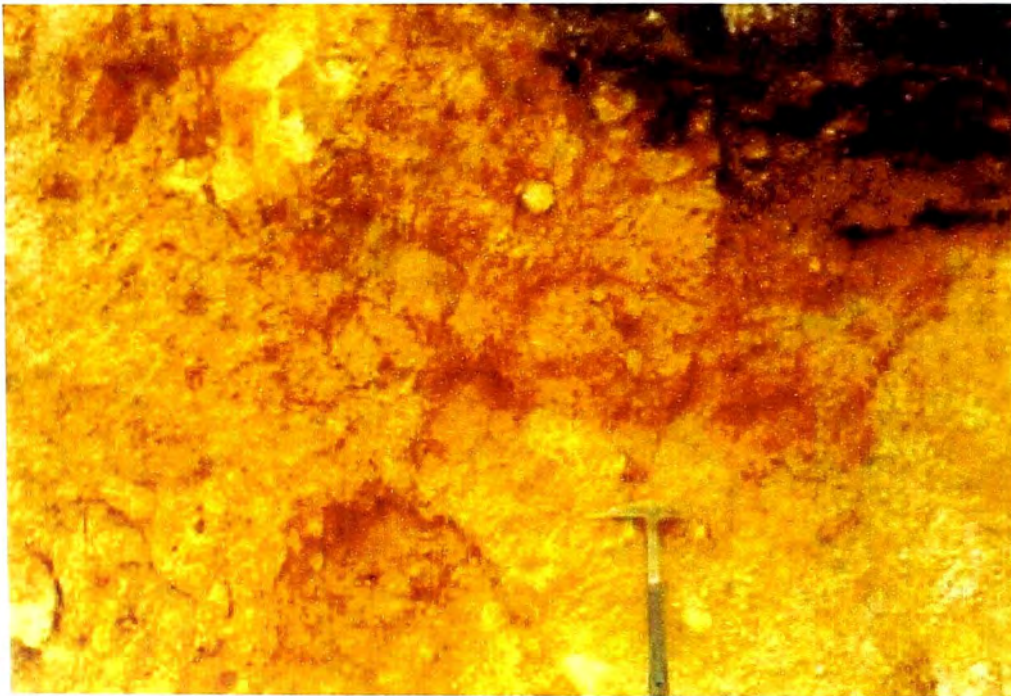
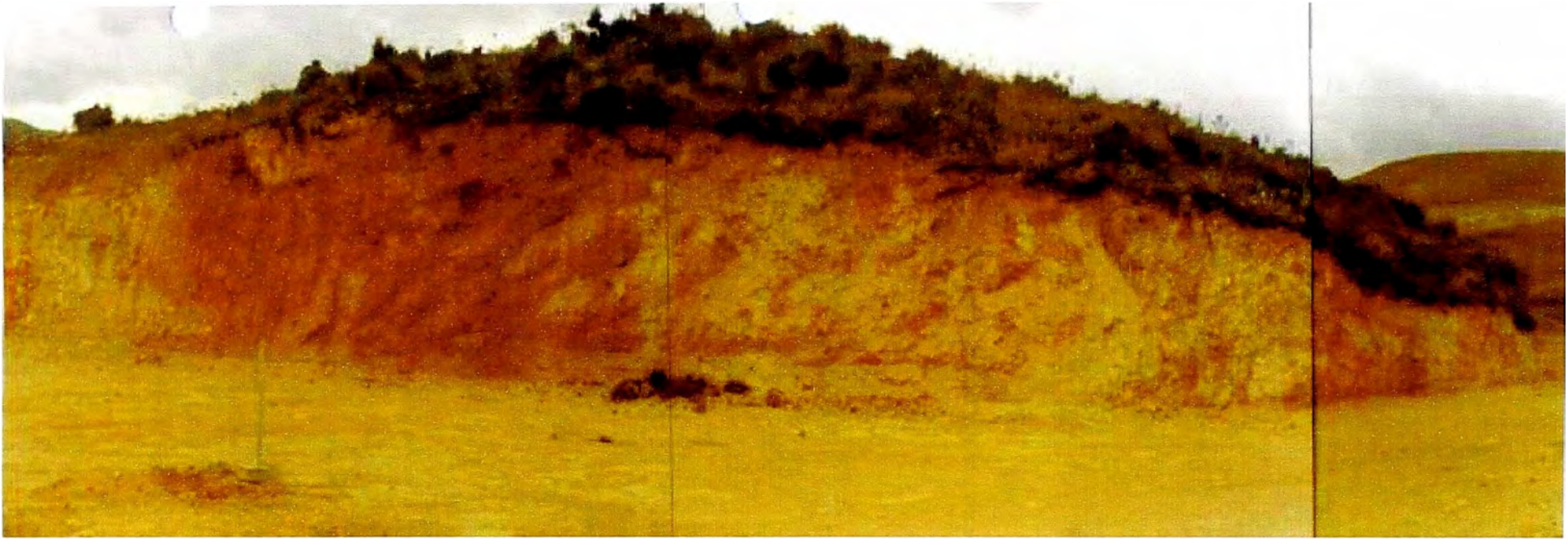


Foto N° 26 : Afloramiento al SO del depósito de Corimayo. Se observa una brecha heterolítica (interpretada como brecha freática), que corta la secuencia de tufos líticos finos. Este afloramiento tiene valores anómalos de oro hasta 120 ppb Au.

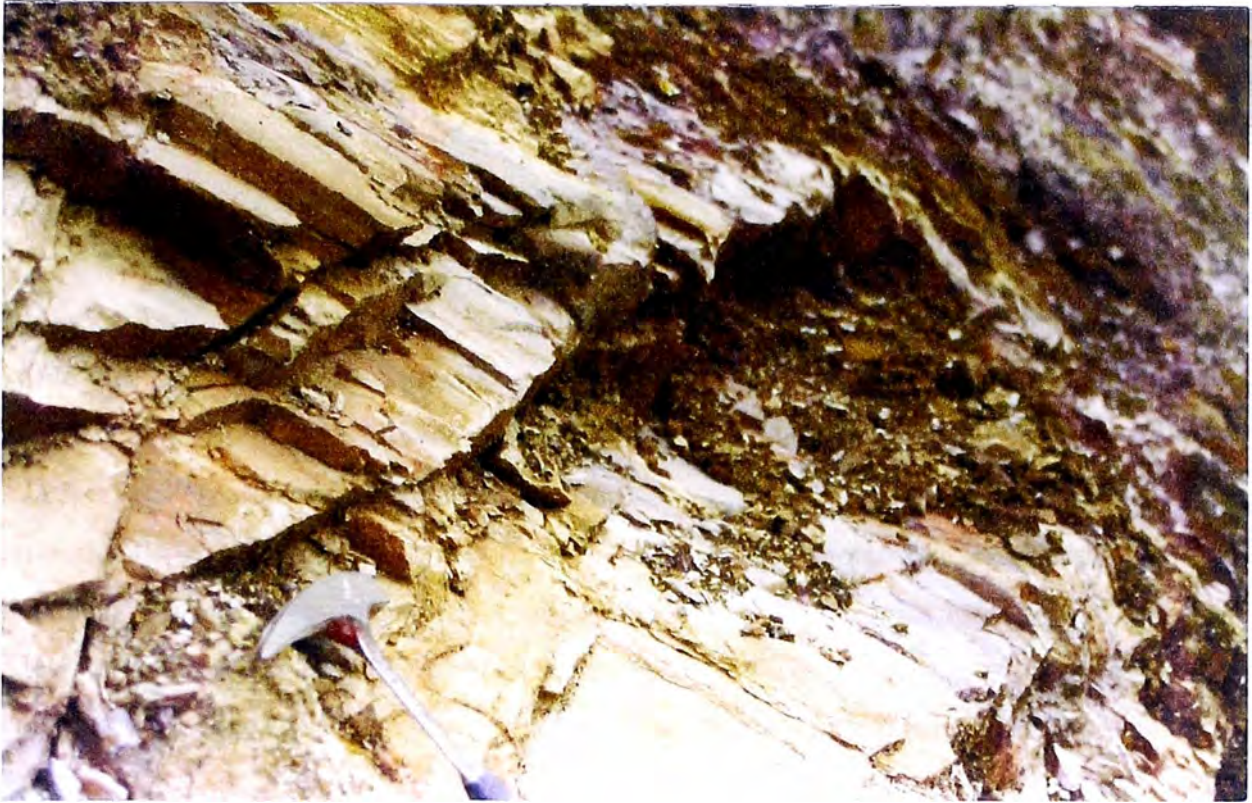


Foto N° 27 : Capas de tufos líticos con rumbo N40°O y buzamiento 30°-40° NE. Estos tufos pertenecen a la unidad UFfs.



Foto N° 28 : Rocas de la unidad UTFxb, tufos rico en cristales. Esta unidad tambien tiene el rumbo N40°O y buzamiento 40° NE.

4.2.2 INTERPRETACION LITOLOGICA

Las unidades litológicas definidas tienen cambios característicos y texturas definidas, pero es posible que dentro de estas unidades se puedan diferenciar otras pequeñas sub-unidades debido a las gradaciones de tamaños en los fragmentos dentro del flujo piroclástico. A veces la fuerte alteración dificulta ver estos cambios.

Las unidades de la columna estratigráfica en Corimayo se caracterizan por ser secuencias piroclásticas, con niveles de flujos ricos en cristales (UTFxb), piroclásticos líticos (UFxg), unidades de ignimbritas (UFxfs) y tufos finos (UFfs); cortadas por brechas freáticas y varios tipos de brechas hidrotermales con una geometría sub-vertical asociado a estructuras. La diatrema (YBX1) es la última estructura, posiblemente post-mineralización, que corta toda la secuencia piroclástica y brechas freáticas / hidrotermal (Fig. 16).

Dentro de las brechas hidrotermales se ha podido identificar fases sobre impuestas y cortadas, estas brechas generalmente están controlados por estructuras (fallas y sistemas de fracturas) y tienen una geometría vertical en la parte profunda y una tendencia sub-horizontal en el contacto de las unidades UFxfs/UFfs y el UTFxb.

Las múltiples brechas hidrotermales están emplazadas frecuentemente en canales y cuerpos de brechas preexistentes. En las muestras de core se observa que la brecha hidrotermal con sílice calcedónica (color crema) está cortando y emplazado en una brecha anterior silicificada. Posiblemente estos canales de brechas fueron conductos o zonas de debilidad que favorecieron el flujo y emplazamiento de las diferentes estructuras de brechas hidrotermales. El control estructural en las brechas, como lineamientos o zonas de fallas están fuertemente corroborados con las evidencias de los cores diamantinos.

Hay brechas hidrotermales que están caracterizados por la introducción de sílice calcedónica (color crema), que generalmente tienen textura de fluidal (Foto N° 20, 21), este evento se concentra en el tope de la unidad UFxfs/UFfs, cerca al contacto con el UTFxb. Una interpretación es que son eventos tardíos del sistema hidrotermal, que llegan hasta las partes más superficiales del sistema y están relacionados con leyes altas de oro.

La Fig. 17, muestra la interpretación litológica de los afloramientos (parte Oeste) y la roca que está debajo de las gravas cuaternarias de La Quinoa (información por taladros). En

dicho plano interpretativo se puede ver el lineamiento NE de las diatremas y cuerpos de brechas freáticas, que están cortando a las unidades piroclásticas. También puede observarse el mismo lineamiento de las zonas mineralizadas El Tapado – Corimayo – Pabellon.

La unidad piroclástica superior (UTFxb), es la que cubre a los sistemas de alteración y mineralización de Corimayo y El Tapado, pero hay áreas como en la parte Norte de El Tapado, donde, debajo de las gravas de La Quinua, se encuentra expuesto parcialmente las brechas, alteración y mineralización, debido a la erosión de esta zona. Al Oeste y Suroeste del depósito de Corimayo esta unidad UTFxb tiene una potencia de 20m – 70m, debido a que está desplazado por fallas y afectado por erosión. El área donde esta unidad es más potente (> 480m de espesor) está entre la falla Chilon y la falla Tapado, debido a que esta es la parte más profunda del graben de La Quinua.

Al Suroeste del depósito de corimayo hay rocas laminadas, que tienen una orientación de sus capas rumbo N40°O y están buzando 30°-40° NE. Toda esta parte se encuentra muy fracturado (brecha crackel), con FeOx relleno las fracturas. También cerca de las rocas laminadas se encuentran pequeñas brechas silicificadas (brechas hidrotermales). Una de tantas interpretaciones es que posiblemente esta parte está relacionado a un vent o antiguo crater de un centro hidrotermal que forma pequeñas paleocuencas donde en un evento de calma se depositaron sedimentos y hubo precipitación de sílice que se encontraba en solución, formando laminaciones silicificadas y que posteriormente este vent fue reactivado y brechó toda esta roca laminada; es en esta zona donde hay un gran potencial de seguir encontrando mas cuerpos de brechas hidrotermales que posiblemente tengan oro (se está continuando con la exploración con taladros en esta zona).

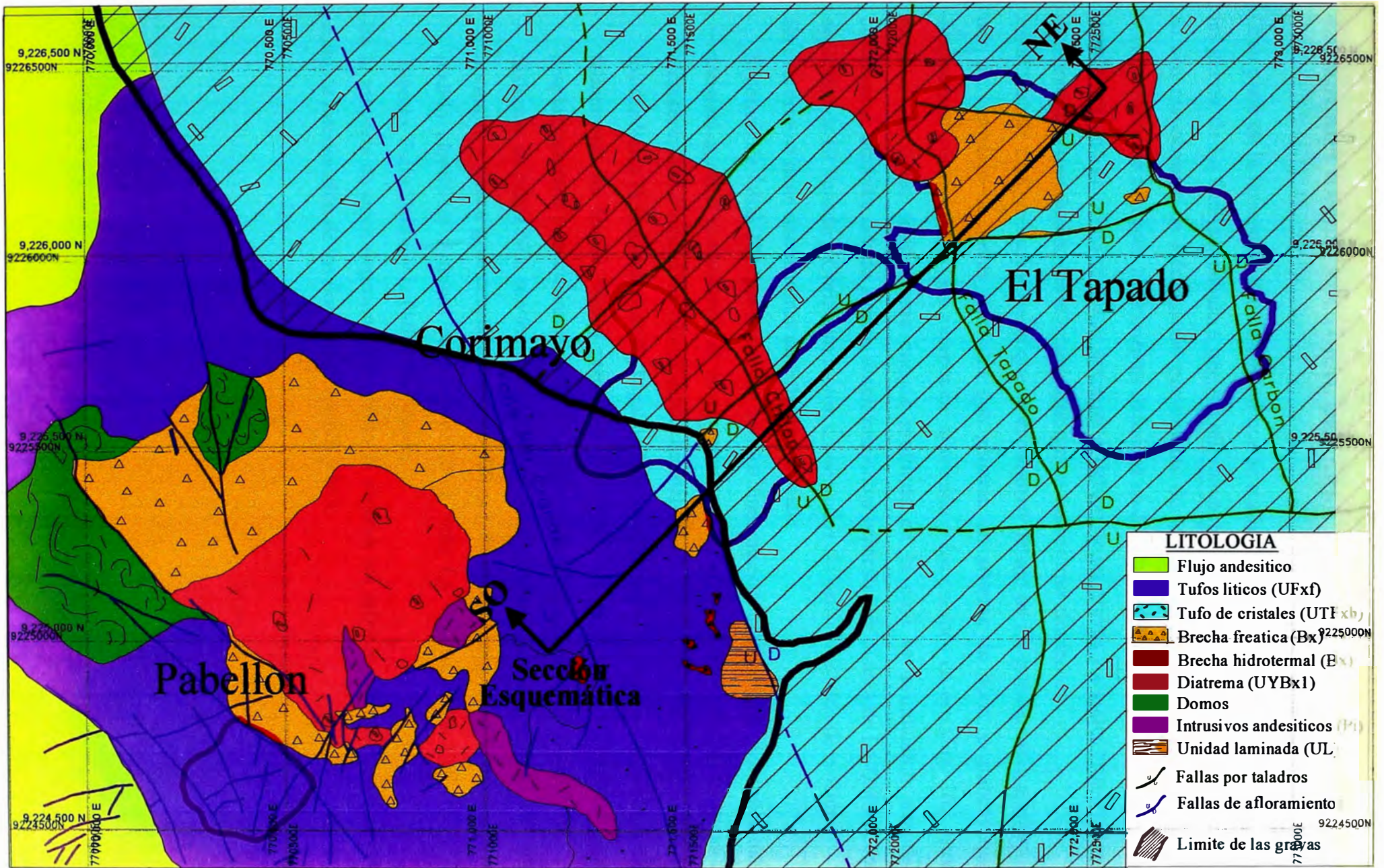


Fig. 16: Plano interpretativo de la litológica del área de Corimayo

4.3 DESCRIPCION ESTRUCTURAL DEL AREA

Gran parte de la interpretación estructural que se realizó del área se encuentra cubierto por las gravas de La Quinua, debido a que los afloramientos en la parte Oeste son muy pocos, se usó mayormente la información proveniente de los sondajes diamantinos, realizando correlaciones de unidades piroclásticas definidas en la columna litológica, identificando el desplazamiento de las rocas que se encuentran debajo de las gravas y algunas proyecciones de estructuras mayores de los afloramientos que se encuentran alrededor.

En el área de La Quinua, las rocas que se encuentran debajo de las gravas, están afectados por un complejo de fallas normales que generan un sistema de horst y grabens que desplazaron verticalmente los cuerpos de alteración y los cuerpos de oro (Fig. 16); estos sistemas de fallas forman una cuenca profunda en la cual se acumularon material cuaternario; también debido a estos desplazamientos verticales en el área de La Quinua, los depósitos de El Tapado y Corimayo fueron conservados sin sufrir casi nada de erosión.

En esta área se tiene dos sistemas de fallas principales:

Sistemas de fallas NE, posiblemente son los lineamientos estructurales distritales más antiguas y están controlando el emplazamiento de las brechas (diatrema, freáticas e hidrotermales) e intrusivos (lineamiento distrital), posiblemente también la ubicación de los depósitos (Yanacocha Sur-El Tapado-Corimayo-Pabellon). También este sistema de fallamiento ha tenido varias etapas de reactivaciones, que están evidenciado por desplazamientos y seccionamiento de las zonas de alteración y mineralización.

Sistemas de fallas NO, son los más evidentes en el área de La Quinua. Estas fallas son normales y tienen gran desplazamiento (>100 m.). En todo el área de La Quinua se han podido identificar sistemas paralelos como la Falla La Quinua, Falla Carbon, Falla Tapado, Falla Chilon y la Falla Rio Grande.

En la mayoría de estos depósitos del distrito se observa los mismos patrones estructurales como la intersección de los dos corredores NE y NO.

4.4 ALTERACIONES

En Corimayo se tiene todo el sistema de alteración preservado, en el cual se puede encontrar el zonamiento vertical y zonamiento lateral del sistema de alteración tipo ácido sulfato. También dentro del sistema alterado se puede observar sobreimposición de silicificación. Estos eventos tardíos de silicificación (sílice calcedónico de color crema) son muy importantes por que están muy relacionados con la mineralización de alta ley.

Algunas alteraciones fueron chequeadas con ensayos de PIMA, como una confirmación de la alteración; para esto se usó los patrones definidos por el método PIMA para poder identificar los diferentes minerales de alteración hidrotermal (Apendice Fig. 70 y Fig. 71).

4.4.1 ALTERACION DE LA ROCA CAJA

La alteración de la roca caja, es lo que distingue estos tipos de sistemas, es la guía y característica más importante para los exploradores. La alteración de estos depósitos, muestra un patrón muy bien definido (Fig. 17) desde una zona central de intensa lixiviación y casi pura sílice, como la alteración sílice 'vuggy' y sobre impuesta por la sílice masiva en los niveles de paleotablas de agua, rodeados por la alteración sílice alunita gradando hacia afuera por la alteración sílice caolin. Mas hacia fuera la alteración consiste de Caolin-illita-montmorilonita (Stoffregen, R. 1987, Arribas A. 1995). El espesor de cada una de estas zonas es muy variable.

La alteración de sílice granular (sílice residual), es el resultado de la destrucción total de la mineralogía primaria de la roca; en algunos lugares, esta alteración de sílice residual tiene una textura muy granular de finos granos hasta de tamaño de arcillas como polvo de sílice, con solo Si y remanente de Ti (rutilo). Todos los otros elementos son lixiviados y sacados. Se encuentra ubicado en la zona vadosa sobre la paleotabla de agua (Hedenquist J., Arribas A., Epitherma gold deposits: I. Hydrothermal processes in intrusion-related systems. II. Characteristics, examples and origin of epithermal gold deposits); Estas zonas de lixiviación son caracterizadas por la ausencia de anomalías de oro.

La alteración silíceo con textura oquerosa ('vuggy'), es interpretada como el resultado de la disolución ácida de todos los minerales primarios formadores de roca excepto el cuarzo. Gran parte de la mineralización aurífera se hospeda en esta alteración debido a que es una zona muy permeable, el cual es caracterizado por grandes oquedades debido a la removilización de los fenocristales de feldespatos potásicos.

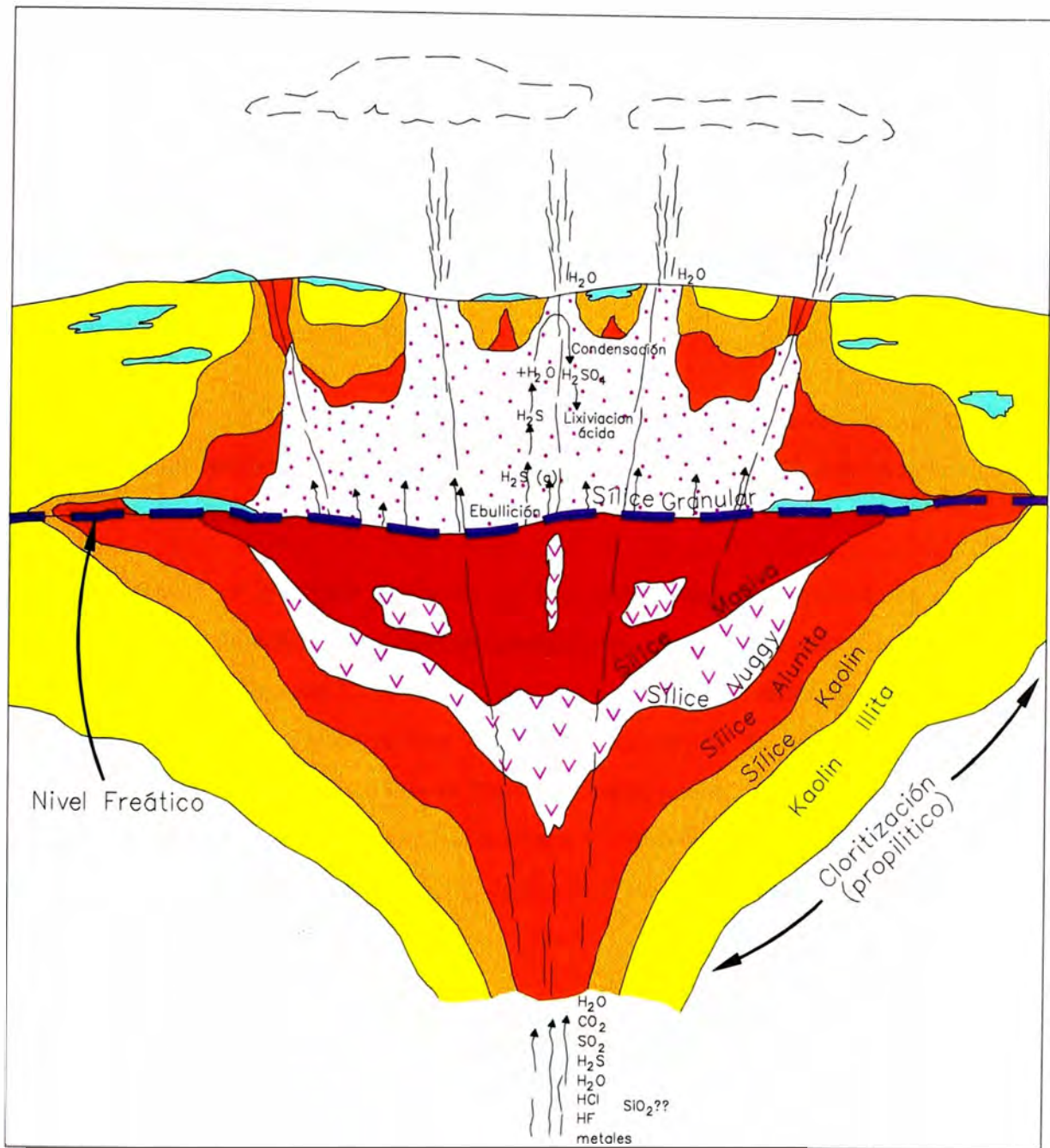
La alteración silíceo con textura masiva, es un tipo de sílice muy densa, microcristalina (criptocristalina?). La textura original generalmente es destruida, pero locamente hay espectros remanentes de fenocristales originales o textura fragmental. Se encuentra formando grandes masas subhorizontales (hasta 450 m de espesor en C° Yanacocha) y es encontrado debajo de la zona de sílice granular a niveles intermedios a profundos en el sistema. La sílice masiva es formada por la interacción de agua meteórica fría y bajo acidez, con fluidos ascendiendo de temperaturas altas y muy ácidas (Sillitoe, 1996).

Rodeando al cuerpo de alteración silíceo, se encuentra la alteración sílice alunita, que ocurre como un reemplazamiento pseudomorfo de los fenocristales de feldespato potásico y como un enmarañado agregado reemplazando el 'groundmass'. Esta alteración va gradando hacia sílice caolin mas a los bordes.

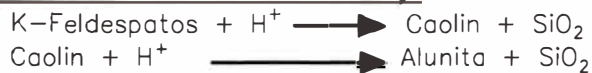
A los borde externos de la alteración sílice caolin, la textura de alteración muestra un marcado cambio a minerales de arcillas. Los minerales predominantes son el caolin y la illita, y más externamente se encuentra la montmorilonita.

4.4.2 GEOQUIMICA DE LA ALTERACION ACIDO SULFATO

La intensa alteración de la roca caja a un ensamble consistente en sílice-alunita-caolin, es la característica más pronunciada de los sistemas tipo ácido sulfato. Muchos de estas alteraciones toman lugar cientos de metros debajo de la paleotabla de agua (Fig.17). Sin embargo, los similares ensambles de alteración son producidos por el ataque del ácido sulfúrico en la roca en dos ambientes de superficies diferentes. Esto es importante para tener presente estas alternativas cuando se están interpretando los ensambles de alteración.



Alteración de la roca Caja



Reacciones químicas formadores de ácidos lixiviantes

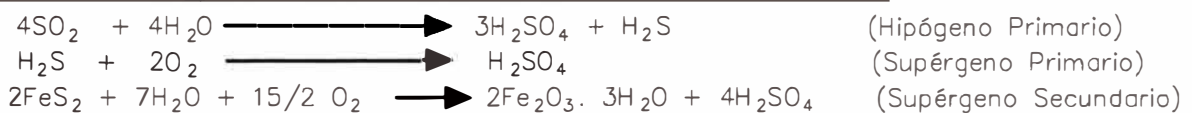
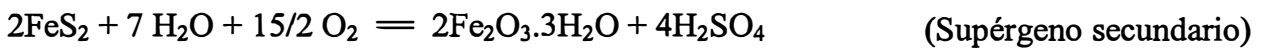


Fig. 17: Zonamiento de alteración de un sistema ácido sulfato

Tres reacciones, cada uno de los cuales opera en diferentes ambientes geológicos, resulta en la formación del ácido sulfúrico lixivador que empieza con la formación de la alteración ácido sulfato. Bethke (1984) caracterizó las tres reacciones:



La primera reacción es la más importante para la formación de ácido sulfúrico en los sistemas tipo ácido sulfato. Esto describe la desproporción de exhalación magmática del gas SO_2 en el sistema en la presencia de agua.

La segunda reacción es la simple oxidación de H_2S que produce la espectacular alteración sulfática visto en la superficie de sistemas geotermales activos. Por que este ambiente es realmente parte de un sistema hidrotermal, por eso es llamado “supérgeno primario”. La oxidación del H_2S ocurre cuando la fase vapor generado por la ebullición del agua de las partes profundas, entra en contacto con la atmósfera justo encima de la paleotabla de agua. El ácido sulfúrico así generado percola hacia abajo, y ocurre la lixiviación ácida en la zona vadosa. Esta acidez superficial en la zona vadosa son elementos esenciales de casi todos los sistemas geotermales de alta temperatura.

La tercera reacción involucra la producción de ácido sulfúrico durante la alteración supérgena de rocas relacionadas con sulfuros. Por que la oxidación es tardía al sistema hidrotermal, por esa razón es el termino “supérgeno secundario”. Debido a que este tipo de alteración tiene muy poca influencia con la formación de los depósitos, es muy importante distinguir esto de la reacción “hipógeno primario”.

A continuación se hace una descripción de las alteraciones que se encuentran en el área de Corimayo:

4.4.3 ALTERACION SILICEA:

La alteración de sílice tiene varios tipos de textura, los cuales se describe:

La sílice granular es porosa, de textura sacaroides y a veces un poco compactada. La sílice granular se forma debido a la lixiviación ácida de la roca preexistente. En Corimayo se encuentra en los niveles más altos del sistema (zona vadosa), donde no son muy extensas (10-20 m.), y se caracterizan por que son más deleznable y poco compacto; también esta alteración se encuentra en la parte más profunda del depósito donde la sílice granular es más compacta, menos porosa y la alteración es más extensa (>755 m. de profundidad desde la superficie).

Este tipo de alteración afecta las rocas piroclásticas (Foto N° 29) y las brechas prealteración.

La sílice vuggy ó sílice oquerosa en Corimayo se tiene en dos tipos de rocas: una en roca porfirítica y piroclástica con espacios vacíos producidos por la lixiviación de los feldespatos (Foto N°30); el otro tipo esta en las brechas freáticas o diatremas con cavidades grandes (Foto N° 31), producidos por la lixiviación de fragmentos con alteración de arcillas o alunita. Se encuentra en niveles intermedios a profundos en el sistema. Se forma cuando los fluidos magmáticos ascendentes se condensan al entrar en contacto con rocas saturadas con agua, que originan fluidos ácidos y como consecuencia lixivian la roca.

La sílice masiva es una alteración con textura microcristalina y densa (Foto N° 32). Se encuentra debajo de la sílice granular, en niveles intermedios a profundos en el sistema. Se forma por la interacción de aguas meteóricas de baja acidez y temperaturas bajas con fluidos ascendentes ácidos de alta temperatura (Sillitoe, 1996). También esta asociado a brechas hidrotermales.

Algunas muestras con este tipo de alteración, fueron analizadas por PIMA, confirmando dicha alteración (Apendice Fig. 72 y Fig. 73).

Además de estos análisis, también hay estudios de secciones delgadas que confirman esta alteración.

La sílice calcedónica (color crema) es una sílice de baja temperatura, compacta, tiene una fractura concoidal y textura bandeada. Se presenta en los últimos eventos de alteración del sistema. Este tipo de sílice se presenta como una brecha que corta otras unidades y tienen una textura fluidal (Foto N° 33). En el caso particular de Corimayo es uno de los últimos eventos con mineralización de alta ley (> 3 g/t Au).

El color crema de la sílice es por la presencia de óxidos de Titanio. Generalmente se presenta como matriz de una brecha hidrotermal, a veces es posible observar fragmentos muy esporádicos con este tipo de sílice de color crema. La matriz silíceica de color crema consiste de un apretado intercrecimiento microgranular de granos anhédricos de cuarzo de granulometría mas o menos homogénea (entre 5 a 20 μ); con ocasionales nubarrones de leucoxenos que engloba diminutos cristalitos de rutilo y anatasa. Esta matriz a veces presenta una textura de bandas finas, esto se debe a la alternancia de microbandas pobres y ricas en OxsTi; esto se debe a un proceso generado por fluidización hidrotermal a momento de emplazarse la matriz.

La tabla 04 y 05 muestran los componentes de algunas muestras analizadas por XRD y XRF.

**MUESTRAS METALURGICAS DE CORIMAYO
4251**

Análisis de Difracción de Rayos X Semi-cuantitativo 100932850

Muestra		QTZ	CORU	KAO	ALN	BAR	RUTL	FEOX	PYR
CORM-1 (MUESTRA X-RAY)	CORIMAYO HEAD	99.00	0.00	0.00	0.00	0.00	1.00	0.00	0.00
CORM-2 (MUESTRA X-RAY)	CORIMAYO HEAD	96.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
CORM-3 (MUESTRA X-RAY)	CORIMAYO HEAD	97.00	1.00	0.00	0.00	0.00	1.00	1.00	0.00
CORM-4 (MUESTRA X-RAY)	CORIMAYO HEAD	96.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	1.00	0.00
CORM-5 (MUESTRA X-RAY)	CORIMAYO HEAD	95.00	0.00	0.00	1.00	2.00	1.00	1.00	0.00
CORM-6 (MUESTRA X-RAY)	CORIMAYO HEAD	97.00	0.00	0.00	1.00	1.00	1.00	0.00	0.00
CORM-7 (MUESTRA X-RAY)	CORIMAYO HEAD	94.00	0.00	0.00	2.00	2.00	1.00	1.00	0.00
CORM-8 (MUESTRA X-RAY)	CORIMAYO HEAD	92.00	0.00	0.00	4.00	2.00	1.00	1.00	0.00

QTZ Cuarzo
CORU Corindon (Al₂O₃)
KAO Caolín
ALN Alunita
BAR Barita
RUTL Rutilo
FEOX Oxido de Hierro
PYR Pirita

Datos y descripciones macroscópicas de las muestras analizadas

N° Composit	Taladros	From	To	Ley (g/t)	Ley Prom	Espe sor m.	Alteración	Descripción
CORM-001	Cor-010	284.00	294.00	0.457	0.576	10	SM	S ₃ , d' Azufre Trecavidades
	Cor-018	296.00	306.00	0.533		10	SM	S ₃ , d' Ox Fe Tr.
	Cor-026	264.60	278.00	0.699		13.4	SM	S ₃ , d' venitas Silice.
CORM-002	St-001	253.00	274.00	1.621	1.621	21	SV	S ₃ , d' Svl, Sg Tr, Ox Fe Tr.
CORM-003	St-001	280.00	288.00	1.295	1.295	8	SG	S ₃ , d' Svl, Sg2, Ox Fe Tr.
CORM-004	Cor-001	264.00	272.00	1.83	1.702	8	SM	S ₃ , d' Sv Tr, Sg1.
	St-002	248.00	254.00	2.076		6	SM	S ₃ , d' Sg1
	St-001	186.00	196.00	1.529		10	SM	S ₃ , d' Svl, Ox Fe Tr
	Cor-002	336.20	344.00	1.506		7.8	SM	S ₃ , zona fracturada
CORM-005	Cor-004	360.00	374.00	3.395	3.334	14	SM	S ₃ , d' Sg Tr.
	St-001	196.00	208.00	3.263		12	SM	S ₃ , d' Svl, Ox Fe Tr.
CORM-006	Cor-018	248.00	260.00	2.864	3.271	12	SM	S ₃ , d' (Sv, Ox Fe y Ba) Tr
	Cor-031	212.00	230.00	3.21		18	SM	S ₃ , d' Ba2, Py Tr.
	Cor-029	284.10	291.20	4.116		7.1	SM	S ₃ d' Py Tr.
CORM-007	Cor-004	344.00	352.00	5.917	6.388	8	SM	S ₃ , d' Ox Fe Tr.
	Cor-002	316.00	328.00	6.216		12	SM	S ₃ , d' Sv Tr, Ox Fe Tr.
	Cor-009	282.00	290.00	7.117		8	SM	S ₃ , d' Sv Tr, Ox Fe1, Py tr-1.
CORM-008	Cor-018	213.85	224.00	18.917	15.769	10.15	SM	S ₃ , d' Sv tr, Ox Fe1, Py tr.
	Cor-029	262.40	272.30	11.839		9.9	SM	S ₃ , d' Sg1, Sv Tr, Ba2.
	Cor-031	209.10	212.00	16.2		2.9	SM	S ₃ , d' Sg1, Ba1, Py Tr.

Tabla N° 06 : Muestras tomadas de los taladros para análisis de difracción de rayos X (XRD).

MUESTRAS METALURGICAS DE CORIMAYO
4251
Análisis Fluorescencia de Rayos X Semi-cuantitativo

Muestra	SiO2	Al2O3	Fe	MgO	CaO	Na2O	K2O	TiO2	P2O5	S	MnO	Ba	Cu	Mo	Pb	Sb	Zn	As
CORM-1 (MUESTRA X-RAY)	99.32	1.12	0.30	0.00	0.00	0.01	0.00	0.65	0.00	0.11	0.00	0.20	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.08
CORM-2 (MUESTRA X-RAY)	96.80	1.39	0.58	0.00	0.00	0.01	0.00	0.73	0.01	0.18	0.00	0.31	0.00	0.02	0.02	0.00	0.00	0.09
CORM-3 (MUESTRA X-RAY)	97.26	1.20	0.42	0.00	0.00	0.01	0.00	0.74	0.00	0.15	0.00	0.19	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.08
CORM-4 (MUESTRA X-RAY)	96.50	1.22	0.56	0.00	0.00	0.01	0.00	0.87	0.01	0.18	0.00	0.41	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.08
CORM-5 (MUESTRA X-RAY)	95.02	1.33	0.53	0.00	0.00	0.01	0.00	0.76	0.00	0.28	0.00	0.89	0.00	0.01	0.02	0.01	0.00	0.08
CORM-6 (MUESTRA X-RAY)	97.26	1.25	0.32	0.00	0.00	0.01	0.00	0.95	0.01	0.23	0.00	0.70	0.00	0.01	0.02	0.00	0.00	0.07
CORM-7 (MUESTRA X-RAY)	97.40	1.46	0.95	0.00	0.00	0.01	0.00	0.79	0.01	0.52	0.00	0.92	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.08
CORM-8 (MUESTRA X-RAY)	92.16	1.57	0.36	0.00	0.00	0.01	0.00	1.38	0.02	0.40	0.00	0.92	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.08

SiO2	Silice	K2O	Oxido de Potasio	Cu	Cobre
Al2O3	Alumina	TiO2	Oxido de Titanio	Mo	Molibdeno
Fe	Hierro	P2O5	Fosfato	Pb	Plomo
MgO	Oxide de Magnesio	S	Sulfuro	Ab	Antimonio
CaO	Oxido de Calcio	MnO	Oxido de Manganeso	Zn	Zinc
Na2O	Oxido de Sodio	Ba	Bario	As	Arsenico

Datos y descripciones macroscópicas de las muestras analizadas

N° Composición	Taladros	From	To	Ley (g/t)	Ley Prom	Espesor m.	Alteración	Descripción
CORM-001	Cor-010	284.00	294.00	0.457	0.576	10	SM	S3, ó Azufre Troncavidades
	Cor-018	296.00	306.00	0.533		10	SM	S3, ó Ox Fe Tr.
	Cor-026	264.60	278.00	0.699		13.4	SM	S3, ó veritas Silica
CORM-002	St-001	253.00	274.00	1.621	1.621	21	SV	S3, ó Sv1, Sg Tr, Ox Fe Tr.
CORM-003	St-001	280.00	288.00	1.295	1.295	8	SG	S3, ó Sv1, Sg2, Ox Fe Tr.
CORM-004	Cor-001	264.00	272.00	1.83	1.702	8	SM	S3, ó Sv Tr, Sg1.
	St-002	248.00	254.00	2.076		6	SM	S3, ó Sg1
	St-001	186.00	196.00	1.529		10	SM	S3, ó Sv1, Ox Fe Tr
	Cor-002	336.20	344.00	1.506		7.8	SM	S3, zona fracturada
CORM-005	Cor-004	360.00	374.00	3.395	3.334	14	SM	S3, ó Sg Tr.
	St-001	196.00	208.00	3.263		12	SM	S3, ó Sv1, Ox Fe Tr.
CORM-006	Cor-018	248.00	260.00	2.864	3.271	12	SM	S3, ó (Sv, Ox Fe y Ba) Tr
	Cor-031	212.00	230.00	3.21		18	SM	S3, ó Ba2, Py Tr.
	Cor-029	284.10	291.20	4.116		7.1	SM	S3 ó Py Tr.
CORM-007	Cor-004	344.00	352.00	5.917	6.388	8	SM	S3, ó Ox Fe Tr.
	Cor-002	316.00	328.00	6.216		12	SM	S3, ó Sv Tr, Ox Fe Tr.
	Cor-009	282.00	290.00	7.117		8	SM	S3, ó Sv Tr, Ox Fe1, Py tr-1.
CORM-008	Cor-018	213.85	224.00	18.917	15.769	10.15	SM	S3, ó Sv Tr, Ox Fe1, Py tr.
	Cor-029	262.40	272.30	11.839		9.9	SM	S3, ó Sg1, Sv Tr, Ba2.
	Cor-031	209.10	212.00	16.2		2.9	SM	S3, ó Sg1, Ba1, Py Tr.

Tabla N° 07 : Muestras tomadas de los taladros para análisis de fluorescencia de rayos X (XRF).

4.4.4 ALTERACION ARGÍLICA AVANZADA

Sílice Alunita

La alunita ocurre en varias formas y en diferentes lugares dentro del sistema. Los tipos son:

Alunita como un zonamiento hacia los márgenes y en la parte superior. Esta forma de zonamiento no es muy extensa (Apendice Foto N° 74).

Alunita fina cristalizada, con sílice granular en las partes altas del sistema, como posible remanente de la alunita anterior a la lixiviación ácida. También, esta alteración fue confirmada por análisis PIMA (Apendice Fig. 74, Fig. 75 y Fig. 76).

Alunita rellenando fracturas, es poco común, y se encuentran en las rocas piroclásticas.

Sílice-Caolín

Las zonas de alunita, gradan a caolinita en dirección a los márgenes del sistema. Esta alteración consiste de caolín y sílice, según fue chequeado por análisis PIMA (Apendice Fig. 77 y Fig. 78), además se hicieron estudios de secciones delgadas confirmando estos minerales. También hay sílice con poco contenido de illita±alunita, óxido de hierro y pirita. Este ensamble ocurre como una zonación lateral y parte superior del sistema de alteración. (Foto N° 35).

4.4.5 ALTERACION ARGILICA

Montmorillonita (Arcilla)

Los márgenes del sistema se caracterizan por tener este tipo de alteración. Ocurre como zonación hacia los márgenes del sistema. Es muy común encontrarlo en la parte superior del sistema de alteración. A veces la roca fresca tiene una leve argilización de sus feldespatos. Estos minerales fueron corroborados por análisis de estudios de secciones delgadas y PIMA (Apendice Fig. 79, Fig. 80 y Fig. 81).



Foto N° 29 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa una roca de la unidad Uxf con alteración de sílice granular.



Foto N° 30 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa una roca rica en cristales con alteración de sílice vuggy, debido a la lixiviación de los feldespatos de la roca original.

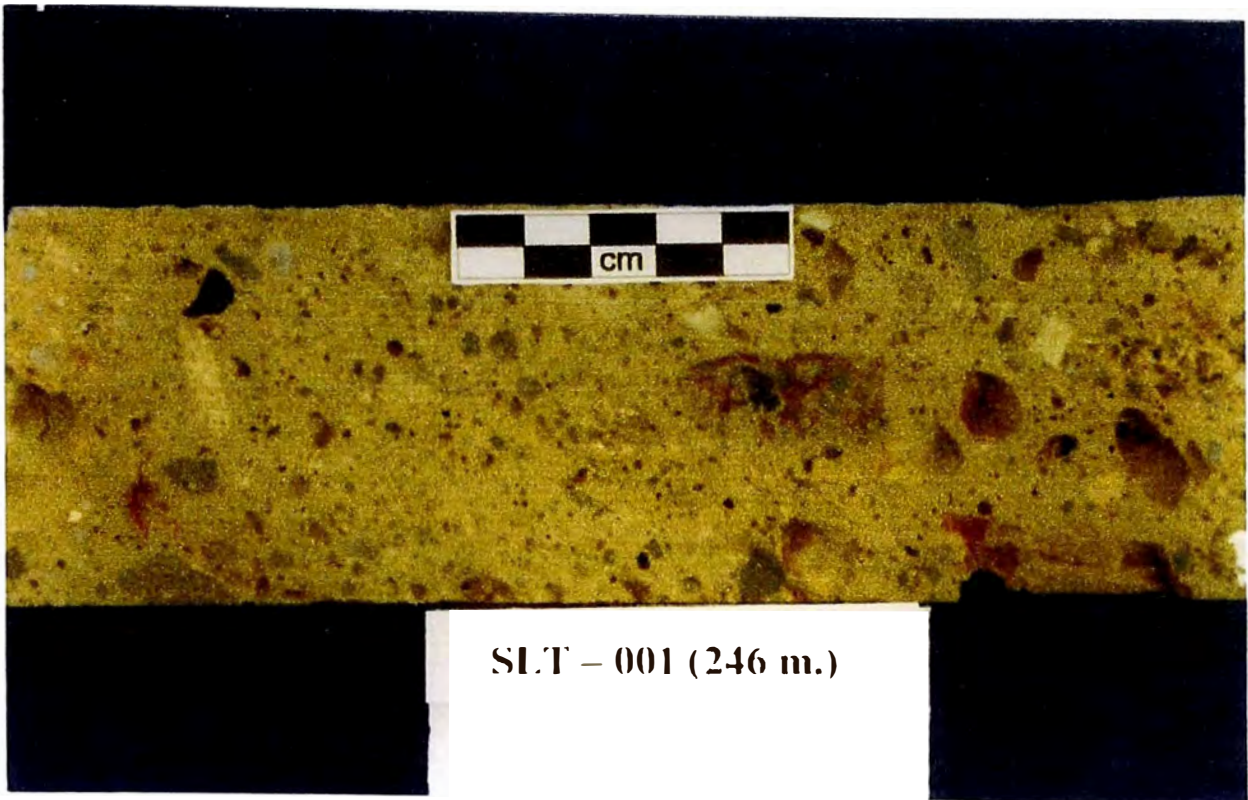


Foto N° 31 : Muestra de un testigo diamantino, en el cual se observa la alteración de sílice vuggy, donde se encuentran cavidades de fragmentos lixiviados.



Foto N° 32 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa la alteración sílice masiva con óxidos de hierro, remanentes de pirita (playas) y débil presencia de textura vuggy.

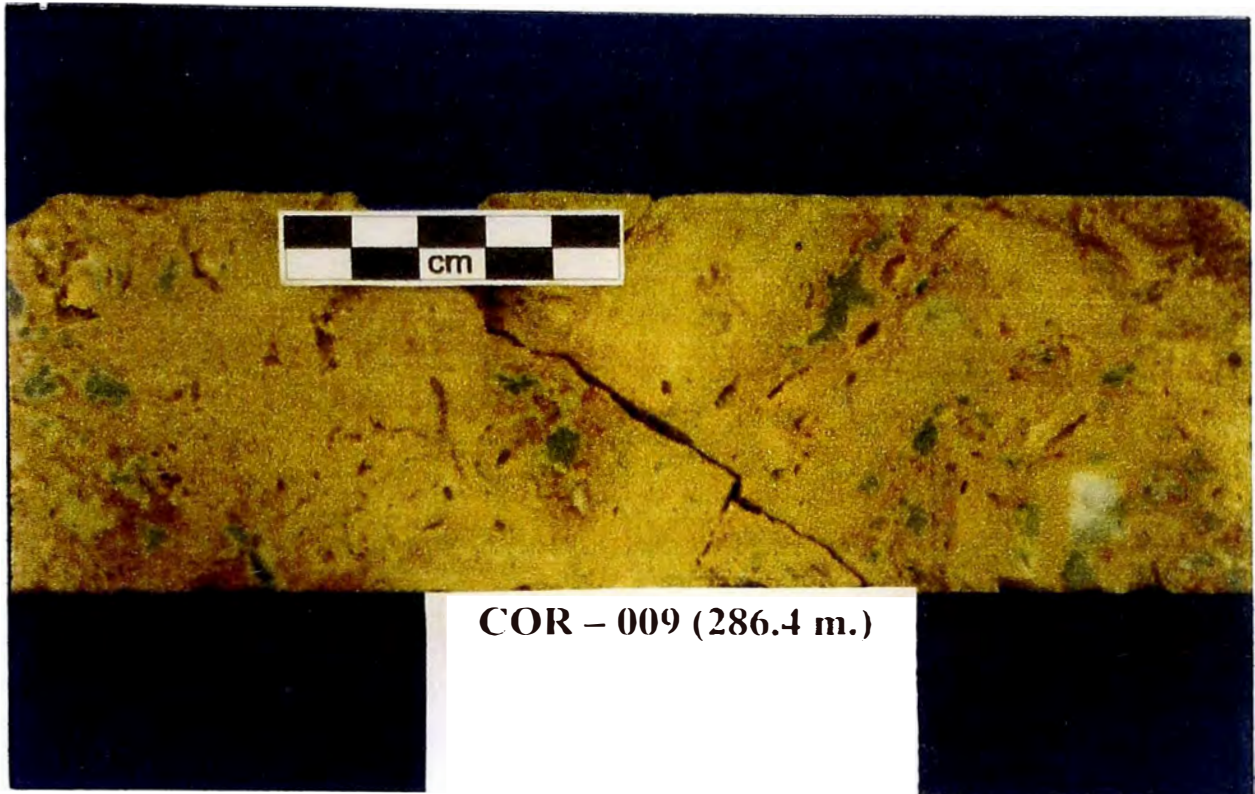


Foto N° 33 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa la alteración de sílice de color crema sobre impuesta a una alteración sílice vuggy anterior.

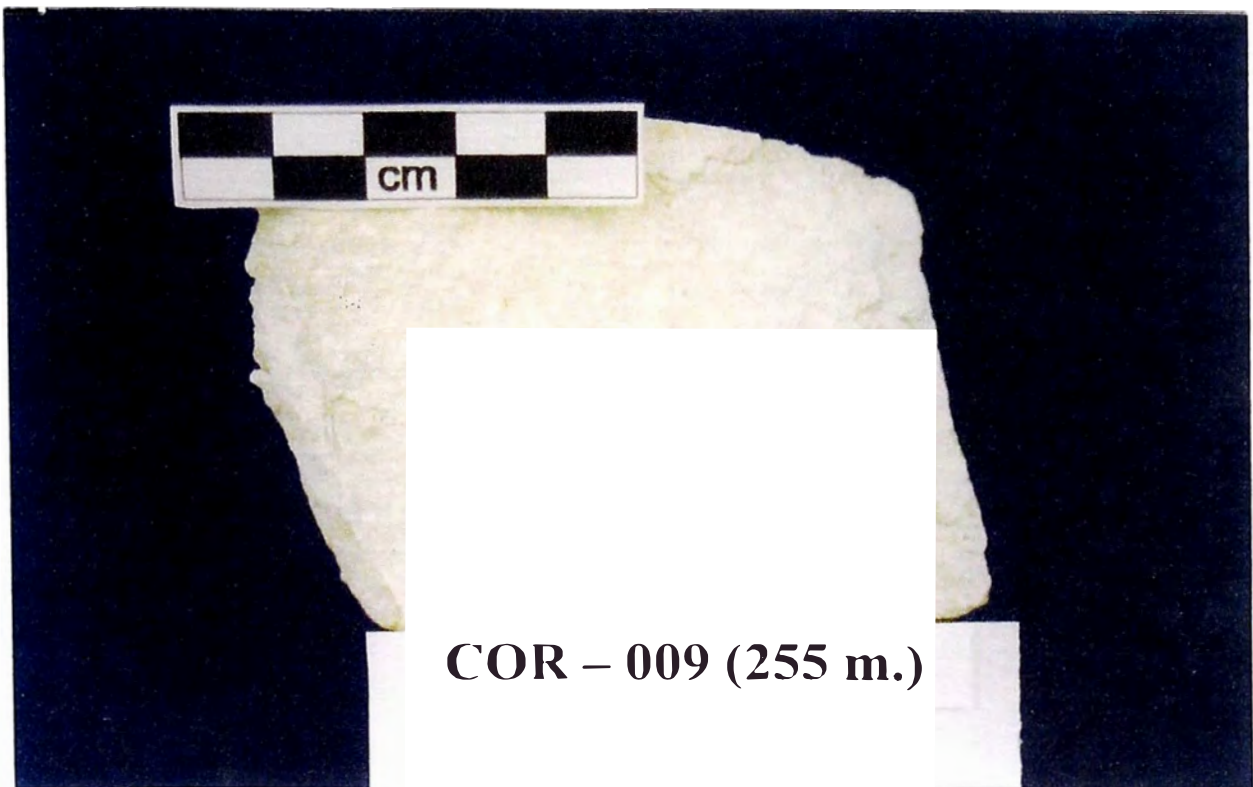


Foto N° 34 : Muestra de un testigo diamantino, en la cual se observa la alteración de sílice alunita, en una roca de tufos de cristales.



Foto N° 35 : Muestra de un testigo diamantino, en el cual se observa la alteración de sílice caolín (argílico avanzado), desarrollado en un piroclasto.



Foto N° 36 : Muestra de un testigo diamantino, en el cual se observa la alteración de arcilla (caolín) con pirita, desarrollado en la unidad UTFxb (tufo de cristales).

4.4.6 PROPILITICA, CLORITICA

La zona de arcilla grada, hacia los márgenes del sistema a alteración propilítica. En Corimayo se tiene una leve alteración de propilitización, a veces solo es cloritización y no presenta los ensambles típicos de una propilitización (epídota, calcita, pirita, clorita). En gran parte se está considerando en Corimayo alteración como cloritización.

4.4.5 INTERPRETACION DEL ZONAMIENTO DE LA ALTERACION

En Corimayo el zonamiento vertical de alteración, que va gradando desde roca fresca en el tope (entre la falla Chilon y la falla Tapado tiene un espesor de >300 m., pero entre la falla Río Grande y la falla Chilon es de 0.0m.-50m.); debajo se tiene la alteración de arcilla que se encuentra como parte del zonamiento de alteración (también se encuentra como alteración de los eventos tardíos de los intrusivos y la diatrema); posteriormente se tiene la alteración argílica avanzada (sílice alunita y sílice arcilla) que por lo general no es muy extensa. Posteriormente se tiene la alteración de sílice granular con extensión de unos cuantos metros de espesor; debajo de la sílice granular se tiene las alteraciones de sílice masiva y sílice vuggy que son parte de la alteración de los piroclastos y de los eventos de brechas hidrotermales; debajo de la alteración de sílice masiva se tiene la alteración de sílice granular que es muy profunda (>350 m.), no se pudo encontrar la base de la alteración silíceo con los taladros (Fig. 19).

Debajo de las gravas de La Quinua, se tiene predominantemente alteraciones débiles, como roca fresca (levemente cloritizado), arcillas y alunita, pero hay una parte en el área de El Tapado que expone parcialmente alteraciones de sílice granular y sílice masiva debajo de delgadas capas de arcillas (Fig. 18). Hacia el SO y O de Corimayo, en los afloramientos, se tiene alteraciones de sílice opalina, sílice masiva, sílice granular, sílice alunita y arcillas, como parte del sistema de alteración de Corimayo ó es parte es un traslape de alteraciones de los centros de alteración hidrotermal de Corimayo y Pabellon.

La alteración de sílice masiva en muchas partes está claramente superponiéndose a alteraciones pre-existentes como sílice vuggy; esta alteración forma cuerpos tabulares de

cuarzo denso que comúnmente están obliterando la textura de la roca original. La sílice masiva también se desarrolla como zonas sub-verticales relacionados a brechas hidrotermales controlados estructuralmente.

La alteración de sílice vuggy no es muy extensa en Corimayo, y es desarrollado en la paleotabla de agua, debido a la condensación de los vapores magmáticos generando fluidos ácidos que lixivian los feldespatos y minerales máficos de la roca, también lixivian fragmentos con alteración de arcilla y alunita de una brecha, quedando solo la sílice residual de la matriz que se encuentran rodeando los espacios vacíos.

La alteración sílice granular es la más extensa en el sistema de alteración de Corimayo, y es observado como una sobre-imposición a todos los ensambles de alteración excepto a la sílice masiva. El grado de alteración de sílice granular muestra un variado rango de texturas. Estas texturas gradan desde granular compacta hasta deleznable como arena de playa. Esta alteración ocurre tanto encima como debajo de la zona tabular de sílice masiva. Hay dos interpretaciones que son propuestas como procesos que desarrollan estos estilos de alteración de sílice residual. Estas son:

1- Vapores calientes (Steam-heated) o zona vadosa, forman un PH bajo, sobre la capa de ebullición del sistema hidrotermal. Aguas con ácido sulfúrico se forman por la oxidación del H_2S . Este proceso forma agua con PH bajo que lixivian la roca en la zona vadosa y típicamente forma ópalo, cristobalita, alunita y arcillas de la roca volcánica fresca. Sin embargo, rocas alteradas previamente a sílice alunita y sílice caolin, desde un estado temprano en la evolución del sistema, pueden ser lixiviadas y sobreimpuestos por sílice granular y sílice alunita.

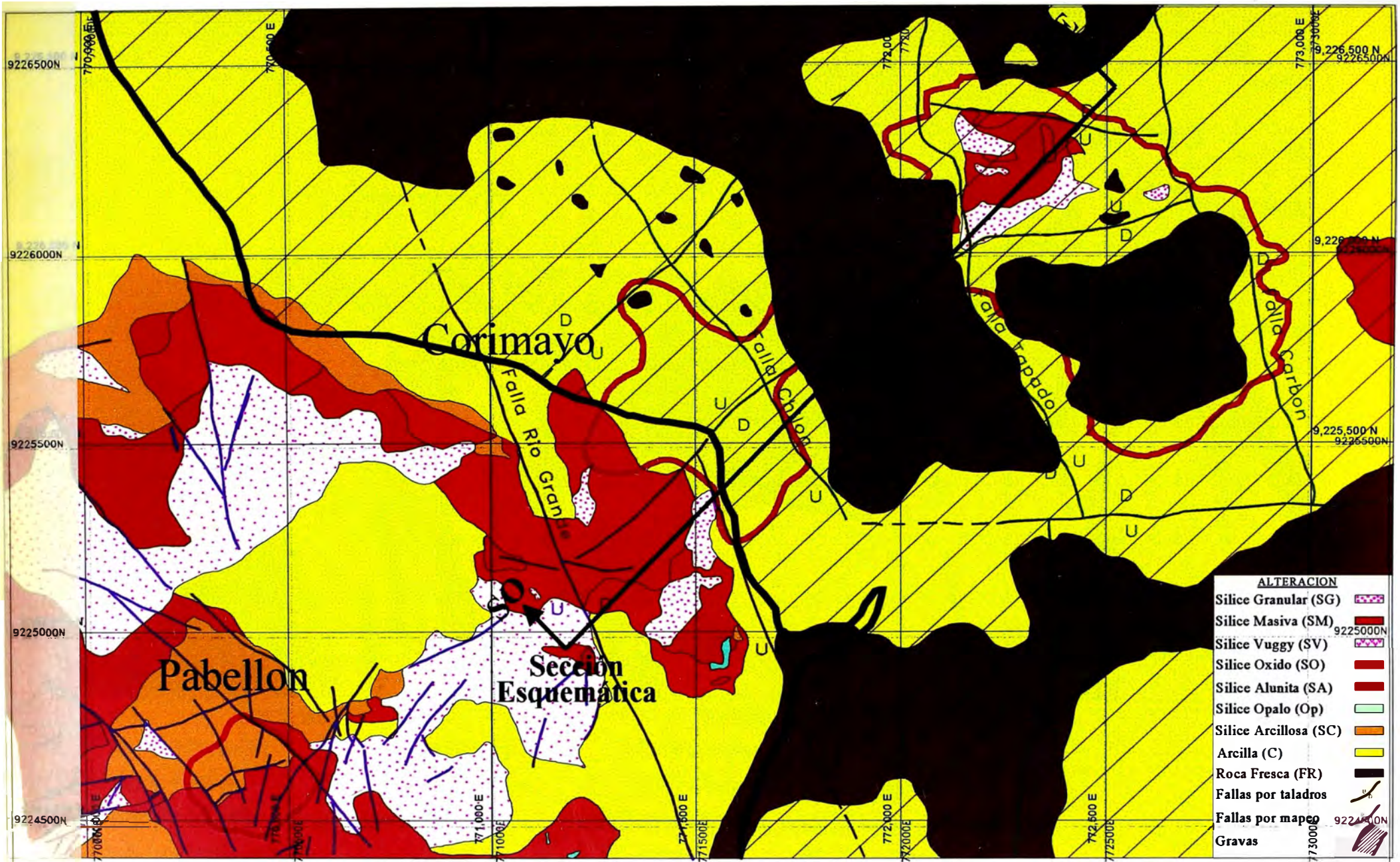
2- Fluidos altamente ácidos desarrollados por la oxidación supérgena de alteraciones sílice alunita, sílice caolin o arcillas ricos en sulfuros (pirita mayormente), generando aguas ácidas que lixivian toda la roca, pero no la sílice. En Corimayo se observa alteraciones de arcilla-pirita, sílice caolin-pirita encima de la alteración de sílice granular; estas observaciones soportan la hipótesis de la formación de sílice granular por procesos de oxidación supérgeno.

La alteración argílica avanzada ocurre sobre y alrededor (margen) del depósito. Horizontes delgados remanentes de la alteración sílice alunita o sílice caolin-alunita aparecen sobreimpuestos por un estado tardío de alteración ácida que formó sílice granular y sílice vuggy.

Las alteraciones que comúnmente se observan dentro de intrusiones porfíricas y diatremas tardías consiste de ensambles desde arcillas a argílica avanzada con raras ocurrencias de sílice vuggy y sílice granular. Las alteraciones de argílica avanzada y argílica son formadas a los márgenes del sistema de alteración, posiblemente por que hay condiciones que facilitan su formación: PH (no muy ácidas) y temperaturas (no muy altas); según Stoffregen R., para la disolución de aluminio en equilibrio con el ensamble de alunita-caoli-sílice está en función del PH, la disolución de pequeñas cantidades de aluminio ocurre a $PH=4$, pero la cantidad de disolución de aluminio se incrementa significativamente con la disminución del PH (mas ácido). Estas alteraciones, también pueden encontrarse en el centro del sistema de alteración, manifestados en las intrusiones y/o brechas de diatremas que son eventos muy tardíos, cuando el ambiente de alteración va colapsando y las soluciones no son muy ácidas y solo forman alteración argílica y argílica avanzada.

La Fig. 18, es un plano que muestra la alteración de la superficie de la roca debajo de las gravas de La Quinoa y de los afloramientos que se encuentran alrededor del depósito.

La Fig. 19, es una sección esquemática donde se observa el zonamiento vertical y lateral de las alteraciones.



18. Plano de las alteraciones del área de Corimayo (afloramientos y rocas debajo las gravas de La Quinua)

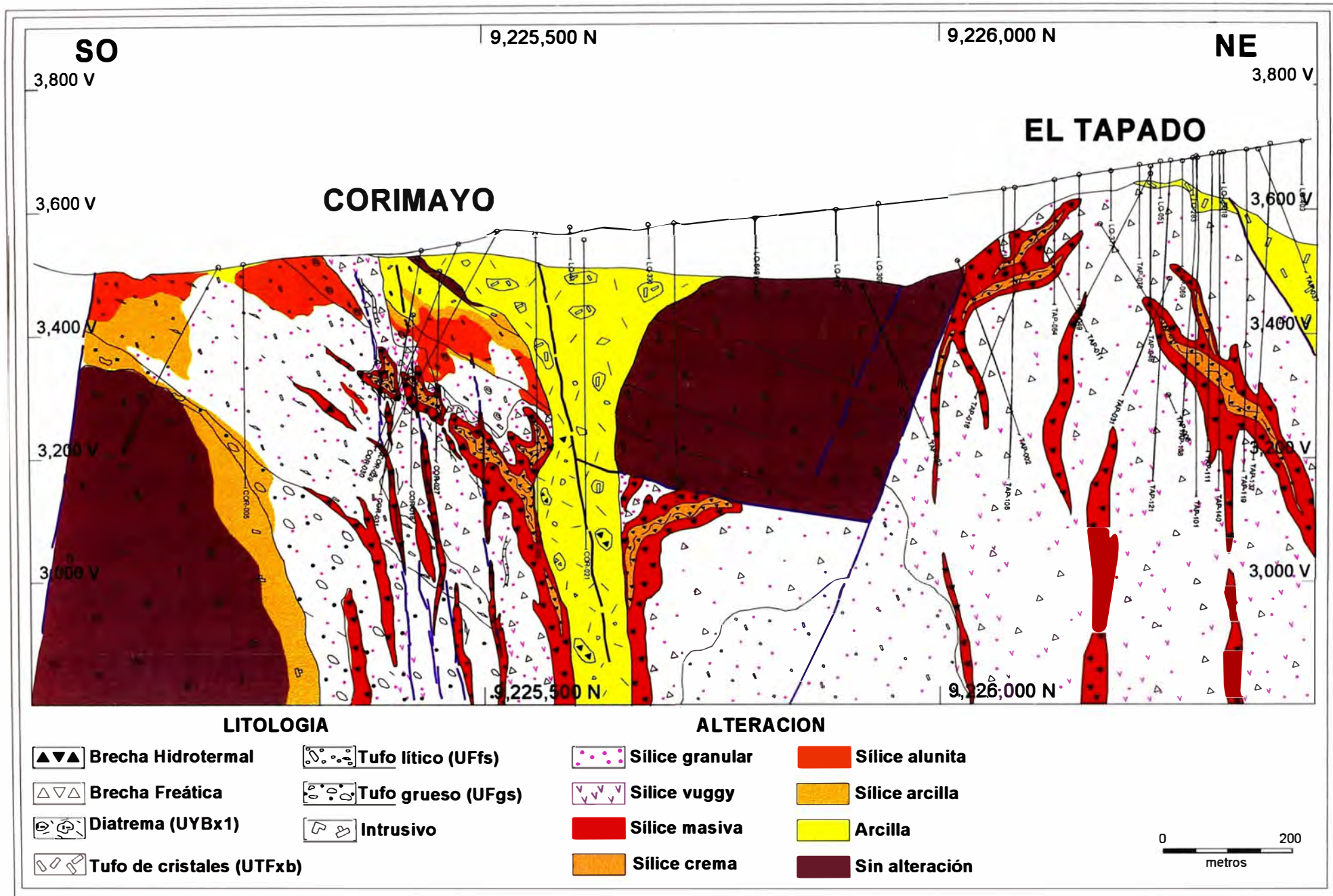


Fig. 19: Sección esquemática de alteración y litología del depósito Corimayo y El Tapado

4.5 MINERALIZACION

En el distrito hay varios centros de mineralización, los que se identificaron a partir de geoquímica de oro en los afloramientos. La mineralización de estos yacimientos es diseminada y el promedio de ley para los depósitos varía desde 0.8 a 1.6 g/t. En el caso de Corimayo, los valores de oro de las muestras de la geoquímica de las rocas que afloran (a los bordes), son muy bajos (<50 ppb Au), pero las concentraciones más altas de oro dentro del cuerpo principal, ocurren en zonas silicificadas (sílice vuggy y sílice masiva), sílice calcedónico de color crema (fase tardía), en fracturas rellenas con baritina y los valores de oro alcanzan hasta 63 g/t Au.

Las concentraciones de alta ley en Corimayo no son muy extensas, en gran parte se comportan como un horizonte, a veces está restringido a estructuras de brechas relacionadas a fallas o zonas fuertemente fracturadas. Sin embargo el límite de toda la mineralización, tomando en cuenta las zonas de <0.35 g/t Au (ley de corte) es mucho más extenso (Fig. 20), por que aparentemente el oro esta más diseminado a los bordes de las estructuras que fueron los conductos de la mineralización; se tiene evidencias por los taladros, que hay una disminución de las leyes desde un centro de leyes altas, hacia los bordes (laterales y en profundidad).

4.5.1 RELACIONES DE LA MINERALIZACION

Se tienen controles de mineralización que están relacionados con la alteración y con el tipo de roca.

Relación con la Alteración

La sílice es la alteración huésped mas frecuente y casi el 95% del inventario de oro está en sílice. En Corimayo se tiene las texturas de sílice masiva y sílice calcedónica de color crema que está fuertemente relacionado con las zonas de alta ley. Así mismo este tipo de alteración se ha encontrado pero no con alta ley y son muy restringidos. Por lo general la mineralización con leyes >0.35 g/t Au están relacionados con la alteración de sílice masiva y sílice vuggy.

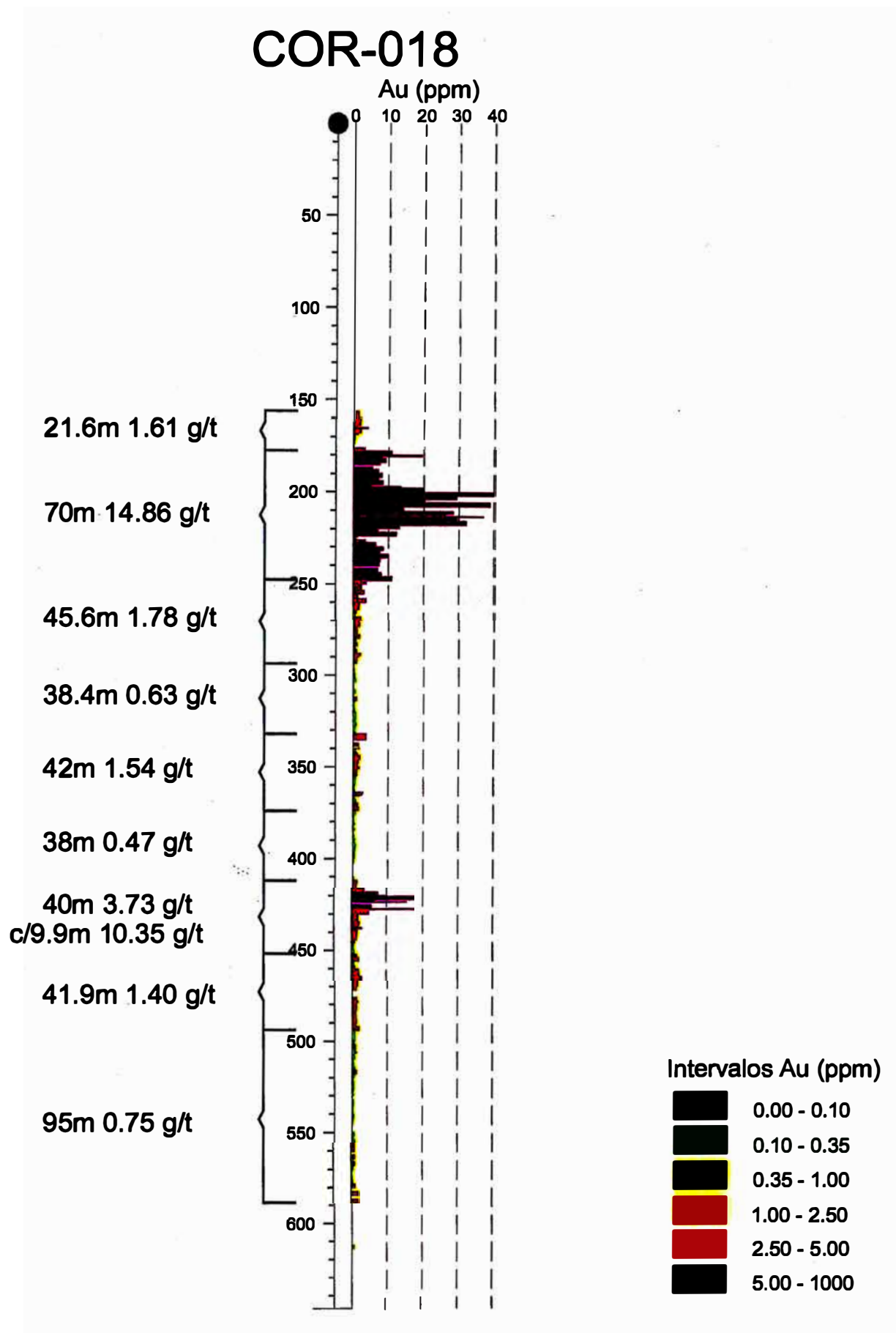


Fig. 21: Concentración de la alta ley de oro en un nivel superior

En la sílice granular (parte profunda del sistema Corimayo), tiene mineralización de valores moderados a bajos y en menor proporción comparando con la zona de alta ley, esta parte tiene influencia de los conductos mineralizantes.

En la sílice opalina no se tiene concentraciones de oro, por que es una sílice tardía del sistema y se encuentra generalmente a los bordes.

En la alteración de sílice alunita hay zonas de alta ley, pero muy restringidas y se encuentran cerca de las brechas hidrotermales de alta ley.

Las alteraciones de argílico y propilítico no se encuentran mineralizados.

Relación con el tipo de Roca

Las rocas huésped predominante en Corimayo son piroclastos, unidades de brechas freáticas y principalmente las brechas hidrotermales de varios tipos. Las brechas hidrotermales (fases tardías), tienen gran importancia por que están relacionados con la mineralización de alta ley (>5.0 g/t Au). Estas rocas con buena permeabilidad y porosidad fueron más receptivas para los fluidos hidrotermales en comparación de las rocas feldespato porfíricas poco permeables.

4.5.2 INTERPRETACION DE LOS EVENTOS MINERALIZANTES

En Corimayo se tiene varias fases de mineralización: la primera fase es de baja ley (30-150 ppb Au), que estaría relacionado con la formación de la alteración de la sílice masiva, cuando el sistema de alteración se va formando. Posteriormente, las principales fases de mineralización, están controlados por brechas hidrotermales, y tuvieron varios pulsos de mineralización: una de las fases está relacionado con aporte de sílice calcedónica de color crema (introducción de sílice con una textura fluidal) con moderados-altos valores de oro (3 – 10 g/t Au). Pero la última fase de mineralización es una fase con baritina (caracterizado por tener cristales euhedrales), con altos valores de oro (hasta 63.6 g/t Au), esta última fase corta varias secuencias de rocas y está rellenando fracturas y cavidades. En el Tapado, posiblemente la mineralización son muy similares al de Corimayo.

El emplazamiento del principal evento de mineralización no llega hasta superficie, por que posiblemente algunas unidades piroclásticas superiores con alteración de arcillas actuaron como sello y no dejaron pasar las soluciones con los metales, pero algunas brechas delgadas con baritina emplazadas en fracturas de rocas alteradas a arcillas (Foto N° 39, 40 y el sumario de logueo del sondaje SLT-02), llegan cerca de la superficie (15 m debajo de la superficie) y estas brechas si contienen oro (hasta 0.9 g/t Au). Así mismo hay brechas delgadas (5-30 cm) silicificadas que cortan las unidades piroclásticas superiores, y por lo general tienen valores 0.05-0.50 g/t Au.

En algunos sondajes se puede observar que las brechas hidrotermales mineralizadas se encuentran emplazadas en el contacto de la diatrema con los piroclastos.

Aparte de los eventos hidrotermales las concentraciones de alta ley están controlados por lineamientos estructurales los cuales tienen tendencias que son N-NE y NO, y cerca al sondaje COR-18 el evento de mineralización es muy fuerte desde muy profundo hasta cerca a la superficie (~140m vert.), donde formó un horizonte de alta ley (Fig. 21).

Con los nuevos taladros que se tiene la idea mas clara de los **lineamientos de mineralización NNE y NO** de alta ley, algunos lineamientos están paralelos a la Falla Chilon.

La Fig. 20, muestra la ubicación de los sondajes y sus resultados de cada uno en promedios ponderados.

La Fig. 22, es un plano que muestra los contornos de los isovalores de los espesores totales (sumados) de todos los tramos que tienen valores de mas 1.0 g/t Au. En esta figura se puede observar las tendencias de la mineralización, también es posible deducir que las concentraciones restringidas tienen un control estructural.

Las Fig. 23 y Fig. 24, muestran también planos de contornos de isovalores de los espesores totales (sumados) de todos los tramos ≥ 2.0 g/t Au y ≥ 4.0 g/t Au, respectivamente. Con estos planos se confirman las mismas tendencias y concentraciones.

Es muy importante entender y definir dos aspectos:

- *Los lineamientos como feeders o conductos de mineralización con alta ley en donde se encuentran concentraciones de alta ley y gradando hacia los bordes a moderada y baja ley.*

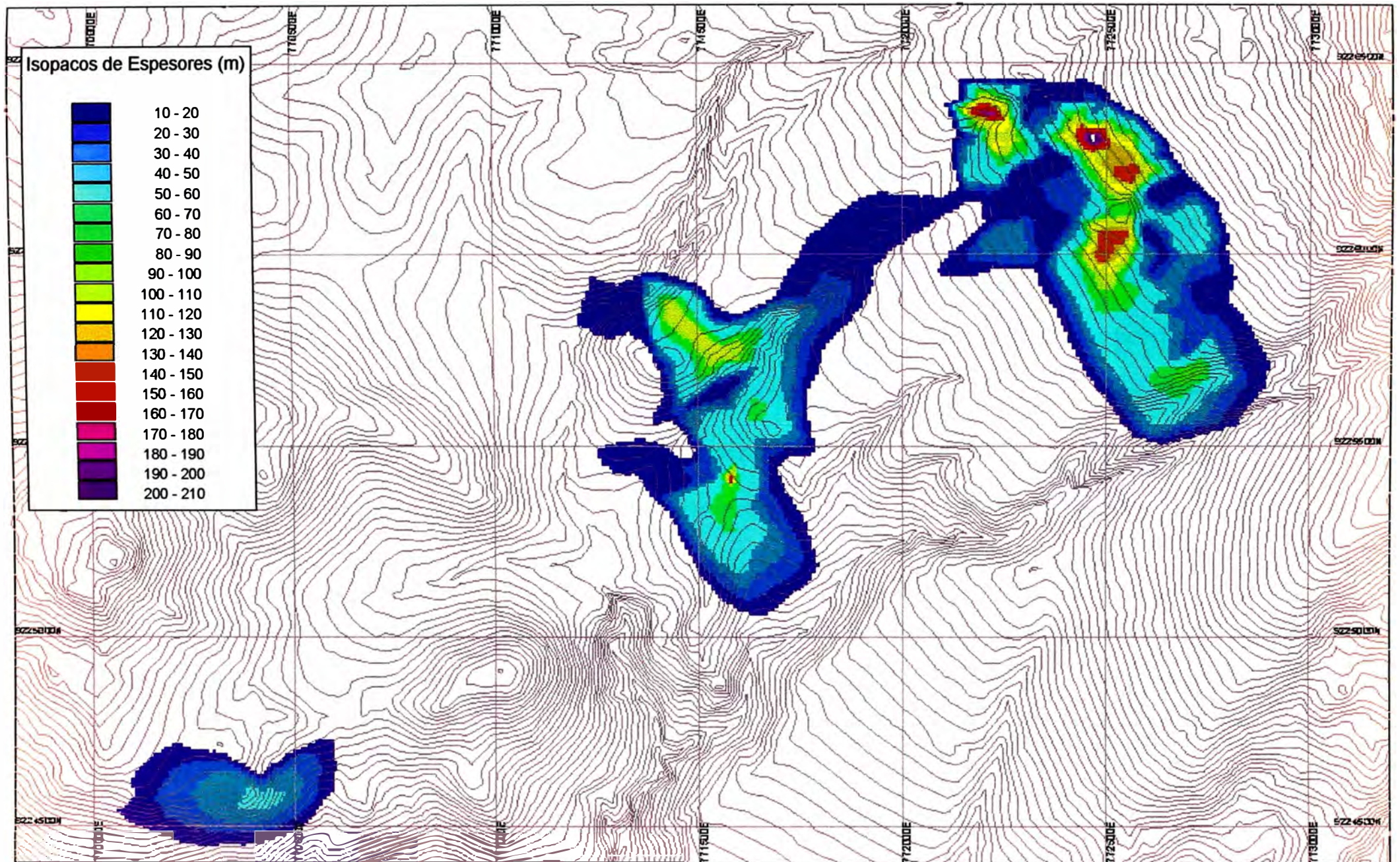


Fig. 22: Contornos de isópacos del total de los espesores mayores a 1 g/t Au de todos los taladros

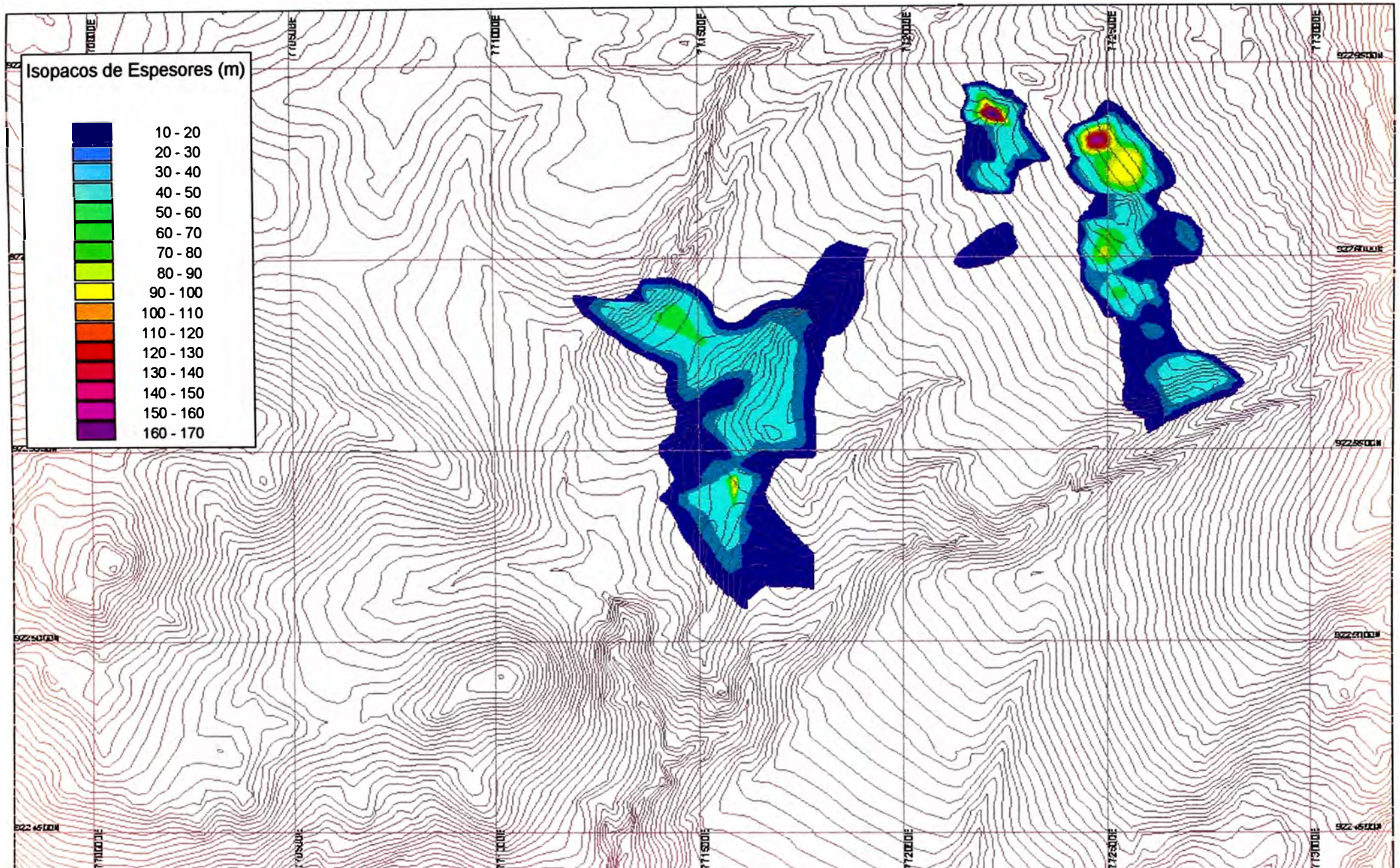


Fig. 23: Contornos de isópacos del total de los espesores mayores a 2 g/t Au de todos los taladros

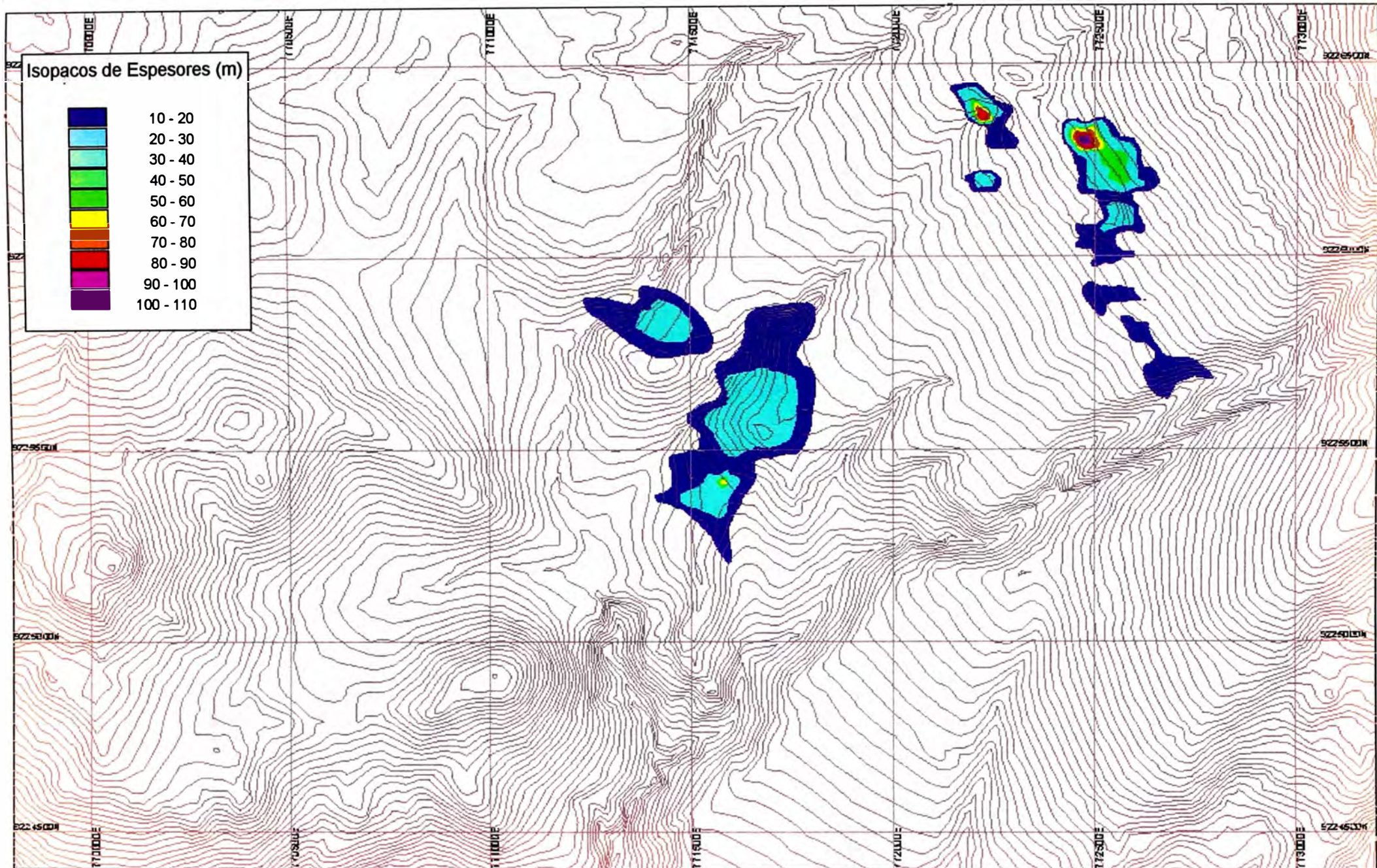


Fig. 24: Contornos de isopacos del total de los espesores mayores a 4 g/t Au de todos los taladros

- Los horizontes superiores de alta ley en donde se depositó el oro. Estos horizontes son muy importantes por que permiten que el deposito de Corimayo sea económico.

Es posible que estos horizontes se formaron cuando ascendieron los fluidos con mineralización y encontraron un sello impermeable de arcillas que no dejo avanzar hacia la superficie; así misma la otra condición puede ser que sé tubo una paleotabla de agua en donde los metales encontraron las condiciones apropiadas para precipitar.

4.5.3 SECUENCIA PARAGENETICA

La mineralización aurífera dentro del depósito de Corimayo, ocurrió en un ambiente de múltiples fases hidrotermales controlados estructuralmente. Estas observaciones que soportan este estilo de mineralización fueron recogidas de las descripciones de los testigos de perforación, por estudios petrográficos (Bersch, 2001; Canchaya 2002) y geoquímicos. Llegándose a la siguiente hipótesis de secuencia paragenética.

Un estado inicial de alteración ácido sulfato lixiviación y fuerte silicificación (sílice masiva), desarrollado dentro de la secuencia inferior del CVY. Los fragmentos alterados, contenidos en la secuencia piroclástica superior del CVY, son interpretados que provienen del estado inicial de alteración ácido sulfato. La ocurrencia de pirita diseminada dentro de estos fragmentos alterados de sílice masiva, indica que este sulfuro fue parte del estado inicial de alteración y mineralización. Las concentraciones del oro en estos fragmentos son desde 30 ppb hasta <150 ppb (Longo, 1999); por lo tanto representan el estado inicial de mineralización del oro (Harvey, 1999).

El temprano evento de brechas hidrotermales con matriz soportado completamente silicificado, corta la secuencia piroclástica (inferior y superior). La pirita es común dentro de estas brechas. Las concentraciones del oro son >30 ppb hasta <350 ppb.

Las brechas freáticas que cortan las secuencias piroclásticas, típicamente son de valores muy bajos (<30 ppb) en contenidos de oro.

Los últimos eventos de brechas hidrotermales, son con sílice de color crema (Foto N° 49) (calcedónica), con textura de fluidal, que corta las secuencias piroclásticas y por lo general aprovecha los mismo conductos de brechas preexistentes, en ciertas partes su

geometría es irregular. Las concentraciones del oro en estas brechas son desde 3 g/t hasta 10 g/t.

Un estado tardío de baritina (Foto N° 41), ocurre como cristales gruesos euhedrales y a veces muy finos; se encuentra rellenando fracturas abiertas, cavidades de las brechas hidrotermales (mismo conducto) y brechas crackel. Este evento corta todo los eventos anteriores. Oro grueso visible está asociado con este evento de baritina (Foto N° 45). Típicamente estas zonas contienen leyes altas desde 10 g/t hasta 63 g/t.

La deposición del oro es interpretada como fases que tuvieron lugar durante todo el desarrollo del sistema hidrotermal. El oro es observado comúnmente en partículas de tamaños sub-micrones, dentro de la sílice vuggy (Foto N° 55 y Foto N° 58). El oro también está asociado con casiterita y óxidos de Fe rico en Sn (Foto N°60). La fracción gruesa del oro es asociada con la fase tardía de baritina, dentro de las cavidades con cristales de baritina y a lo largo de los márgenes exteriores de las venillas de baritina (Foto N° 41).

Enargita y covelita son muy esporádicos y generalmente se encuentran en la zona profunda rellenando fracturas y cavidades.

Los óxidos de titanio es mas abundante en la matriz de uno de las últimas brechas (con sílice de color crema); en los fragmentos la anatasa es mucho mas escasa que el leucóxeno; mientras que en la matriz es todo lo contrario, el fino bandeamiento de la matriz se debe a la alternancia de microbandas pobres y ricas en $OxTi$, proceso formado por fluidización hidrotermal al emplazarse la matriz. El rutilo como cristales diminutos se encuentran ocasionalmente englobados en nubarrones de leucóxenos.

El mineral de Kosnarita ($KZr_2(PO_4)_2$) ocurre en venillas y a los bordes de muchas vesículas. Submicrones de oro asociado con venillas de Kosnarita (Foto N° 50).

Zircon en finas cavidades, a veces asociado con kosnarita.

El azufre se encuentra rellenando cavidades y se presentan como cristales muy finos.

		Pre Oro	Evento inicial Oro + sulfuros	Principal evento de Oro		Alteración supergena
				< 10 g/t	> 10 g/t	
EVENTOS	Lixiviación ácida		-----			
	Silicificación	-----	-----	-----	-----	
	Brechación		-----	-----	-----	
SULFUROS	Pirita	-----	-----	-----		
	Enargita			-----		
	Covelita			-----		
GANGAS	Leucoxeno	-----	
	Anatasa	-----	
	Rutilo		
	Baritina				-----	
	Casiterita				-----	
	Zircón	-----	-----			
	Korsnarita			-----	-----	
	FeOx			-----	-----	-----
	Azufre					-----
	ORO		-----	-----	-----	

Tabla N° 08: Secuencia paragenética del depósito Corimayo. Fuente de información son los estudios petrográficos de 32 muestras típicas.



Foto N° 37 : Muestra macroscópica de una brecha con fragmentos heterolíticos silicificados en una matriz de fragmentos finos.

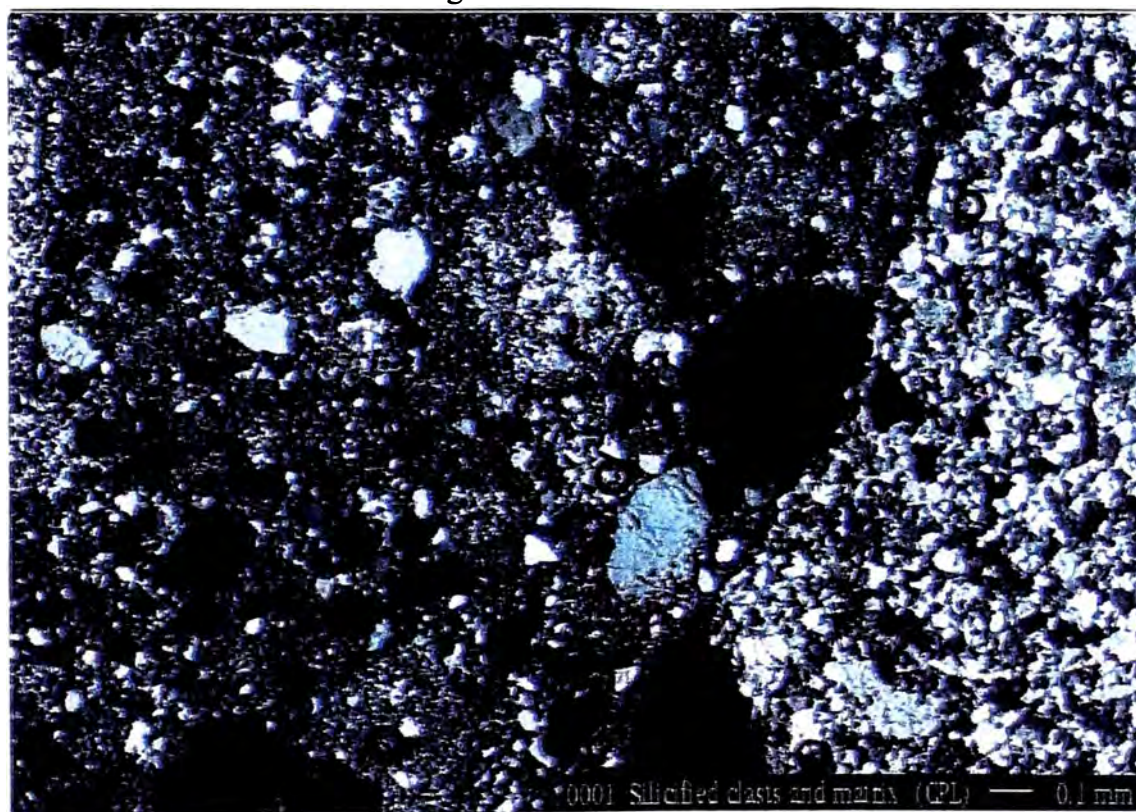


Foto N° 38 : S.D. Luz transmitida con nícoles cruzados de la muestra anterior. La imagen muestra la matriz (izquierda) versus clastos silicificados (derecha). Textura clástica, posibles relictos de granos de cuarzo en la matriz. Cuarzo equigranular en clastos.



HOLE	DEPTH	GRADE
SLT-002	15.20 m	0.89 g/t Au
CLAY		

Foto N° 39 : Muestra macroscópica de una roca tufacea alterado a arcilla con pirita. La foto muestra la superficie de una fractura que esta relleno con pequeños cristales de baritina.

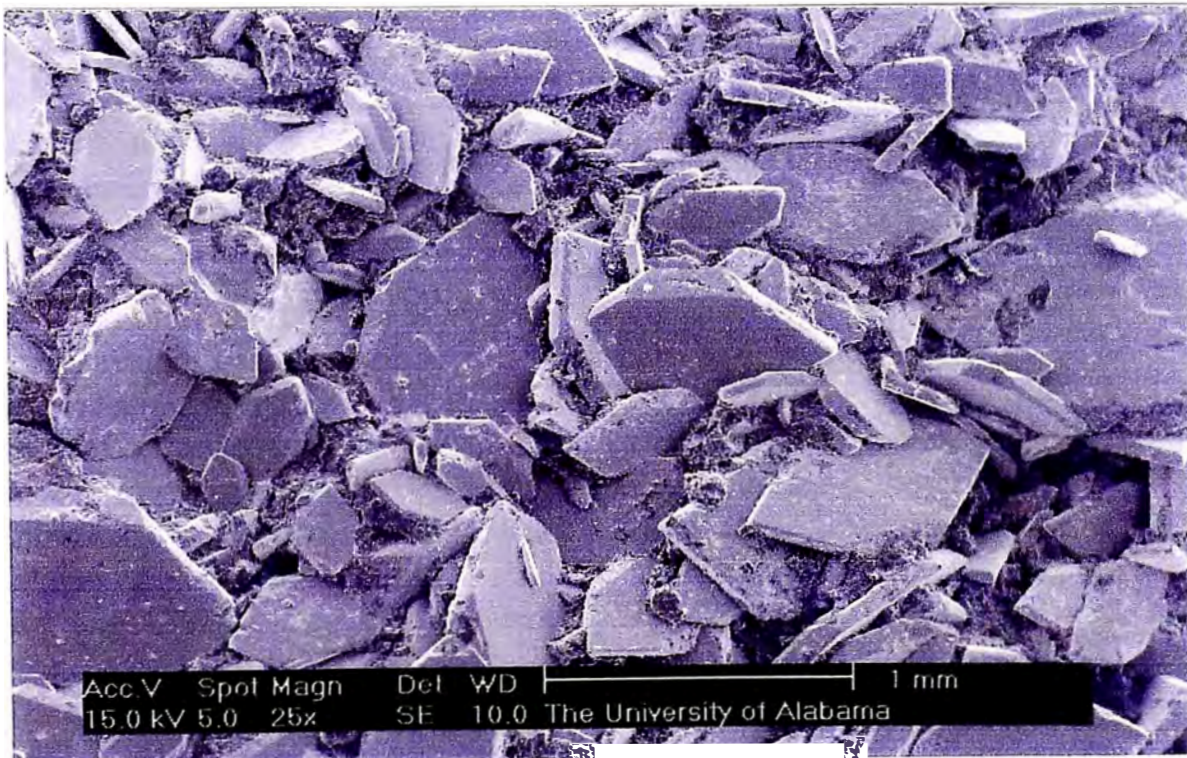
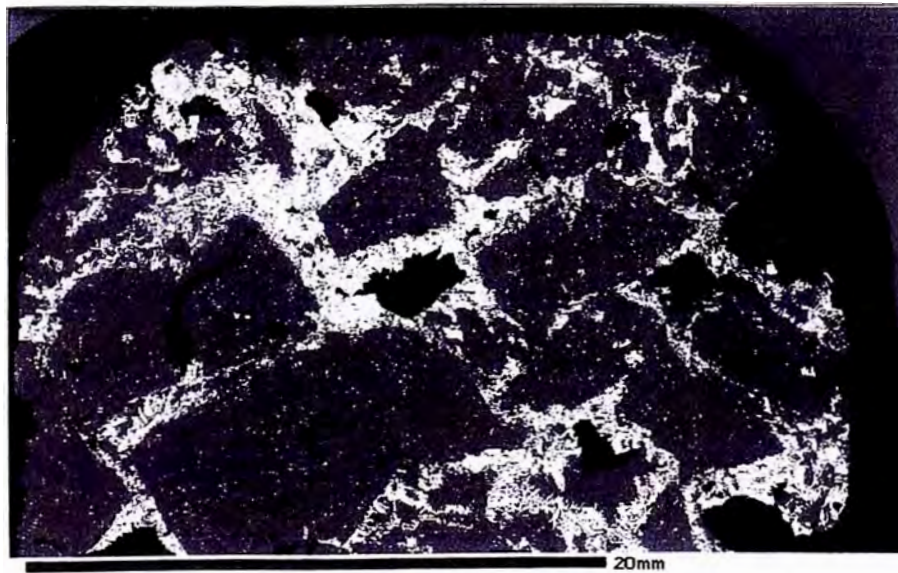


Foto N° 40 : Imagen electrónica secundaria, muestra la superficie de una fractura con cristales de baritina.



Foto N° 41 : Muestra macroscópica, de una roca silicificada que se encuentra fracturada, y dichas fracturas están rellenas por Baritina (color blanco).



BE Overview ref. # 0005

Foto N° 42 : Imagen electrónica backscattered, muestra la baritina (color blanco) mezclado con granos de cuarzo muy fino, cementando los clastos.



Foto N° 43 : S.D.: Luz polarizada nicoles cruzados, la misma muestra. Se ve baritina y sílice rellenando fracturas (inferior izquierdo) a lo largo de clastos silicificados (superior derecho).

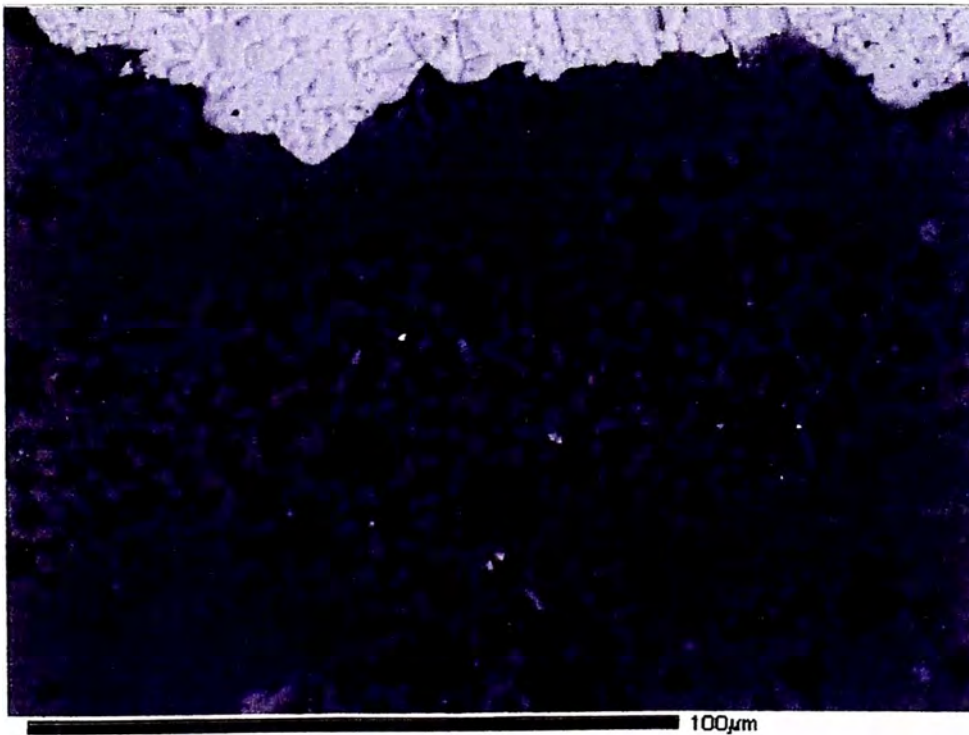


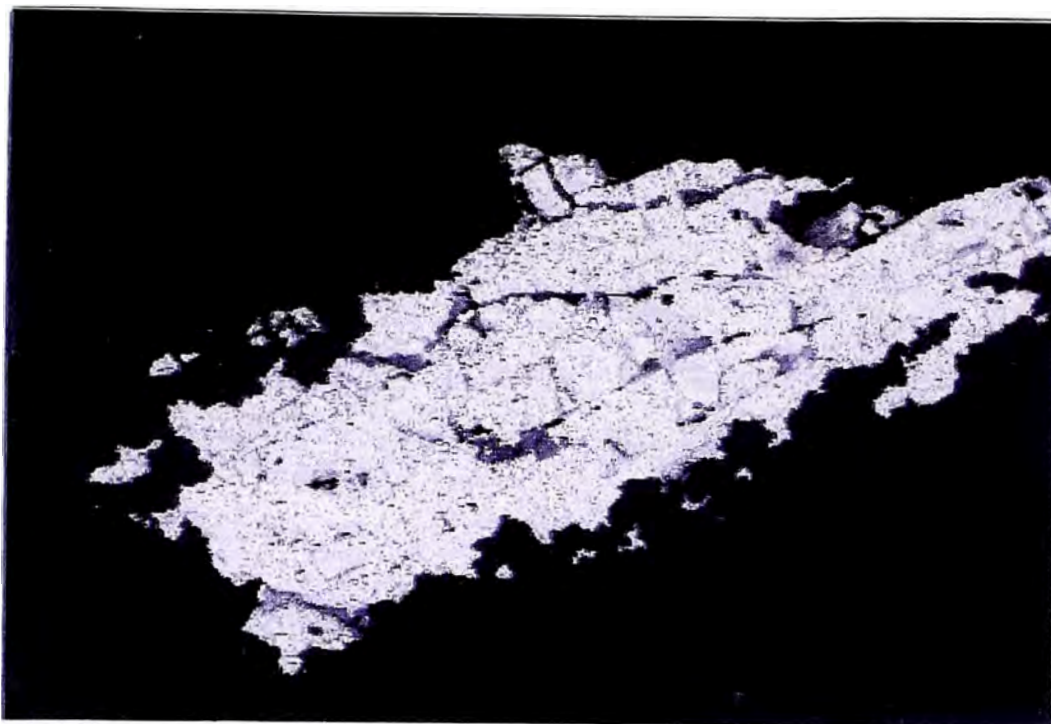
Foto N° 44 : Imagen electrónica, muestra granos de oro en tamaño de micrones, disperso en cuarzo con textura de micro vuggy, asociada con baritina (parte superior de color blanco).



Foto N° 45 : Muestra macroscópica de un tufo fuertemente silicificado con baritina y oro visible relleno de fracturas.

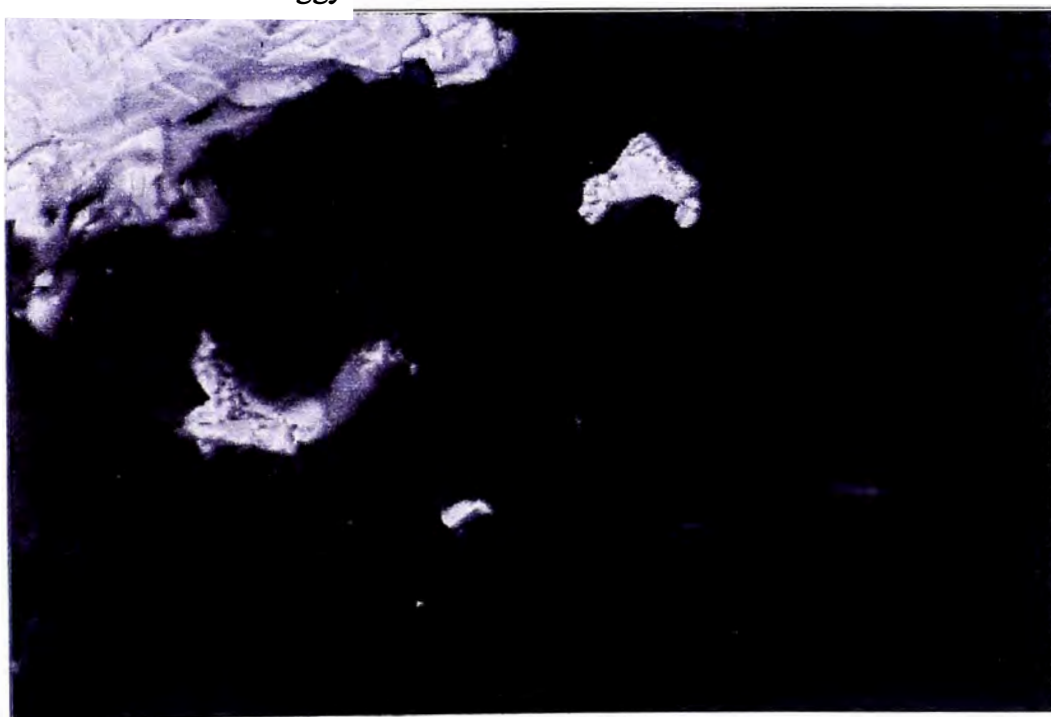


Foto N° 46 : S.D. Luz polarizada, nicoles paralelos. Baritina (color marrón oscuro) a lo largo de la fractura. El Oro ocurre en el cuarzo micro vuggy asociado con las fracturas y baritina.



BE ref. # 0006 Image B Barite over vuggy silica with Au

Foto N° 47 : Imagen electrónica backscattered de la baritina (blanco) en una fractura. Límite del clasto (gris suave). Baritina con cuarzo vuggy fino. El oro ocurre a lo largo del límite en el cuarzo vuggy.



BE ref. # 0006 Image A Barite over vuggy silica with Au

Foto N° 48 : Oro en cuarzo micro vuggy. Ampliación de una parte de la foto N° 47. El oro esta en tamaño de micrones a sub-micrones como puntos brillantes en cavidades.

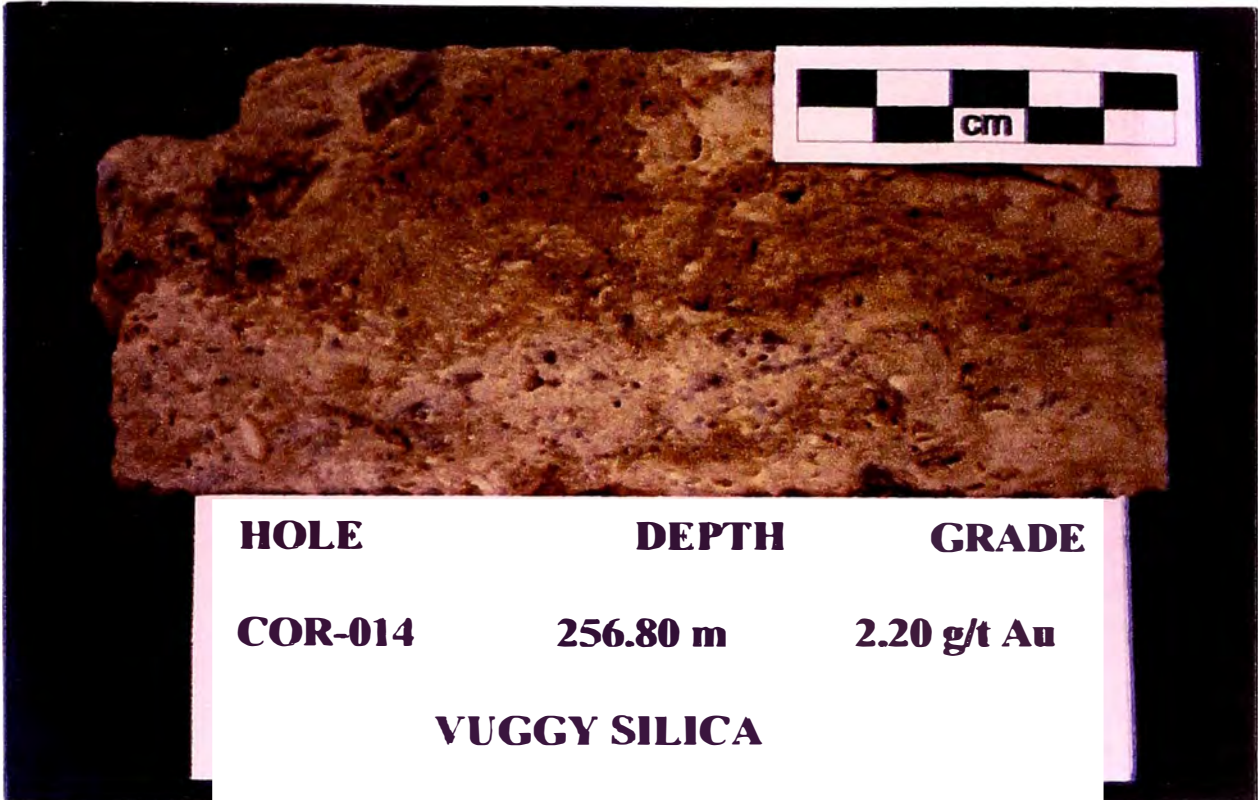
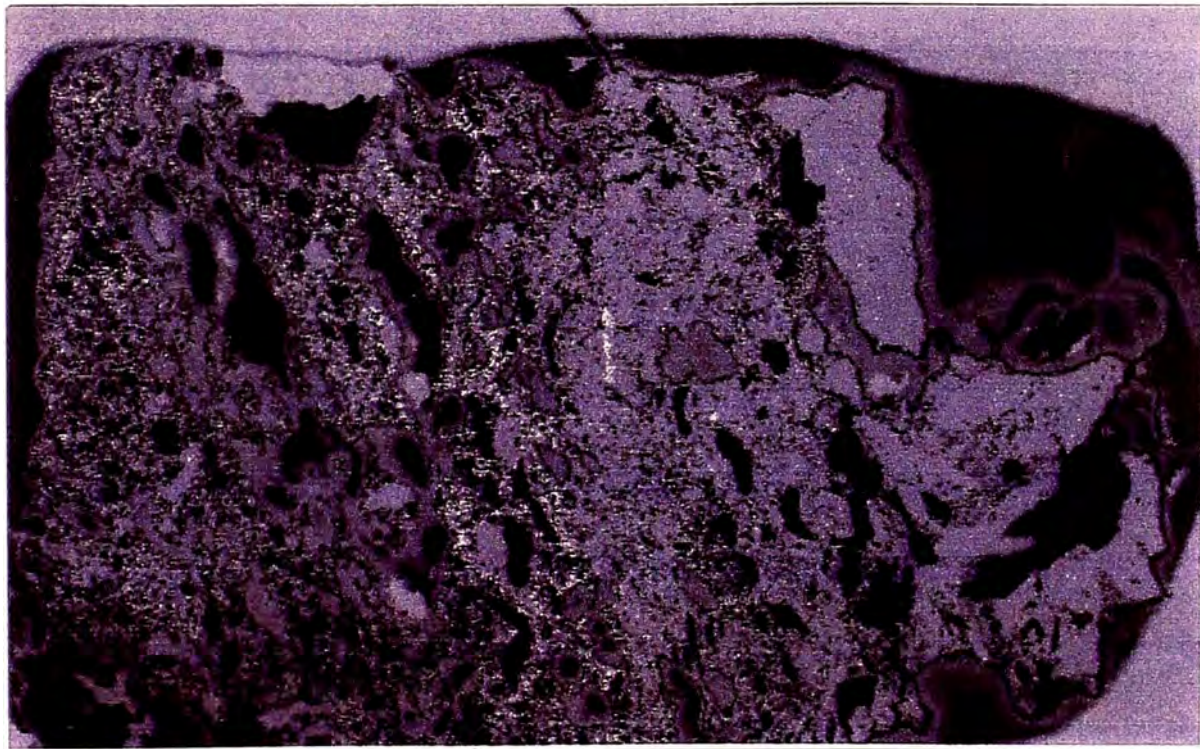


Foto N° 49 : Muestra macroscópica de una roca fragmental (brecha) con textura fluidal de la sílice de color crema.



BE ref. # 0009 Overview

Foto N° 50 : Imagen electrónica backscattered, visión general de la muestra. Se observa vesículas alargadas y textura fluidal. Los puntos brillantes son cristales de Kosnarita (?).

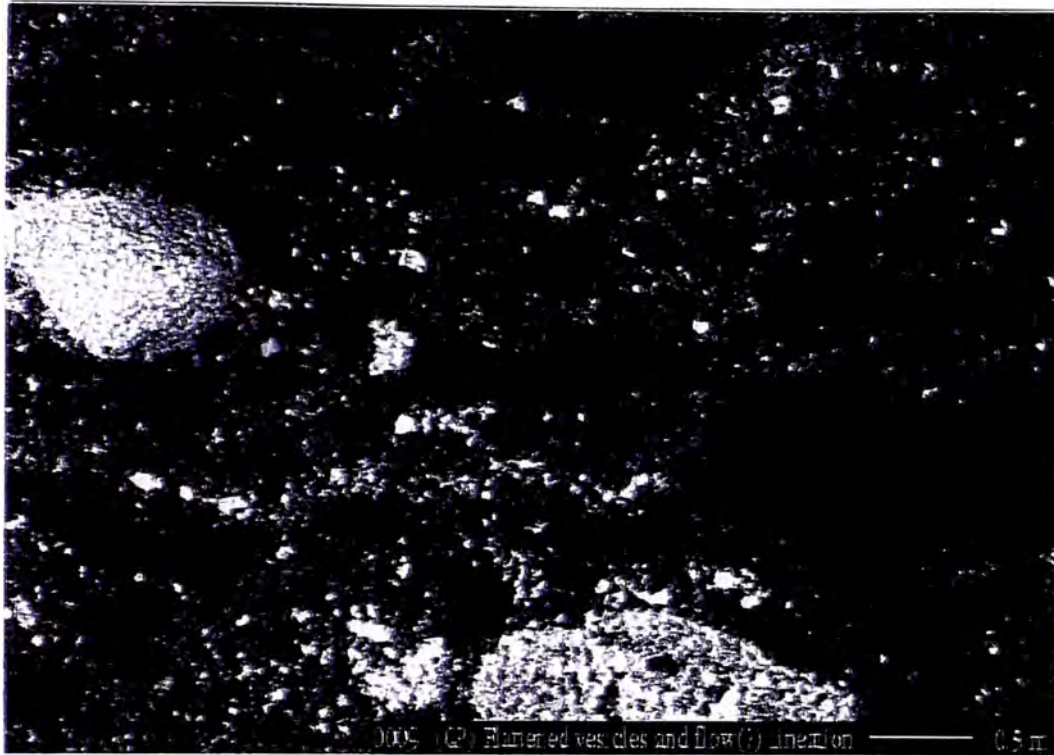


Foto N° 51 : S.D. Luz polarizada, nícoles cruzados, la misma muestra. Se observa intensa silicificación. Diferentes tamaños de cuarzo, posiblemente es el resultado del tamaño original de los cristales o clastos.

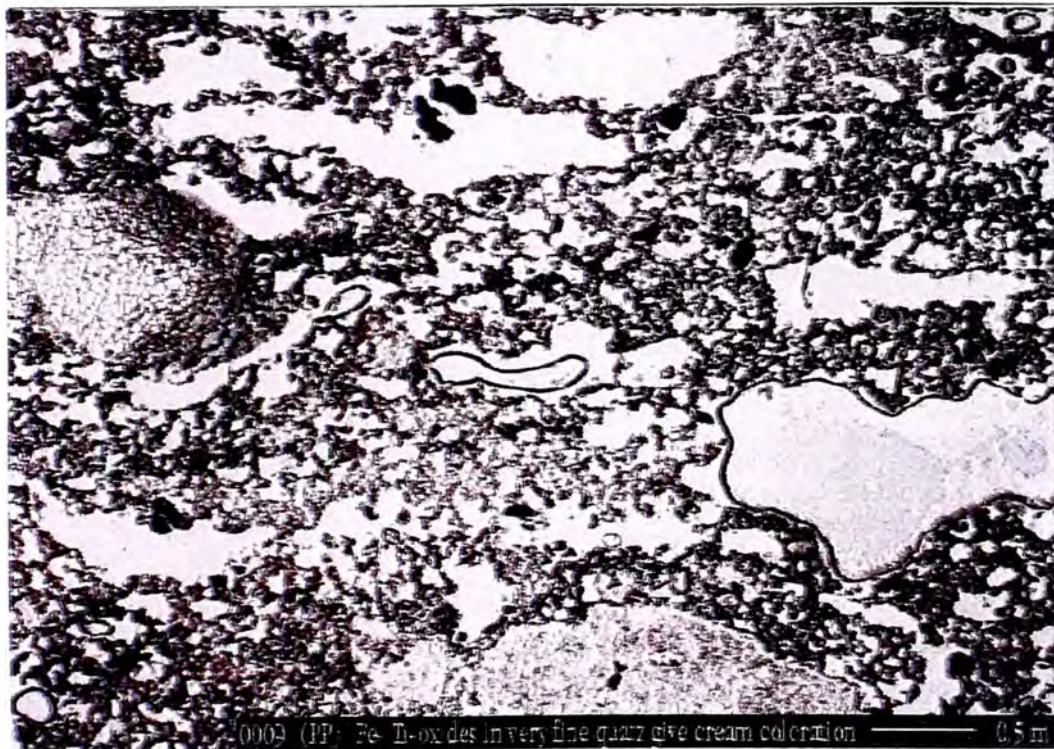
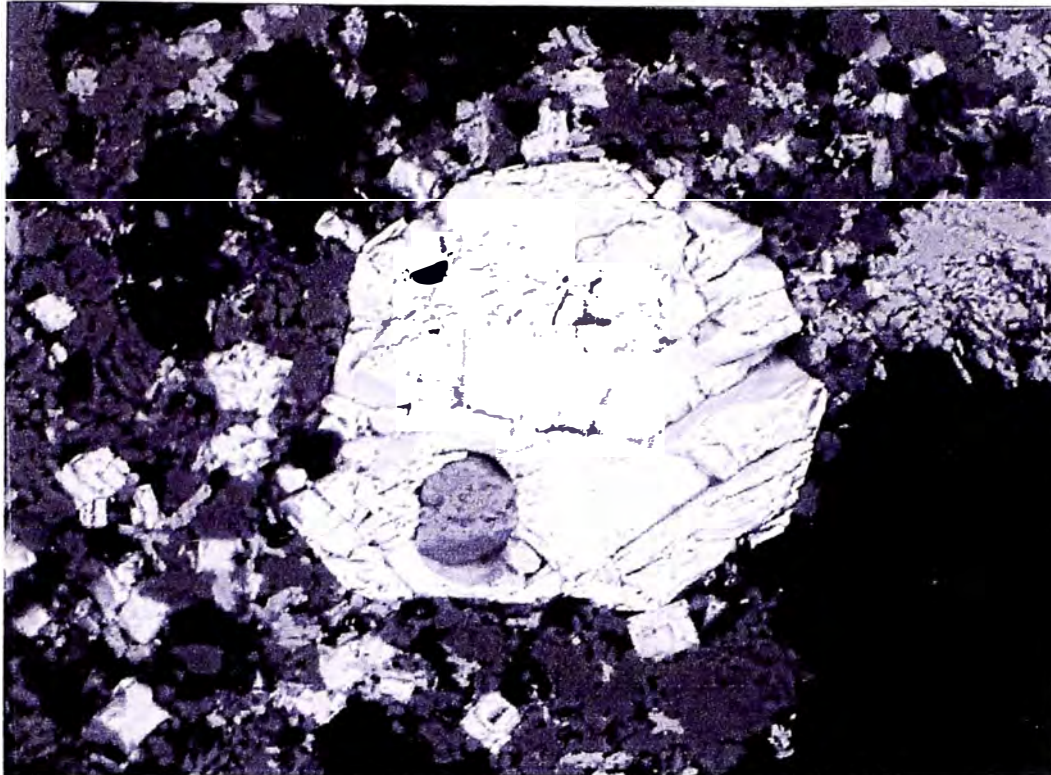
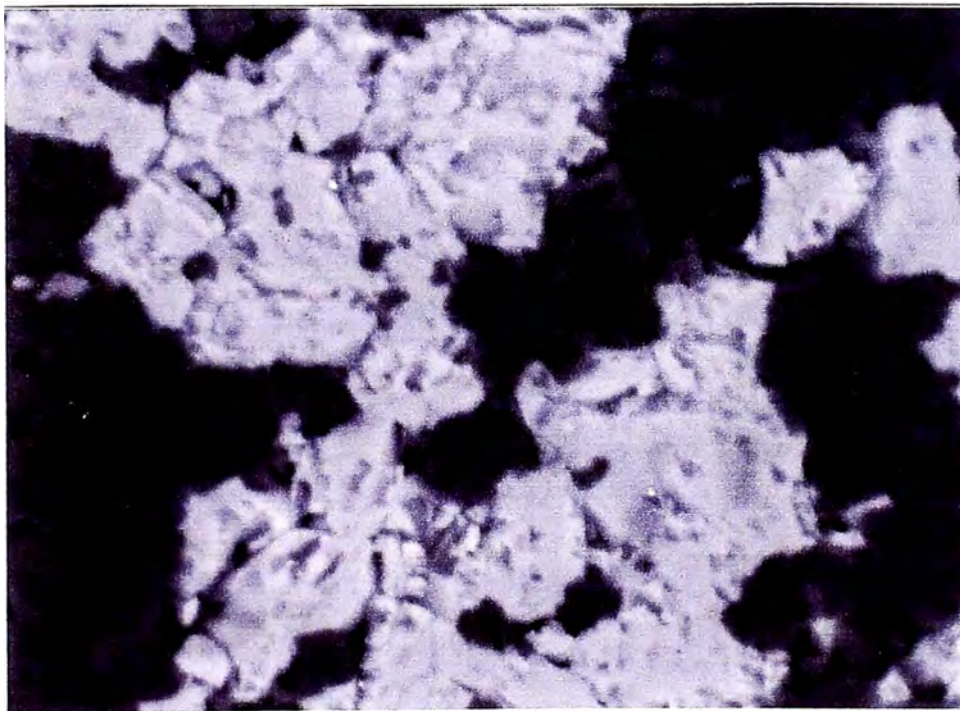


Foto N° 52 : S.D. La misma área. nícoles paralelos. Se observa óxidos de Fe y óxidos de Ti en tamaño de micrones, dándole un color crema a la roca.



BE ref. # 0009 Zircon with fluor-apatite inclusion with kosnarite(?)

Foto N° 53 : Zircón con inclusión de Fluor-Apatita. Gris medio a la derecha es óxido de Ti, y los pequeños cubos son kosnarita (?). Gris claro es cuarzo y negro es el pegamento.



BE ref. # 0009 Kosnarite(?) with gold

Foto N° 54 : La misma muestra. Oro en tamaño de micrones como puntos brillantes en venilla de kosnarita. El color gris claro es cuarzo



Foto N° 55 : Muestra macroscópica de una roca fragmental gruesa (brecha heterolítica) con fragmentos silicificados y con matriz de fragmentos finos. Se observa muchas vesículas de lixiviación

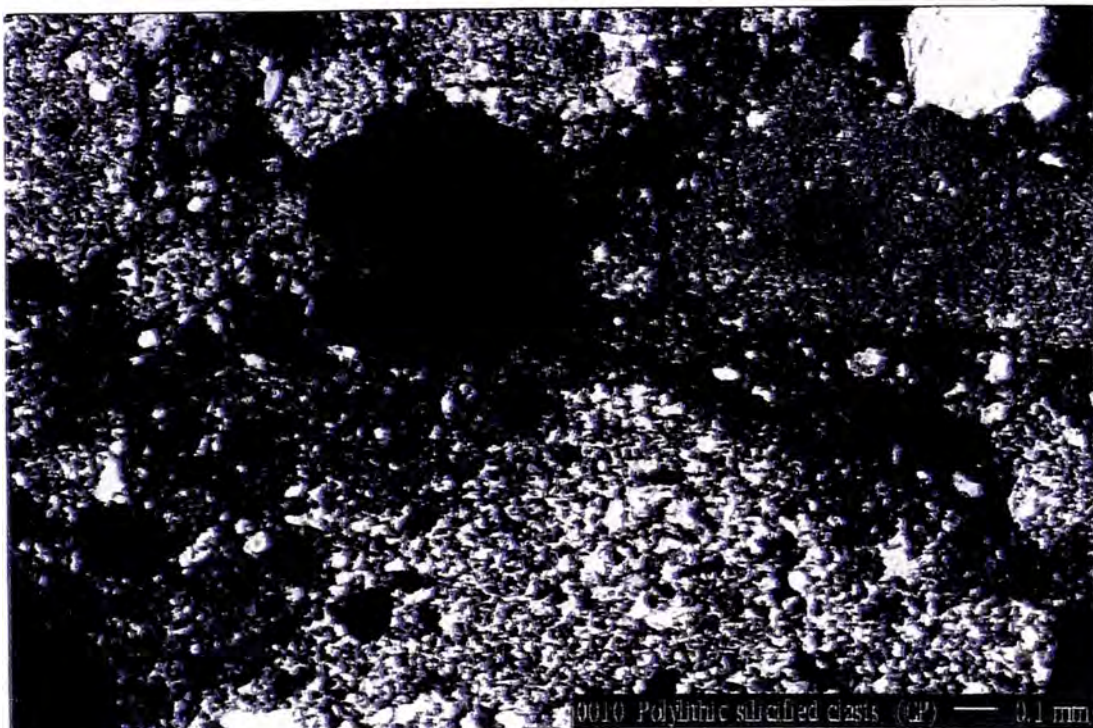


Foto N° 56 : S.D. Luz polarizada, nícoles cruzados. La imagen muestra una roca de naturaleza fragmental heterolítica completamente silicificada. La matriz es muy oquerosa / vuggy (vesicular).

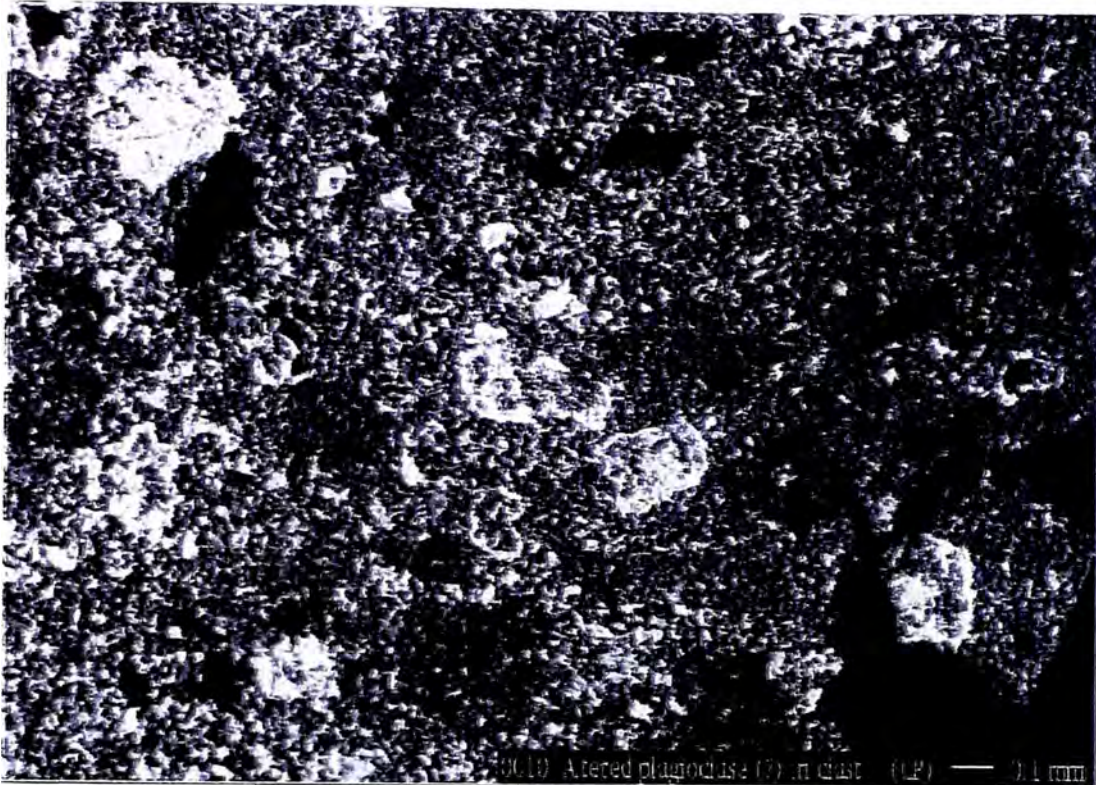
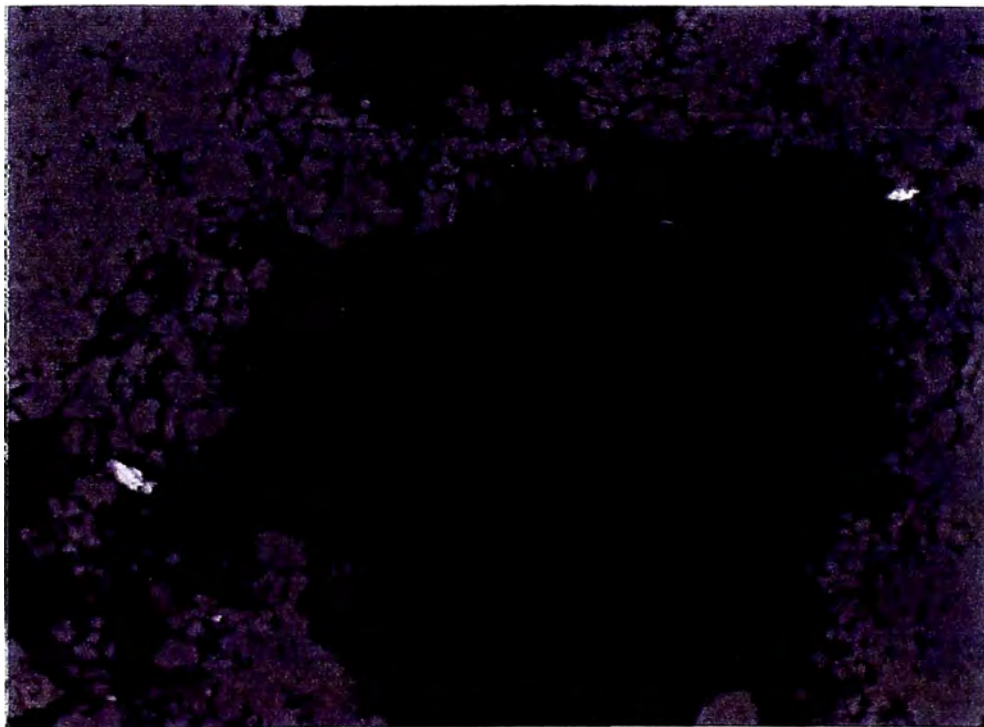
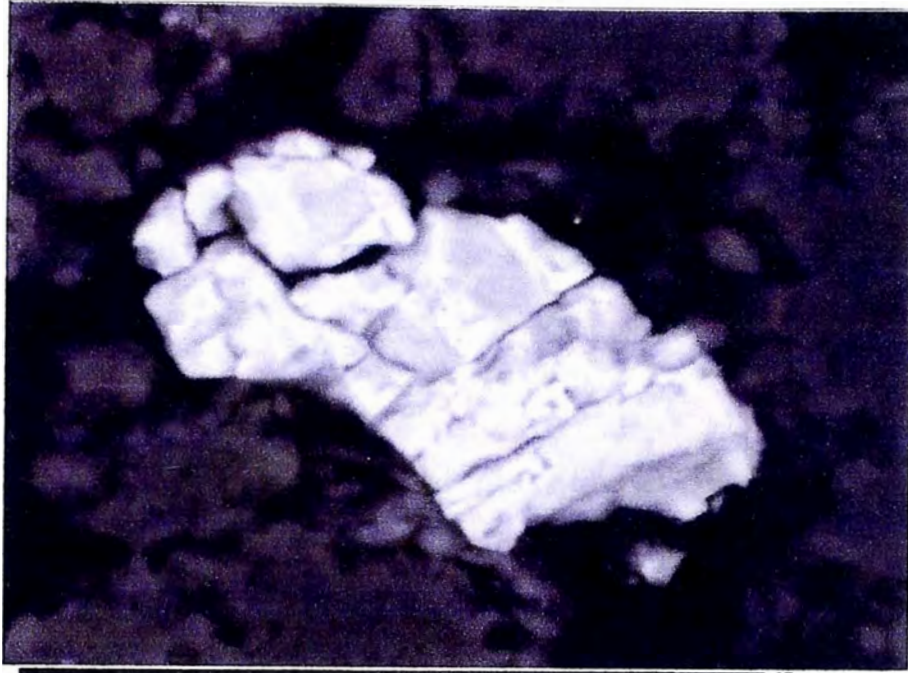


Foto N° 57 : S.D. Luz polarizada, nícoles cruzados, de la misma muestra. Fenocristales de plagioclasas en clastos silicificados.



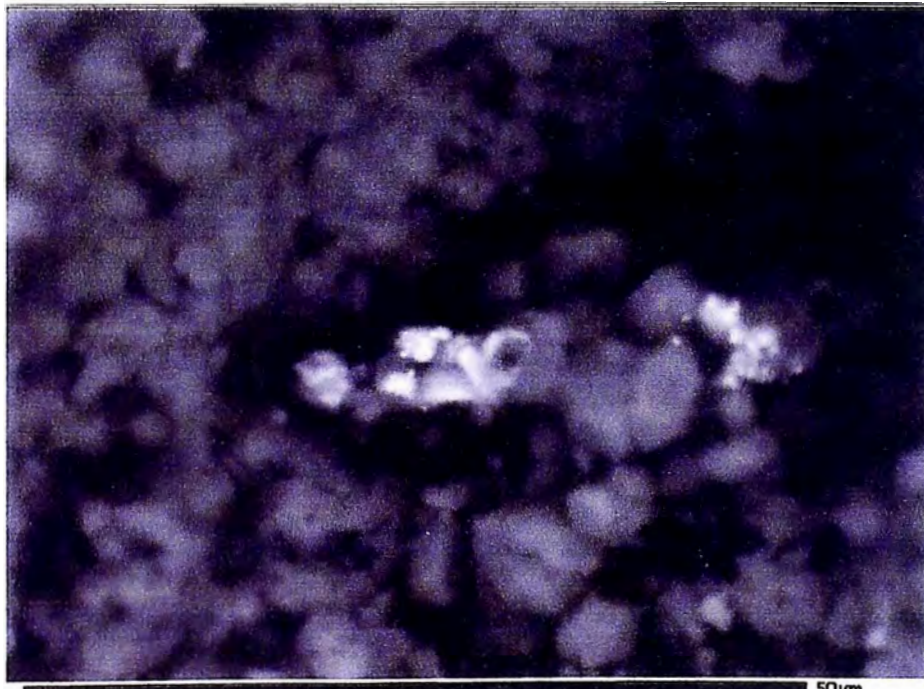
BSE ref. # 0010 Au with zircon in cavity

Foto N° 58 : Imagen electrónica backscattered, de la misma muestra. Oro en vesículas (vuggy). Grano de oro en la parte superior derecha en cavidades del cuarzo principalmente. Abajo a la izquierda grano brillante de zircón. (la burbuja interior es pegamento).



BE ref. # 0010 Au with Barite in cavity

Foto N° 59 : Ampliación de la foto N° 58. El tamaño del oro es de micrones, como puntos brillantes en el centro, a la derecha y a lo largo de la cavidad del cuarzo. La cavidad es rellenada por baritina.



BE ref. # 0010 Au with Sn-oxide in cavity

Foto N° 60 : Imagen ampliada de la foto N° 59. Oro como playas brillantes, asociados con óxidos de estaño en microporos de cuarzo.

4.6 EVOLUCION GEOLOGICA DEL DEPOSITO

El desarrollo del depósito aurífero de Corimayo fue el resultado de un proceso geológicamente corto pero de múltiples fases volcánicas/magmáticos/hidrotermales. Un sistema que evolucionó rápidamente con sobreimposiciones y múltiples pulsos magmáticos e hidrotermales. Lo siguiente es un modelo conceptual de las secuencias que tuvo la evolución y formación del depósito.

FASE I Un ciclo temprano eruptivo, produjo una secuencia potente de flujos de lavas, domos y flujos piroclásticas conocido como la secuencia del CVY (Fig. 25a).

FASE II Inicio y el desarrollo de un sistema de alteración ácido sulfato dentro de la secuencia del CVY (Fig. 25b), donde las rocas fueron alteradas a sílice granular, sílice vuggy y ensambles de argílico avanzado y arcillas. Un posterior periodo de silicificación (sílice masiva), se formó por enfriamiento del agua saturada de sílice en la paleotabla de agua (Reynolds y Albinson, 2000), ocurriendo una sobreimposición de sílice masiva en la sílice vuggy y formando cuerpos sub-horizontales de sílice masiva. Junto con este proceso ocurrió una débil mineralización de oro (30-150 ppb Au), que fue introducido durante este estado de silicificación (Harvey, 1999).

FASE III Inicio de un volcanismo explosivo con la erupción de ignimbritas y flujos piroclásticos que contienen fragmentos accidentales de rocas previamente alterados los cuales representan el periodo de alteración ácido sulfato de la secuencia 2. Las rocas volcánicas del ciclo temprano explosivo son conocidas como la secuencia piroclástica superior. Es posible que esta secuencia piroclástica superior, en el graben de La Quinua también recibió el aporte de otros centros eruptivos como Cerro Yanacocha y/o Pabellon, ya que Corimayo se encontraba en un graben con reactivaciones de desplazamientos en bloques (Fig.25c).

FASE IV Continúa la actividad hidrotermal y la alteración de silicificación debido a la actividad magmática sobreimpuesta a un periodo posterior de alteración (lixiviación). Múltiples eventos de explosiones freáticas producen brechas que cortan todas las unidades de rocas y contienen todos los tipos de litologías y alteraciones de rocas. Estos cuerpos de brechas contienen distintos diques de fluidización tardías que se forman durante la desgasificación de la principal brecha freática. Estas erupciones freáticas sirvieron como conductos precursores para las fases posteriores de brechas hidrotermales y de las fases tardías de diatremas andesíticas e intrusiones porfirítics. También es posible que el emplazamiento de los diques y diatremas estén controlados por fallas reactivadas como la falla Chilon y Río Grande (Fig. 25c).

Posterior a los grandes eventos de explosiones freáticas, fue seguido por un evento de flujo de una roca rica en cristales (TFxb), que cubrió todo el sistema de alteración y las brechas freáticas (Fig. 25d).

FASE V El principal evento de mineralización está asociado con eventos de brechas hidrotermales controlados estructuralmente (Fig. 25d). Flujos de soluciones con los metales se emplazaron a lo largo de conductos permeables que se formaron durante la alteración ácido sulfato de las fases II, III y IV; también formados por las explosiones freáticas y las fallas reactivadas. La mineralización de alta ley de oro se encuentra hospedado generalmente en brechas hidrotermales con textura fluidal de sílice calcedónica (color crema) que está sobreimpuesto a la alteración de sílice granular y también en zonas con fuerte fracturamiento que favorecieron su emplazamiento. En esta fase tardía también hay una fase de soluciones con baritina y oro (>10 g/t Au), que por lo general representan las más altas concentraciones de oro. Estos eventos de brechas y soluciones de alta ley se emplazan en niveles muy superficiales. Es posible que estas fases de oro están acompañadas de piritita-enargita.

FASE VI Fases tardías resurgentes finalizan con estructuras de intrusivos y diatrema, por que arrastran fragmentos de las unidades descritas anteriormente (ver sumario de COR-009, en el apendice). Es posible que el oro está asociado espacialmente con eventos tardíos

de intrusiones y diatremas y asociados a diques porfiríticos ó ambos fueron controlados por la misma estructura/conducto (Fig. 25e).

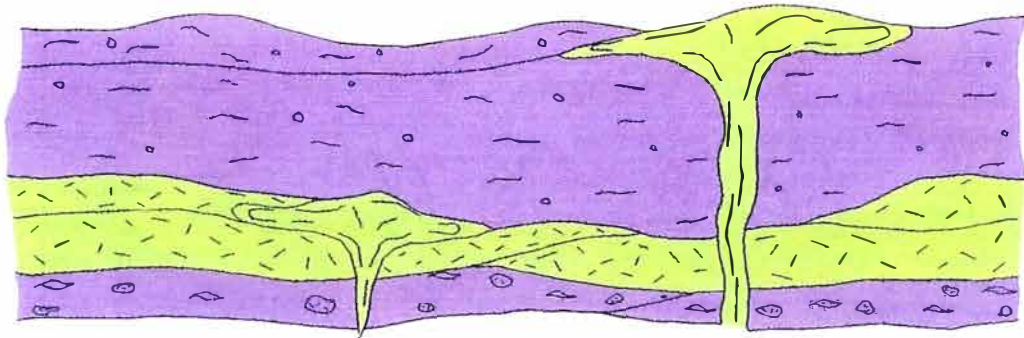
FASE VII Las alteraciones supérgenas de oxidación fueron localizados en zonas relacionados a sulfuros. Quedando en el lugar el bario, oro y hierro remanente, pero el cobre y el azufre fueron lixiviados hacia las profundidades y concentrándose debajo del límite redox. El azufre removilizado fue depositado como azufre nativo (Fig. 25f).

FASE VIII El producto de la erosión glacial en el área de La Quinoa cubrió y preservó algunos depósitos de oro como Corimayo y El Tapado. Las reactivaciones de las fallas en La Quinoa crearon un valle en el cual grandes volúmenes de gravas de rocas relacionadas con el oro fueron depositados y preservados (Fig. 25f).

En algunos depósitos del distrito de Yanacocha, el cuerpo de oro aparece espacial y temporalmente asociados con diatremas e intrusivos porfiríticos.

La evolución de algunos depósitos del distrito, tiene muchas similitudes entre ellos, en cuanto a los eventos, pero posiblemente la fase de mineralización de Corimayo difiera de los otros depósitos, por que tiene un fuerte control estructural y concentraciones de alta ley (no tienen mucha diseminación). También otra diferencia son las brechas hidrotermales con sílice calcedónica de color crema, que posiblemente representen las fases más tardías de un sistema ácido sulfato.

FASE I

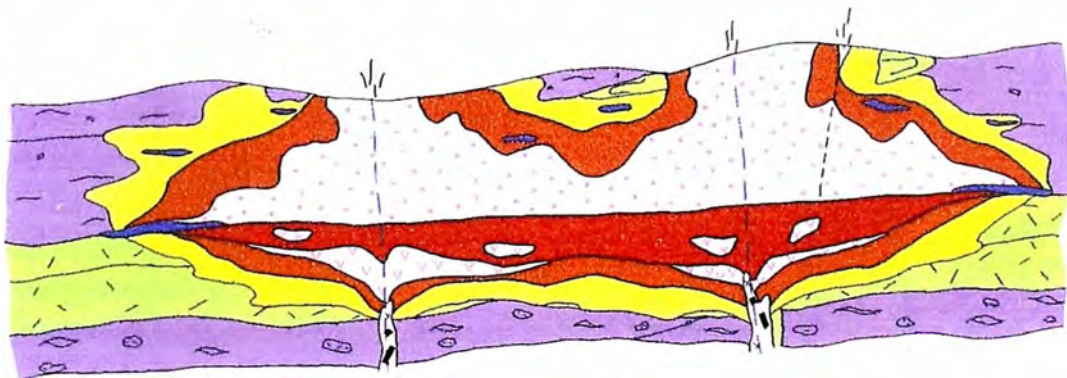


Volcanismo inicial del distrito

(Flujos de lava, domos y flujos piroclásticos)

Fig. 25a

FASE II



Diques

Debil mineralización de oro (30 - 150 ppb)

Alteración hidrotermal

(Tipo ácido sulfato)

Fig. 25b

FASE III y FASE IV

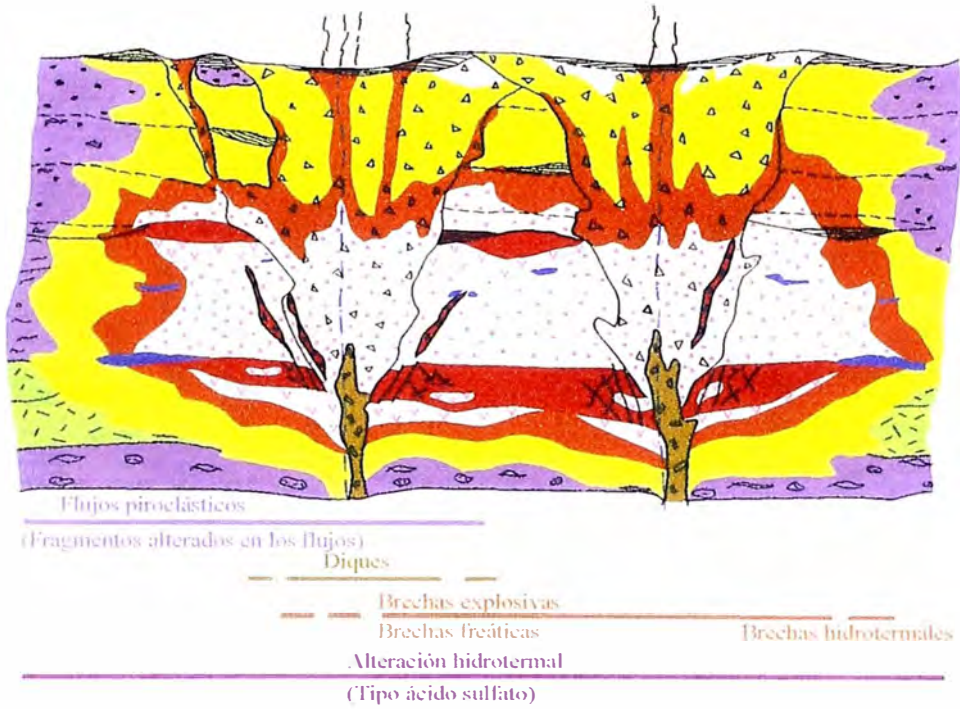


Fig. 25c

FASE IV y FASE V

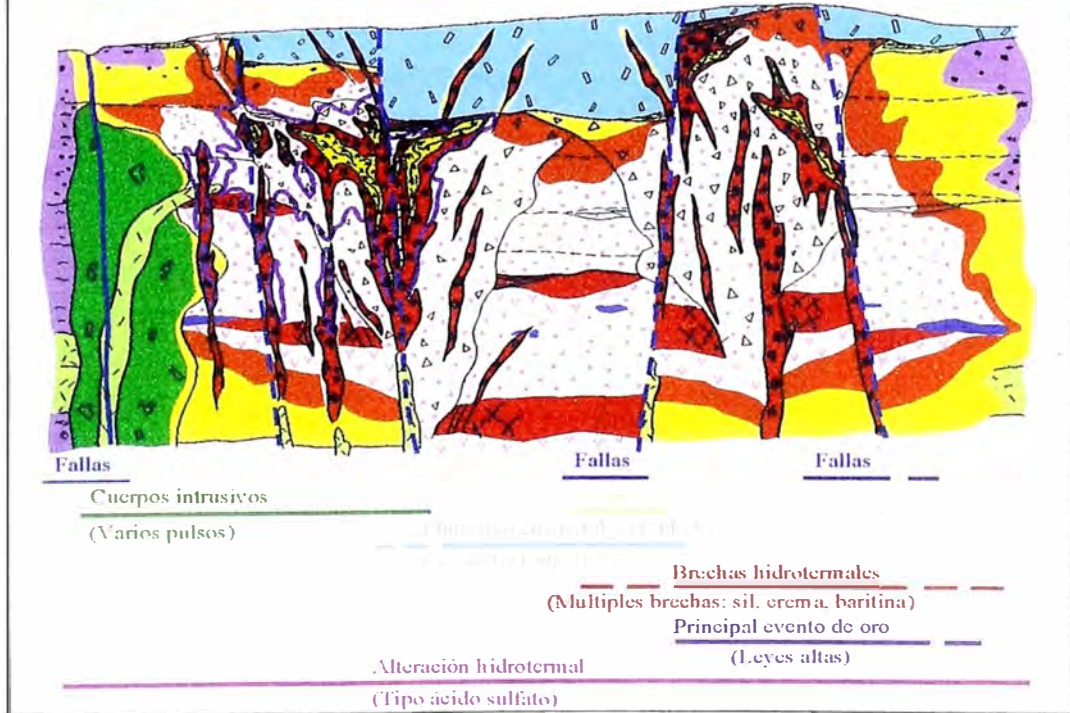


Fig. 25d

FASE VI y FASE VII

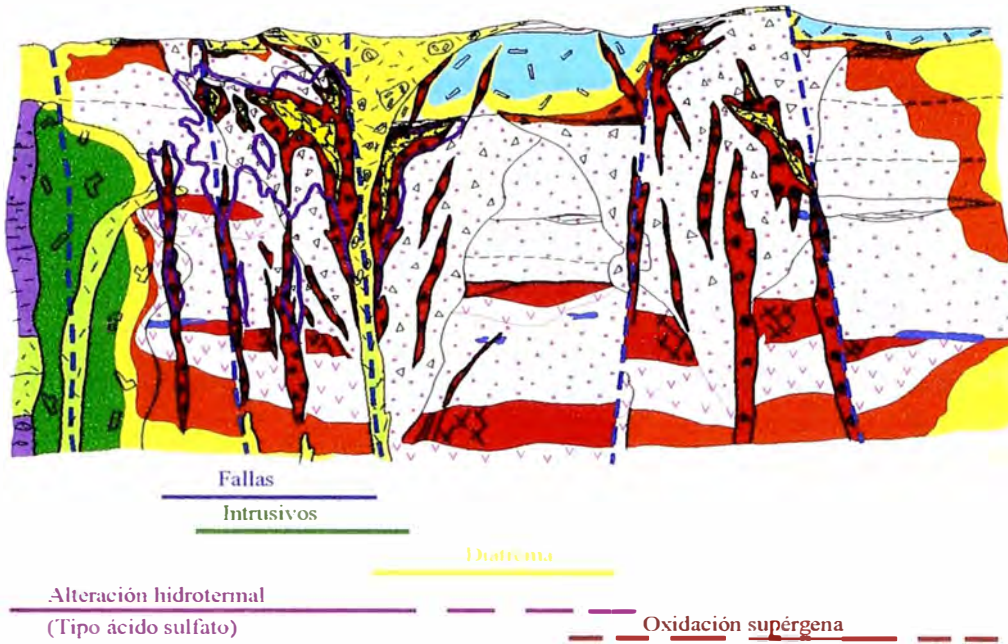


Fig. 25e

FASE VIII

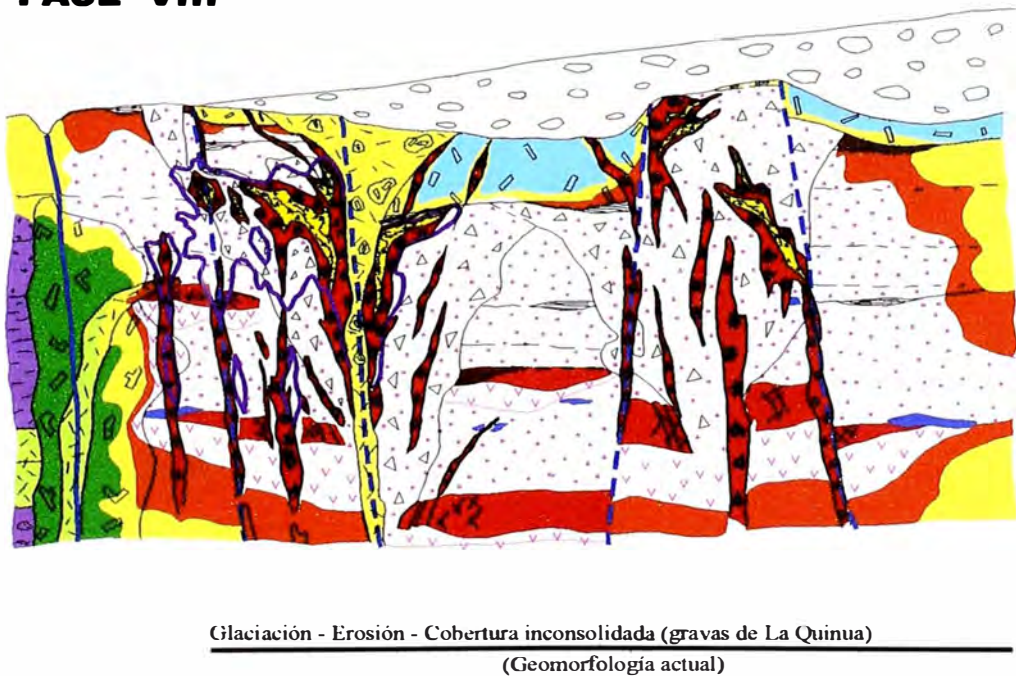






















Fig. 25f

Leyenda

-  Flujos piroclásticos sin fragmentos silicificados
-  Flujos lávicos andesíticos / Diques andesíticos
-  Domos andesíticos
-  Diques dacíticos
-  Flujos piroclásticos con fragmentos silicificados
-  Brechas freáticas
-  Roca laminada
-  Brechas hidrotermales
-  Brechas hidrotermales con sílice de color crema
-  Intrusivo dacítico
-  Flujo rico en cristales (UTFxb)
-  Diatrema
-  Sílice granular
-  Sílice masiva
-  Sílice vuggy
-  Sílice opalina
-  Sílice alunita
-  Sílice arcilla
-  Arcillas
-  Principal evento de mineralización aurífera

5.0 GEOQUIMICA DE LOS ELEMENTOS TRAZAS Y SU RELACION CON EL ORO

5.1 INTRODUCCION

La geoquímica es una herramienta muy importante en los trabajos de exploración como guía para el descubrimiento de nuevos yacimientos. En el distrito minero de Yanacocha, a sus inicios se identificó 14 anomalías de oro, siendo muchos de ellos minas o futuras minas, es por esta razón la importancia de entender la relación de los elementos trazas con el oro. Es posible tener complicaciones en las fases de interpretación, entendimiento y uso, pero es una herramienta que ayuda en la exploración.

En este proyecto, se tiene bastante información geoquímica de oro y elementos trazas; tanto de geoquímica superficial como de los sondajes perforados en este depósito.

El análisis de los datos geoquímicos, han sido separados en dos grupos: datos de geoquímica superficial y datos de geoquímica de los sondajes diamantinos, para luego ser relacionados entre ellos. De la misma forma, la información geoquímica proveniente de los taladros se pudo separa dos poblaciones: óxidos y sulfuros, para trabajarlos en forma separada; encontrándose familias de elementos trazas con buena correlación, en cada una de las poblaciones, tanto en óxidos como en sulfuros.

5.2 GEOQUIMICA SUPERFICIAL

El análisis de la información geoquímica de superficie, tiene como objetivo identificar anomalías geoquímicas de los distintos elementos trazas, que son guías en los depósitos epitermales de alta sulfuración, relacionándolo con el comportamiento del oro en la superficie. Toda esta información de geoquímica superficial, será relacionada con la información geoquímica de los sondajes diamantinos, para ver el comportamiento de dichos elementos en el sentido vertical.

5.2.1 METODOLOGIA

La información geoquímica superficial del depósito, proviene de los afloramientos que se encuentran a los alrededores Suroeste y Oeste del depósito, específicamente en el área de Río Grande y Pabellon.

El año 1998 se realizó el muestreo superficial sistemático rock chips (malla de 20x20 m.) y selectivo, con un total de 962 muestras. Estas muestras fueron analizadas por los siguientes elementos: Au, Ag, Hg, As, Sb, Bi, y Cu. Para el oro se analizó por el método fire assay y para los demás elementos se hizo por el método de absorción atómica.

Se ha realizado un tratamiento estadístico, para identificar poblaciones geoquímicas, el comportamiento de los elementos trazas con respecto al oro y buscar familiar de correlación. También se han construido planos de contornos geoquímicos para definir las tendencias y lineamientos.

5.2.2 ANALISIS ESTADISTICO

El primer paso para el análisis estadístico fue revisar la base de datos, encontrándose, que algunos elementos tenían varios límites de detección distintos (valores negativos) debido a que fueron analizados por distintos laboratorios, también se pudo identificar que no todos los elementos tienen la misma cantidad de muestras analizadas en la misma área.

Para los datos con diferentes límites de detección y diferentes números de muestras analizadas se procedió de la siguiente manera:

- Todos los valores menores al límite de detección fueron cambiados por la mitad de su valor absoluto. Por ejemplo un valor de Ag -0.3 es cambiado por la mitad de su valor absoluto 0.15 .

Todo estos cambios tienen influencia en el histograma de frecuencia, debido a que se concentra una población de valores bajos. La siguiente tabla muestra la cantidad de datos que fueron cambiados.

Elemento	Au		Ag			As			Hg	Sb		Cu		Bi	
Limit. Detec.	-0.005	-0.002	-1	-0.3	-0.1	-20	-15	-2	-0.01	-5	-1	-5	-1	-5	-1
N° Muestras	101	54	1	16	360	1	12	198	2	15	310	5	21	17	248
Poblac.Total	962		962			962			962	962		962		710	
%	16.1		39.2			21.9			0.2	33.7		2.7		37.3	

Tabla N° 09: Muestra los diferentes límites de detección en cada elemento y la cantidad de muestras que van a influenciar en los histogramas.

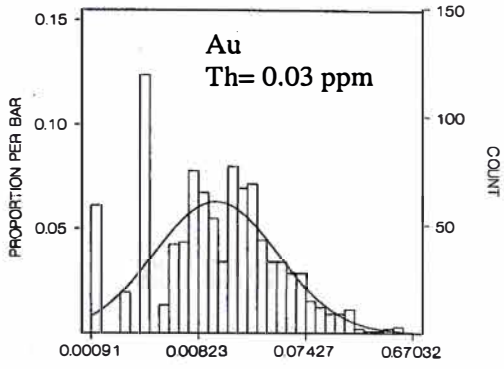
- Para las poblaciones de los elementos de Ag, As y Sb hay una fuerte influencia y distorsión por la cantidad de datos con valores por debajo del límite de detección.
- Para el caso de las poblaciones con diferentes números de muestras, para hacer los coeficientes de correlación solo se trabajó con una misma población de datos (710 datos).

5.2.3 ANALISIS DE HISTOGRAMAS

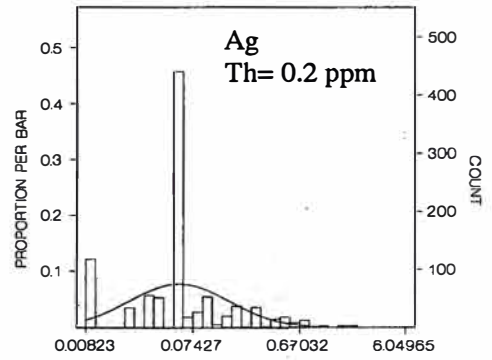
Los histogramas de todo los elementos, tienen una influencia (menor o mayor) de los datos cuyos valores están por debajo del límites de detección y que fueron cambiados por la mitad de su valor absoluto.

En los gráficos (desde el 26a hasta el 26g), los histogramas muestran una campana log-normal, pero es posible apreciar varias poblaciones en un mismo elemento.

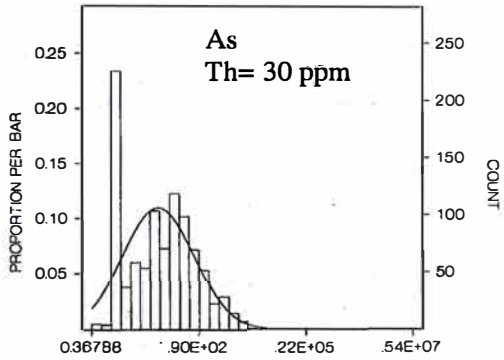
El histograma del oro muestra una distribución polimodal, con varias poblaciones. En este tipo de distribución con varias poblaciones es posible tener varios valores de thresholds separando background poblaciones anómalas. Para efectos de exploración en el distrito de Yanacocha se está usando como valor thresholds 0.03 ppm. También se observa la



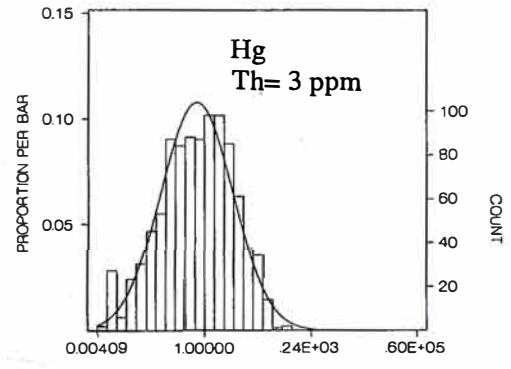
AU
Fig. 26a



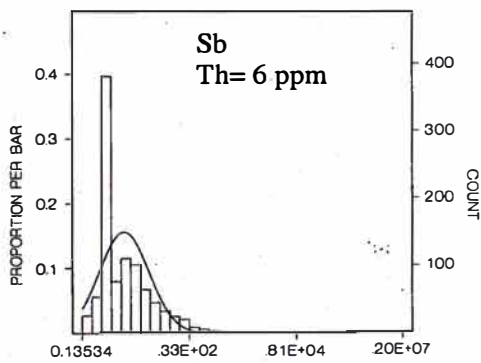
AG
Fig. 26b



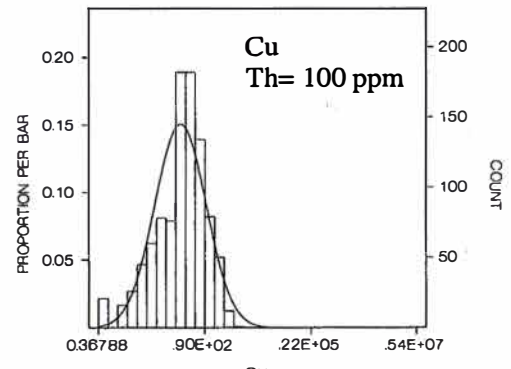
AS
Fig. 26c



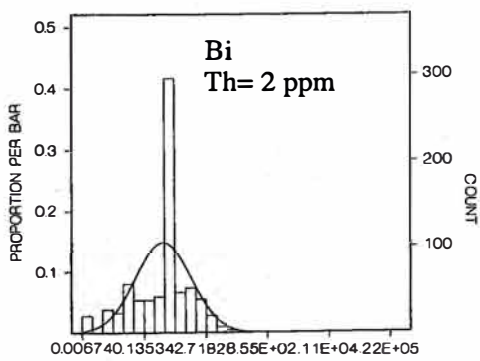
HG
Fig. 26d



SB
Fig. 26e



CU
Fig. 26f



BI
Fig. 26g

influencia en la población de valores bajos por los datos que estaban por debajo del límite de detección.

El histograma de la plata muestra una distribución irregular, polimodal, el valor thresholds definido es 0.2 ppm. Hay una fuerte distorsión en los valores bajos por los datos menores al límite de detección.

Los histogramas del arsénico y antimonio muestran una distribución unimodal, definiéndose los valores de thresholds para el arsénico 30 ppm y para el antimonio 6 ppm. Los histogramas para el cobre y el bismuto, aparentemente muestra una distribución unimodal, con los valores de thresholds para el cobre de 100 ppm y para el bismuto de 2 ppm. En estos histogramas no hay influencia de los datos con valores por debajo del límite de detección para el cobre, pero para el bismuto si se observa la influencia de los datos que fueron cambiados por tener valores por debajo del límite de detección (el pico mas alto en el histograma es pos estos valores).

El histograma del mercurio tiene una distribución unimodal con un thresholds de 3 ppm. En este elemento no hay una fuerte influencia de los valores que estaban por debajo del límite de detección.

5.2.4 ANALISIS DE CORRELACIONES

Para los análisis de correlaciones, se usó la información definida como un comportamiento Log-normal de los histogramas de todo los elementos, por lo tanto, la data se transformó a base logarítmica. Por otro lado se han elaborado matrices de correlación para poblaciones: **total** y **>0.03 ppm**, con el objetivo de ver comportamiento de los elementos trazas con distintos cut off de oro (Fig. 27a y Fig. 27b).

- **ORO-PLATA**

La correlación de incrementa desde 0.068 (población total de oro) hasta 0.144 (población >0.03 ppm de oro), siendo estas, bajas correlaciones entre el oro y la plata; en los planos de contornos de isovalores de la geoquímica superficial, muestra una pequeña coincidencia de la plata con el oro (en la zona de >0.10 ppm Au), también mostrando débil y poca extensa anomalía superficial de plata (Fig. 28).

- ORO-ARSENICO

La correlación con la población total de oro es 0.13 y con la población de oro >0.03 ppm es 0.202, mostrando baja correlación entre el oro y arsénico; en los planos de isovalores de la geoquímica de superficie, muestra comportamientos irregulares entre ellos, pero el arsénico muestra una fuerte y extensa anomalía superficial (Fig. 28).

- ORO-MERCURIO

La correlación entre estos elementos en la población total de oro es -0.003 y con la población de oro >0.03 ppm es -0.073 , siendo estas correlaciones negativas; en los planos de isovalores de la geoquímica superficial se observa comportamientos irregulares entre ellos, siendo el mercurio más anómalo y más extenso en la superficie (Fig. 28).

- ORO-ANTIMONIO

La correlación entre ambos elementos, para una población de oro total es 0.015 y para una población de oro >0.03 ppm es -0.028 , ambas poblaciones muestran una baja y negativa correlación entre ambos elementos; los contornos de isovalores de la geoquímica superficial, muestran un comportamiento irregular entre ambos, siendo el antimonio que tiene anomalías más fuertes y extensas en comparación con el oro (Fig. 28).

- ORO-COBRE

La correlación entre ambos elementos, se observa un pequeño incremento de correlación, desde una población de oro total con 0.16, hasta una población de oro >0.03ppm con 0.112, siendo una correlación baja en ambas poblaciones; los planos de isovalores de la geoquímica superficial muestran un comportamiento irregular entre ellos, observándose mayor concentración de cobre un poco más distal hacia el suroeste (Fig. 28).

- ORO-BISMUTO

La correlación entre ambos elementos para una población de oro total es 0.212 y para una población de oro >0.03 ppm es 0.124, siendo correlaciones moderadas-bajas entre ambos; los planos de isovalores de la geoquímica superficial, muestran débiles ocurrencias o

	Au	Ag	As	Hg	Sb	Cu	Bi
Au	1						
Ag	0.068	1					
As	0.130	0.128	1				
Hg	-0.003	0.137	0.260	1			
Sb	0.015	0.086	0.356	0.371	1		
Cu	0.160	0.115	0.242	0.240	0.240	1	
Bi	0.212	0.159	0.143	0.109	0.084	0.156	1

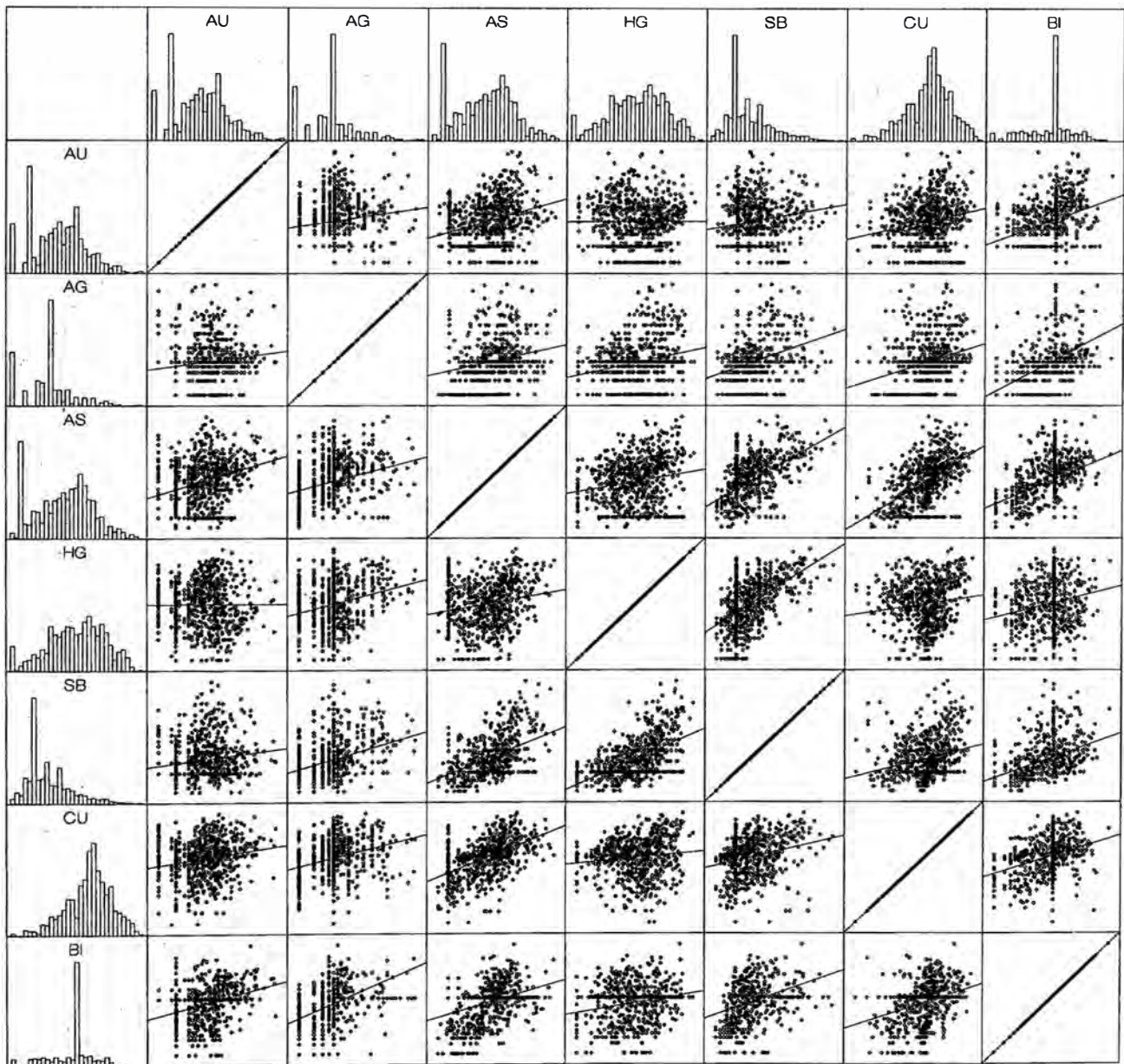


Fig. 27a: Correlación geoquímica de superficie (poblacion total de oro)

	Au	Ag	As	Hg	Sb	Cu	Bi
Au	1						
Ag	0.144	1					
As	0.202	0.09	1				
Hg	-0.073	-0.022	0.065	1			
Sb	-0.028	0.091	0.111	0.703	1		
Cu	0.112	-0.099	0.162	0.328	0.485	1	
Bi	0.124	0.079	0.017	0.13	0.261	0.118	1

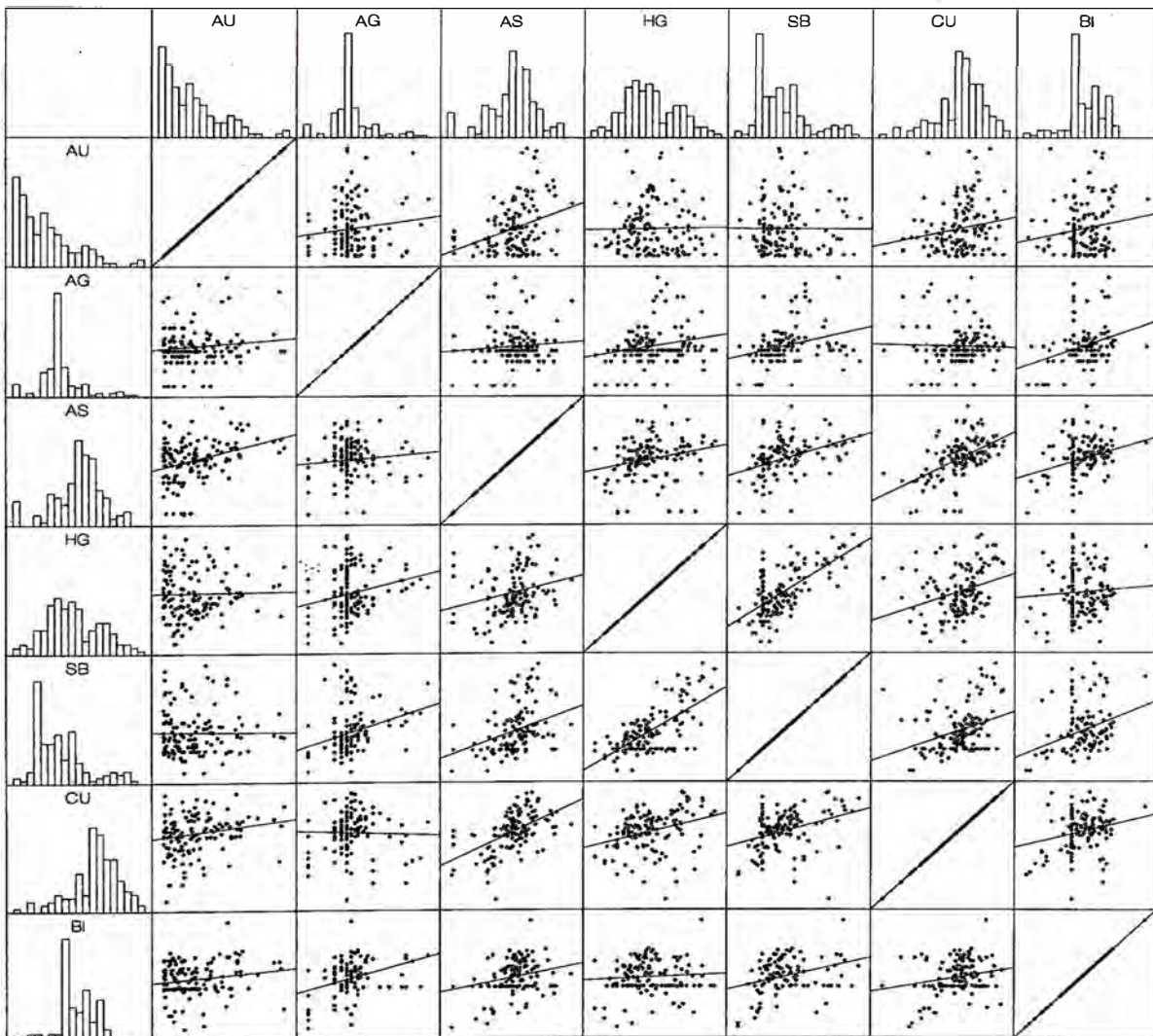




Fig. 27b: Correlación geoquímica de la superficie (población de oro > 0.03 ppm)

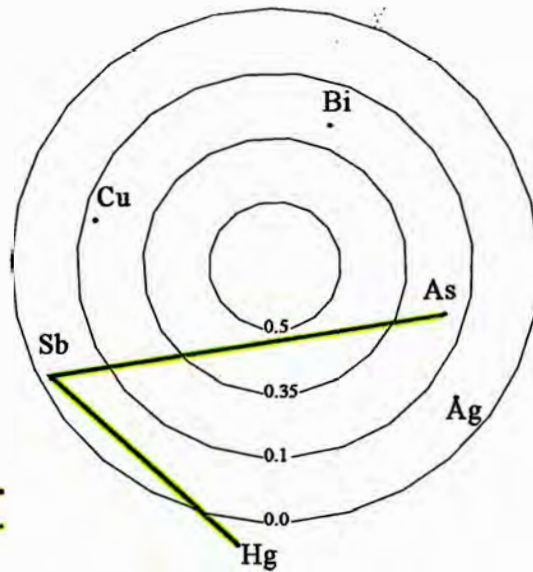
POBLACION TOTAL

Valores de correlación

Au : Ag 0.068
 Au : As 0.130
 Au : Hg -0.003
 Au : Sb 0.015
 Au : Cu 0.160
 Au : Bi 0.212

Líneas de correlación

> 0.50 
 0.35 - 0.50 





POBLACION DE ORO > 0.03 ppm

Valores de correlación

Au : Ag 0.144
 Au : As 0.202
 Au : Hg -0.073
 Au : Sb -0.028
 Au : Cu 0.112
 Au : Bi 0.124

Líneas de correlación

> 0.50 
 0.35 - 0.50 

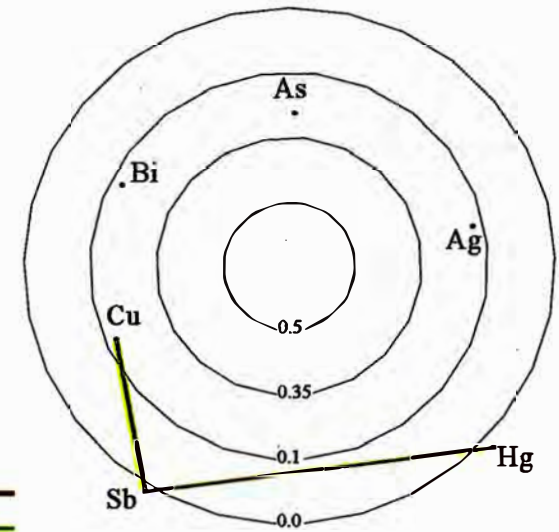


Fig. 28: Gráficos de correlación entre el oro y los elementos trazas.

concentraciones en superficie, los pocos puntos muestran débil coincidencia en la zona del oro >0.1 ppm, pero hay una concentración del bismuto mas al suroeste (Fig. 28).

- ELEMENTOS AFINES

De todo estos elementos, hay familias definidas por los elementos de mercurio-antimonio-arsénico (población de oro total) y mercurio-antimonio-cobre (población de oro > 0.03 ppm), que tienen una moderada-alta correlación entre ellos (Fig. 28); y los planos de isovalores de la geoquímica superficial muestran lineamientos y geometría similares entre estos elementos.

5.2.5 ANALISIS DE PLANOS GEOQUIMICOS

La elaboración de los planos geoquímicos con contornos de isovalores, se ha realizado manualmente, toman en cuenta la geología, alteración y el mapeo de las estructuras del área de estudio.

Vale mencionar, que algunos contornos, no fueron bien limitadas por que no hay información de muestreos debido a que son zonas cubiertas.

- ORO

Sólo para el oro se tiene contornos de isovalores en los afloramientos por el muestreo sistemático (malla) y en la parte cubierta por las gravas, siendo la fuente de información los primeros 2 metros de todos los sondajes que llegaron a la roca que se encuentra debajo de las gravas.

En los afloramientos del área de Pabellon, se tiene anomalías de oro hasta de 1.02 g/t, justo en la zona donde hay un pequeño inventario de oro del prospecto Pabellon. En los afloramientos muestreados alrededor del depósito de Corimayo, se tiene anomalías de Au muy débiles (en arcillas hasta 54 ppb Au), pero en una brecha heterolítica matriz soportado (brecha freática), alterado a silice (sílice granular) en el área de Río Grande, se tiene dos valores que llegan hasta 130 ppb Au (Fig. 35).

En el área debajo de las gravas, las anomalías de oro son débiles (<110 ppb), excepto en el área de El Tapado, donde hay roca silicificada y los valores de oro llegan hasta 2.1 g/t.

El área de Corimayo que está cubierto por las gravas tiene bajas anomalías de oro, debido a que el sistema mineralizado se encuentra debajo del tufo alterado a arcillas.

- PLATA

La plata muestra débil anomalía en superficie, las tendencias, no es muy clara, una débil tendencia NS cerca de la falla Río Grande. Aparentemente hay una concentración de la plata cerca de la falla Río Grande (control de la falla?), el área tiene una alteración de sílice alunita y sílice óxidos; también hay una pequeña anomalía de plata en la brecha freática con sílice granular, donde la anomalía de oro llegó hasta 120 ppb (Fig. 30).

- ARSENICO

Los valores mayores de 80 ppm, muestran una débil tendencia E-O y NO, en alteraciones de sílice alunita y arcillas, y débilmente en zonas de sílice granular.

Los valores mayores de 30 ppm, muestran la misma tendencia NE y un poco mas claro la tendencia E-O, en las mismas zonas de alteración; esta tendencia E-O se alinea hacia el Este con la falla Sur que tiene una dirección E-O (Fig. 32 y Fig. 36).

- MERCURIO

Los valores por encima de 10 ppm, muestran concentraciones con tendencia NE (abierto con dirección al depósito), también concentraciones aisladas que se alinean a la misma tendencia. Gran parte de estas concentraciones están en zonas de sílice granular, sílice masiva, sílice opalina y sílice óxidos. Vale mencionar que en estos afloramientos es posible observar cinabrio (HgS).

Los valores por encima de 3 ppm, tienen dos tendencias claras E-O, que se alinean hacia el Este con la falla Sur (Fig. 34 y Fig. 36), NE, y una débil tendencia NO, y se encuentra mayormente en zonas silicificadas y sílice alunita y en menor proporción en alteración argílica.

- **ANTIMONIO**

Los valores mayores de 12 ppm, muestran una tendencia E-O, pero hay concentraciones aisladas que tienen una débil tendencia NE. Estos valores se encuentran mayormente en zonas con alteración de sílice alunita y arcillas, en menor proporción en zonas silicificadas. Las tendencias E-O se alinean hacia el Este con la falla Sur (Fig. 33 y Fig. 36). Los valores mayores de 3 ppm, muestran las mismas tendencias NE y E-O, en las mismas zonas de alteración.

- **COBRE**

Los valores mayores de 100 ppm, muestran una tendencia NO (al extremo SO de Corimayo) y débilmente NE, pero en la mayoría de los contornos, las tendencias no son muy claras; estas concentraciones se encuentran en zonas de sílice alunita, arcillas y en menor proporción en sílice granular.

Los valores mayores de 50 ppm (bajas anomalías), muestran el mismo comportamiento, en las mismas zonas de alteración (Fig. 31 y Fig. 36).

- **BISMUTO**

Las anomalías de bismuto cerca al depósito de Corimayo son muy débiles con valores hasta 8 ppm puntualmente, por lo general no muestra un patrón definido. Al extremo Suroeste del depósito de Corimayo, se encuentra una pequeña anomalía, donde todavía no se ha explorado con sondajes (Fig. 29).

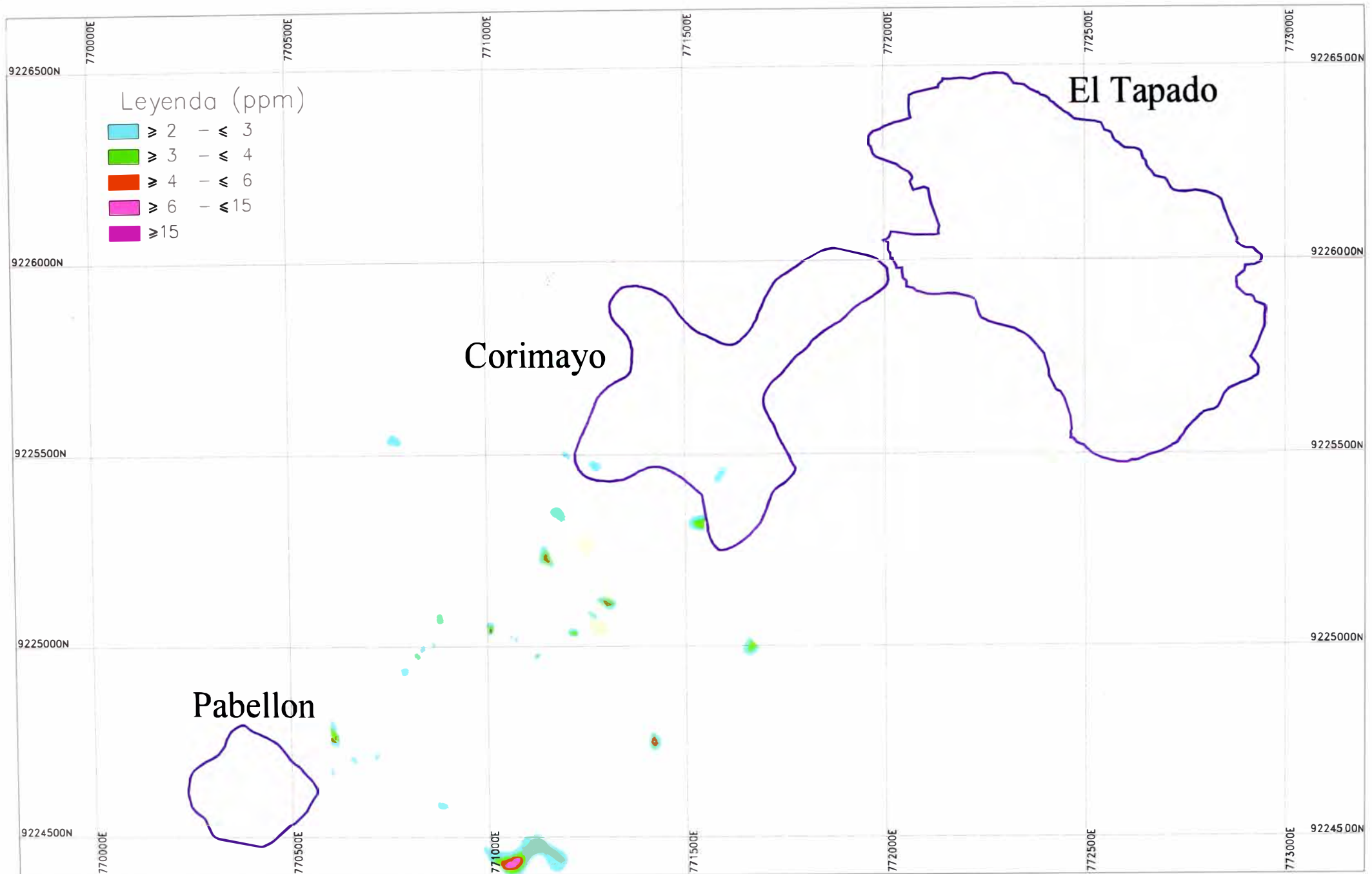


Fig. 29: Contornos de Bi - Geoquímica Superficial

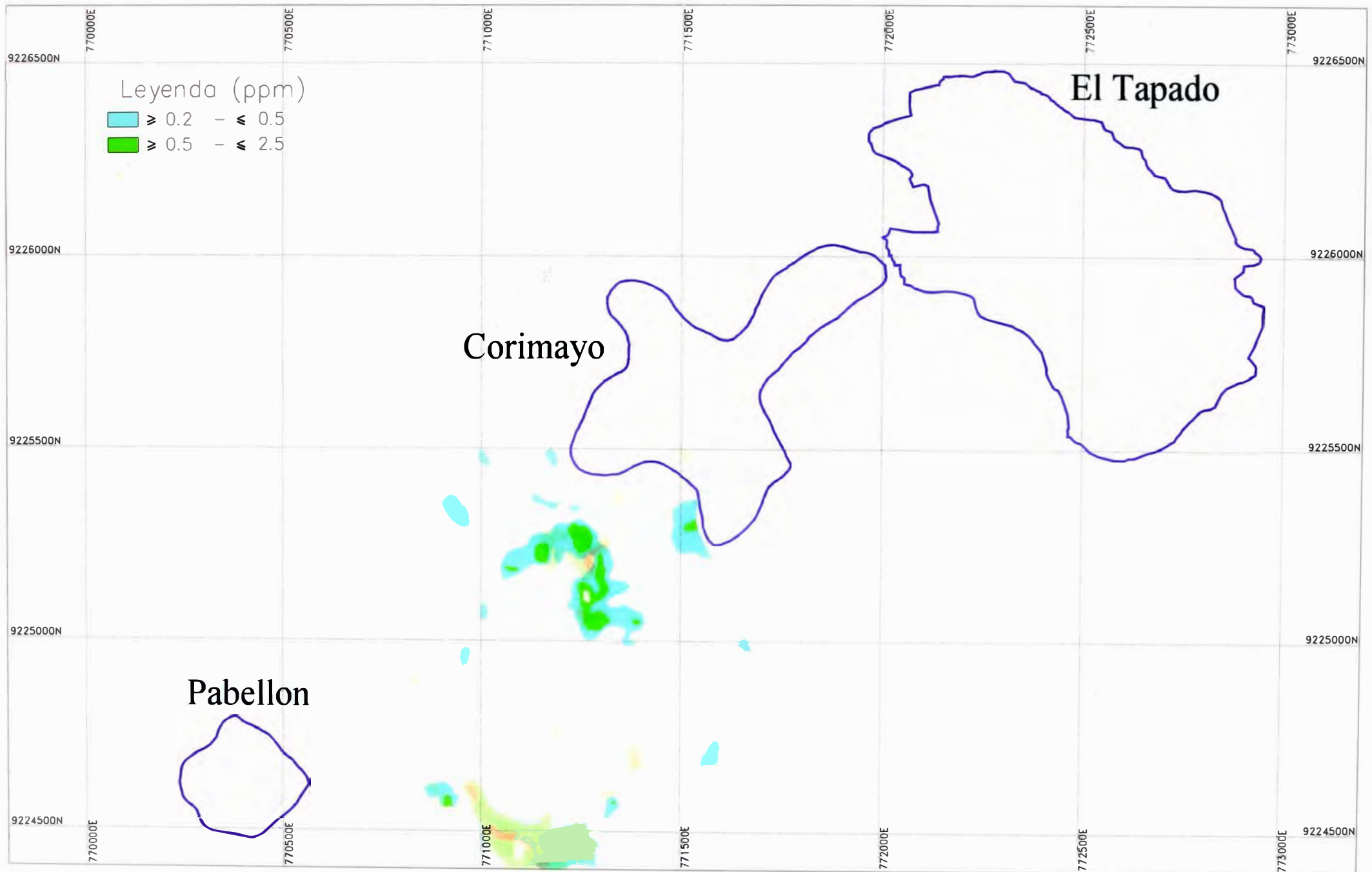


Fig. 30: Contornos de Ag - Geoquímica Superficial

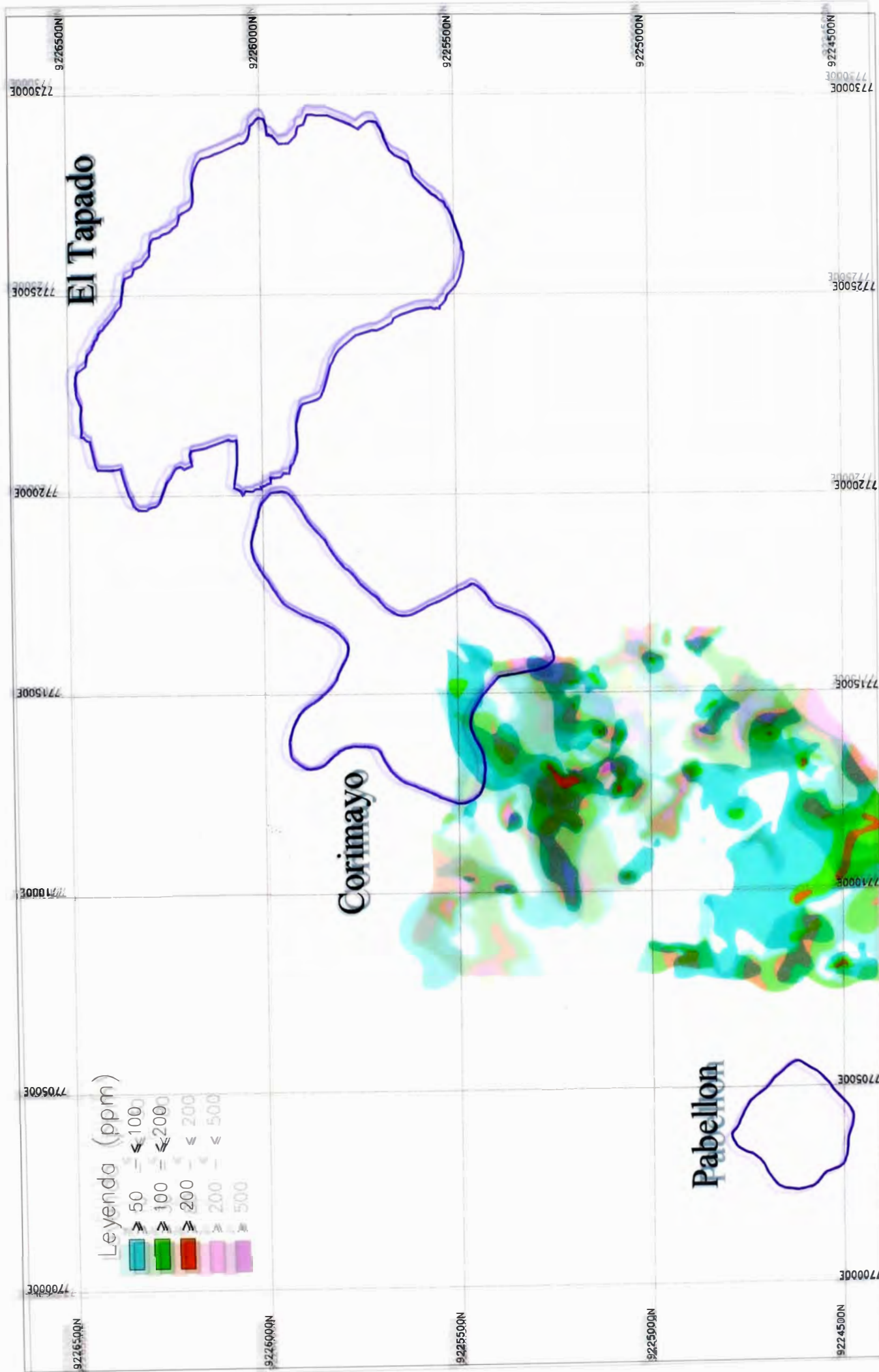


Fig. 31: Contornos de Cu - Geoquímica Superficial

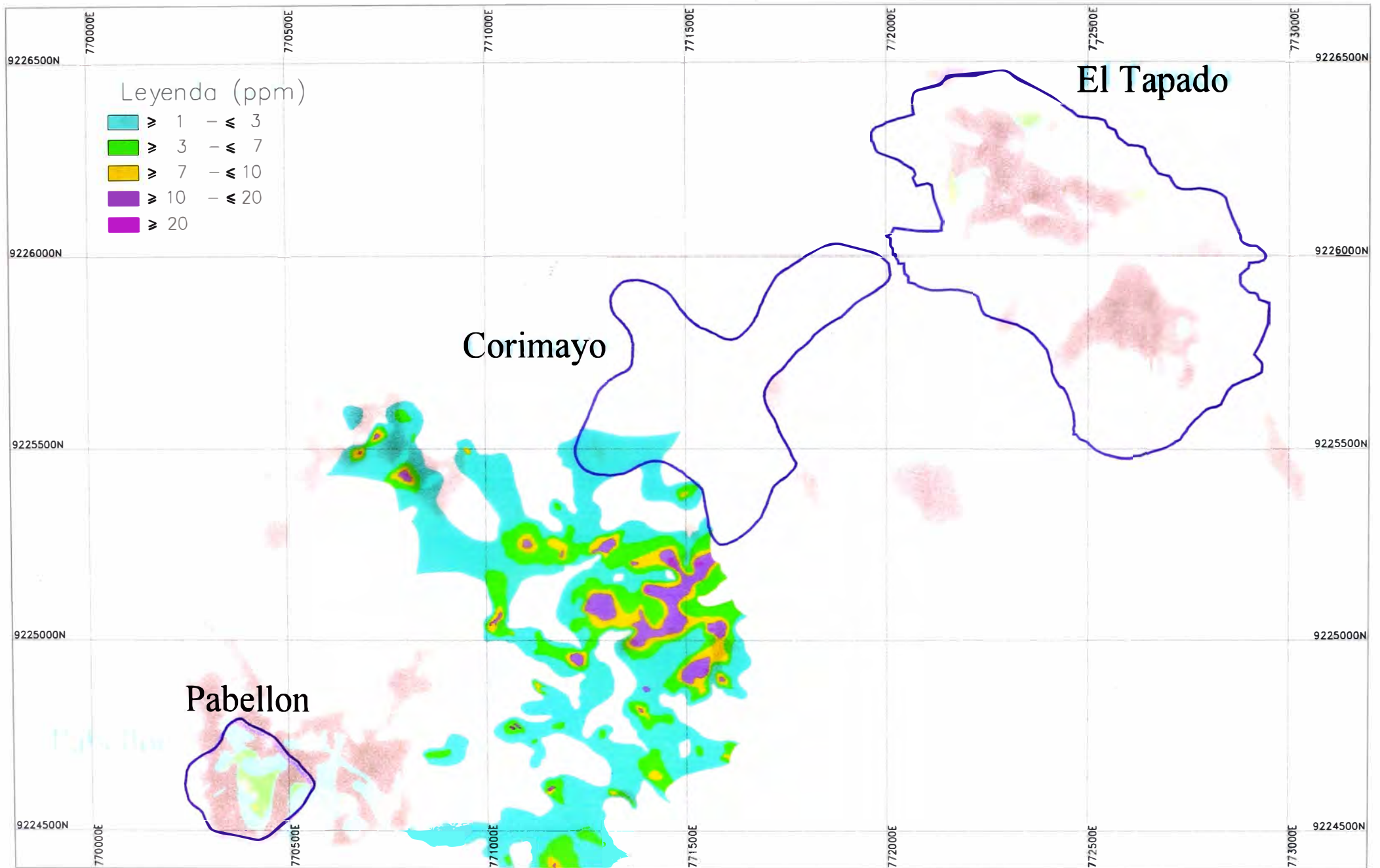


Fig. 34: Contornos de Hg - Geoquímica Superficial

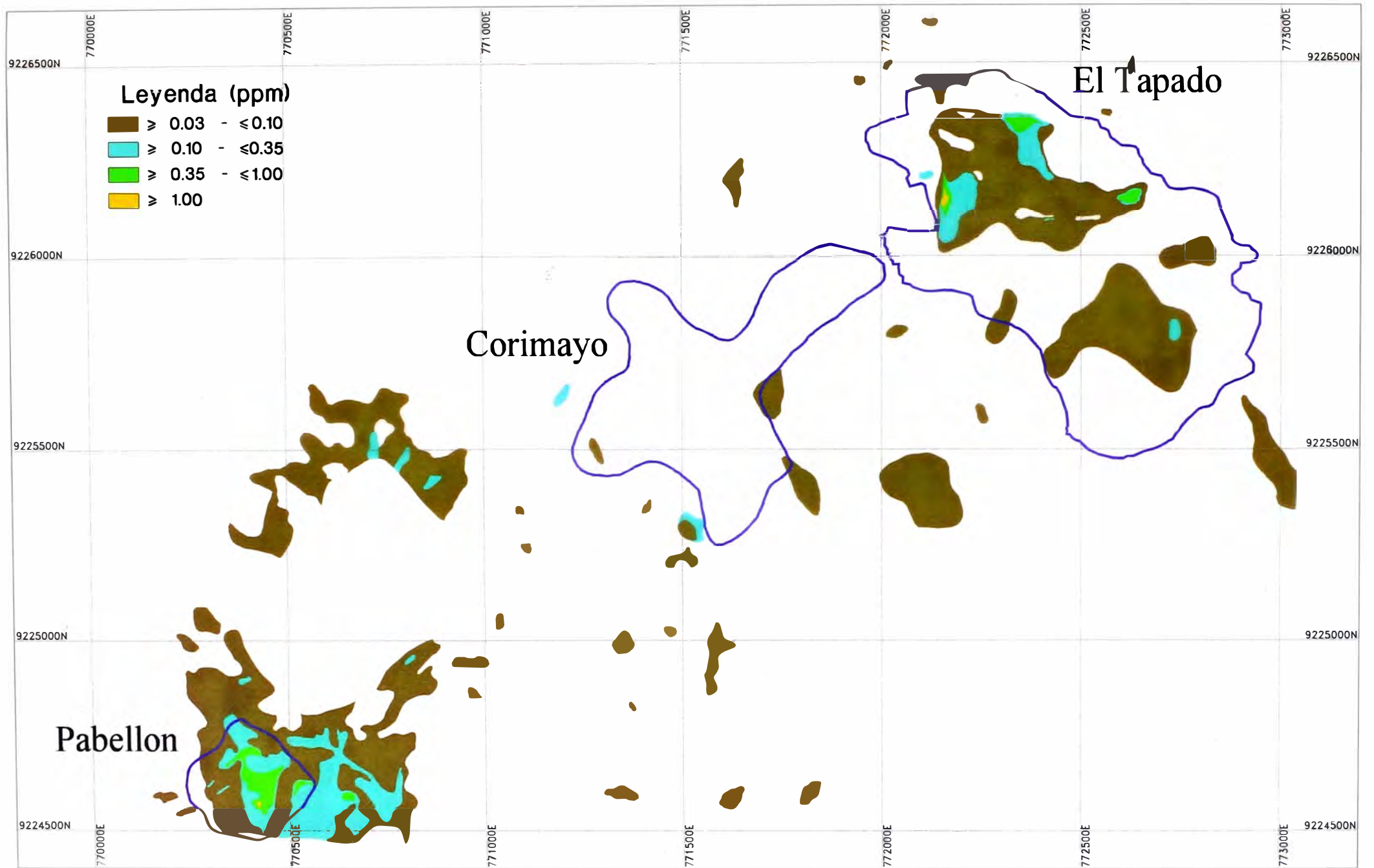


Fig. 35: Contornos de Au - Geoquímica Superficial

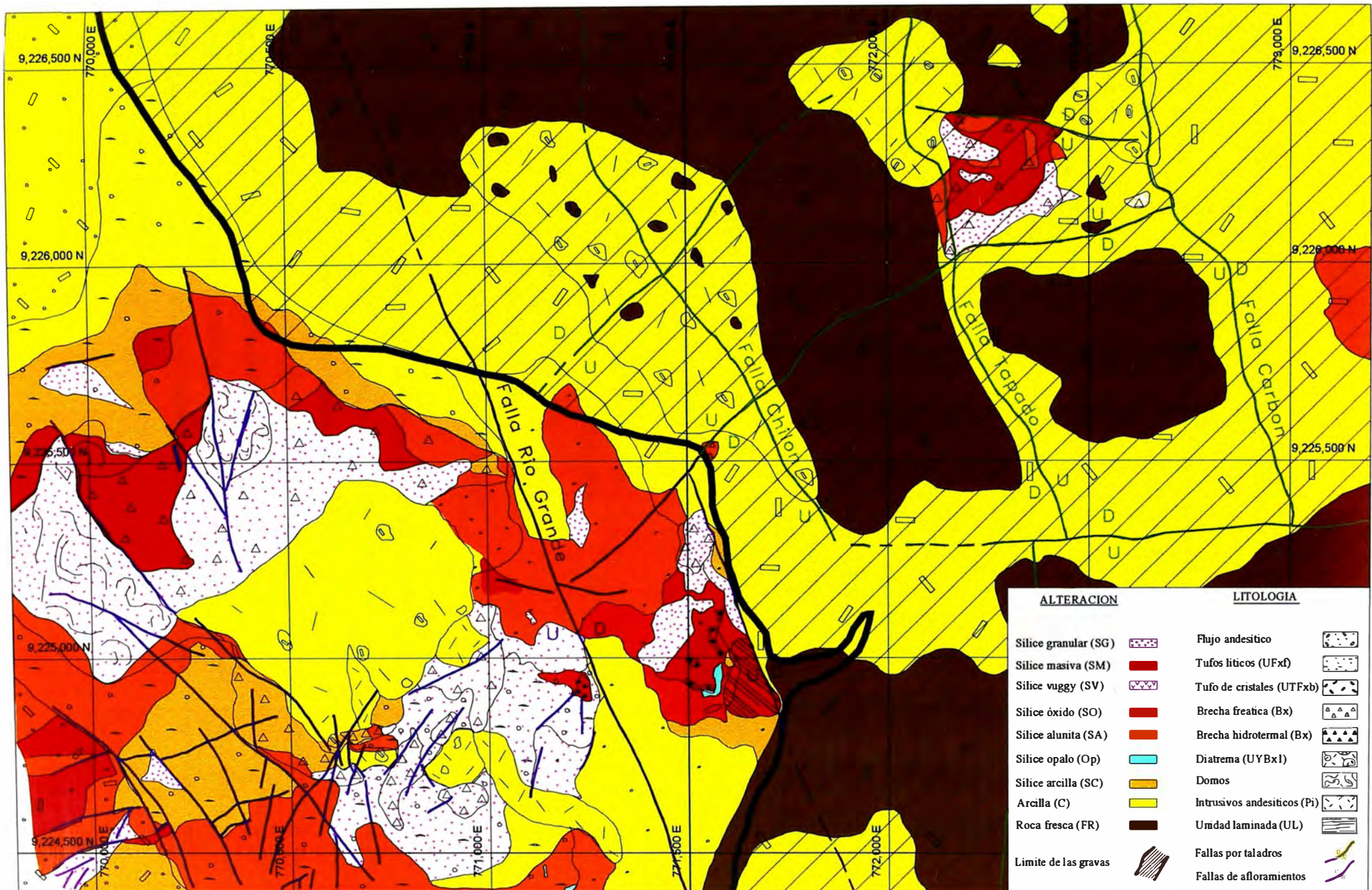


Fig. 36: Plano de interpretación de la litología y alteración del area de Corimayo.

5.3 GEOQUIMICA DE LOS SONDAJES DIAMANTINOS

El análisis geoquímico de los sondeos diamantinos tiene por objeto definir los patrones de los elementos trazas con respecto al cuerpo principal de oro, verificando los comportamientos, las familias correlacionables y anticorrelacionables de los elementos trazas y el oro. Esto nos ayuda a definir la distribución de los elementos trazas relacionándolos con la superficie, para usarlos como guías de exploración.

5.3.1 METODOLOGÍA

Se analizaron 32 taladros diamantinos, realizando compósitos cada 8m en zonas homogéneas y más selectivo en contactos de estructuras; llegando a obtenerse en total 1588 compósitos. Los análisis que se hicieron fueron por los siguientes elementos: Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Bi, As, Sb, Hg, Se, Te y Sn (Sn solo para 3 Taladros).

Los análisis químicos fueron realizados por el laboratorio INSPECTORATE, por métodos específicos de acuerdo a un determinado grupo de elementos, para obtener datos con buenos grados de confiabilidad requerido en algunos elementos determinados, los cuales son:

Ag, Cu, Pb, Zn, Mo	aqua regia flame AA
As, Sb, Bi	aqua regia hydride AA
Hg	cold vapor AA
Ba	fusion (total)
Se, Te, Sn	sodium peroxide fusion

Para analizar estadísticamente toda la información se dividió en dos grupos: óxidos y sulfuros, a cada uno se le analizó independientemente, para evaluar el comportamiento de estas poblaciones, definiendo el comportamiento log-normal en todos los elementos analizados. También se ha realizado un análisis de matrices de correlación para definir las familias de elementos afines. Asimismo se hicieron planos de contornos isovalóricos de Ley*Espesor de todos los elementos, para definir las concentraciones y lineamientos en vista horizontal. Por último se hizo modelamiento en tres dimensiones para analizar el comportamiento lateralmente y verticalmente.

5.3.2 ANALISIS ESTADISTICO

La información fue separada en dos grupos: óxidos y sulfuros; cada uno fue trabajado estadísticamente en forma independiente.

También se ha usado los mismos rangos geoquímicos utilizados para la geoquímica superficial, de tal modo que los análisis estadísticos, correlación de elementos y modelo geoquímico sean comparativos.

Esta población de datos geoquímicos de los sondajes fué revisada, encontrándose, que cada elemento tenía una sub-población de valores por debajo del límite de detección, motivo por el cual se hizo el mismo tratamiento similar al de superficie, convirtiéndolos a la mitad de su valor absoluto.

Elemento	Au	Ag	Cu	Zn	Pb	Se	Te	Mo	As	Sb	Hg	Bi	Ba
Limit. Detec.		-0.1	-1	-1		-1	-2	-1	-2	-1		-1	-10
N° Muestras		654	3	53		1401	1216	191	179	802		1213	20
Poblac. Total		1588	1588	1588	1588	1588	1588	1588	1588	1588	1588	1588	1588
%		41.2	0.19	3.3	0	88.2	76.6	12	11.3	50.5	0	76.4	1.3

Tabla N° 10: Muestra la cantidad de datos por elementos que están por debajo del límite de detección, y la influencia que tienen sobre la población total.

Las zonas de óxidos y sulfuros fueron definidos por la presencia de pirita +/- sulfuros de cobre, siendo la zona de óxidos los que principalmente tiene < 5% pirita +/- sulfuros de cobre y la presencia de FeOx puede o no estar fuertemente presente (1133 muestras), para la zona de sulfuros son los que contienen >5% de pirita +/- sulfuros de cobre (455 muestras). Con parámetros definidos para óxidos y sulfuros se trabajó independientemente en los análisis estadísticos.

5.3.3 ANALISIS DE HISTOGRAMAS

ORO: Los histogramas tanto para los óxidos como para los sulfuros (Fig. 37a), muestran un comportamiento bimodal, diferente en comparación con el histograma de los datos de superficie. La media en la zona de óxidos es 0.592 y en la zona de sulfuros es 0.325, mostrando un leve incremento de las leyes de oro en la zona de óxidos.

COBRE: No tiene influencia de los datos con valores por debajo del límite de detección, debido a que solo tiene 0.19% del total. El histograma en la zona de óxidos muestra un comportamiento unimodal, en la zona de sulfuros muestra un comportamiento bimodal, posiblemente debido a niveles de concentración de sulfuros secundarios de cobre (Fig. 37b). La media en la zona de sulfuros es mucho mayor que la zona de óxidos (de 294.3 a 98.2), y la media de la superficie es 48.6.

ZINC: No tiene influencia de los datos con valores por debajo del límite de detección, debido a que solo tiene 3.3% del total. El histograma de la zona de óxidos muestra un comportamiento polimodal. El histograma en la zona de sulfuros tiene un comportamiento unimodal (Fig. 37c). La media en la zona de sulfuros es 140.2 y en la zona de óxidos es 87.7.

PLOMO: En su población no tiene datos con valores por debajo del límite de detección. Los histogramas de las zonas de óxidos y sulfuros tienen un comportamiento unimodal (Fig. 37d), no tienen distorsión de valores bajos. La media en la zona de sulfuros es 51.9 y en la zona de óxidos es 35.9; indicando una mayor concentración de plomo en la zona de sulfuros.

MOLIBDENO: Tiene pocos resultados con valores por debajo del límite de detección (12% del total). En los histogramas presenta una leve distorsión en los valores bajos debido a que los valores que estaban por debajo del límite de detección fueron convertidos a la mitad de su valor absoluto. El histograma en la zona de óxidos muestra un comportamiento polimodal y en la zona de sulfuros muestra un comportamiento unimodal, en ambas zonas (Fig. 37e) con una pequeña. La media en la zona de óxidos es 7.2 y en la zona de sulfuros es 6.5.

ARSENICO: Tiene pocos resultados con valores por debajo del límite de detección (11.3% del total). En los histogramas presenta una leve distorsión en los valores bajos debido a que los valores que estaban por debajo del límite de detección fueron convertidos

a la mitad de su valor absoluto. El histograma (Fig. 37f) en la zona de óxidos muestra un comportamiento unimodal con una moderada distorsión en los valores bajos. En la zona de sulfuros el histograma muestra un comportamiento polimodal y una leve distorsión en los valores bajos; en la zona de sulfuros es posible tener varias ocurrencias relacionadas con arsénico, como enargita, arsenopirita. La media en la zona de sulfuros es 70.6, mayor que la zona de óxidos 47.3. El histograma de superficie también muestra un comportamiento unimodal, similar que en la zona de óxidos.

MERCURIO: En su población no tiene datos con valores por debajo del límite de detección. El histograma (Fig. 37g) en la zona de óxidos muestra un comportamiento unimodal, similar que en la superficie, pero en la zona de sulfuros muestra un comportamiento bimodal. La media en la zona de óxidos es 5.05, mayor que en la zona de sulfuros 3.12, y la media en la superficie es menor 2.86. Mostrando que hay más mercurio en la zona profunda cerca de la mineralización principal de oro.

BARIO: No tiene influencia de los datos con valores por debajo del límite de detección, debido a que solo tiene 1.3% del total. Los histogramas (Fig. 37h) de las dos zonas, muestran un comportamiento bimodal, posiblemente una población relacionada al evento principal de la mineralización. El contenido de bario en la zona de óxidos es mucho mayor que en la zona de sulfuros, esto es corroborado por las medias: óxidos 1263, sulfuros 808.8.

(* Los dos siguientes elementos tienen moderada-fuerte influencia en su población de datos con valores que están por debajo del límite de detección.

PLATA: El total de datos con valores por debajo del límite de detección representa el 41.2% de su población total. El histograma en la zona de óxido tiene un comportamiento polimodal y en la zona de sulfuros muestran un comportamiento irregular, no definido o posiblemente es polimodal (Fig. 37i), tiene el mismo comportamiento que los datos en superficie.

ANTIMONIO: El total de datos con valores por debajo del límite de detección representa el 50.5% de su población total. El histograma (Fig. 37j) de las dos zonas muestran un comportamiento irregular, debido a la cantidad de valores que están por debajo del límite de detección.

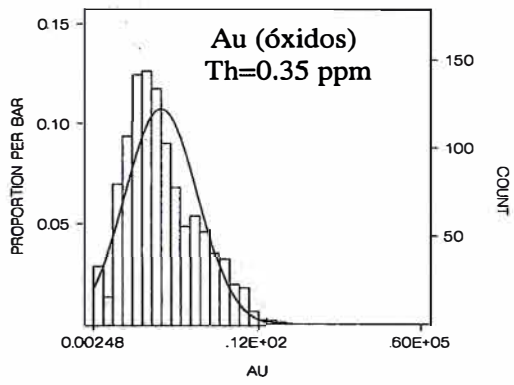


Fig. 37a

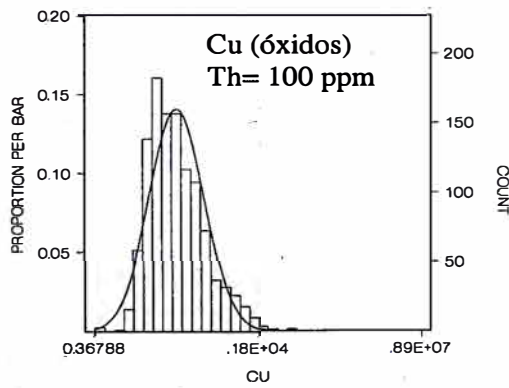
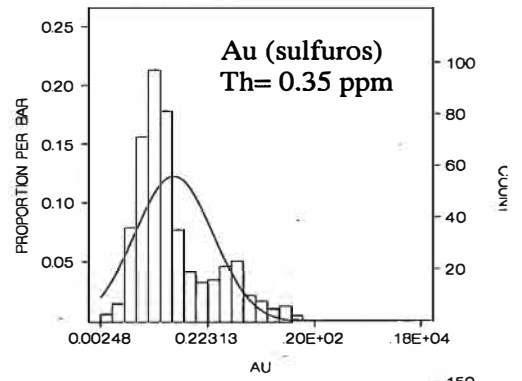


Fig. 37b

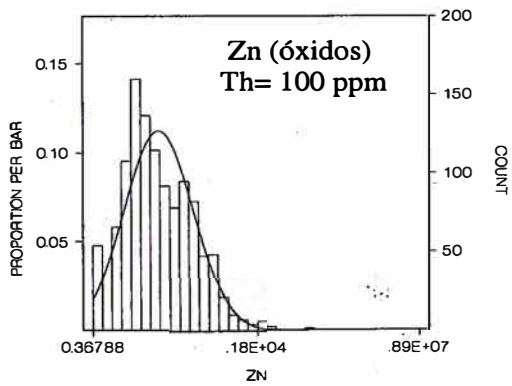
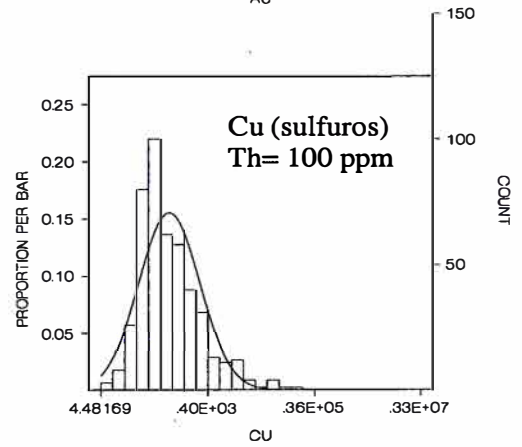


Fig. 37c

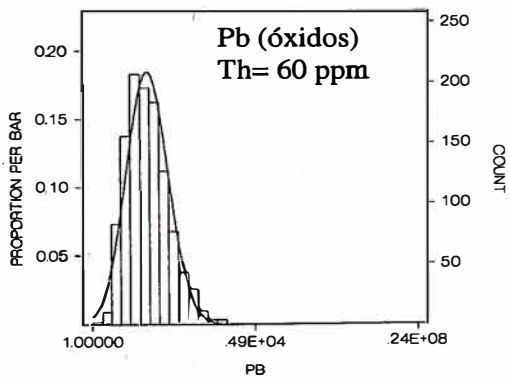
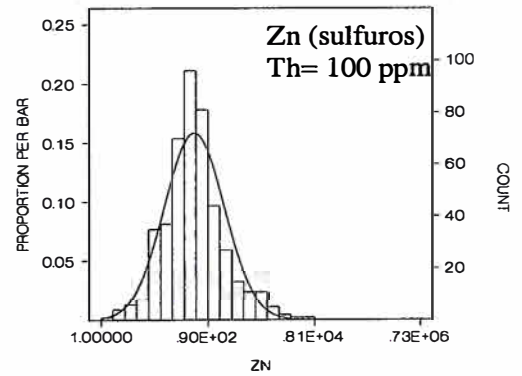
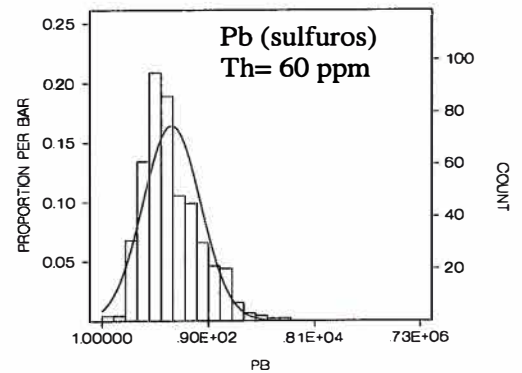


Fig. 37d



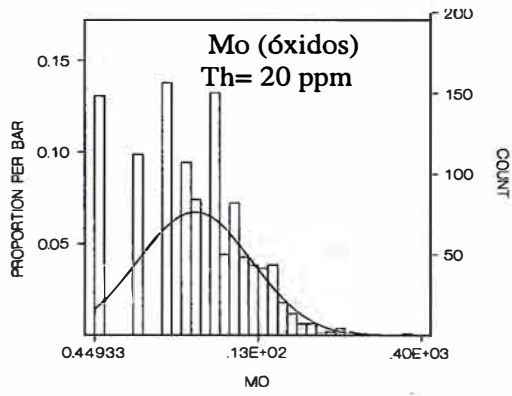


Fig. 37e

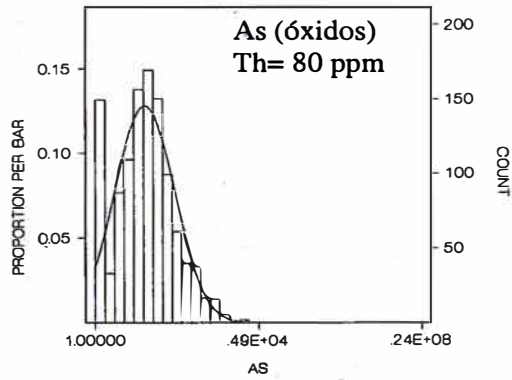
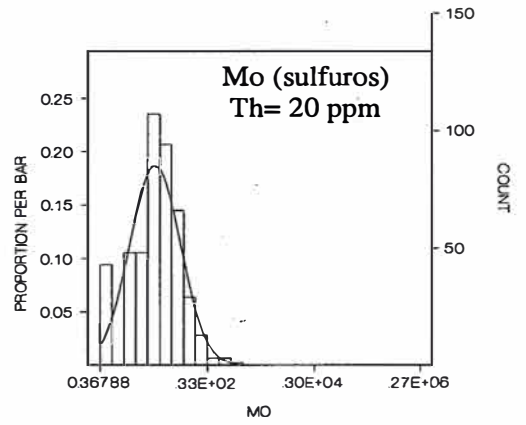


Fig. 37f

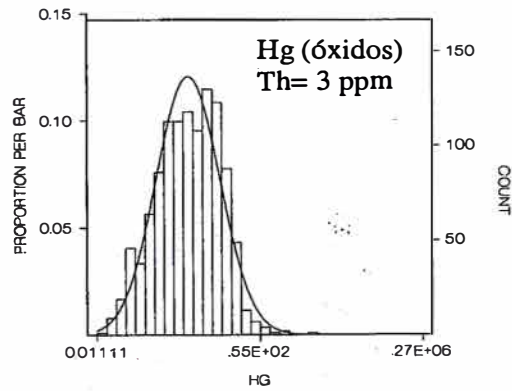
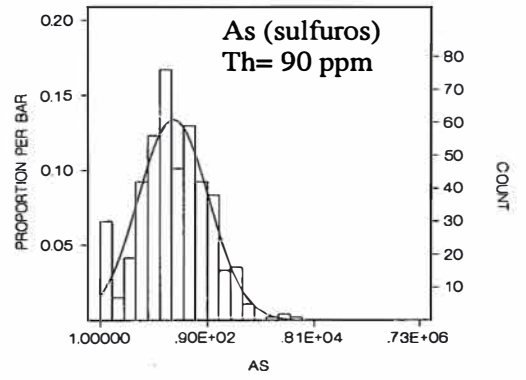


Fig. 37g

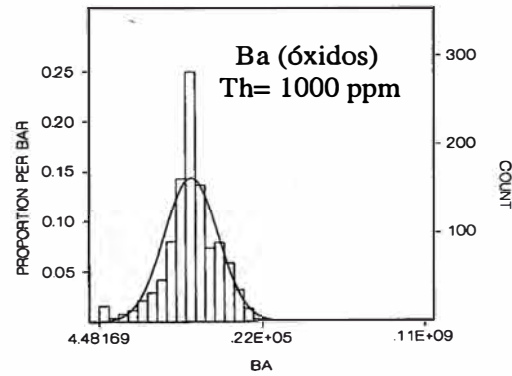
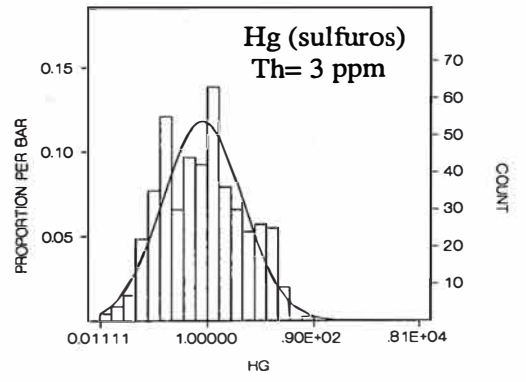
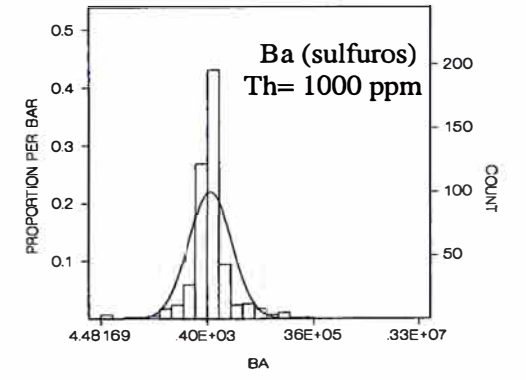


Fig. 37h



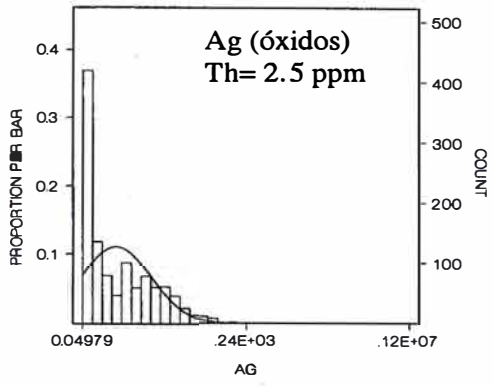


Fig. 37i

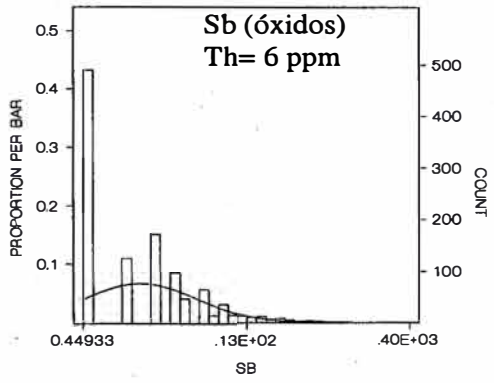
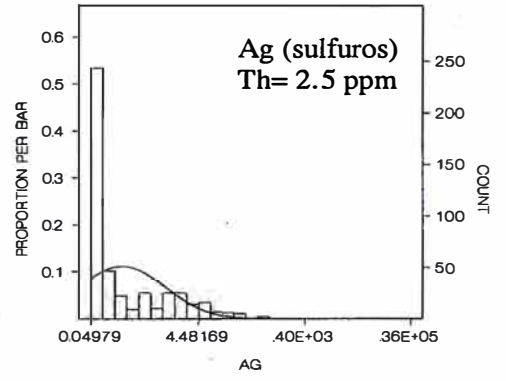


Fig. 37j

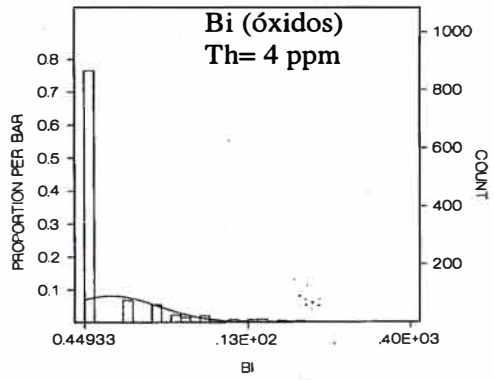
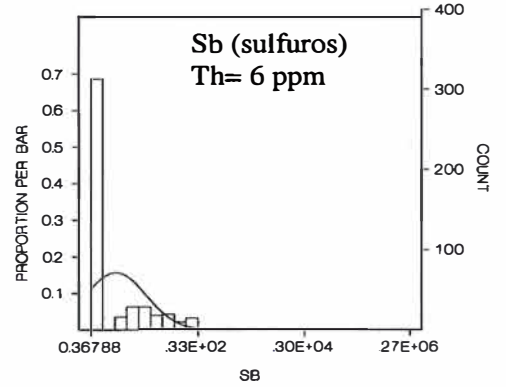


Fig. 37k

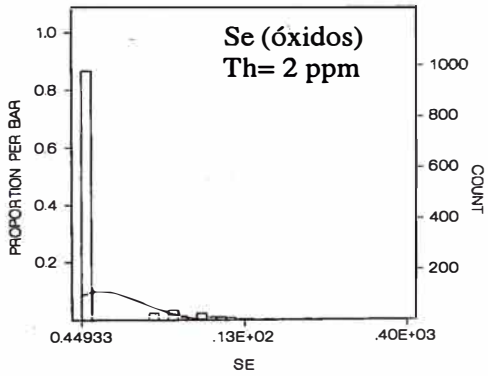
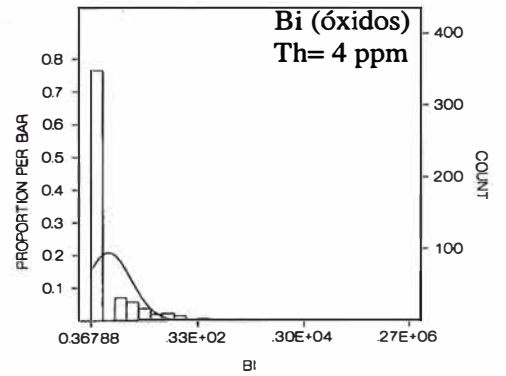
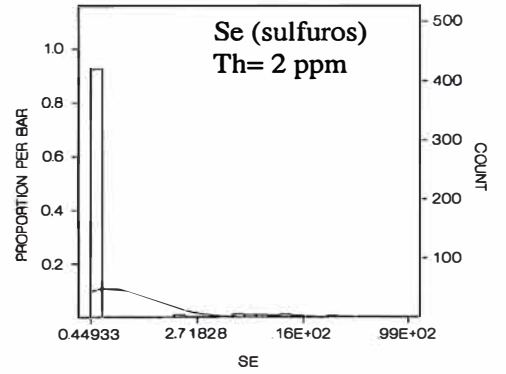


Fig. 37l



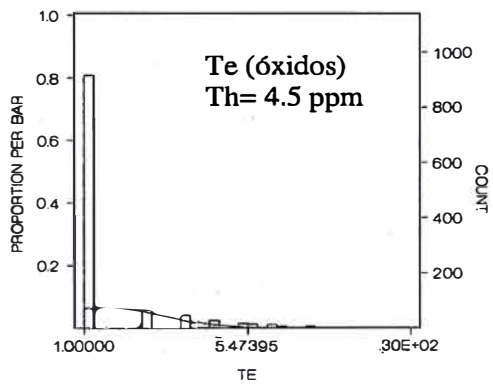
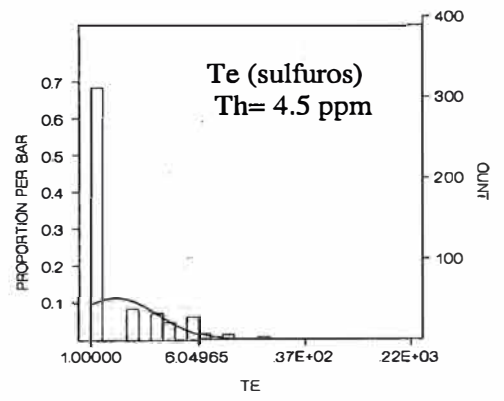


Fig. 37m



(**) Los tres siguientes elementos tiene fuerte influencia en su población de datos con valores que estan por debajo del límite de detección.

BISMUTO: El total de datos con valores por debajo del límite de detección representa el 76.4% de su población total. Los histogramas (Fig. 37k) en las dos zonas (óxidos y sulfuros), no tienen un comportamiento claro, debido a la fuerte influencia de la población con valores que estan por debajo del límite de detección. Es posible que la población anómala está restringido a un pequeño área con poca dispersión y no tiene mucha influencia sobre la población total analizada.

SELENIO y TELURO: El total de datos con valores por debajo del límite de detección para el selenio representa el 88.2% de su población total y para el telurio representa el 76.6% de su población total. Los histogramas de estos elementos, tanto en la zona de óxidos como sulfuros no muestran un patrón definido, debido a la gran población con valores por debajo del límite de detección (Fig. 37l y Fig. 37m), por lo tanto no es posible hacer un análisis del comportamiento de su población.

5.3.4 DISTRIBUCION DEL ORO Y LOS ELEMENTOS TRAZAS POR ALTERACION COMPARANDO CON ALGUNOS DEPOSITOS DEL DISTRITO

La data interpretada proviene solo de taladros analizados por elementos trazas en los diferentes depósitos del distrito minero de Yanacocha, y los promedios obtenidos son los resultados de los promedios ponderados con respecto a la longitud de cada muestra en cada taladro separándolo por el tipo de alteración.

ORO: La distribución del oro por alteración (Fig. 38a), se encuentra con mayor concentración en la alteración de silicificación (con diferentes texturas: granular, masiva y vuggy) en todo los depósitos, de la misma manera pero con menor concentración en la alteración argílico avanzado, las otras alteraciones muestran muy bajo contenido de oro. Corimayo tiene una mayor concentración de oro en la zona silicificada en comparación de los otros depósitos, debido a que es un depósito de leyes altas.

PLATA, BARIO, BISMUTO y MERCURIO: Estos elementos muestran un aumento de sus valores conforme se van acercando al centro de la alteración, zonas con mayor

silicificación. La plata (Fig. 38b) muestra un aumento de valores muy claro en los depósitos de Yanacocha y Corimayo, el resto de los depósitos es poco el incremento. Para el bario (Fig. 38c), solo en el depósito de Corimayo se observa claramente mayor concentración en las zonas con alteración de silicificación. Para el bismuto (Fig. 38d), en promedio se observa mayor concentración de valores a partir de la alteración argílica avanzada hacia la alteración de silicificación. Para el mercurio (Fig. 38e), muestra el mismo patrón que los demás elementos mencionados, y en Corimayo específicamente se observa mayor concentración en la alteración argílica avanzada.

ARSENICO y ANTIMONIO: Estos elementos muestran el mismo patrón del grupo anterior, incrementándose las leyes a partir de la alteración argílica avanzada. Para el arsénico (Fig. 38f), específicamente, solo en el depósito de San José los valores muestran una leve disminución en la alteración de silicificación. Para el antimonio (Fig. 38g) todos los depósitos muestran un incremento de sus valores en dirección a la zona de silicificación.

SELENIO y TELURO: Estos gráficos (Fig. 38h y Fig. 38i), muestran un patrón irregular, por que hay valores en la roca fresca y en la roca alterada desde argílica hasta la alteración de silicificación.

COBRE: este elemento, muestra una distribución irregular con respecto a la alteración, posiblemente debido a que algunos depósitos no tienen muchos valores de cobre (Fig. 38j), pero para los depósitos de Maqui Maqui, Yanacocha y Corimayo, el contenido de cobre aumenta hacia la zona de mayor alteración (silicificación).

MOLIBDENO y PLOMO: Ambos elementos muestran un aumento en sus valores con dirección de la mayor alteración. No todos los depósitos muestran la misma intensidad de incremento, por ejemplo para el molibdeno (Fig. 38k), el depósito de San José muestra un débil incremento con dirección de la mayor alteración; con el plomo (Fig. 38l) el mismo comportamiento de poco incremento hacia la mayor alteración para los depósitos de Maqui Maqui y Corimayo.

ZINC: Es el único elemento que muestra una correlación inversa hacia la zona de mayor alteración (Fig. 38m), en la mayoría de los depósitos, pero en Corimayo hay una concentración en la silicificación de textura granular (residual), pero después cae en valores con la alteración de silicificación de textura masiva.

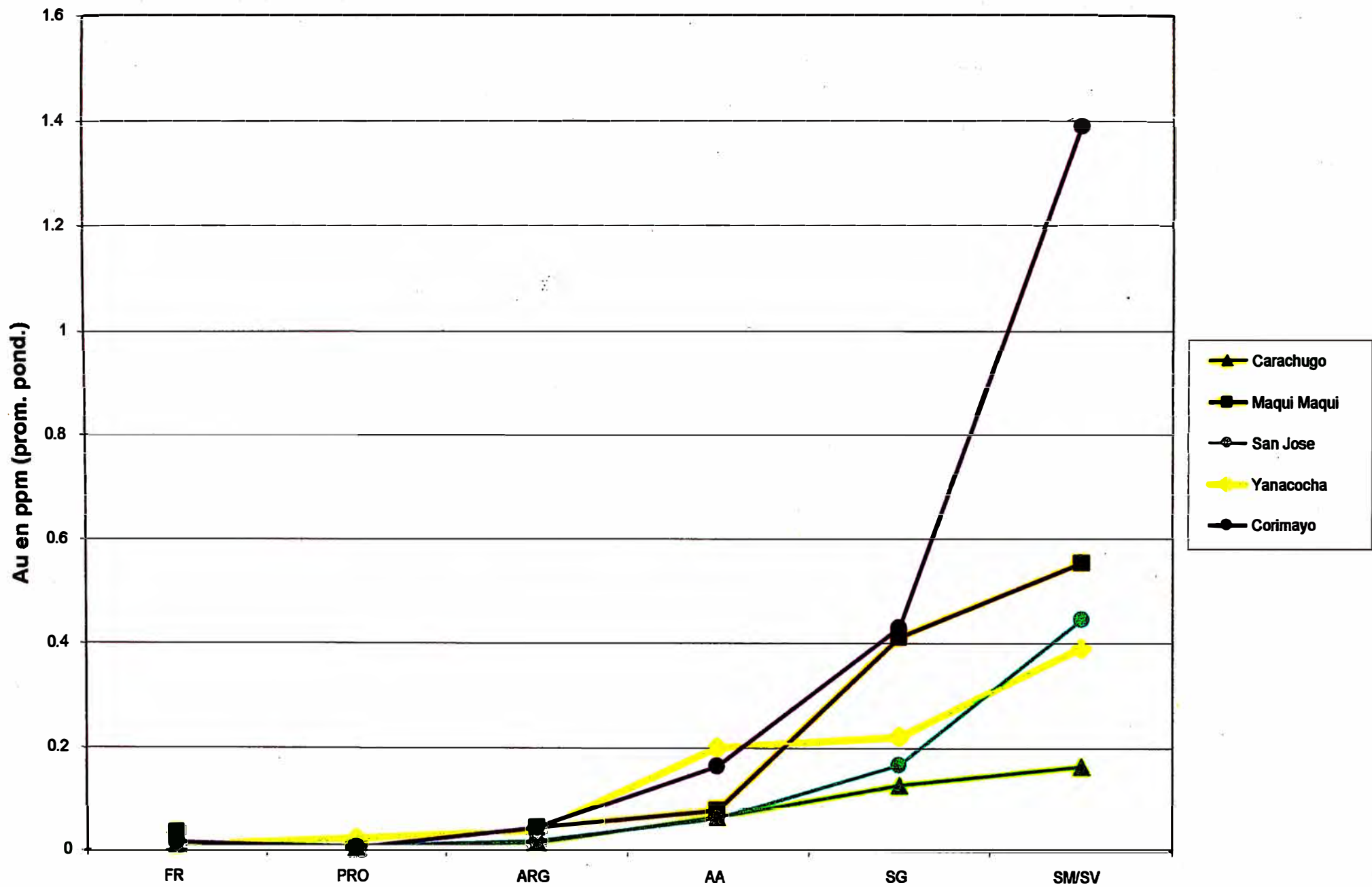


Fig. 38a: Distribución del oro por el tipo de alteración, comparando 05 depósitos auríferos de Yanacocha.

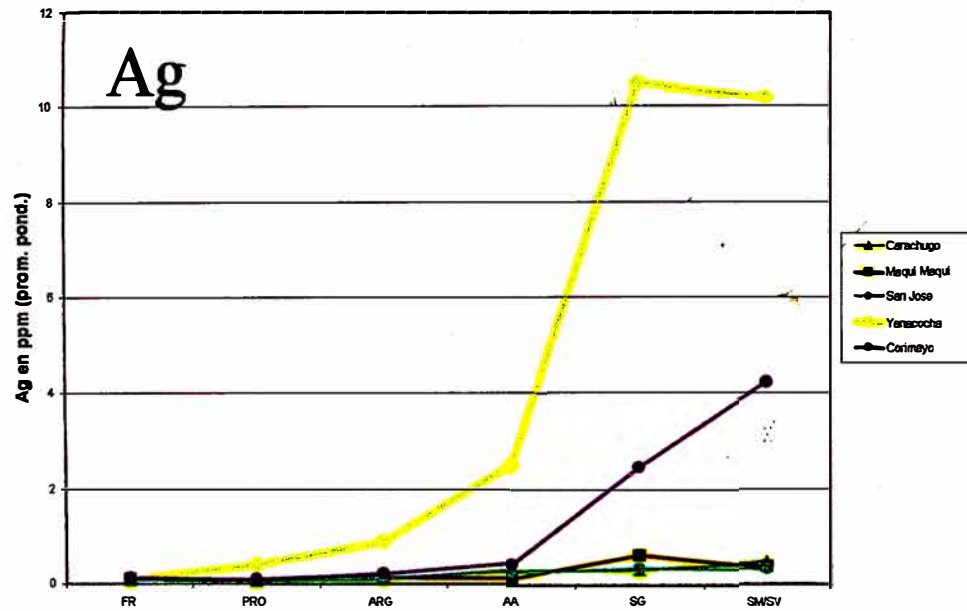


Fig. 38b: Distribución de la plata por el tipo de alteración.

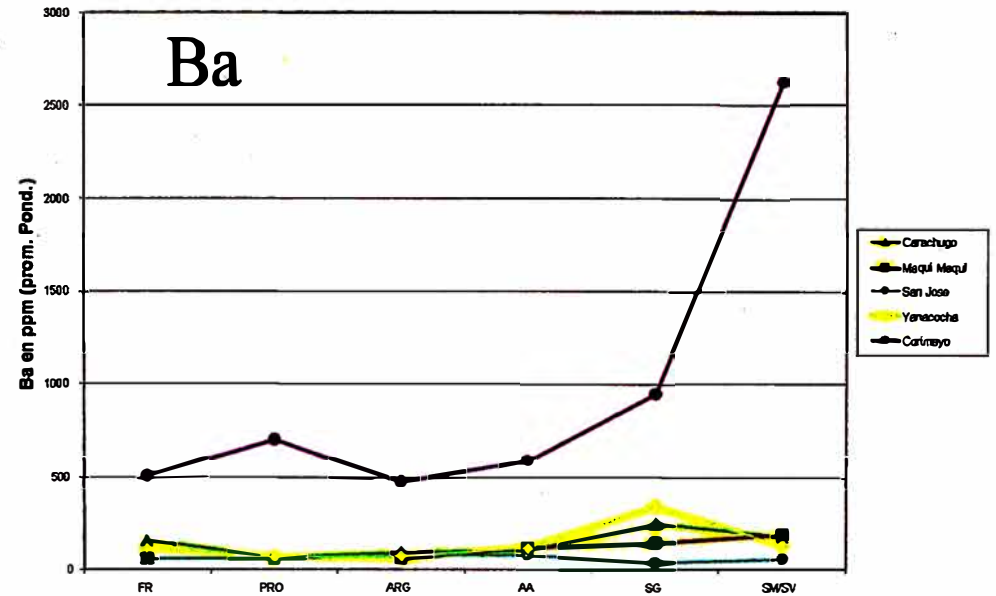


Fig. 38c: Distribución del bario por el tipo de alteración.

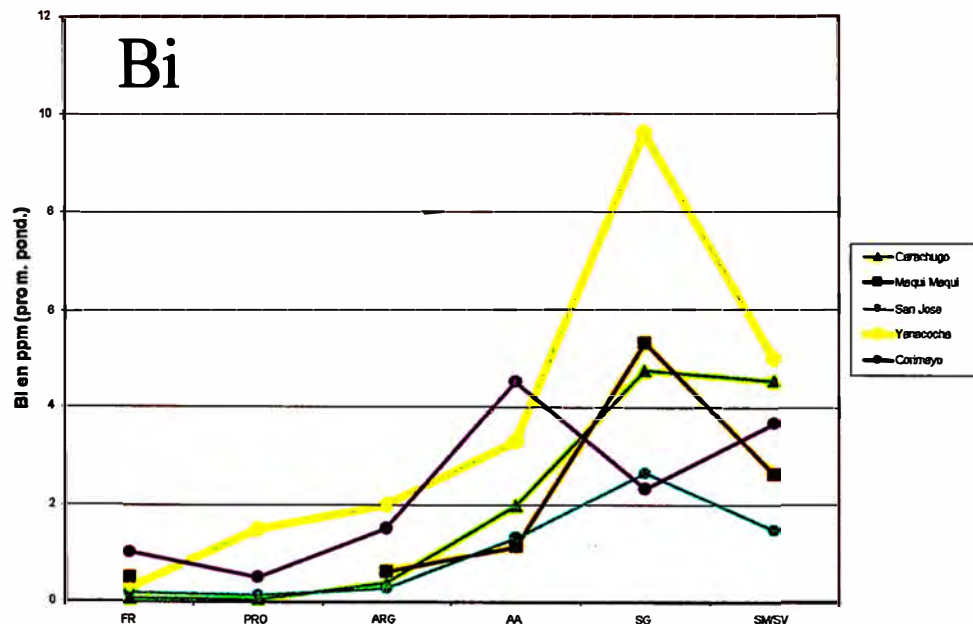


Fig. 38d: Distribución del bismuto por el tipo de alteración.

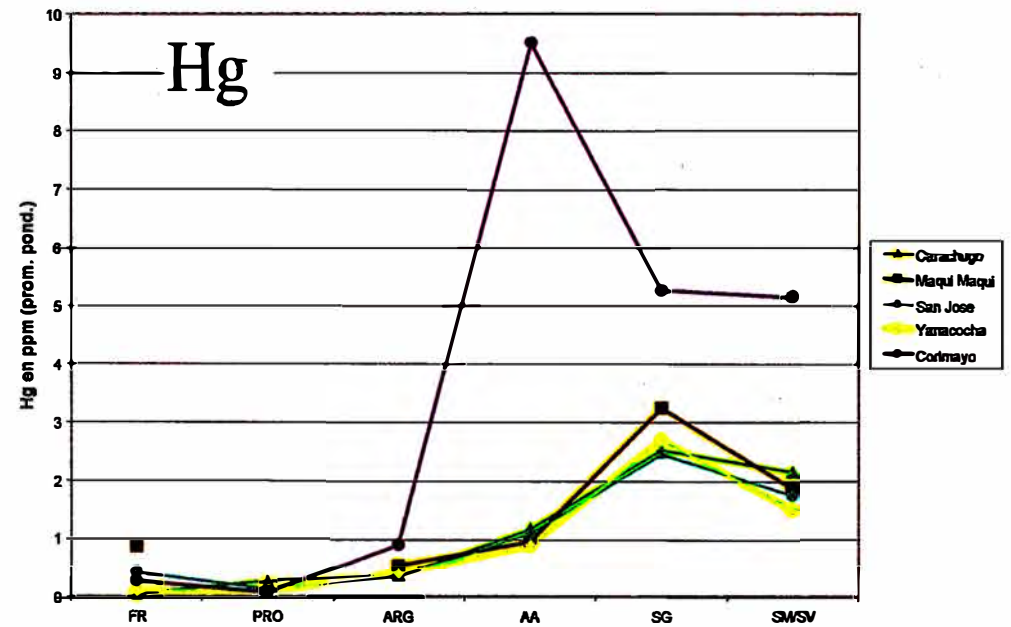


Fig. 38e: Distribución del mercurio por el tipo de alteración.

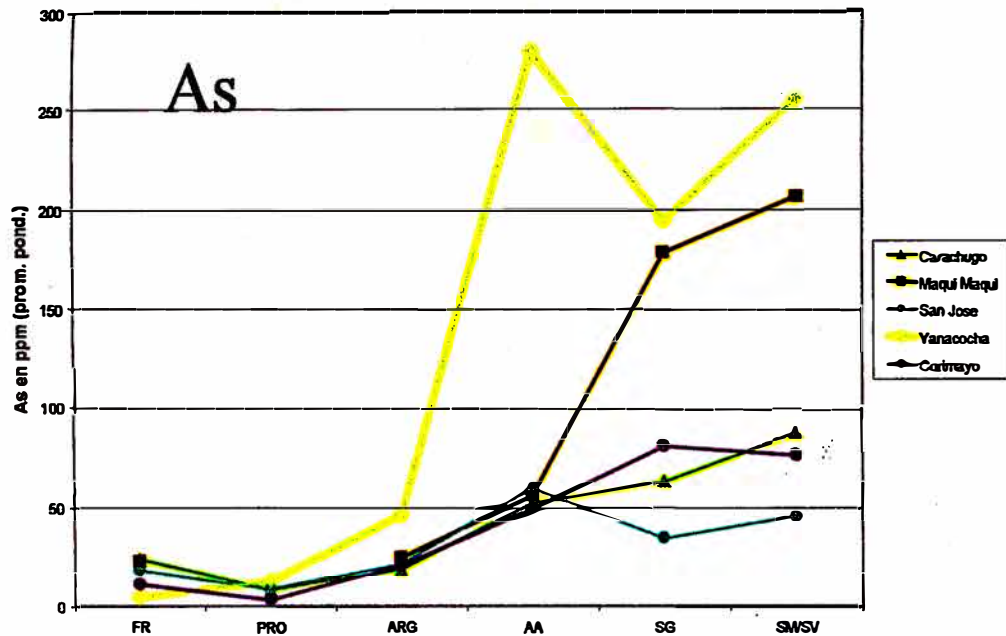


Fig. 38f: Distribución del arsenico por el tipo de alteración.

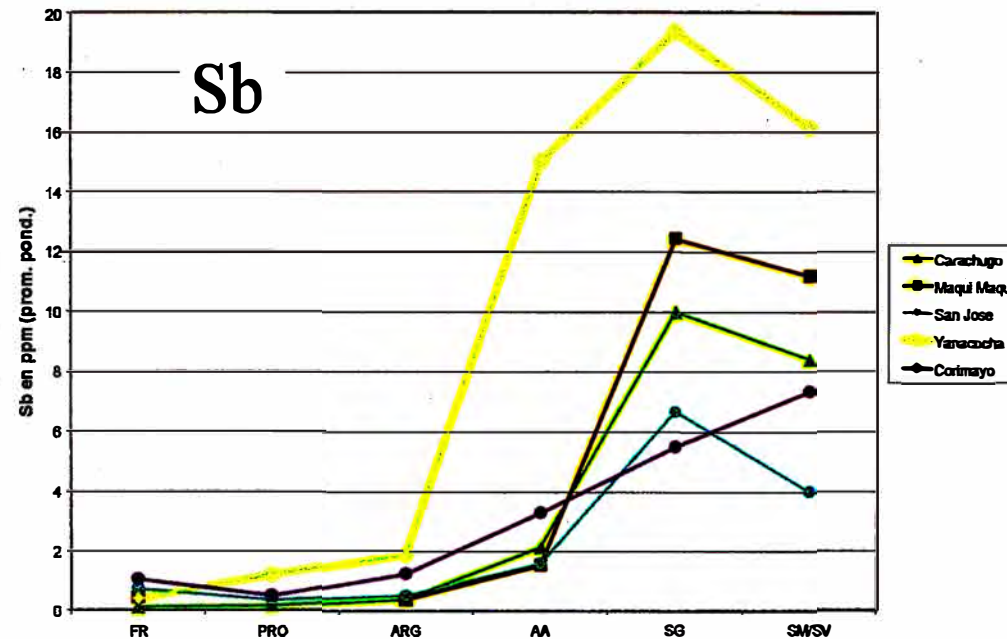


Fig. 38g: Distribución del antimonio por el tipo de alteración.

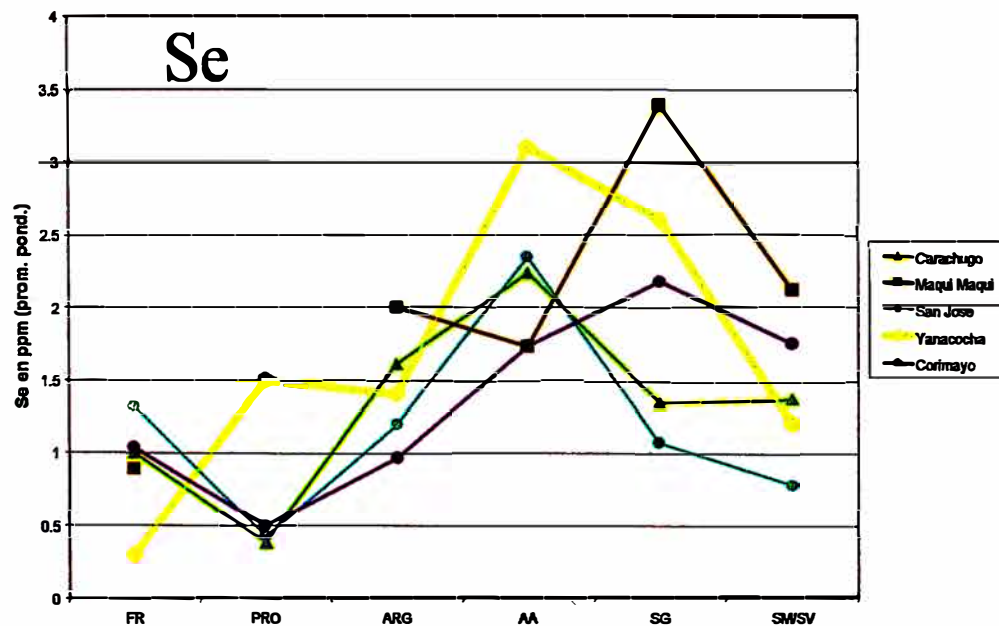


Fig. 38h: Distribución del selenio por el tipo de alteración.

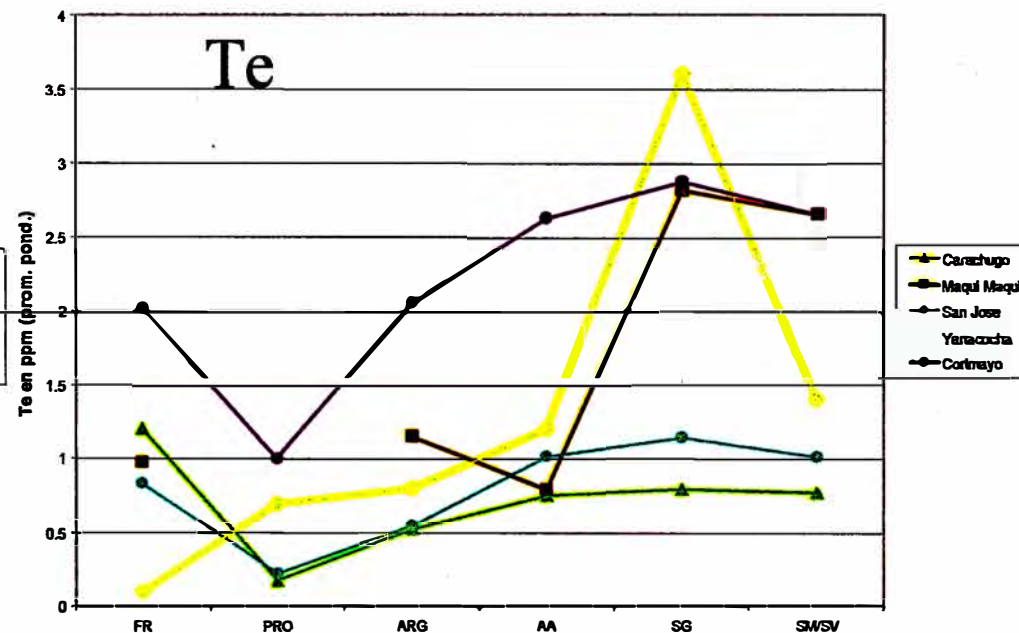


Fig. 38i: Distribución del telurio por el tipo de alteración.

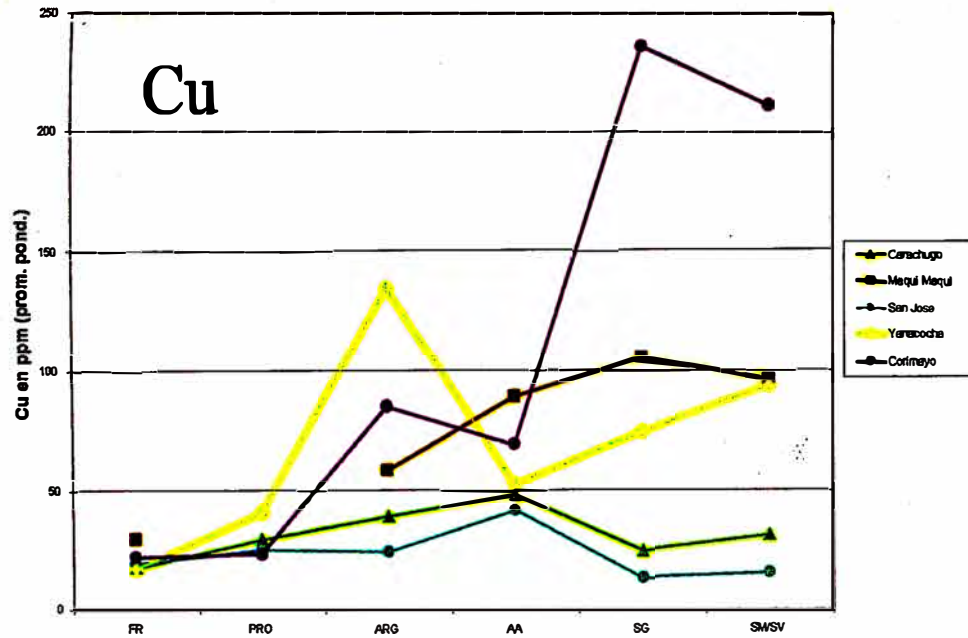


Fig. 38j: Distribución del cobre por el tipo de alteración.

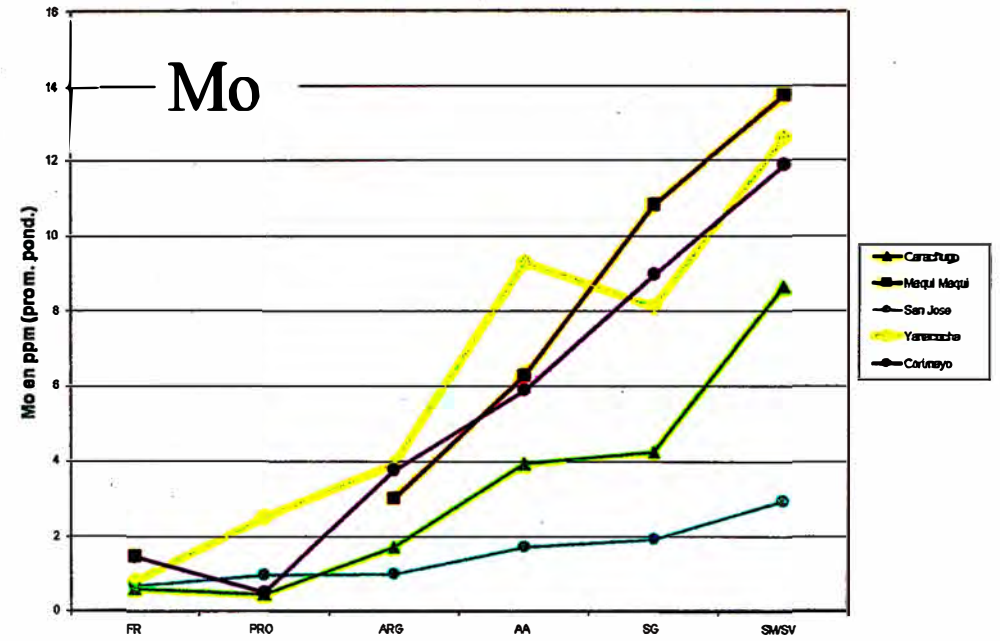


Fig. 38k: Distribución del molibdeno por el tipo de alteración.

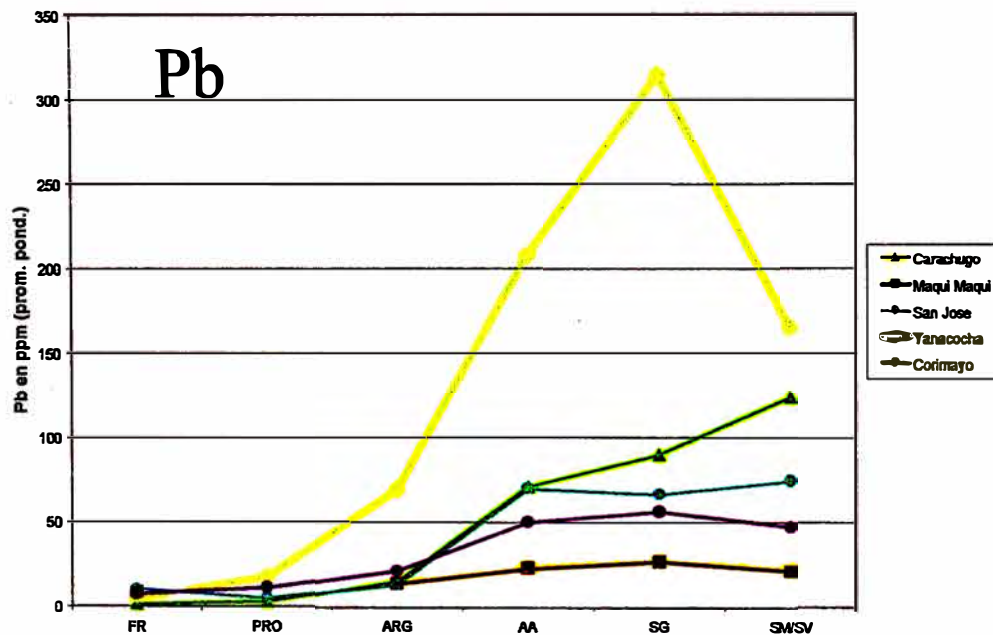


Fig. 38l: Distribución del plomo por el tipo de alteración.

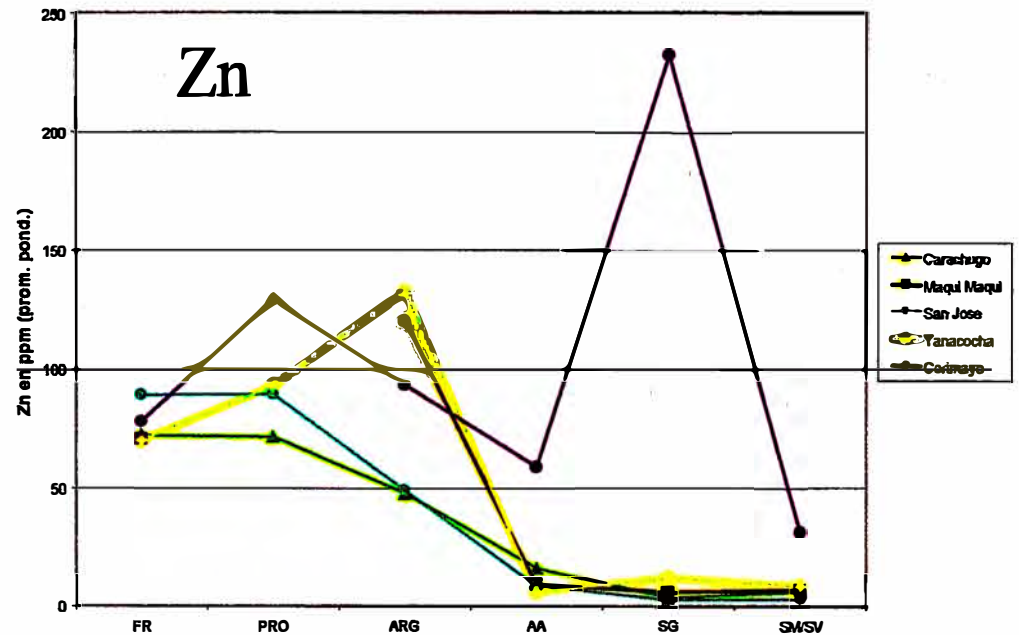


Fig. 38m: Distribución del zinc por el tipo de alteración.

5.3.5 ANALISIS DE CORRELACIONES

En el análisis de correlaciones para los datos de sondajes, se ha usado el mismo criterio trabajado con los datos de superficie. La población de sondajes, también se ha dividido en dos: zona de óxidos y zona de sulfuros. Para ambos se han preparado matrices de correlación con diferentes valores mínimos de oro (cut off): población total, población de oro ≥ 0.5 ppm, población de oro ≥ 1.0 ppm, población de oro ≥ 2.0 ppm, población de oro ≥ 4.0 ppm y población de oro ≥ 10.0 ppm.

Con las diferentes matrices de correlación generadas con cada cut off de oro, se va definiendo las familias que van acompañando al oro de alta ley. Las correlaciones en la zona de óxidos muestran una familia de elementos que está asociado con la mineralización de alta ley de oro (Ag, Bi, Ba y Hg), tal como se observa en la Fig. 39, conforme se va restringiendo la población a valores de oro más altos. Los demás elementos no muestran una tendencia definida (correlación negativa), posiblemente son elementos que se encuentran como zoneamiento a la zona de alta ley de oro.

Las correlaciones en la zona de Sulfuros muestran una familia de elementos que está asociado con la zona de oro (Mo, Ba y Ag), tal como se observa en la Fig. 41. Los demás elementos no muestran una tendencia definida.

• **ORO-PLATA**

La correlación para la población total es buena para las dos zonas (óxidos: 0.61 y sulfuros:0.77), pero esta disminuye para un cut off de oro ≥ 0.5 ppm y ≥ 1 ppm, volviendo a incrementarse la correlación en las dos zonas cuando el cut off del oro es ≥ 2 ppm, ≥ 4 ppm y ≥ 10 ppm, por lo tanto la plata tiene buena correlación con las zonas de leyes altas de oro (fig. 39 y Fig. 41).

• **ORO-COBRE**

Para la población total de oro las correlaciones en la zona de óxidos es 0.11, y en la zona de sulfuro es 0.58, pero en la zona de óxidos la correlación a mayores cut off se vuelve negativa, y en la zona de sulfuros la correlación de vuelve negativa desde un cut off de oro ≥ 0.5 ppm hasta el cut off de oro ≥ 2 ppm, pero con un cut off de oro ≥ 4 ppm la correlación es 0.12.

- **ORO-ZINC**

Tienen correlación negativa para ambas zonas y en todo los cut off de oro, con un pequeño valor positivo de correlación con un cut off ≥ 4 ppm: 0.03 en la zona de óxidos.

- **ORO-PLOMO**

La correlación en la zona de óxidos, va disminuyendo desde una población total: 0.34 hasta un cut off de ≥ 4 ppm :0.02, y se vuelve negativa con el cut off de ≥ 10 ppm: -0.12. Para la zona de sulfuros sucede casi lo mismo, haciéndose la correlación negativa a partir de un cut off ≥ 1 ppm:-0.25. Generalmente el plomo no tiene buena correlación con el oro, posiblemente por que se encuentra como zonamiento fuera de la zona de oro.

- **ORO-SELENIO, ORO-TELURO**

Estos dos elementos muestran un comportamiento muy similar con las correlaciones respecto al oro. Para una población total de oro, en las dos zonas (óxidos y sulfuros), tienen una correlación positiva, pero conforme el cut off de oro va subiendo, las correlaciones de estos elementos con el oro van disminuyendo hasta hacerse negativo.

- **ORO-MOLIBDENO**

En la zona de óxidos la correlación va disminuyendo desde la población total: 0.36, hasta hacerse negativo para el cut off de oro ≥ 10 ppm: -0.16, en esta zona no se observa buena correlación con el oro. En la zona de sulfuros, la correlación disminuye desde una población total de oro hasta un cut off de oro ≥ 1 ppm:0.02, pero conforme aumenta el cut off de oro la correlación mejora: cut off de oro ≥ 2 ppm: 0.26 y ≥ 4 ppm: 0.66. Aparentemente, en la zona de sulfuros hay buena correlación entre el molibdeno y los valores altos de oro.

- **ORO-ARSENICO**

En la zona de óxidos la correlación va disminuyendo desde una población total de oro: 0.21, hasta hacerse negativo con el cut off de oro ≥ 10 ppm:-0.19; en esta zona de óxidos no hay buena correlación del arsénico con el oro y en especial con valores altos de oro. En la zona de sulfuros, la correlación disminuye desde una población total de oro:0.56 hasta un cut off de oro ≥ 1 ppm:-0.12, pero a partir de ese cut off, cuando aumenta ≥ 2 ppm: .001 y ≥ 4 ppm: 0.15; la correlación aumenta para valores mas altos de oro, posiblemente hay sulfuros (enargita) que esta relacionado con la mineralización de leyes altas de oro.

- **ORO-ANTIMONIO**

La zona de óxidos tiene correlación positiva solo para las poblaciones total: 0.24 y con un cut off de ≥ 4 ppm: 0.22, y en las demás poblaciones con diferentes cut off establecidos la correlación es negativa. Para la zona de sulfuros las correlaciones positivas están con la población total de oro: 0.62 y con cut off de oro ≥ 0.5 ppm: 0.27, para el resto de poblaciones de cut off establecidas las correlaciones son negativas.

- **ORO-MERCURIO**

En la zona de óxidos la correlación aumenta con los cut off de ≥ 2 ppm: 0.2, ≥ 4 ppm: 0.32 y ≥ 10 ppm: 0.30, mostrando una posible buena correlación con la zona mineralizada de alta ley. En la zona de sulfuros la correlación va disminuyendo conforme aumenta el cut off desde una población total de oro: 0.58 hasta hacerse negativo con un cut off de oro ≥ 4 ppm: -0.4, mostrando una correlación negativa con la zona de alta ley en la zona de sulfuros.

- **ORO-BISMUTO**

Este elemento en la zona de óxidos muestra una buena correlación con la zona de alta ley, aumentando la correlación desde una población de cut off ≥ 0.5 ppm: 0.03 hasta una población de cut off de oro ≥ 10 ppm: 0.55, en la Fig. 39 se puede observar el aumento progresivo de la correlación con el oro. En la zona de sulfuros la correlación va disminuyendo hasta hacerse negativa desde una población total de oro: 0.37 hasta una población de cut off de oro ≥ 4 ppm: -0.25, no mostrando correlación de estos elementos con el oro en la zona de sulfuros.

- **ORO-BARIO**

En la zona de óxidos (Fig. 39) se observa un incremento moderado de la correlación con los valores altos de oro desde un cut off de oro ≥ 1 ppm: 0.25, hasta un cut off de oro ≥ 4 ppm: 0.43, bajando un poco con un cut off de oro ≥ 10 ppm: 0.32, parece que el bario puede tener buena correlación con las zonas de leyes altas de oro. En la zona de sulfuros (Fig. 41) el bario no muestra un patrón claro, debido a que en una población total de oro tiene 0.32, para un cut off de oro ≥ 0.5 ppm: 0.52 y luego disminuye para un cut off de oro ≥ 1 ppm: 0.35, hasta un cut off de oro ≥ 2 ppm: 0.26, volviendo a subir con un cut off de oro ≥ 4 ppm: 0.49.

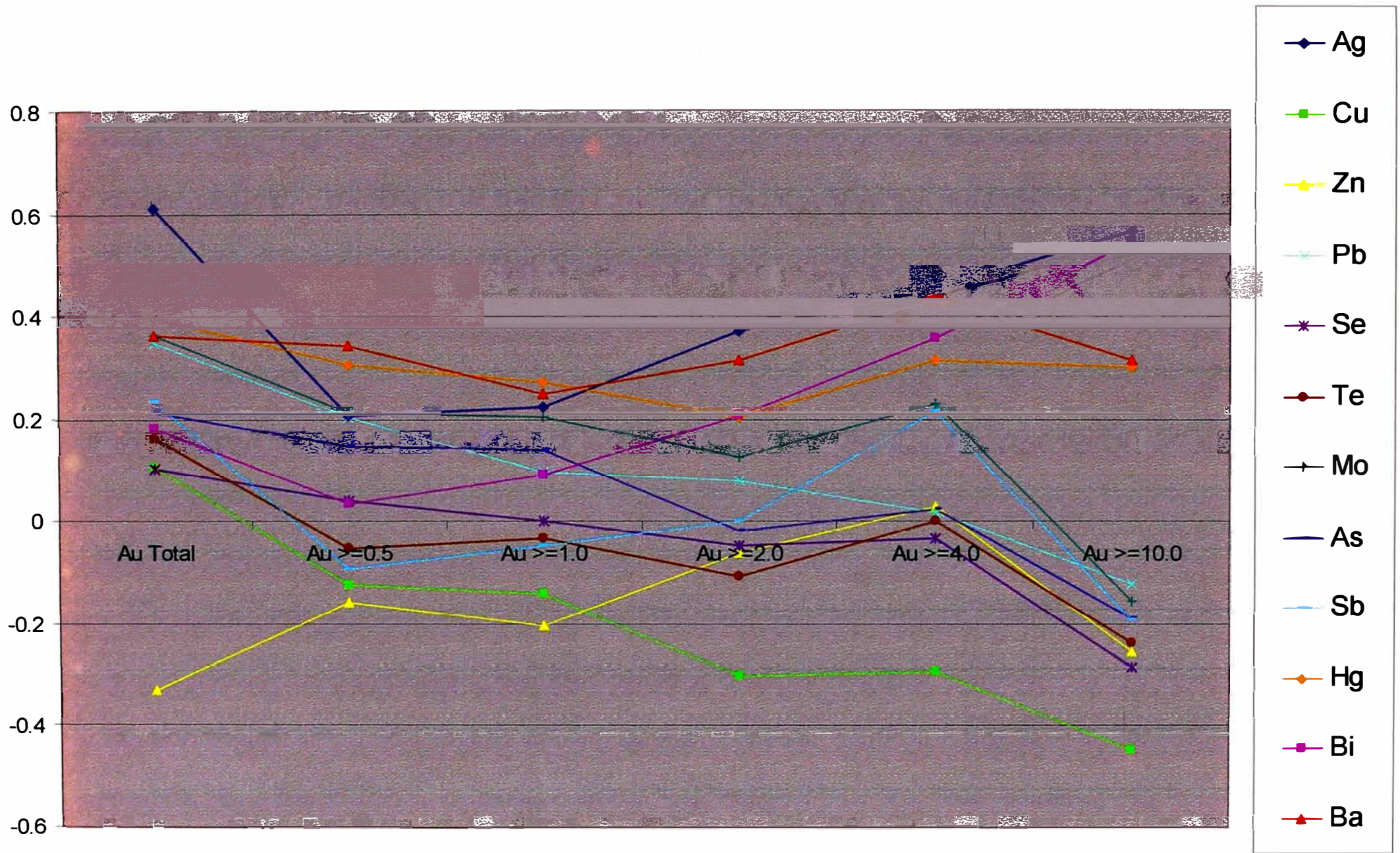


Fig. 39: Correlación entre los elementos en la zona de óxidos. Datos convertidos a base logarítmica.

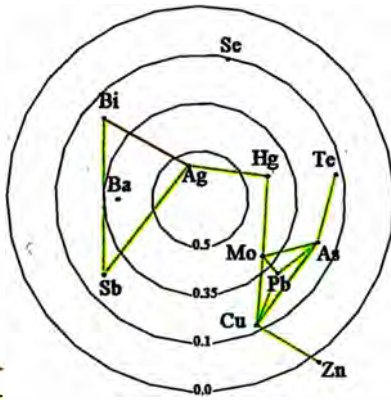
POBLACION TOTAL

POBLACION CON Au >= 0.5 g/t

POBLACION CON Au >= 1.0 g/t

Valores de correlación

Au : Ag	0.61
Au : Cu	0.11
Au : Zn	-0.33
Au : Pb	0.34
Au : Se	0.10
Au : Te	0.16
Au : Mo	0.36
Au : As	0.21
Au : Sb	0.24
Au : Hg	0.39
Au : Bi	0.18
Au : Ba	0.36

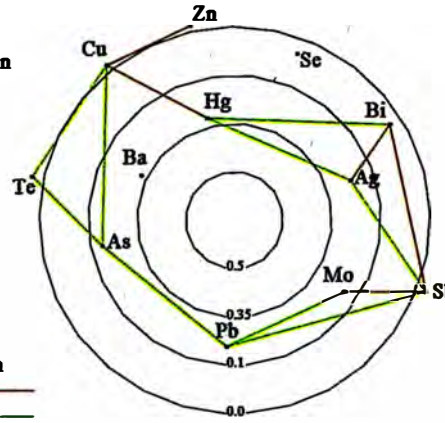


Lineas de correlación

> 0.50	—
0.35 - 0.50	—

Valores de correlación

Au : Ag	0.20
Au : Cu	-0.12
Au : Zn	-0.16
Au : Pb	0.21
Au : Se	0.04
Au : Te	-0.05
Au : Mo	0.21
Au : As	0.15
Au : Sb	-0.09
Au : Hg	0.31
Au : Bi	0.03
Au : Ba	0.34

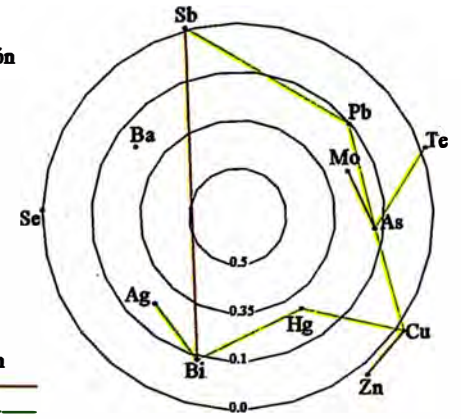


Lineas de correlación

> 0.50	—
0.35 - 0.50	—

Valores de correlación

Au : Ag	0.22
Au : Cu	-0.14
Au : Zn	-0.20
Au : Pb	0.10
Au : Se	0.00
Au : Te	-0.03
Au : Mo	0.20
Au : As	0.14
Au : Sb	-0.05
Au : Hg	0.27
Au : Bi	0.09
Au : Ba	0.25



Lineas de correlación

> 0.50	—
0.35 - 0.50	—

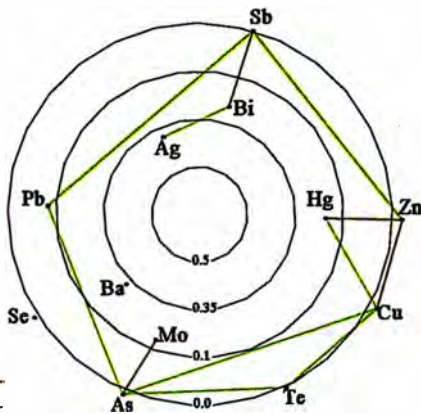
POBLACION CON Au >= 2.0 g/t

POBLACION CON Au >= 4.0 g/t

POBLACION CON Au >= 10.0 g/t

Valores de correlación

Au : Ag	0.37
Au : Cu	-0.30
Au : Zn	-0.06
Au : Pb	0.08
Au : Se	-0.05
Au : Te	-0.11
Au : Mo	0.13
Au : As	-0.02
Au : Sb	0.00
Au : Hg	0.20
Au : Bi	0.21
Au : Ba	0.32

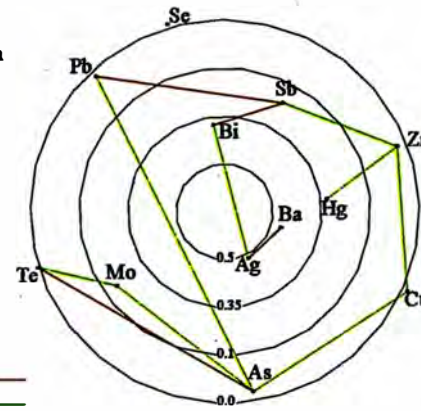


Lineas de correlación

> 0.50	—
0.35 - 0.50	—

Valores de correlación

Au : Ag	0.45
Au : Cu	-0.29
Au : Zn	0.03
Au : Pb	0.02
Au : Se	-0.03
Au : Te	0.00
Au : Mo	0.23
Au : As	0.02
Au : Sb	0.22
Au : Hg	0.32
Au : Bi	0.36
Au : Ba	0.43

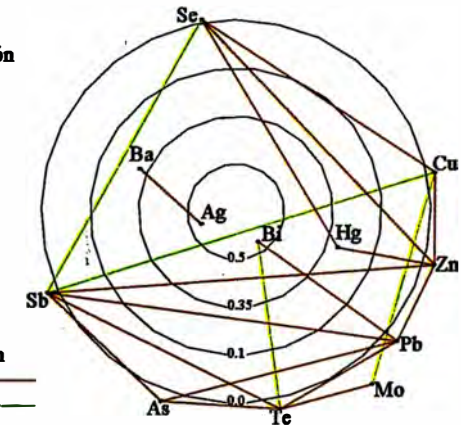


Lineas de correlación

> 0.50	—
0.35 - 0.50	—

Valores de correlación

Au : Ag	0.56
Au : Cu	-0.45
Au : Zn	-0.25
Au : Pb	-0.12
Au : Se	-0.29
Au : Te	-0.24
Au : Mo	-0.16
Au : As	-0.19
Au : Sb	-0.19
Au : Hg	0.30
Au : Bi	0.55
Au : Ba	0.32



Lineas de correlación

> 0.50	—
0.35 - 0.50	—

Fig. 40: Circulos de correlación entre el oro y los elementos trazas en la zona de óxidos. Datos en base logaritmica.

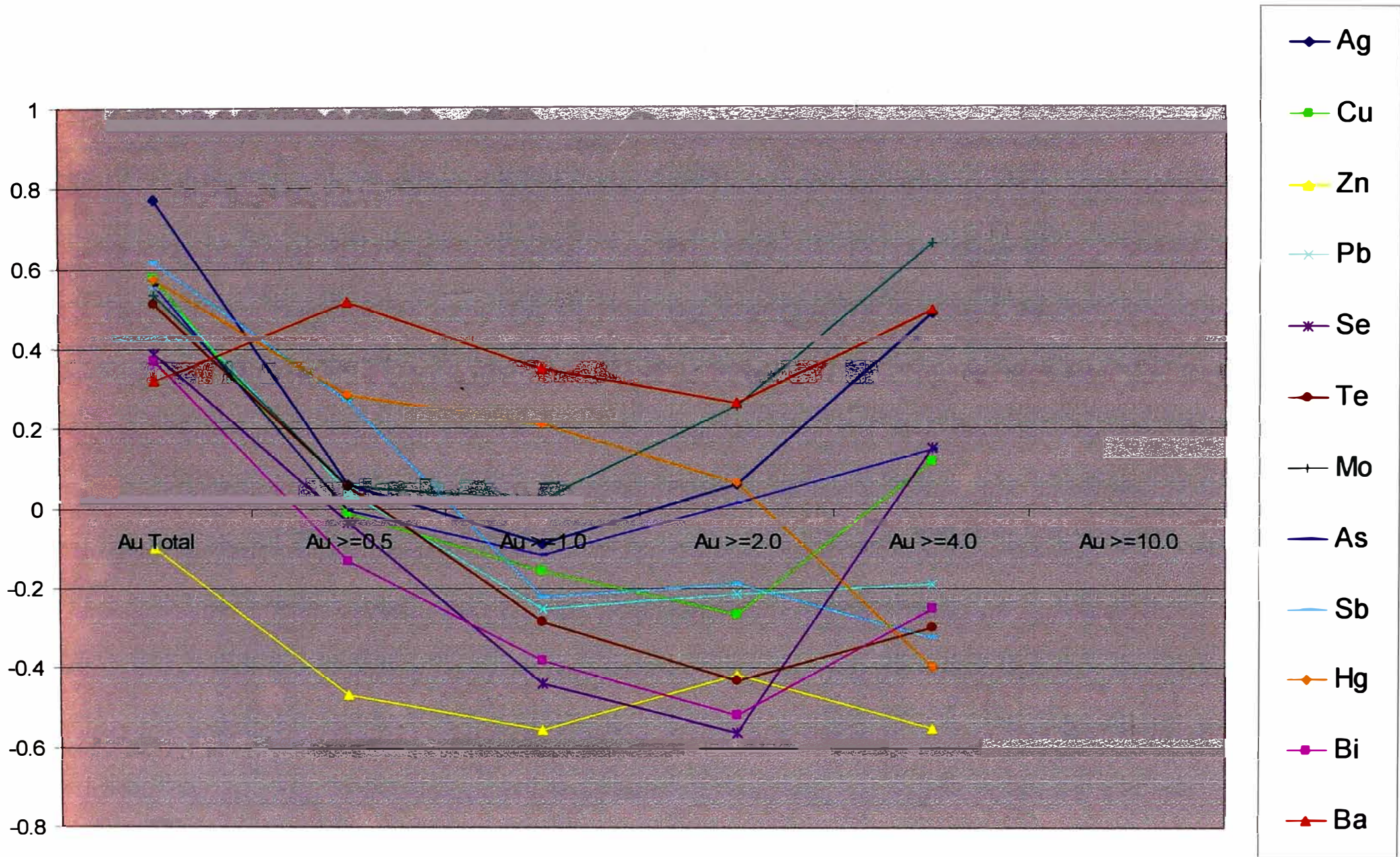


Fig. 41: Correlación entre los elementos en la zona de sulfuros. Datos convertidos a base logarítmica.

POBLACION TOTAL

POBLACION CON Au >= 0.5 g/t

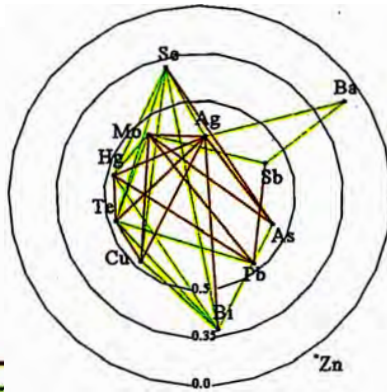
POBLACION CON Au >= 1.0 g/t

Valores de correlación

Au : Ag	0.77
Au : Cu	0.58
Au : Zn	-0.10
Au : Pb	0.56
Au : Se	0.39
Au : Te	0.51
Au : Mo	0.53
Au : As	0.56
Au : Sb	0.62
Au : Hg	0.58
Au : Bi	0.37
Au : Ba	0.32

Líneas de correlación



> 0.50	
0.35 - 0.50	

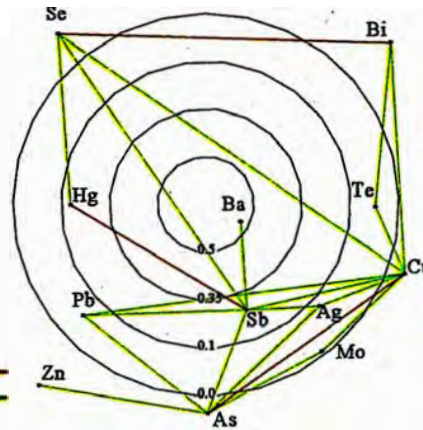


Valores de correlación

Au : Ag	0.06
Au : Cu	-0.01
Au : Zn	-0.47
Au : Pb	0.04
Au : Se	-0.03
Au : Te	0.06
Au : Mo	0.06
Au : As	-0.01
Au : Sb	0.27
Au : Hg	0.28
Au : Bi	-0.13
Au : Ba	0.52

Líneas de correlación



> 0.50	
0.35 - 0.50	

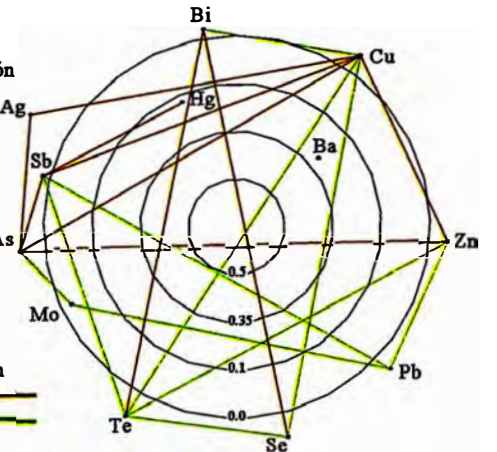


Valores de correlación

Au : Ag	-0.09
Au : Cu	-0.16
Au : Zn	-0.55
Au : Pb	-0.25
Au : Se	-0.44
Au : Te	-0.28
Au : Mo	0.02
Au : As	-0.12
Au : Sb	-0.22
Au : Hg	0.21
Au : Bi	-0.38
Au : Ba	0.35

Líneas de correlación

> 0.50	
0.35 - 0.50	





POBLACION CON Au >= 2.0 g/t

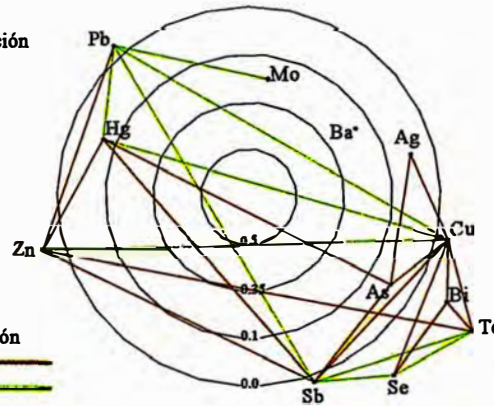
POBLACION CON Au >= 4.0 g/t

Valores de correlación

Au : Ag	0.06
Au : Cu	-0.26
Au : Zn	-0.42
Au : Pb	-0.21
Au : Se	-0.56
Au : Te	-0.43
Au : Mo	0.26
Au : As	0.01
Au : Sb	-0.19
Au : Hg	0.06
Au : Bi	-0.52
Au : Ba	0.26

Líneas de correlación



> 0.50	
0.35 - 0.50	



Valores de correlación

Au : Ag	0.49
Au : Cu	0.12
Au : Zn	-0.55
Au : Pb	-0.19
Au : Se	0.15
Au : Te	-0.30
Au : Mo	0.66
Au : As	0.15
Au : Sb	-0.32
Au : Hg	-0.40
Au : Bi	-0.25
Au : Ba	0.49

Líneas de correlación

> 0.50	
0.35 - 0.50	

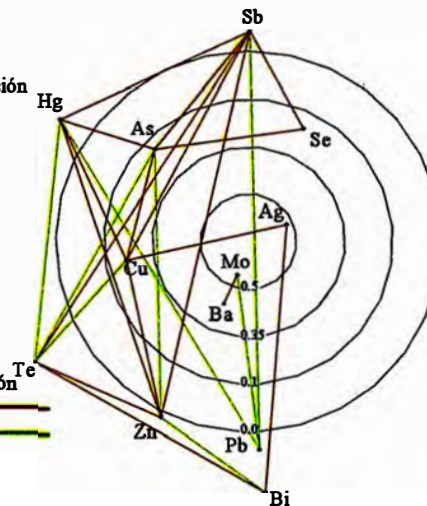


Fig. 42: Circulos de correlación entre el oro y los elementos trazas en la zona de sulfuros. Datos en base logarítmica.

- **ELEMENTOS AFINES**

Para cada población de oro con diferentes cut off, las correlaciones entre los elementos trazas va cambiando, tanto en la zona de óxidos (Fig. 40), como en la zona de sulfuros (Fig. 42). En la zona de óxidos la familia de elementos más claramente definido para diferentes cut off de oro, menos para el cut off de oro ≥ 10 ppm : Plata-Bismuto-Mercurio; pero para la zona de sulfuros los elementos que tienen más afinidad son Cobre-Arsénico a partir de un cut off de oro ≥ 0.5 ppm (Fig. 42).

5.3.6 CONTORNOS DE LEYxESPESOR

Estos planos de contornos de Ley x Espesor de todos los elementos, usando un determinado cut off para cada elemento, fueron construidos para poder identificar patrones de zonamiento, lineamientos relacionados a estructuras y lineamientos relacionados con la zona mineralizada, también nos ayuda identificar las concentraciones de los elementos desde el punto de vistas proyectados al plano horizontal.

G*T DE ORO: Estos contornos (Fig. 55) en el área de Corimayo muestran concentraciones de oro con lineamientos NNE, NE y NO, posiblemente están reflejando las principales estructuras que favorecieron la mineralización de oro.

G*T DE BARIO: Los contornos (Fig. 54), muestran una buena distribución similar al oro, dentro de la zona aurífera, mostrando los mismo lineamientos NNE y NO. Esto puede ayudar a definir la buena correlación entre el oro y el bario.

G*T DE BISMUTO: Los contornos (Fig. 53), muestra una distribución y concentración (abierto) hacia el Oeste del depósito, con cierto traslape con el oro. Posiblemente está mostrando como un zonamiento hacia el Oeste.

G*T DE PLATA: Los contornos (Fig. 52), muestra una distribución y concentración (abierto) hacia el Oeste, posiblemente muestra un zonamiento geotermal en esa dirección con respecto al oro, también nos puede estar indicando un borde del área mineralizado de oro. Este contorno de plata tiene la misma geometría del contorno de bismuto, esto refuerza la buena correlación que hay entre estos dos elementos.

G*T DE MERCURIO: Los contornos (Fig. 51), muestran una distribución y concentración hacia el Sur y Oeste del depósito. La fuerte concentración hacia el Sur del

depósito, puede estar indicando un zonamiento del depósito, al igual en la dirección Oeste (abierto), también hay una débil concentración hacia el norte del depósito. Este contorno, coincide con la concentración hacia el Oeste con los elementos de Bi y Ag, ello nos indica una moderada correlación.

G*T DE ARSENICO: Los contornos (Fig. 50), muestran una distribución irregular, tanto a los bordes y en el centro de la zona de oro, posiblemente estamos observando concentraciones en la zona de óxidos (al suroeste) y en la zona de sulfuros traslapando el oro. Una fuerte concentración de arsénico hacia el Noreste y Noroeste que se encuentran abiertos.

G*T DE ANTIMONIO: Los contornos (Fig. 49), muestran una distribución y concentración hacia el Oeste del depósito con una pequeña concentración en la parte Noreste sobre la zona de oro. Esta distribución indica un posible zonamiento hacia el Oeste, similar a la distribución de los elementos de bismuto, plata y poco mercurio.

G*T DE TELURO: Los contornos (Fig. 48), muestran una distribución sin un patrón definido, por que se tiene concentraciones tanto en la zona de oro como a los bordes, se tendría que chequear la distribución vertical para definir mejor su relación con el oro.

G*T DE SELENIO: Los contornos (Fig. 47), muestran una distribución y concentración hacia los bordes, pero también se encuentran traslapando la zona mineralizada de oro. Aparentemente se comporta como un zonamiento hacia los bordes respecto al oro.

G*T DE ZINC: Los contornos (Fig. 46), muestran una pequeña concentración hacia el Noreste de la zona mineralizada. En este gráfico se puede observar que la distribución del zinc en la zona mineralizada es casi nula, corroborando los datos de correlación negativa con respecto al oro.

G*T DE COBRE: Los contornos (Fig. 45), muestran una distribución irregular, tanto en la zona mineralizada como a los borde, es posible que la concentración en la zona mineralizada está relacionado con los sulfuros que tienen buena correlación con el oro y/o son zonas de concentración secundaria. La concentración al Noroeste de la zona mineralizada, posiblemente es debido a una zona de sulfuros en la parte profunda.

G*T DE MOLIBDENO: Los contornos (Fig. 44), muestran una mayor concentración hacia el Noreste de la zona mineralizada de Corimayo, generalmente los valores de

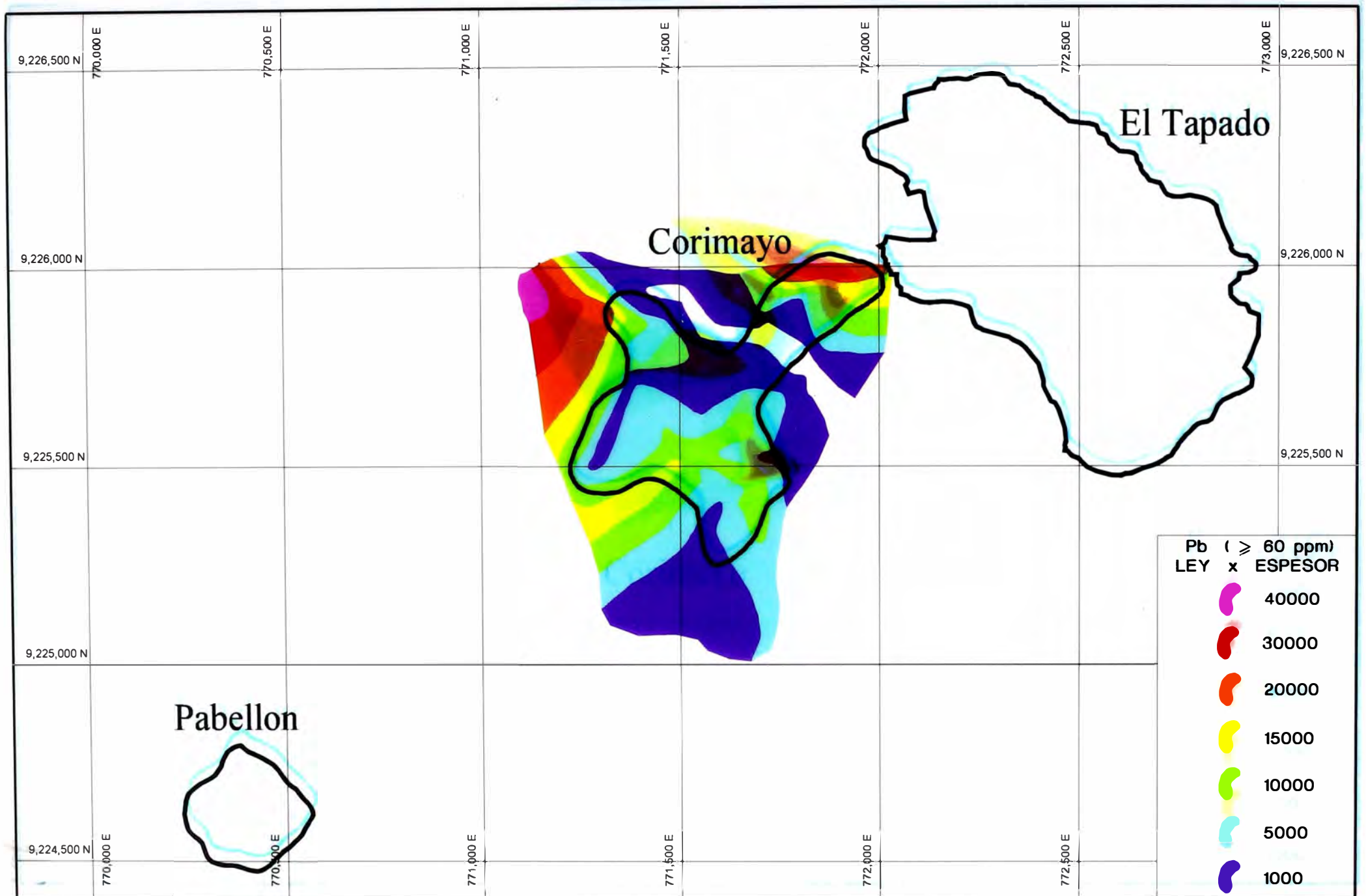


Fig. 43: Contornos de isópacos de la ley*espesor de los valores mayores a 60 ppm de **plomo**, de todos los taladros

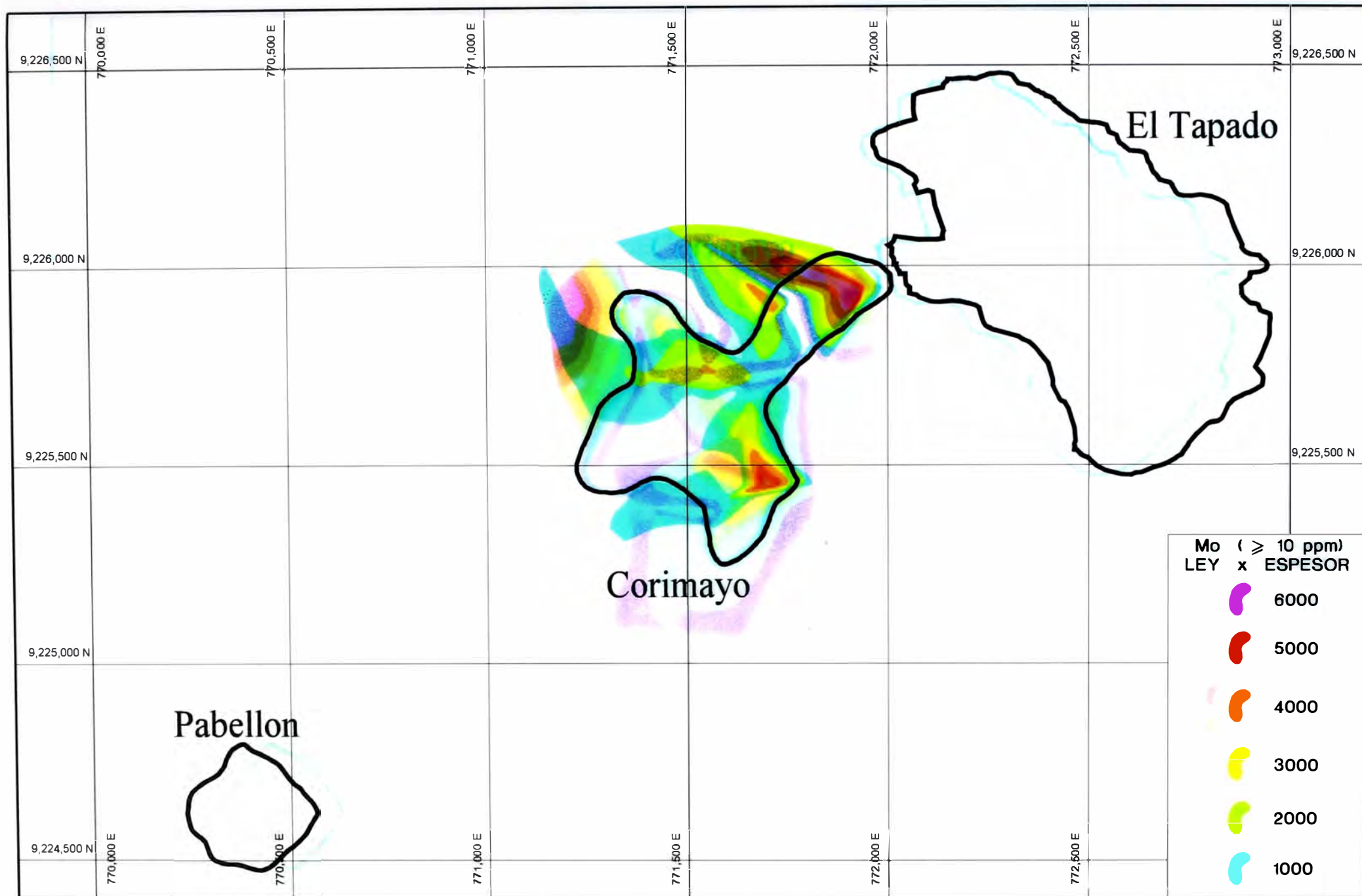


Fig. 44: Contornos de isópacos de la ley*espesor de los valores mayores a 10 ppm de **molibdeno**, de todos los taladros

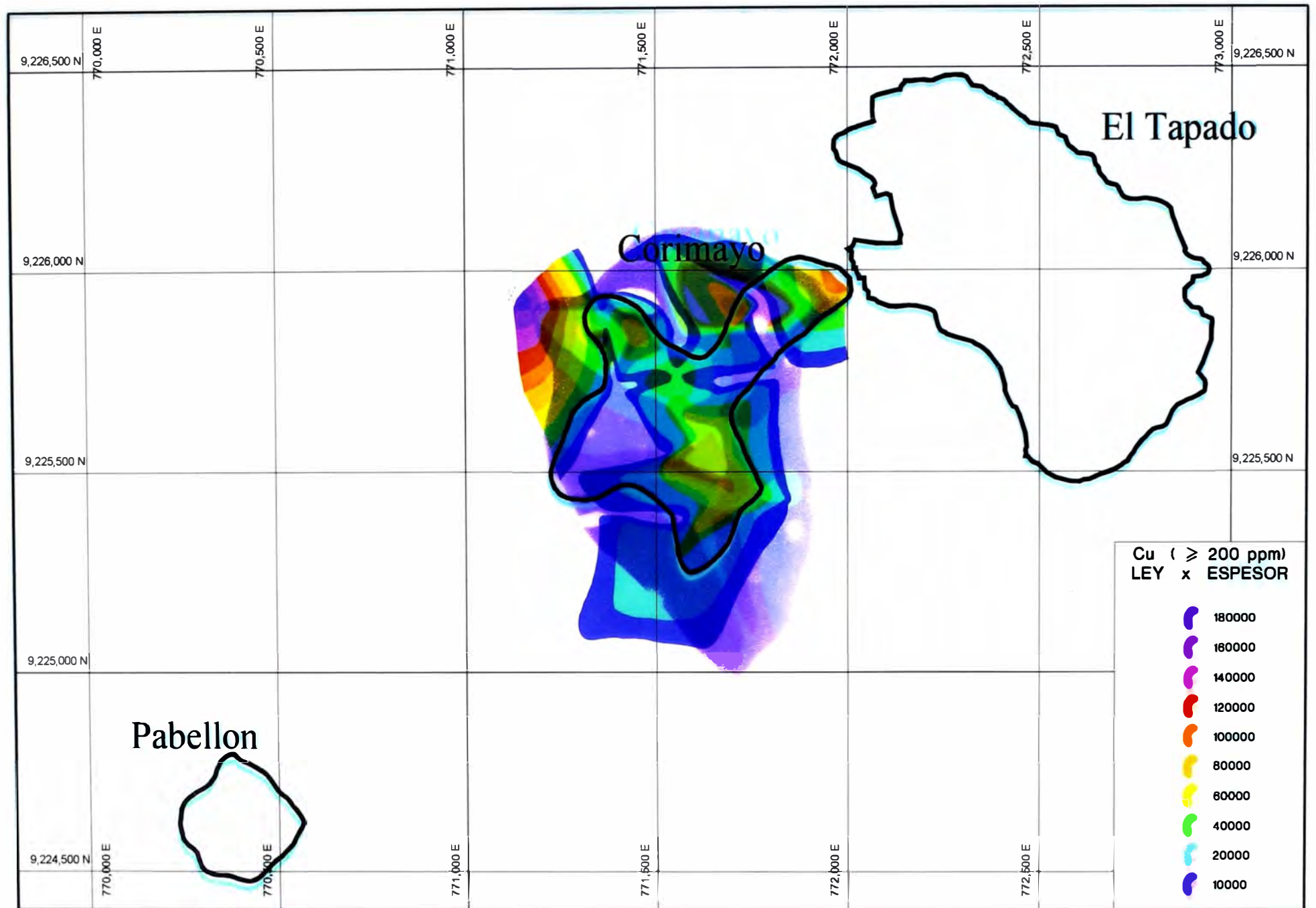


Fig. 45: Contornos de isopachos de la ley*espesor de los valores mayores a 200 ppm de **cobre**, de todos los taladros

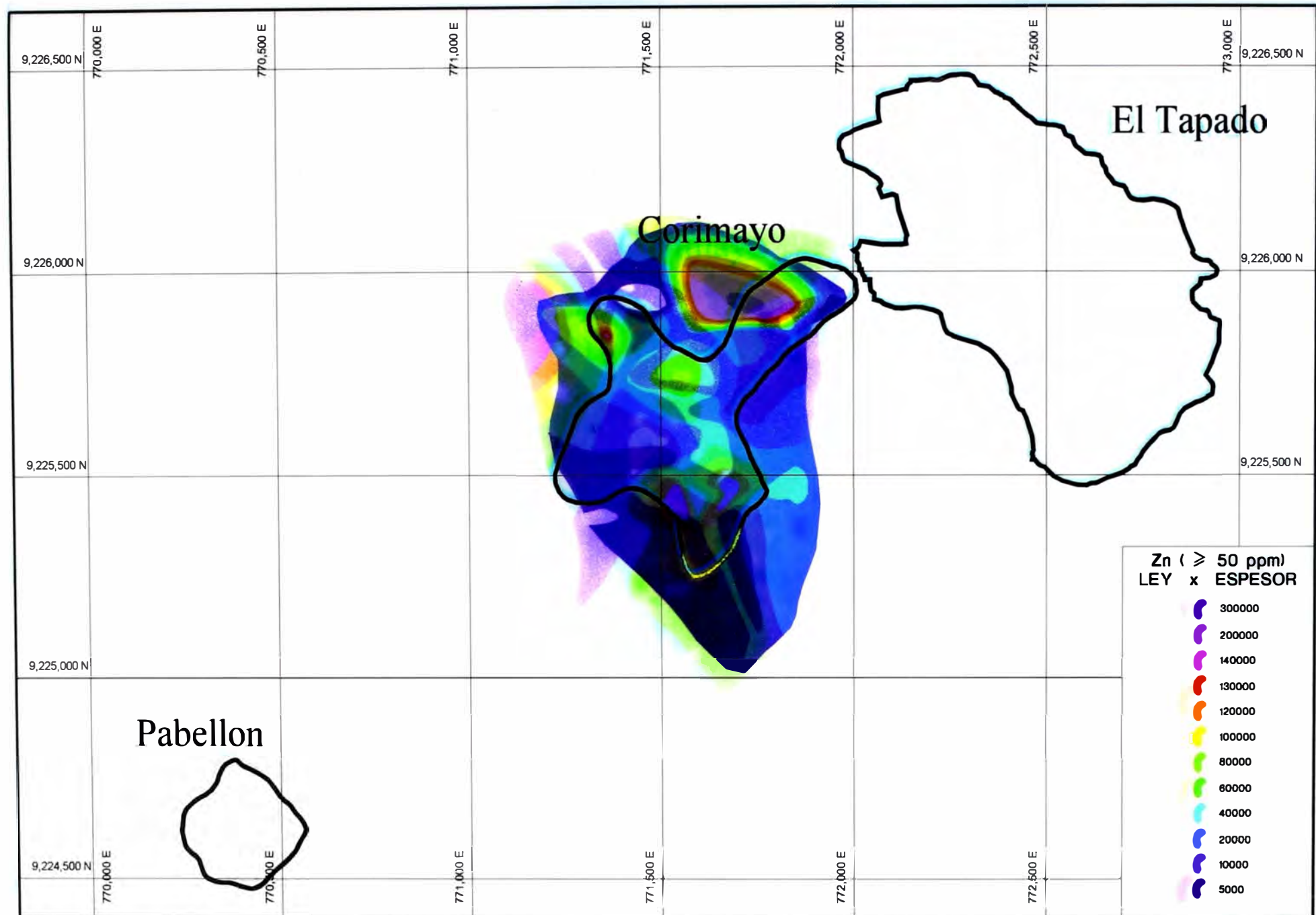


Fig. 46: Contornos de isópacos de la ley*espesor de los valores mayores a 50 ppm de **zinc**, de todos los taladros

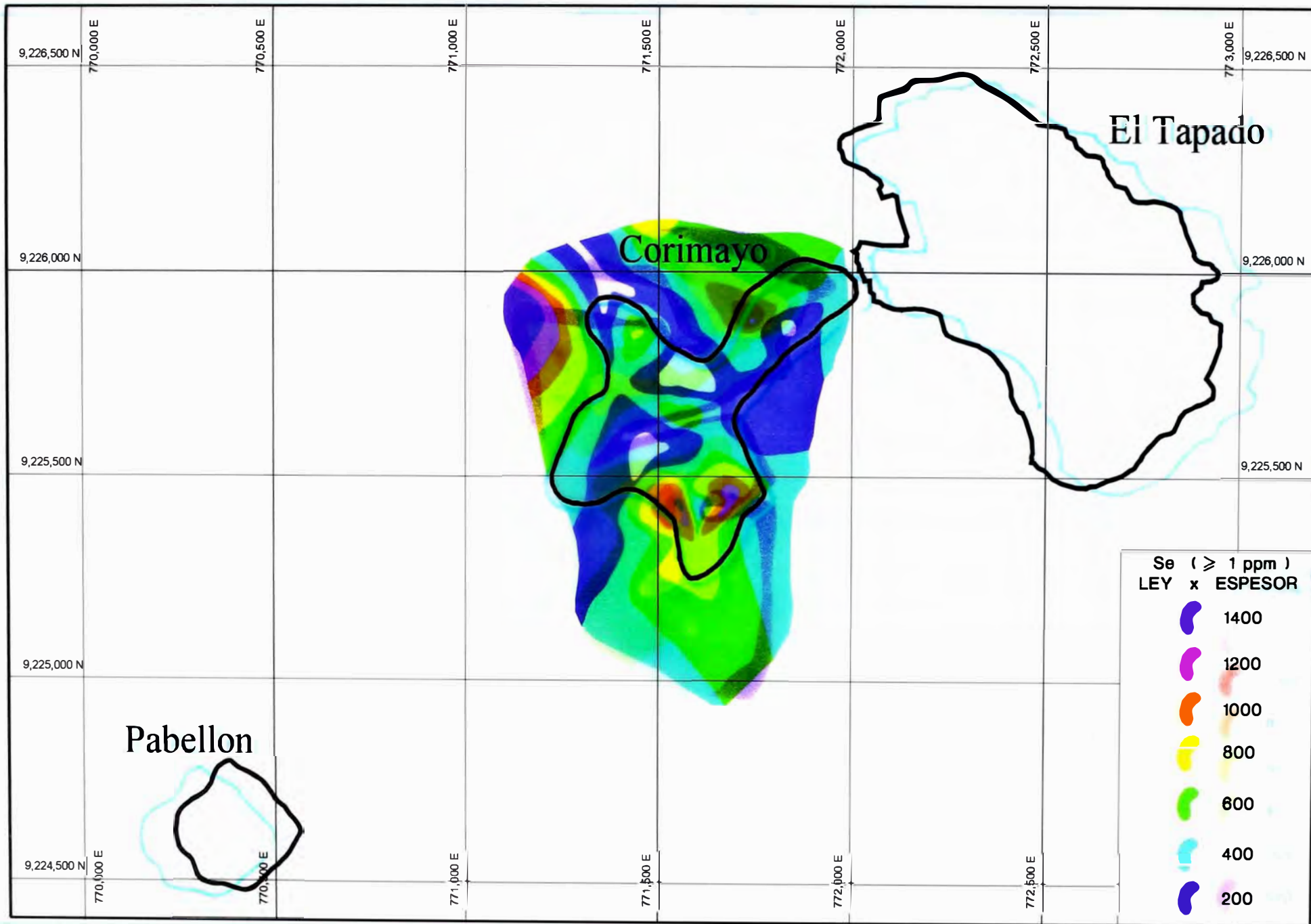


Fig. 47: Contornos de isópacos de la ley*espesor de los valores mayores a 1 ppm de **selenio**, de todos los taladros

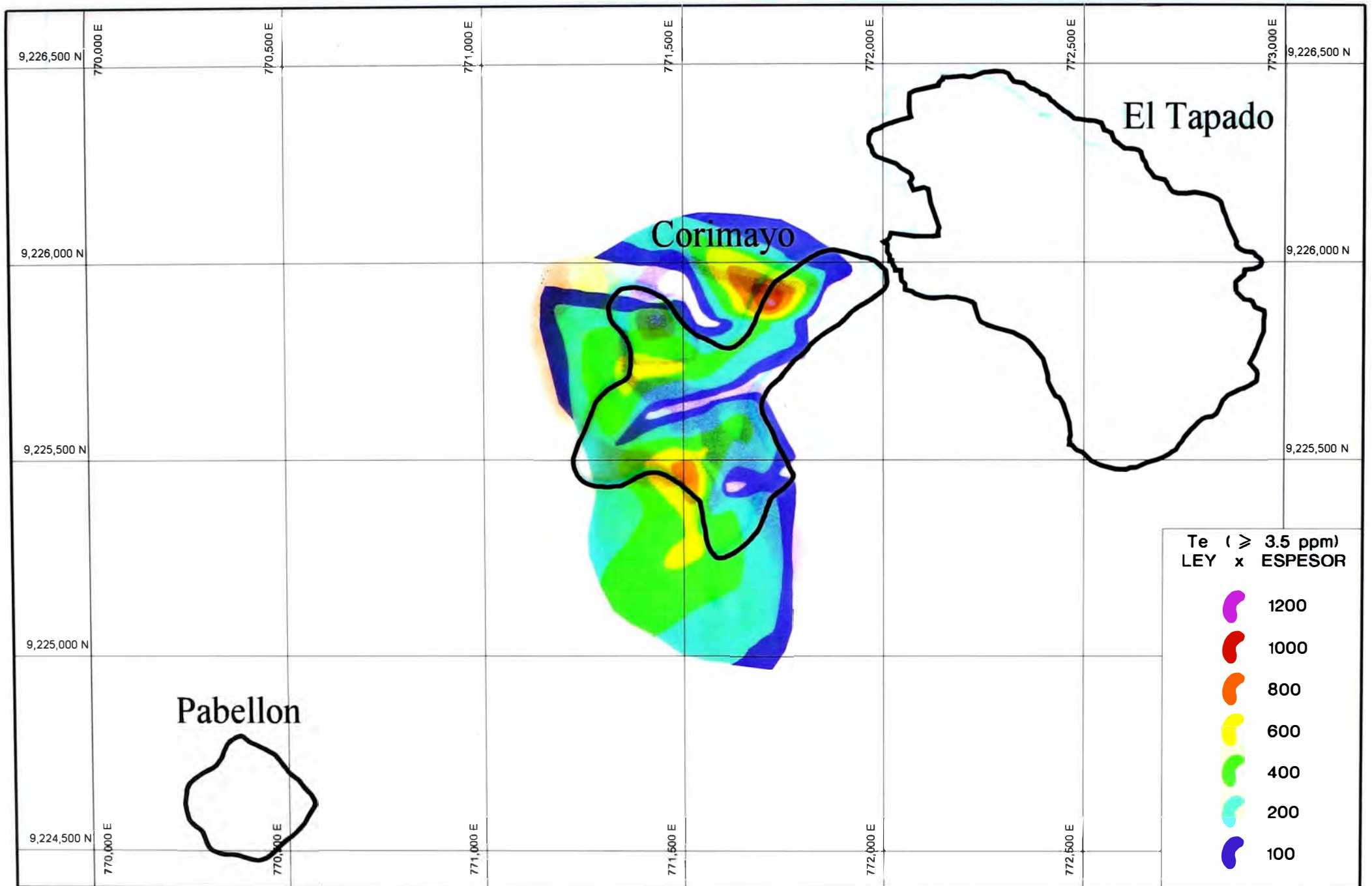


Fig. 48: Contornos de isópacos de la ley*espesor de los valores mayores a 3.5 ppm de **teluro**, de todos los taladros

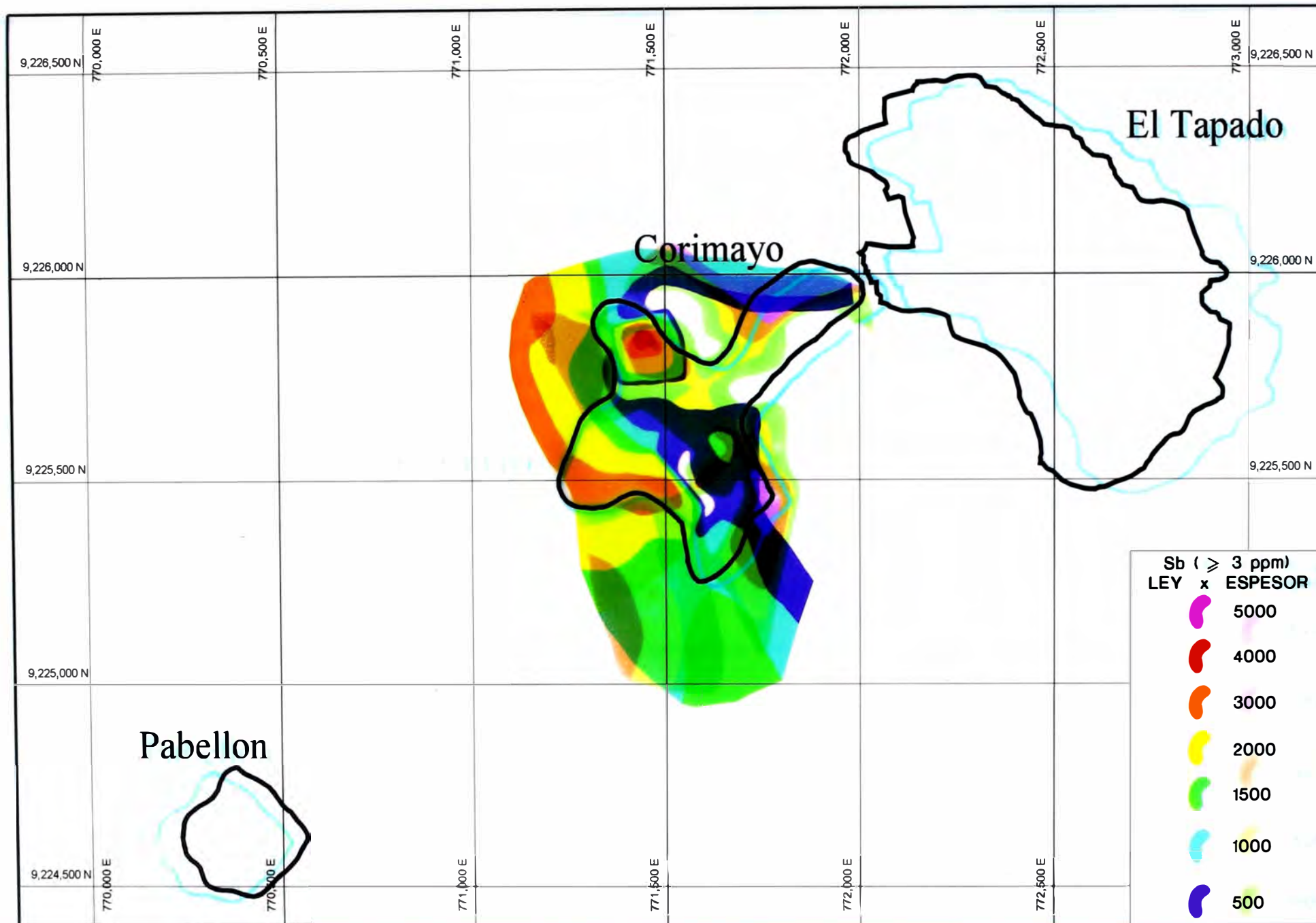


Fig. 49: Contornos de isópacos de la ley*espesor de los valores mayores a 3 ppm de **antimonio**, de todos los taladros

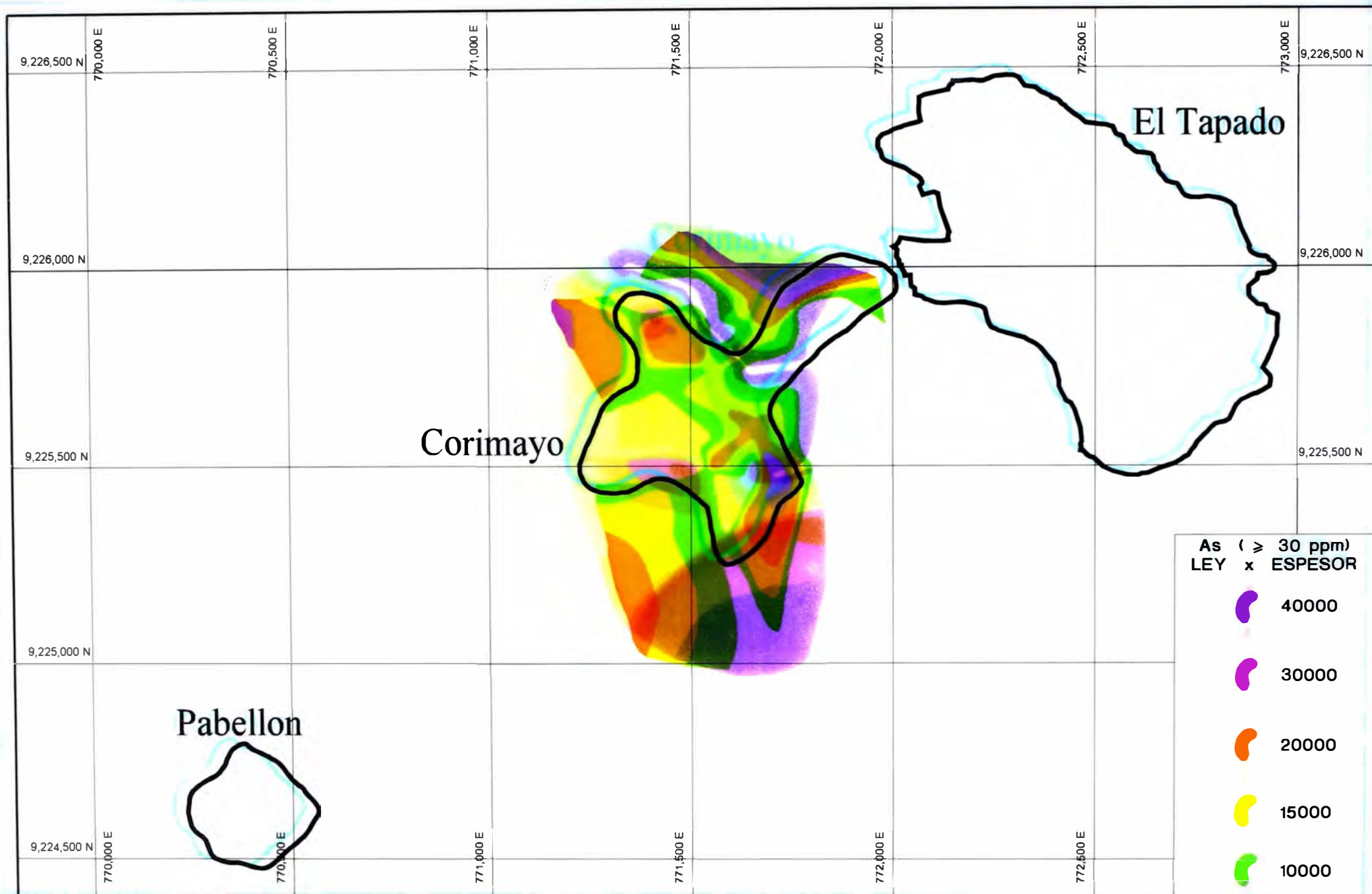


Fig. 50: Contornos de isópacos de la ley*espesor de los valores mayores a 30 ppm de **arsenico**, de todos los taladros

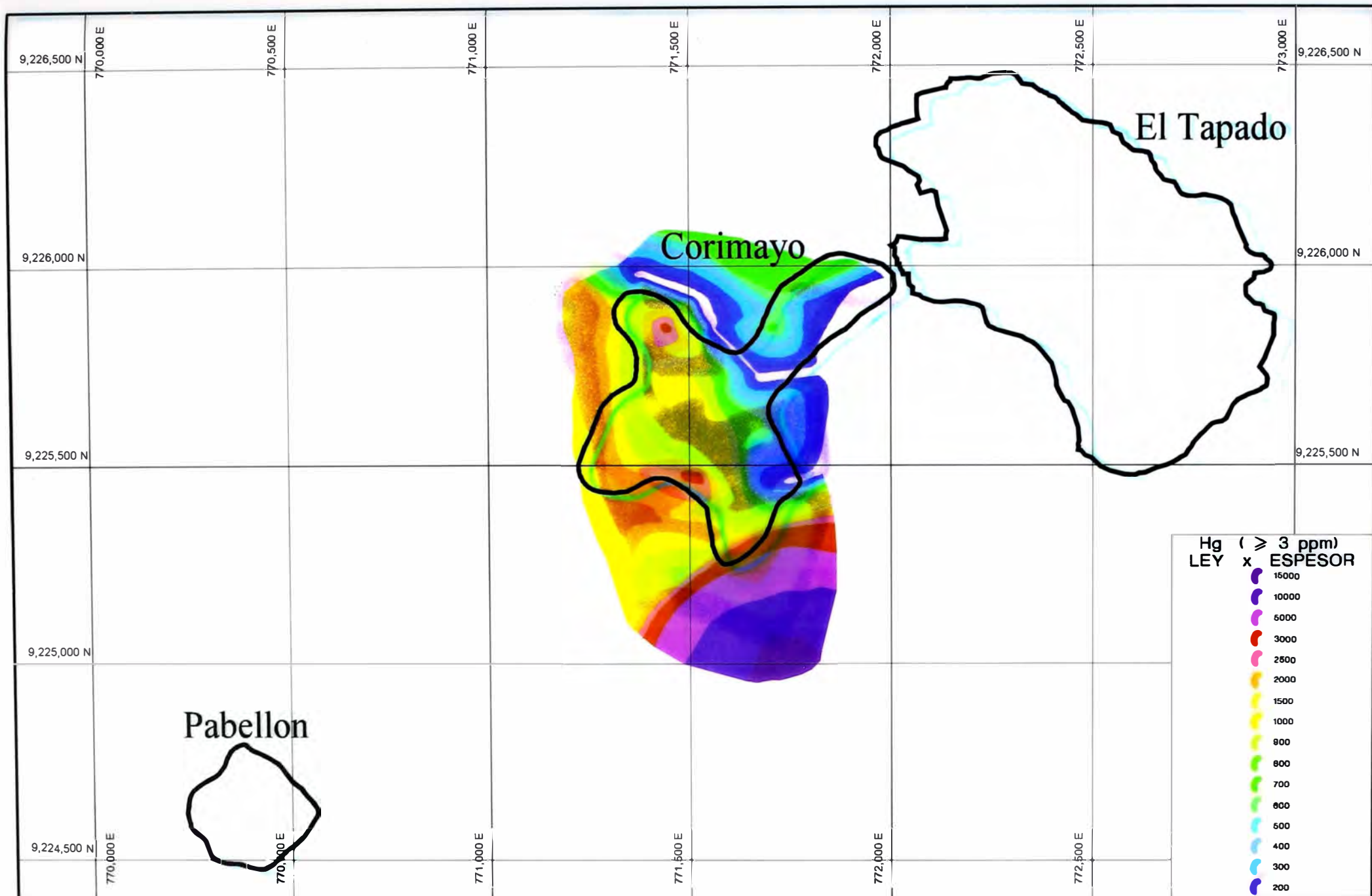


Fig. 51: Contornos de isópacos de la ley*espesor de los valores mayores a 3 ppm de **mercurio**, de todos los taladros

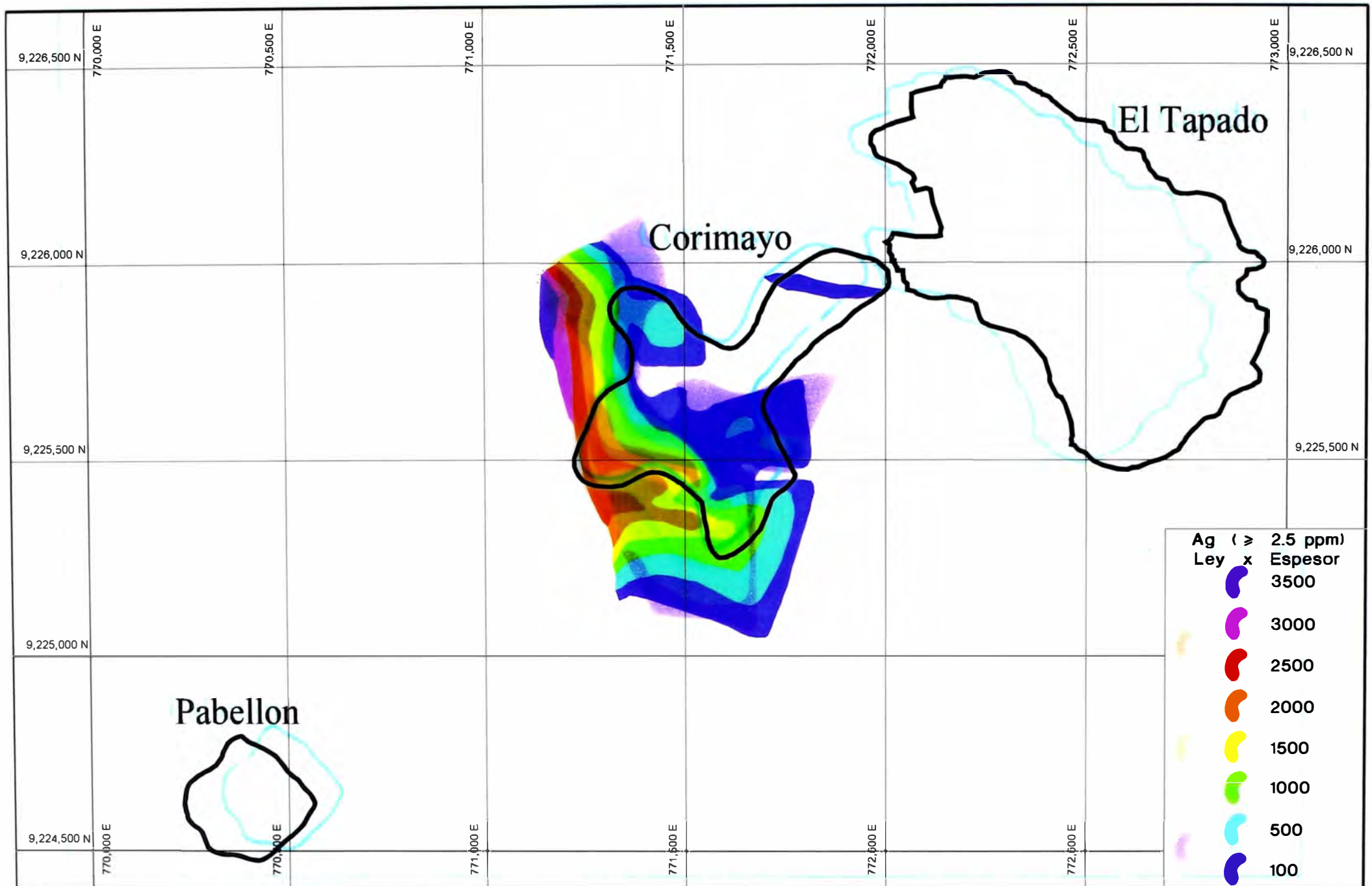


Fig. 52: Contornos de isópacos de la ley*espesor de los valores mayores a 2.5 ppm de **plata**, de todos los taladros

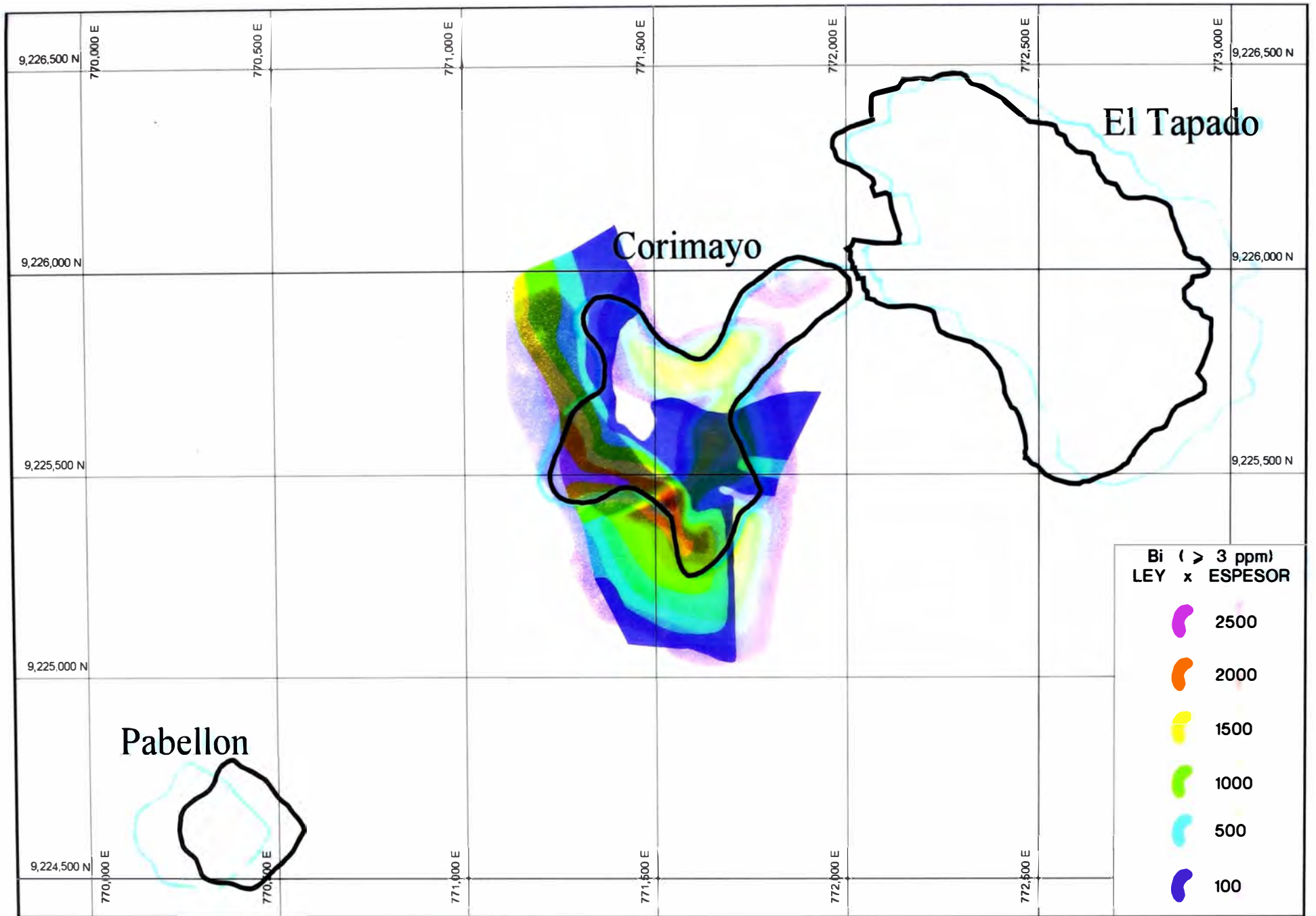


Fig. 53: Contornos de isópacos de la ley*espesor de los valores mayores a 3 ppm de **bismuto**, de todos los taladros

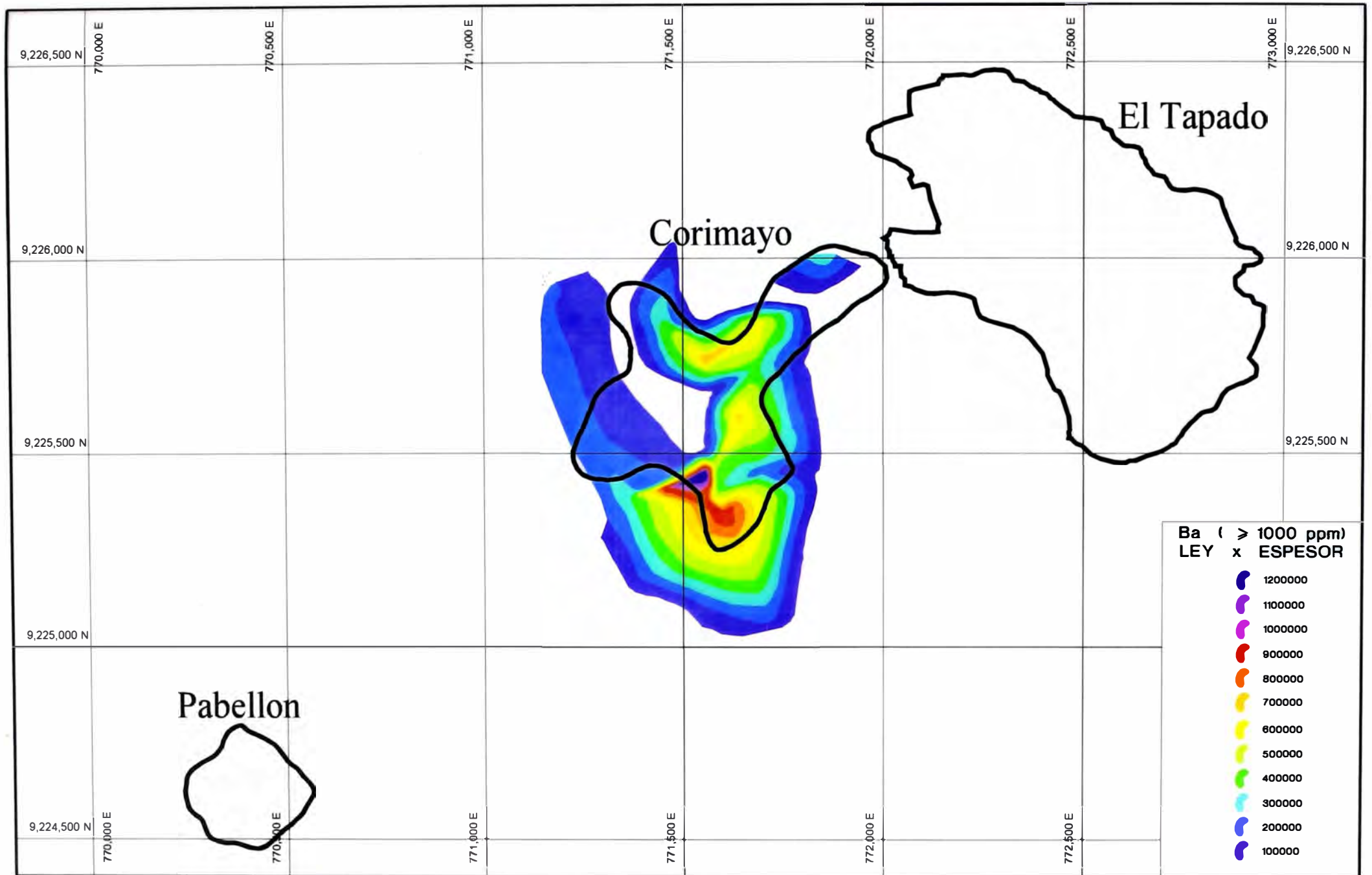


Fig. 54: Contornos de isópacos de la ley*espesor de los valores mayores a 1000 ppm de **bario**, de todos los taladros

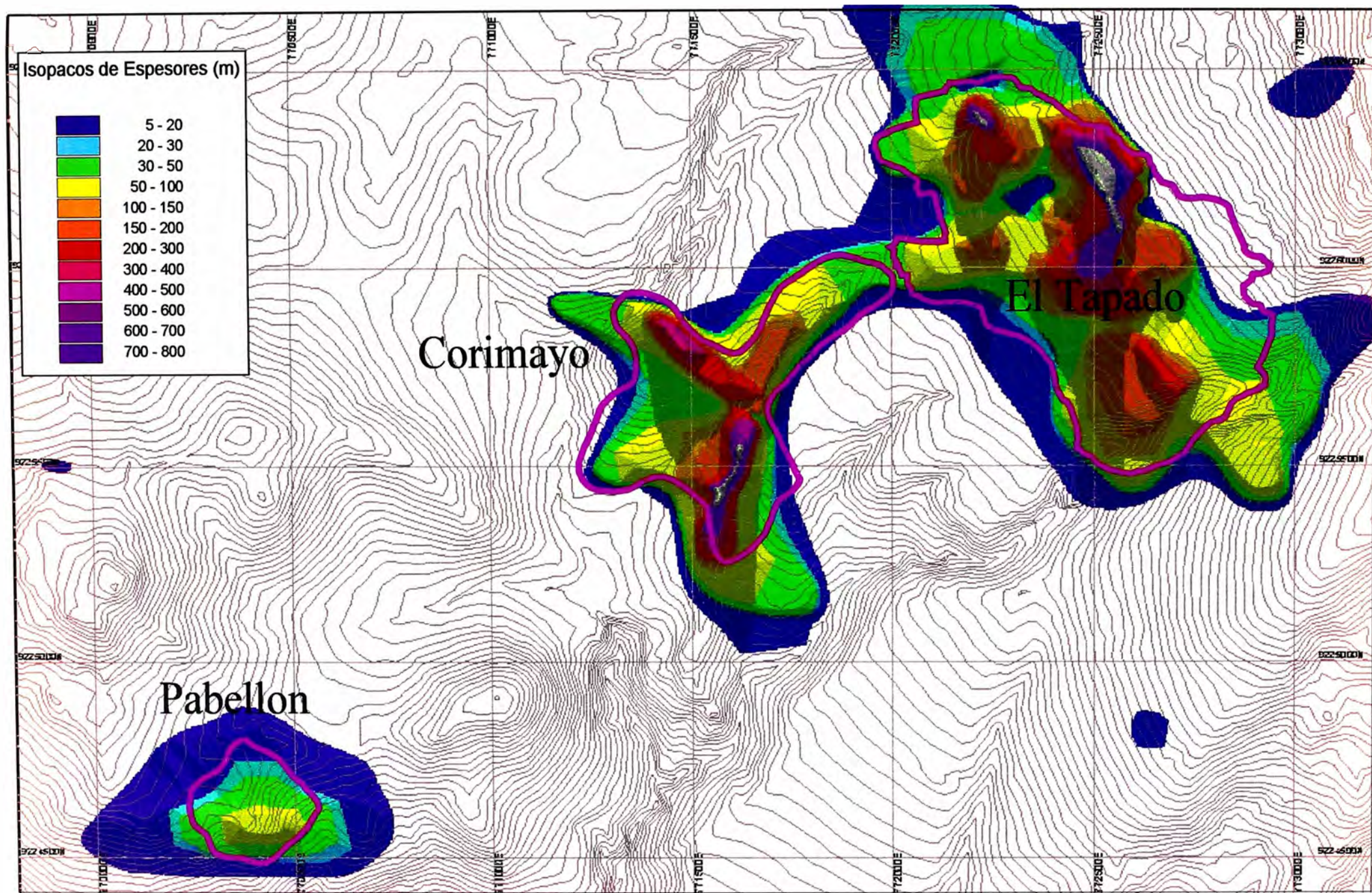


Fig. 55: Contornos de isópacos de la ley*espesor de los valores mayores a 1 ppm de oro, de todos los taladros

molibdeno se encuentran debajo de la zona mineralizada, lo que nos puede indicar zonas de más altas temperaturas. Posible fuente hacia el Noreste?.

G*T DE PLOMO: Los contornos (Fig.43), muestran una distribución y concentración hacia el Oeste y un poco hacia el Noreste. Parece comportarse como un patrón de zonamiento respecto a la zona de oro. La concentración hacia el Oeste tiene una moderada semejanza a la distribución de los elementos bismuto, plata, antimonio.

Todos estos planos con los contornos de isovalores de Ley* Espesor de los elementos trazas y el oro, están corroborados y mejor interpretados cruzando la información de las secciones y viendo la distribución vertical de dichos elementos.

5.3.7 DISTRIBUCION VERTICAL DEL ORO Y ELEMENTOS TRAZAS

Para poder entender la distribución en 3D de los elementos trazas, se hizo un modelamiento de bloques, usando un software propio de la empresa llamado Geomodel. El método usado ha sido el inverso al cuadrado de la distancia, con el cual se ha creado modelos de bloques tridimensionales para cada elemento.

Estos modelos nos van a ayudar a relacionar y definir patrones de los diferentes elementos para luego proponer un modelo de distribución y zonamiento geoquímico tanto en el sentido vertical y lateral.

Au (Fig. 59): El oro, siempre forma un horizonte en la parte superior (Fig. 59), relacionado a las brechas hidrotermales y de la silicificación (Fig. 60), los valores van decreciendo bajando del horizonte.

De acuerdo a las familias de elementos que se correlaciona, definidos en los análisis de correlaciones, se modeló en una misma sección los elementos que tienen buena correlación con el oro:

Ba, Bi, Hg y Ag (Fig. 58): muestra que el bario y el oro tienen casi la misma distribución, con un leve zoneamiento hacia el Suroeste. El bismuto con respecto al oro, tiene una distribución de zoneamiento hacia el Suroeste muy cercana, con muy poco traslape con el

oro en la parte profunda. La plata tiene una traslape y comportamiento como zonamiento hacia el Suroeste de la zona de oro. El mercurio tiene una mayor distribución y se encuentra tanto dentro de la zona de oro, como fuera comportándose como un zonamiento vertical y lateral.

Sb, Se y Te (Fig. 57): Muestra una distribución de antimonio, en la base de la zona de oro y lateralmente como zonamiento. Posiblemente son eventos diferentes, debido a que el antimonio de la parte profunda está relacionado a minerales de sulfuros. El selenio se comporta como un zonamiento tanto verticalmente (encima y debajo de la zona de oro), como lateralmente, con esta geometría es posible encontrar el selenio envolviendo la zona de oro. El telurio, aparentemente tiene la misma distribución del selenio, pero no es muy claro, debido a que no se encuentra una fuerte concentración de este elemento como para definir mejor su distribución.

Pb, Zn, As, Cu y Mo (Fig. 56): En este grupo de elementos se tiene los elementos como Pb y Zn de los elementos como As, Cu y Mo. La distribución del plomo parece tener dos poblaciones, una que está más alejada como un zonamiento de mayor movilidad y el otro como una concentración a una zona de sulfuros (evento más caliente?). La distribución del zinc, parece ser similar a la del plomo, pero el zinc tiene un patrón más definido como un zonamiento lateral, inversa a la zona de silicificación. El otro grupo probablemente está más relacionado a elementos estables a altas temperaturas, cerca de fuentes, por esa razón encontramos al molibdeno en la parte profunda del yacimiento, al igual que el cobre y arsénico relacionado a la enargita.

Para ver con más detalle la distribución de los elementos trazas, se tiene algunos sumario de las descripciones de los taladros (en el apéndice), con la ubicación de los taladros en el depósito. También se tienen en el anexo, las secciones con los modelos de bloques para cada elemento, con los diferentes rangos de concentración.

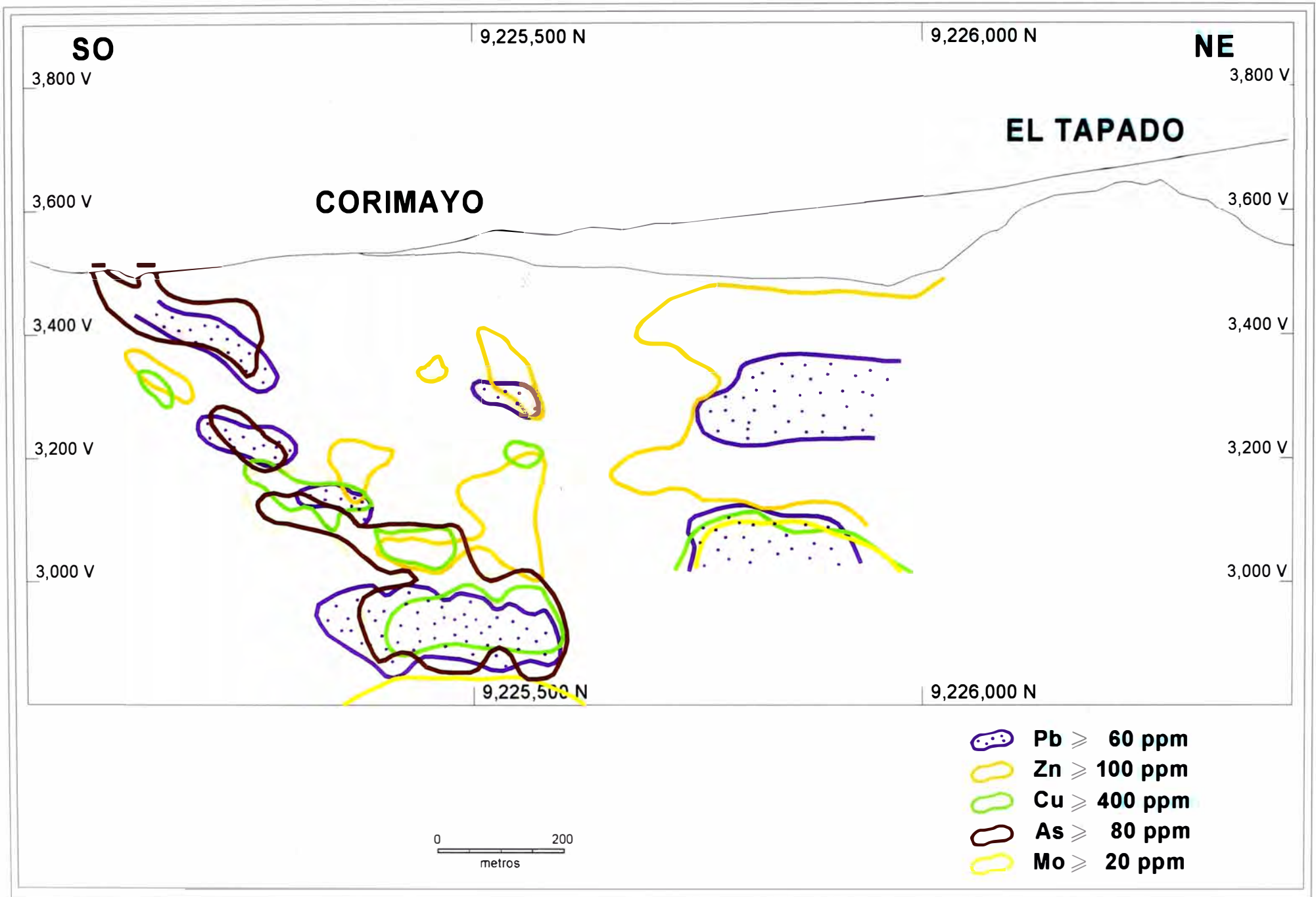


Fig. 56: Concentración geoquímica de los elementos Pb, Zn, Cu, As y Mo.

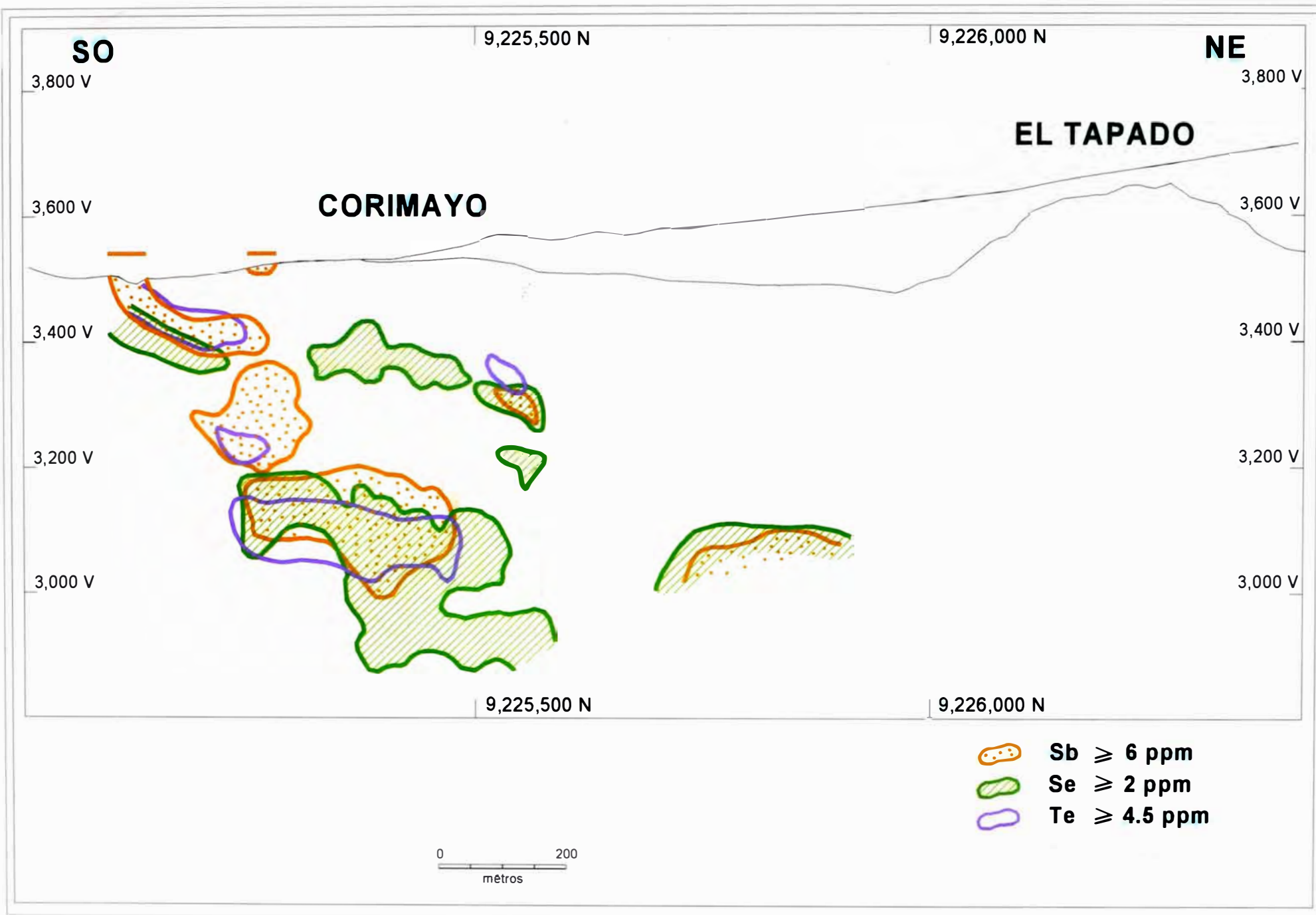


Fig. 57: Concentración geoquímica de los elementos Se, Te y Sb.

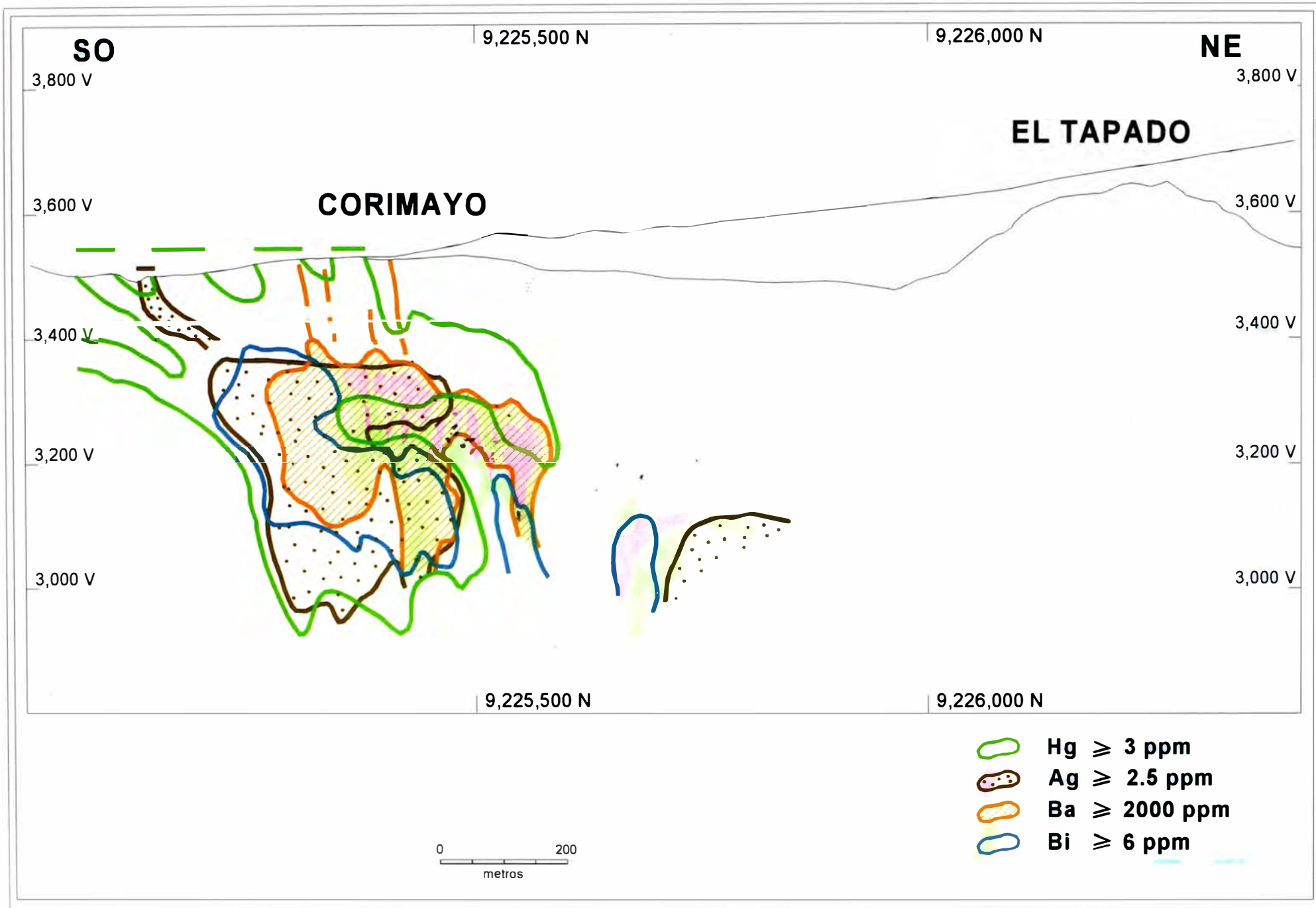


Fig. 58: Concentración geoquímica de los elementos Hg, ag, Ba y Bi.

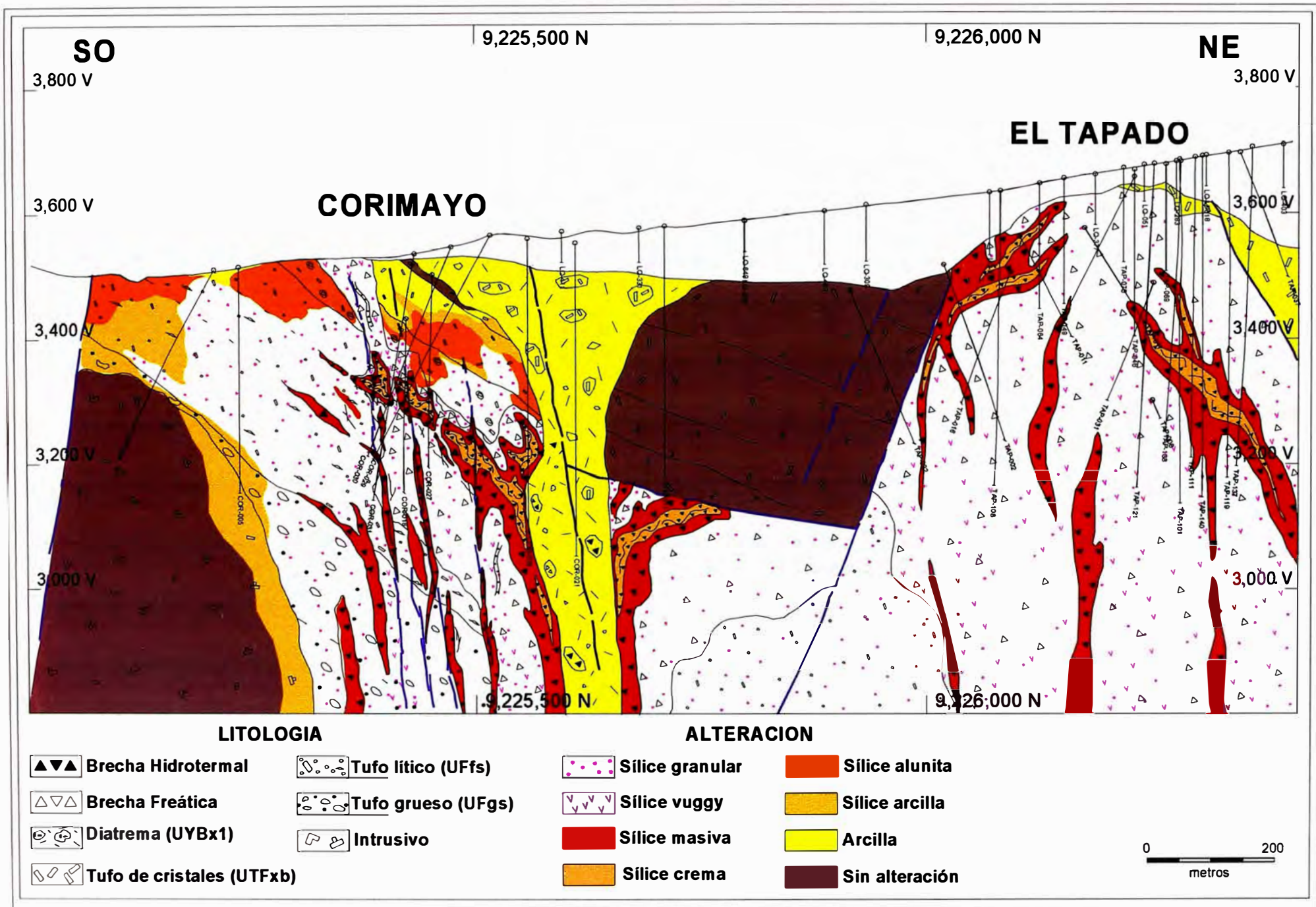


Fig. 60: Sección esquemática de Corimayo y El Tapado, mostrando la interpretación de la litología y la alteración.

6.0 CORRELACION GEOFISICA CON LOS MODELOS DE ALTERACION DEL DEPOSITO CORIMAYO

6.1 INTRODUCCIÓN

Muchos métodos geofísicos (terrestre y aéreo), fueron usados sobre el distrito de Yanacocha como parte de un programa de exploración continuo. Métodos aéreos de magnetismo/radiométricos y mediciones terrestres de métodos eléctricos y electromagnéticos fueron realizados como parte de limitación, definición y apoyo en el descubrimiento de algunos depósitos dentro del distrito.

Los recursos/reservas están contenidos principalmente dentro de rocas alteradas a silicificación con óxidos o materiales aluviales (La Quinua). Por esta razón la mayoría de las técnicas geofísicas que más son usadas, están orientadas a identificar zonas con alteración (silicificación), donde es posible encontrar mineralización económica de oro, a su vez, estas técnicas geofísicas ayudaron definir y explorar los nuevos depósitos primarios haciendo el uso del método resistividad.

Los métodos de resistividad que son usados con mayores éxitos son: mediciones de Polarización Inducida (IP/resistividad), sondeos de Electromagnetismo tiempo dominado (TDEM) y Magnetotelúricos de audio frecuencia de fuente controlada (CSAMT). Las interpretaciones y cuantificaciones de los resultados son asistidas por el uso de programas específicos.

Estos métodos eléctricos que miden la resistividad fueron los más usados en la exploración de las áreas Corimayo-Tapado-La Quinua Basamento.

6.2 METODOS GEOFISICOS DE ESCALA DISTRITAL

6.2.1 MAGNETOMETRIA (MEDICIONES AEREAS)

A mediados de 1994 el estudio geofísico sobre mediciones de magnetismo aéreo fue completado. Con el uso de un helicóptero se realizó una cobertura distrital de cada 500 m. de separación entre líneas, pero dentro de los 120 km² del denuncia de Yanacocha se hicieron cada 250 m. de separación entre líneas para tener mayor detalle en las áreas prospectivas. Las direcciones de las líneas para las mediciones fueron de Este a Oeste.

Las correcciones diurnas fueron aplicadas a los datos y una reducción al polo fue realizada usando una inclinación de 10.8° y una declinación de 0.4° E.

La reducción al polo es un importante proceso para proporcionar una veraz interpretación de los datos debido al bajo ángulo de la inclinación del campo magnético terrestre en el distrito de Yanacocha (10.8°).

Las estructuras que están controlando los principales depósitos (N60E y NO) son claramente evidentes en los datos aéreos de magnetismo. En las Fig. 61 y Fig. 62, se puede observar lineamientos magnéticos claramente definidos con dirección NE (distrital) donde también son alineados los depósitos auríferos del distrito minero de Yanacocha; de la misma manera se observan lineamientos magnéticos con direcciones NO. La mayoría de los depósitos están espacialmente distribuidos en las intersecciones de los lineamientos NE y NO.

Las áreas de alteración hidrotermal pervasiva pueden ser vistas como áreas magnéticamente “tranquilas/suaves” dentro de la típica respuesta ruidosa de rocas volcánicas jóvenes sin alteración.

Posteriormente se realizaron mediciones terrestres de magnetismo con líneas cada 250m. de distancia entre ellos, esto fue realizado con líneas en la superficie; con este método, también se llegó a cubrir todo el denuncia de Yanacocha.

A una escala local, en el área de Corimayo, se tiene que las mediciones del magnetismo son moderados-bajos (entre -100 y +80 gammas dentro del nivel base que es 28000 gammas) en la parte central de Corimayo, pero al sur y suroeste se tiene alto magnetismo (> 80 gammas dentro del nivel base que es 28000 gammas), posiblemente debido a un intrusivo tardío profundo que fue corroborado por los sondajes diamantinos.

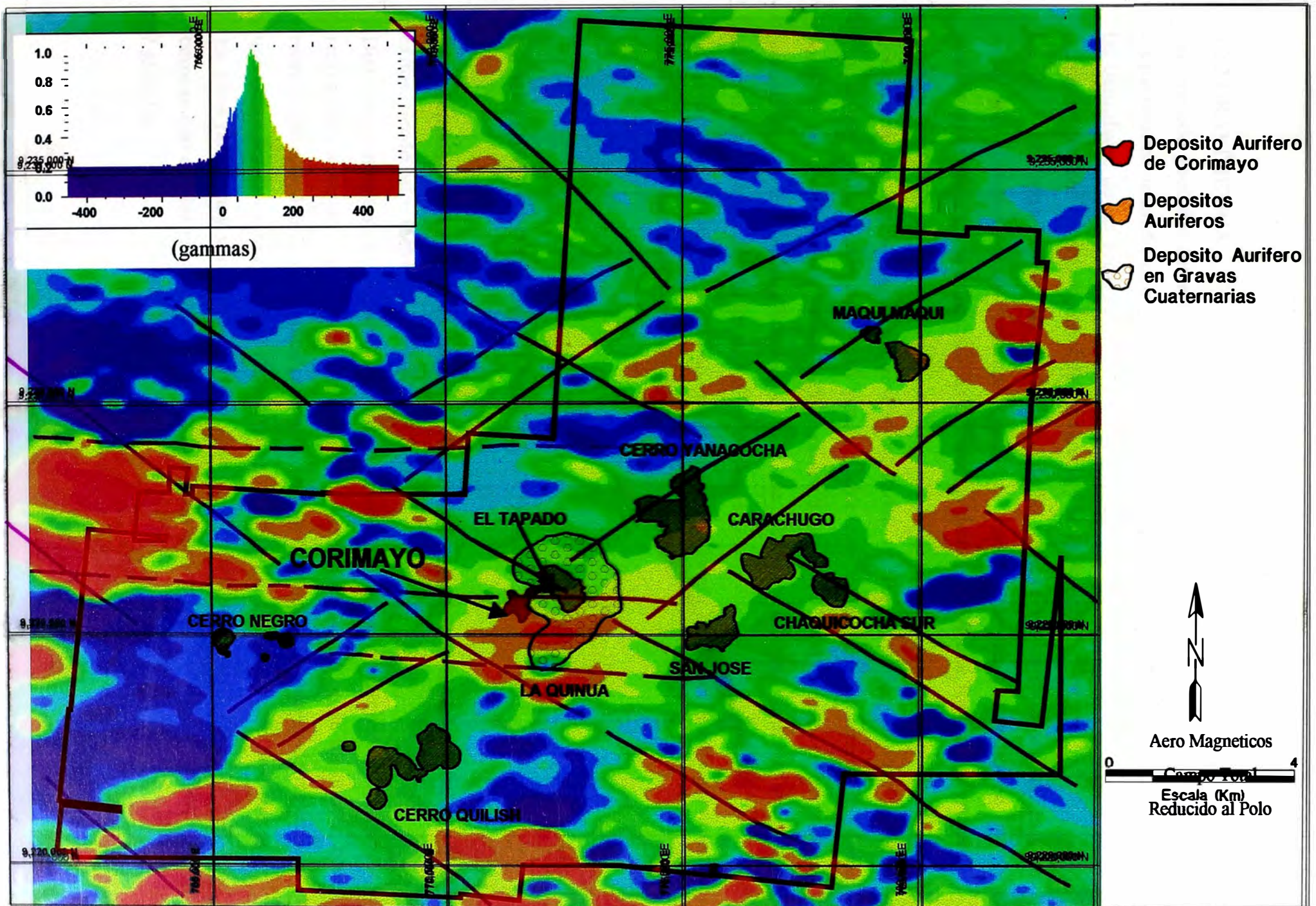


Fig. 62: Interpretación de los lineamientos del plano de magnetometría.

6.2.2 GRAVIMETRIA

Este método geofísico fue recientemente desarrollado en el distrito de Yanacocha. Uno de los parámetros de mediciones fue definir las densidades de las rocas volcánicas (2.5 g/m^3) y las densidades de las rocas sedimentarias, específicamente de las calizas (2.8 g/m^3). Así mismo se hicieron las correcciones de topografía y la de Bouger.

La Fig. 63, muestra los cambios de densidad de las rocas (entre las rocas volcánicas y las rocas sedimentarias), estos cambios tienen un lineamiento en promedio de NO y posiblemente estos están reflejando las estructuras de fallas NW que forman los grabens y horst en el distrito.

Los principales depósitos se encuentran ubicados en las zonas de cambios de baja gravimetría a alta gravimetría, esto posiblemente esté reflejando estructuras profundas donde están desplazando y provocando cambios bruscos en los diferentes tipos de rocas (con diferentes densidades), interpretándose que dichas estructuras tuvieron una fuerte relación con la formación de los depósitos auríferos.

Los grabens de La Quinoa y Colorado están corroborados por las zonas de baja gravimetría (secuencias de rocas volcánicas más potentes).

6.3 METODOS GEOFISICOS DE ESCALA LOCAL

En el depósito de Corimayo se usaron muchos métodos geofísicos de resistividad con más éxitos, siendo estos métodos IP, TDEM y CSAMT.

Distintos contrastes de resistividad ocurren desde un rango de décimas ohm-m que representan a las arcillas y rocas sin alteración, hasta décimas de miles de ohm-m que representan a la alteración de sílice compacta. La Fig. 64 muestra los rangos de resistividad que tienen los diferentes tipos de alteración tipo ácido sulfato en el distrito de Yanacocha. En estos rangos hay variaciones de las respuestas de resistividad en el área de Corimayo comparando con los rangos del distrito, en lo concerniente a la sílice masiva y sílice vuggy / granular.

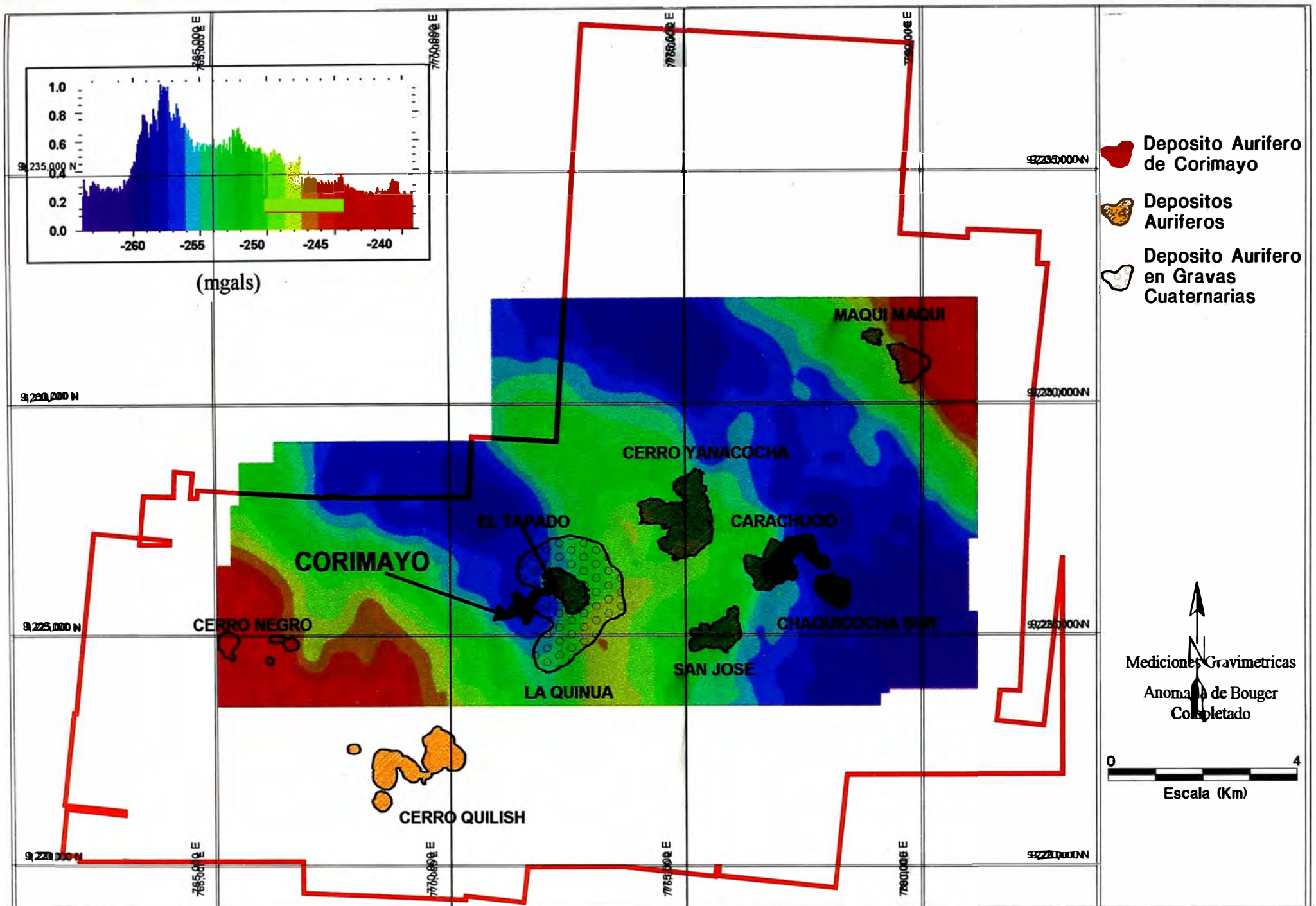


Fig. 63: Plano de gravimetría del distrito minero de Yanacocha.

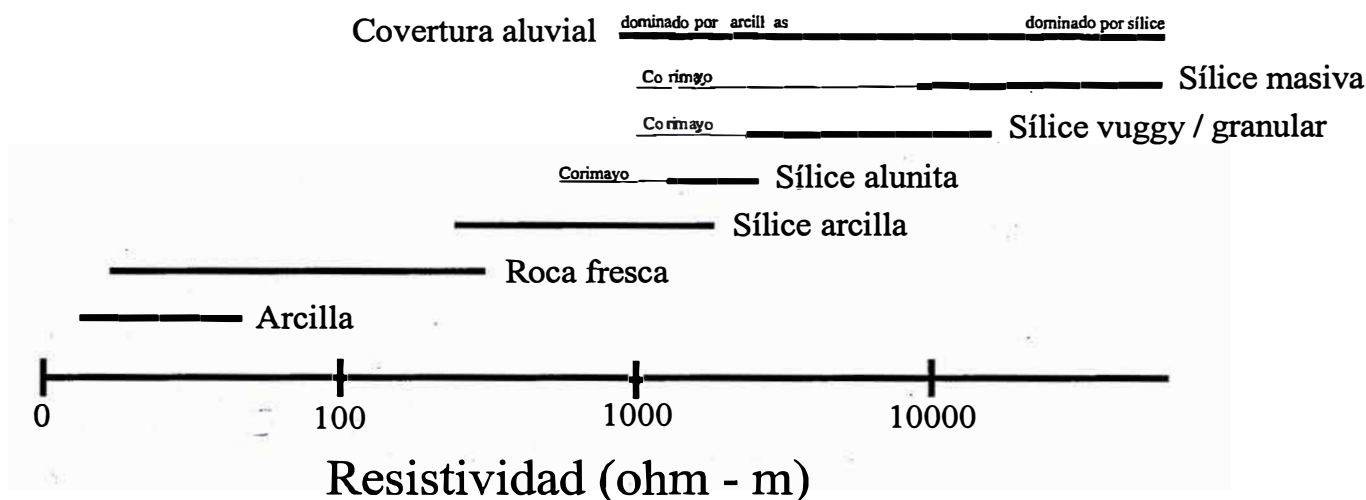


Fig. 64 : Rangos típicos de resistividad comparados con tipos de alteración (Goldie, M., 2000).

Estos rangos fueron definidos, para el distrito minero Yanacocha, con todo los estudios de resistividad realizado en todo los depósitos auríferos y en los prospectos / proyectos, desarrollados en el área de exploración.

6.3.1 POLO – DIPOLO IP / RESISTIVIDAD

En este método geofísico de resistividad, las distancias de separación entre dipolos tienen un rango entre 50 m. y 200 m., dependiendo de la profundidad hasta donde se quiere conocer la resistividad. Las medidas de resistividad son exitosas para delimitar la extensión lateral y la profundidad de las unidades de rocas alteradas a sílice-óxidos de alta resistividad, si son menos de 200m de profundidad.

En Corimayo, este método no tuvo mucho éxito, por que se tiene la cobertura de las gravas de La Quinua con un espesor de 50-200m, y como vemos en la Fig. 64, las gravas reflejan mediciones de resistividad de > 1000 ohm-m, por lo que las mediciones de IP/RESISTIVIDAD solo reflejan las gravas; por otro lado, debajo de las gravas se tiene una capa de 150m-200m de tufos alterados a arcillas, que están cubriendo las rocas alteradas a sílice-óxidos; por lo tanto las mediciones de resistividad no lograron pasar las arcillas hasta las rocas silicificadas.

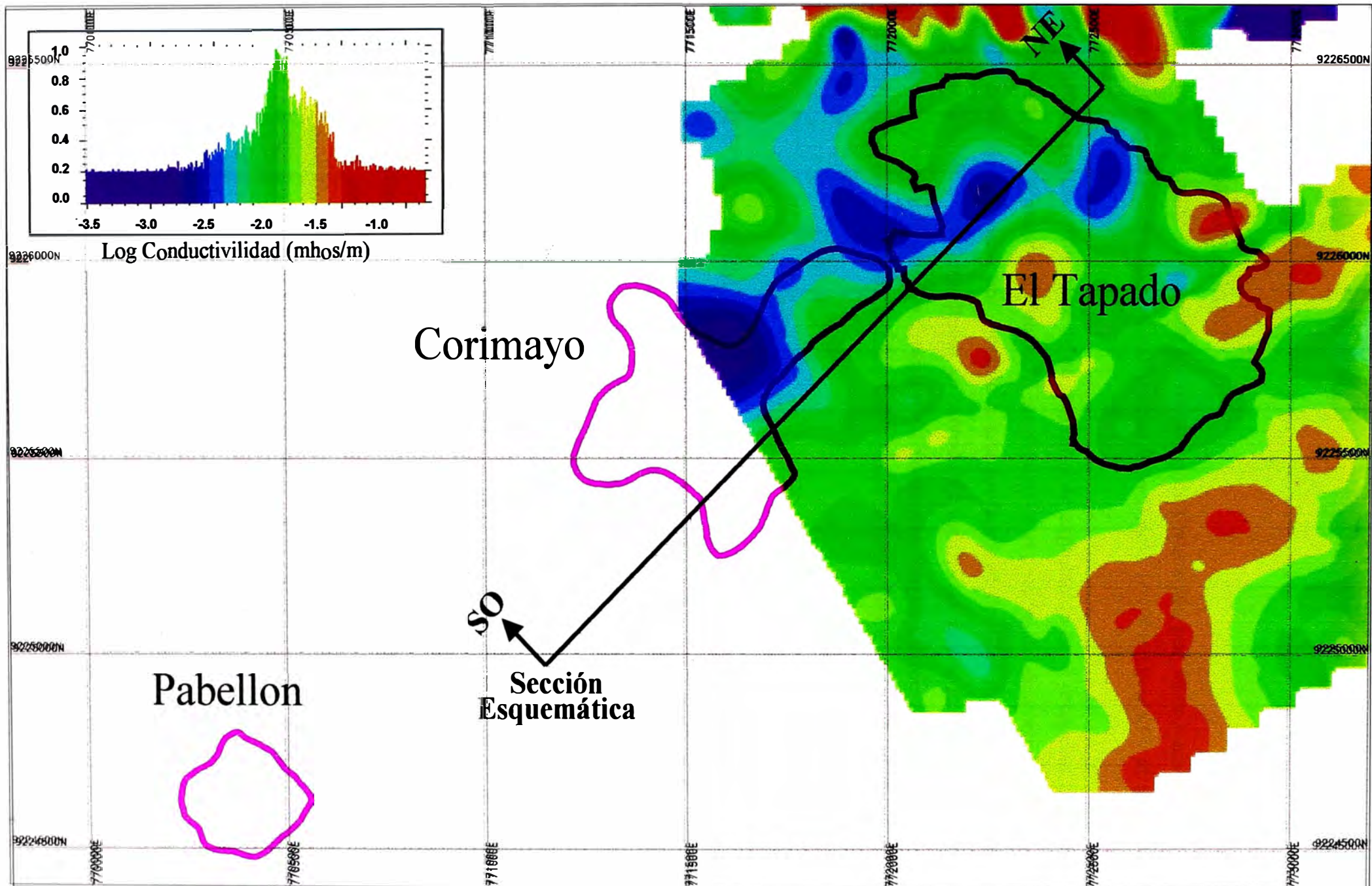


Fig. 65: Plano geofísico de CSAMT 2D conductividad de un layer a -200 m de profundidad.

6.3.2 MEDICIONES DE CSAMT

Este método es usado para asistir los objetivos de perforación por tener mejor resolución que los datos de resistividad colectados con Polo-Dipolo IP / Resistividad y el método de TDEM.

Este método geofísico fue parte de un programa de exploración en el prospecto La Quinoa Basamento, en Corimayo jugó un papel importante en el proceso del descubrimiento, donde a diferentes layers, como por ejemplo a una profundidad de -200 m (Fig. 65) se pudo observar al borde SO de estas líneas un cuerpo de resistividad que se extendía hacia el SO en el mismo lineamiento de los depósitos de Yanacocha Sur-El Tapado-Pabellon, y fue así como se siguió estos modelos, confirmándose cuando se perforó y se descubrió Corimayo.

6.3.3 SONDEOS DE TDEM

Este método proporciona una investigación de la profundidad, mejor que el enfoque eléctrico polo-dipolo. Los sondeos de TDEM resultaron ser más rápidos, baratos y capaz de penetrar coberturas conductivas (arcillas) eficazmente lo suficiente para detectar resistores profundos (>200 m. de profundidad). Subsecuentemente con la perforación se llegó a confirmar los cuerpos de silicificación debajo de las arcillas, como es el caso de Corimayo. Este método fue parte de un programa de exploración del año 2000 y 2001 que ayudaron a definir el cuerpo de silicificación usando los datos de resistividad.

Las zonas con alteración de silicificación en Corimayo tiene un promedio de 1000 ohm-m de resistividad (moderada resistividad), no es alta resistividad como en otros depósitos de 10,000 ohm-m (cerros Yanacocha) asociado a silicificación.

La Fig. 66, muestra una comparación de un sondaje diamantino vertical versus los datos de sondeo que se realizó en el mismo punto de perforación. En dicho gráfico se puede observar la correlación de las medidas de resistividad con las gravas (650 ohm-m), zona alterado a arcillas (450 ohm-m) y la zona con alteración de silicificación (1300 ohm-m). En el modelo del bloque de la resistividad, se puede observar los cambios que tiene la resistividad cuando va pasando por terrenos con diferentes características físicas.

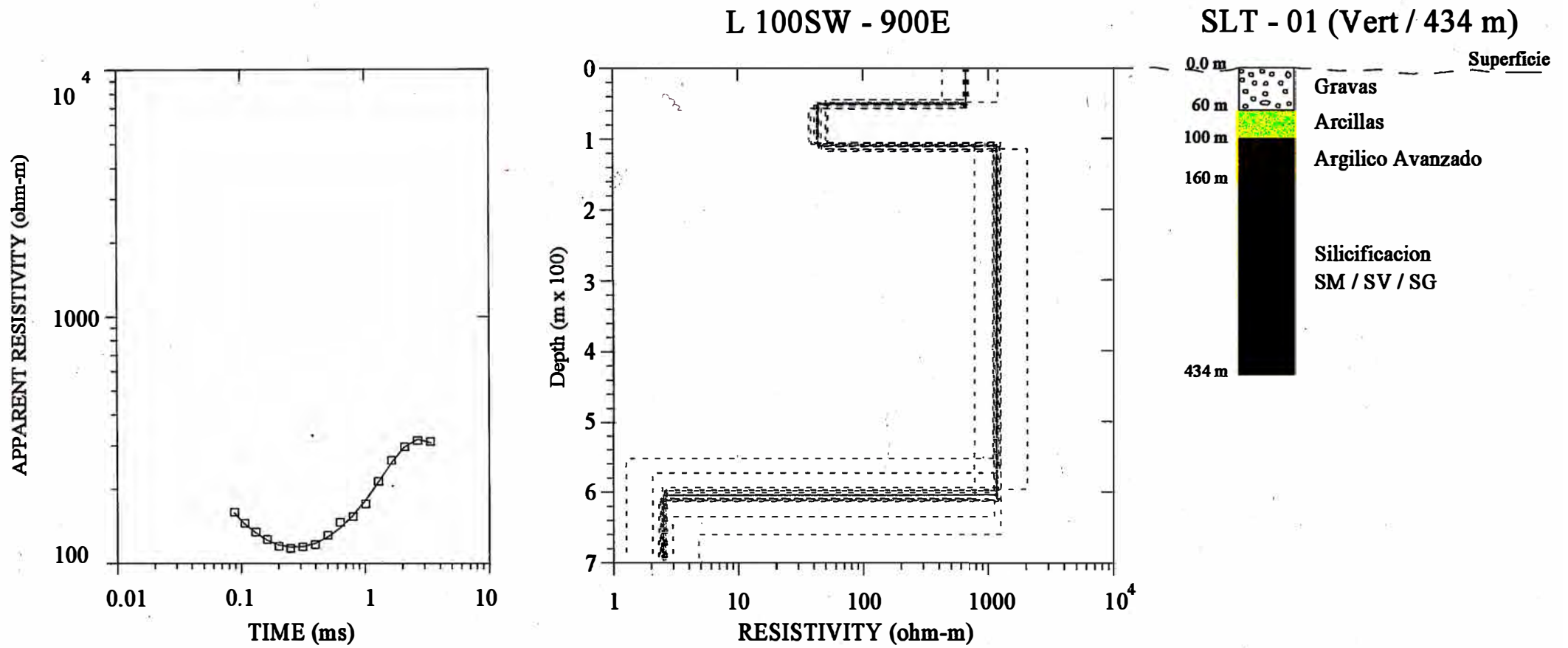
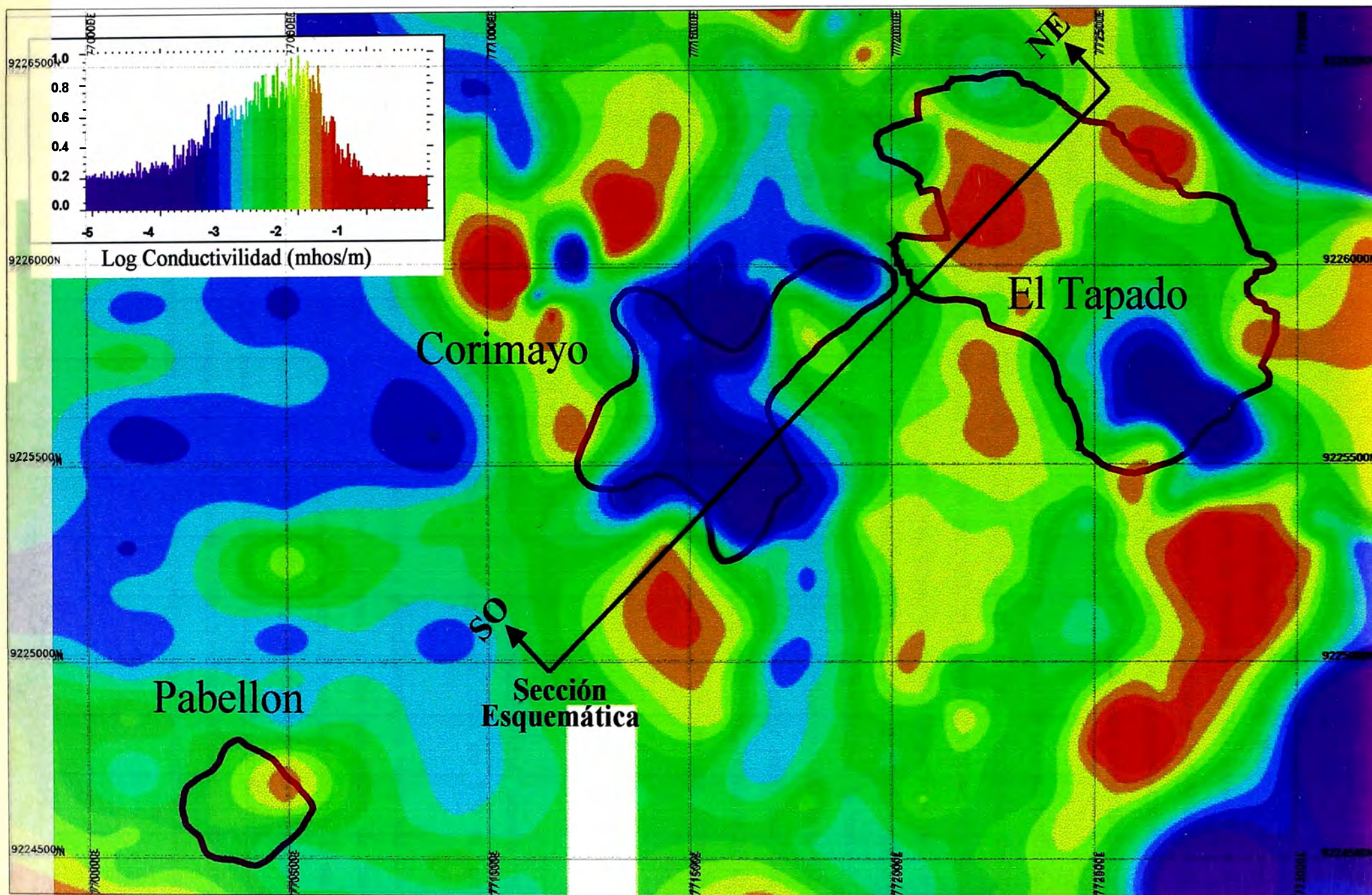


Fig. 66: Comparaciones de las mediciones de TDEM conductividad realizados sobre el taladro SLT-001.



67: Plano geofísico de TDEM conductividad de un layer a -200 m de profundidad.

La Fig. 67, muestra un plano que fue formado como una capa de 200m de profundidad con los datos de TDEM conductividad, según los rangos de resistividad (lo inverso de la conductividad), >1000 ohm-m son a partir del color azul claro, y puede observarse que el área de Corimayo hay una buena correlación del cuerpo de oro con la resistividad, debido a que en esta profundidad ya se tiene el sistema alterado a silicificación con mineralización de oro económico.

La Fig. 68 muestra un perfil con el modelo de resistividad y se compara con un perfil de geología con alteración Fig. 69. En estos perfiles se tiene una buena correlación de la alteración con los valores de resistividad (> 1000 ohm-m), en el sentido vertical. En este perfil se puede ver como la resistividad va cambiando, pasando desde la superficie por un debil-moderada resistividad (<1000 ohm-m) relacionado con la capa de arcillas y argílico avanzado de alteraciones, aumentando la resistividad conforme va pasando a la zona de mayor alteración de silicificación con resistividades moderados-altos (>1000 ohm-m). Hacia el SO de la sección se puede ver un cuerpo conductivo (color rojo) que está reflejando el intrusivo con alteración de arcillas y sin alteración, pero espacialmente no se encuentra en el contacto exacto, pero nos ayuda a tener evidencia que los datos de resistividad van disminuyendo en esa dirección.

6.3.4 DISCUSIONES DE LOS RESULTADOS DEL SONDEO TDEM

- El tipo de geofísica que más ayudó en Corimayo fue TDEM conductividad, usando los datos de resistividad. Las lecturas en las líneas llegaron hasta más de 800 m. de profundidad.
- La resistividad de Corimayo de 1000 ohm-m asociado a silicificación, es moderado-alta resistividad. Posiblemente hay varios factores que influyen en los resultados de las resistividades, por el cual tenemos valores moderados-altos; uno de esos factores puede ser los tipos de rocas con diferentes valores de resistividades en el terreno, porosidad de las rocas?, otro puede ser que en hay mas agua en profundidad. También hay otro factor como el programa (software) que fue diseñado para datos de conductividad y lo estamos usando para interpretar datos de resistividad y en este tipo de geología solo esta captando valores bajos de las partes profundas?.

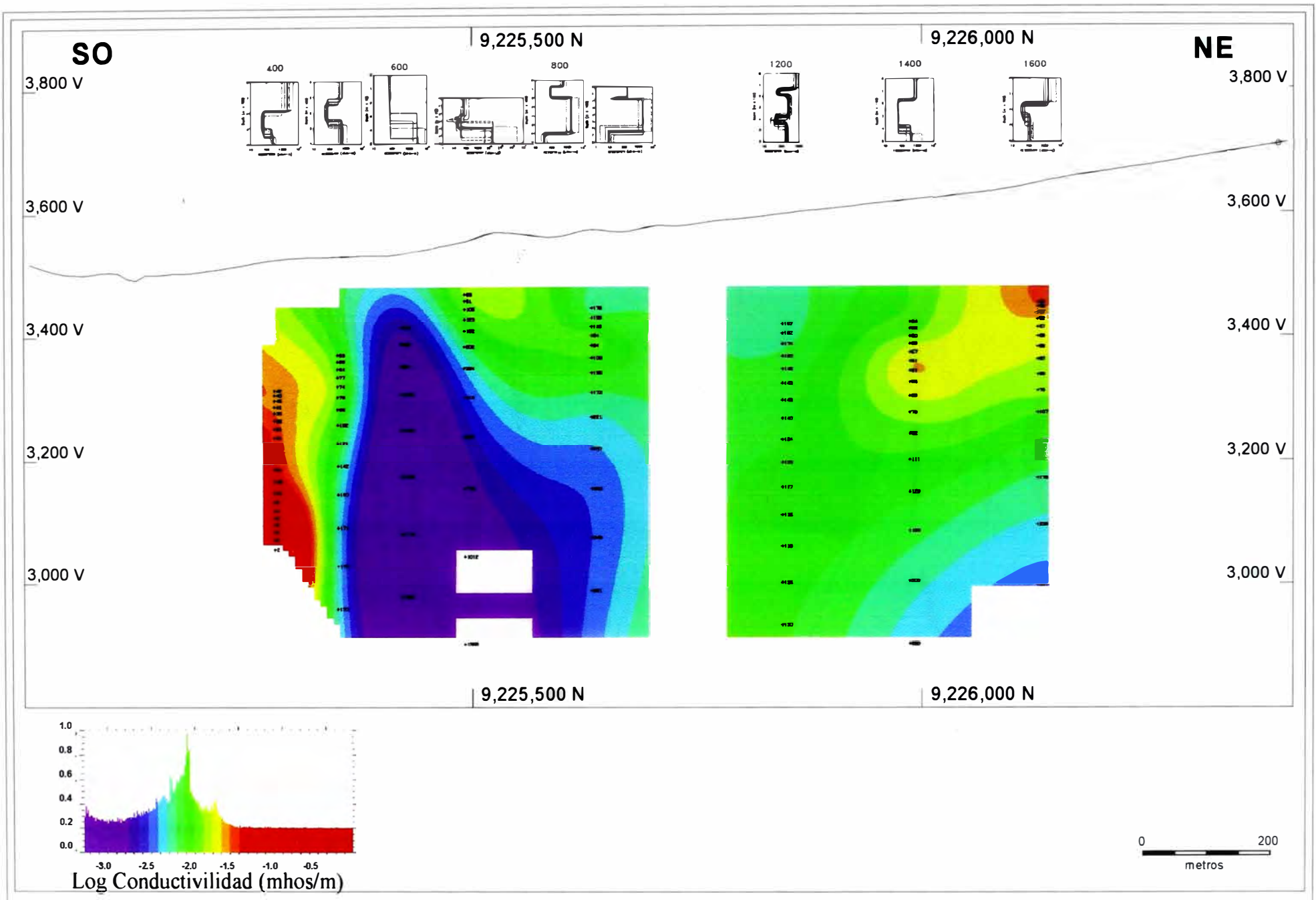


Fig. 68: Sección esquemática del modelo geofísico de TDEM sounding survey

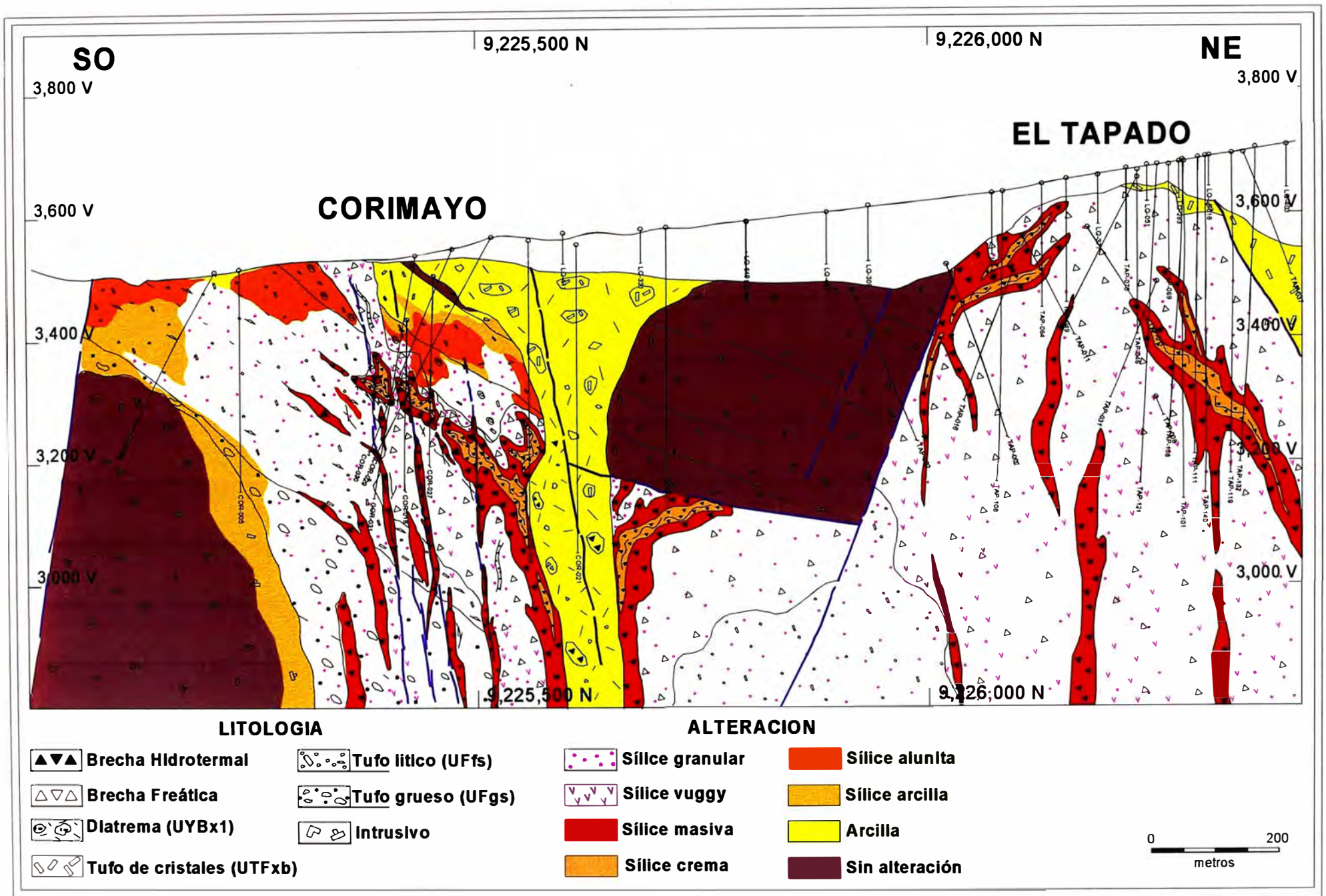


Fig. 69: Sección esquemática de Corimayo y El Tapado, mostrando la interpretación de la litología y la alteración.

Se tienen pruebas de resistividad de algunas muestras de core de los taladros de Corimayo y en sílice masiva da resultados hasta 48,700 ohm-m (Tabla N° 11). Estos resultados no correlacionan con los datos de resistividad de las líneas de campo por que posiblemente los datos de campo son un promedio de resistividad de un área más extensa?

- La Fig. 67, que muestra una capa de datos de resistividad a 200m. de profundidad, muestra alguna tendencia NO y NE (débilmente) de los cuerpos de resistividad. Posiblemente están correlacionando con las direcciones de las brechas hidrotermales que están controlados por estructuras.

- En algunos modelos de bloques se puede correlacionar muy claro los cambios de alteración con la resistividad. (gravas-clay-silice). (Fig. 66)

- La brecha freatomagmática (diatrema) en la parte superior tiene baja resistividad, pero a partir de 200m-300m de profundidad la resistividad es moderada-alta (hasta 1000 ohm-m), posiblemente en esta parte es mas compacta.

- A continuación se muestra un cuadro con los resultados de las pruebas de resistividad de alguna muestra de core de Corimayo.

N°	HOLE	DEPTH (m)	TEXT. DE ALTER.	RESISTIVITY (ohm-meters)	DESCRIPTION	GRADE (ppm)
1	SLT-001	184.3	SM	1511.11	Si ³ , Fe ^t , Gr ¹ , V ^t	0.062
2	SLT-001	207.5	SM/SV	15782.09	Si ³ , Fe ^t , Gr ^t , V ^{t-1}	3.255
3	SLT-001	244.8	SV	3404.31	Si ³ , Al ^t , V ¹⁻²	1.140
4	SLT-001	269.1	SG/SM	3931.43	Si ³ , Fe ^t , Gr ¹	1.360
5	SLT-001	281.8	SG/SM	1851.79	Si ³ , Gr ¹⁻²	1.360
6	SLT-001	405.1	SG/SM	640.74	Si ³ , Gr ²	0.812
7	SLT-002	205.5	SC	549.80	Si ¹⁻² , Cl ¹⁻² , Al ^t	0.026
8	COR-001	34.3	SA	1015.00	Si ¹⁻² , Al ² , Cl ^{t-1}	0.010
9	COR-001	211.7	SG/SM	803.13	Si ³ , Gr ¹⁻²	0.076
10	COR-004	76.6	C/FR	152.95	Cl ¹⁻²	0.063
11	COR-004	142.0	C/FR	51.12	Cl ¹	0.094
12	COR-004	199.5	FR	628.88		0.020
13	COR-004	355.2	SM	2202.54	Si ³	3.958
14	COR-008	325.3	C/FR		Cl ³ , Py ¹	0.045
15	COR-009	283.3	SM	15217.75	Si ³ , Fe ^t , Py ^t	5.606
16	COR-009	318.8	SM	48713.78	Si ³ , Ba ¹	10.299

Tabla N° 11: Resistividades de algunas muestras de los taladros de Corimayo.

7.0 PRUEBAS METALURGICAS DE RECUPERACION DEL ORO

7.1 INTRODUCCION

Se tiene los ratios (CN/FAA) de todos los taladros, esto ayuda determinar rápidamente las zonas de oxido, zonas transicionales y zonas de sulfuros.

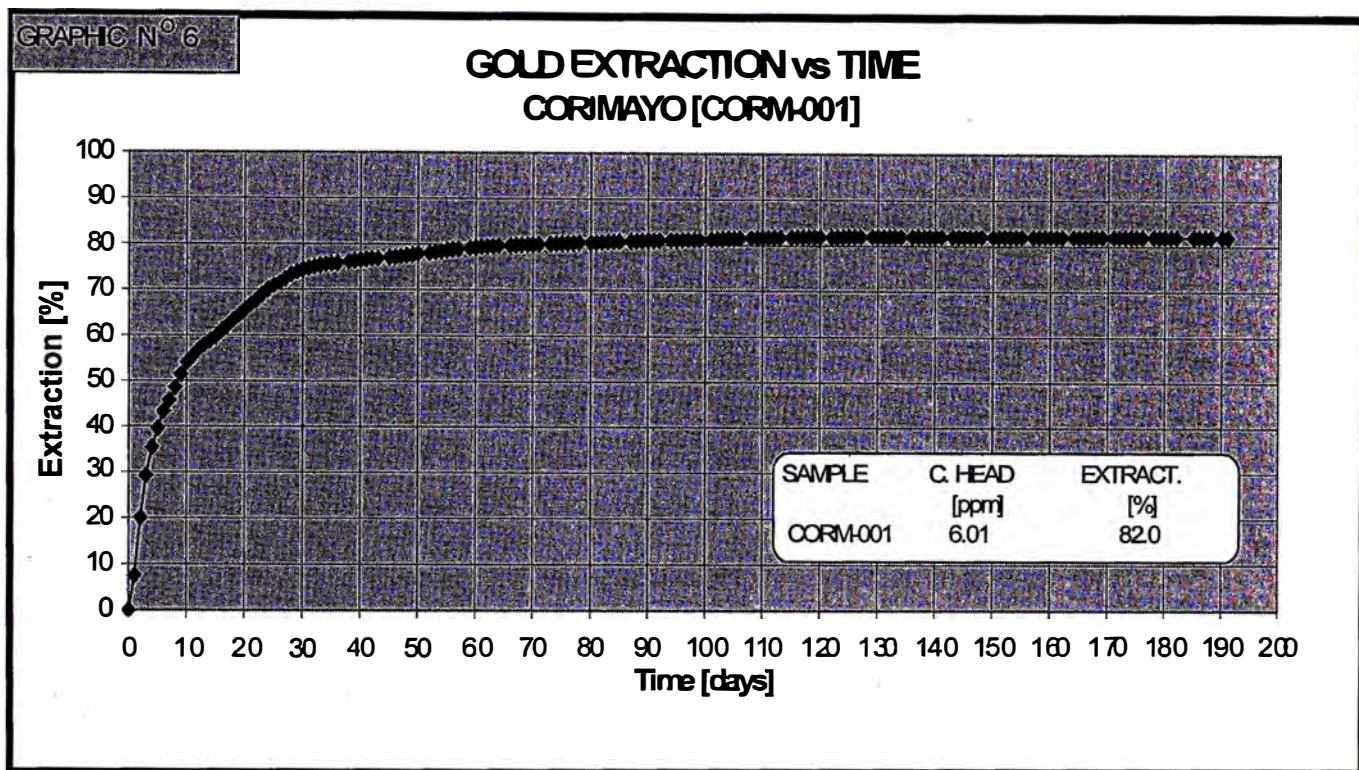
Se tiene una prueba de columna pequeña en el taladro COR-006.

Se tiene varias pruebas de densidad de todos los tipos de alteración.

7.2 DISCUSION

Los resultados de los ratios (CN/FAA) en la zona de óxidos son muy altos (0.71-0.96), los que en primer momento indica buenos resultados con análisis por cianuración solo tomando la información por este método. También hay zonas con pirita y oro que tiene ratios altos (>0.75) y se puede considerar como zona de óxidos (son tramos cortos con sulfuros secundarios?) como el COR-014. En las zonas profundas hay presencia de azufre nativo (poco sulfuros: pirita), donde el ratio baja (<0.4).

La única prueba de columna pequeña (taladro COR-006), indica una recuperación de 82% en 124 días, pero en un tiempo menor se tiene 80% en 70 días. En el futuro se van realizar mas pruebas de columna.



- Se ha enviado 08 compositos de todo el deposito para pruebas de botella, con diferentes tipos de leyes (alta y moderada ley) y diferentes tipos de alteración.
- Hasta ahora se tiene 39 muestras con resultados de densidad, del cual se tienen algunos promedios en cada tipo de alteración (ver cuadro adjunto).

Alteration	N° Samples	Raw Desity	Adj. Factor	Adj. Density	Final Density
Silica Massiva	11	2.275	3.00%	2.207	2.20
Silica Vuggy	1	2.050	3.00%	1.989	2.00
Silica Granular	12	1.928			1.90
Advanced Argillic	8	2.004	3.00%	1.944	2.00
Argillic	7	1.883			1.90

Tabla N° 12: Promedios de densidades por cada tipo de alteración

Es muy importante determinar las densidades en la zona de alta ley con baritina el cual puede tener mayor densidad que ayude a calcular mas tonelaje y onzas de Au. Pero hay que tener mucho cuidado con sobredimensionar las onzas cuando se calculen.

8.0 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- El depósito se ha desarrollado en un ambiente volcánico, con fases explosivas. Todos estos eventos son de edades terciarias por las dataciones realizadas por S. Turner.
- Este depósito se encuentra en el corredor de depósitos NE del distrito minero Yanacocha.
- Corimayo es un sistema epitermal tipo ácido sulfato (alta sulfuración), definido por los ensambles, zonamientos de alteración y mineralogía descrita en el estudio.
- Todo el sistema de alteración con el zonamiento vertical superior se encuentra conservado, no sufrió fuertes efectos de erosión debido a que se encuentra en un bajo topográfico originado por fallas normales NO que formó el graben de La Quinua.
- La mineralización de alta ley, se debe a los últimos eventos hidrotermales, asociados a brechas. Estas zonas de altas leyes, tienen lineamientos definidos de NO, NNE y es donde se encuentra cerca los horizontes superiores de alta ley.
- Las múltiples fases de brechas hidrotermales concentran las leyes más altas y tiene influencia en la roca caja fragmental. Hay una última fase de mineralización asociado con baritina (cristales euhedrales), que tienen los valores más altos de oro, a veces es posible observar oro nativo.
- La geoquímica superficial (en los afloramientos al Oeste del depósito), refleja la extensión vertical y lateral del zonamiento de algunos elementos como Hg, Sb y As, mostrando un lineamiento E-O que coincide hacia el Este con la falla Sur; el resto de elementos en superficie no muestran un patrón claramente definido con el Cu, Ag y Bi.
- Los gráficos de correlación de los elementos trazas Ag, Bi, Ba y Hg, en la zona de óxidos, muestran una buena correlación con respecto al oro; esto es corroborado con el modelamiento en 3D, donde es posible observar su distribución en el sentido vertical y aparentemente indican que hay un evento de oro con estos elementos relacionados cercanamente. Los demás elementos muestran un zonamiento hacia los bordes del cuerpo de oro.

- En los depósitos cubierto se pueden encontrar en superficie algunas evidencias muy débiles como fracturas rellenadas con baritina, que muestran la misma familia de elementos relacionados con el oro (ventanas geoquímicas) como se muestra en el sumario del sondaje SLT-002 (ver apéndice).
- Con respecto a la geofísica, se tiene buena correlación del TDEM (resistividad moderada) con la silicificación.

8.2 RECOMENDACIONES

- Usar los lineamientos de mineralización distrital y localmente como guías de explotación.
- Probar las zonas abiertas donde no hay información de taladros, siguiendo las tendencias (lineamientos) de la mineralización.
- Probar y definir mejor los límites de la mineralización de alta ley a los bordes de la diatrema, posible control de mineralización?.
- También, se deben enfocar en los horizontes de concentración de alta ley.
- Es posible encontrar estructuras verticales que están controlando la mineralización (feeder), por lo tanto es mejor perforar con taladros inclinados cortando estas estructuras.
- Los taladros de exploración a los bordes del depósito, deben ser analizados por elementos trazas, para identificar las familias de elementos definidos y poder enfocar o direccionar mejor los taladros.
- Una buena guía del oro es la baritina, la sílice crema también y estos son los componentes de los últimos eventos de mineralización de alta ley.
- Realizar más estudios petrográficos para definir mejor los eventos de mineralización.
- El uso de la geofísica (TDEM) es una buena ayuda para ubicar blancos de resistividad que se encuentran cubiertos, pero además es necesario reforzar estos blancos con otros tipos de geofísica como magnetismo; también se puede usar geoquímica y lineamientos estructurales para ayudar a definir mejor el blanco de resistividad.
- Continuar con mas pruebas metalúrgicas de recuperación: Pruebas de columna pequeño y grande. También mas ensayos de densidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Arrivas, A, Hedenquist, J. Yacimientos epitermales de oro: tipos de mineralización, características y exploración.

Bartra, R., (1999). Geología del Distrito Minero Yanacocha. ProEXPLO '99 . Primer Volumen de Monografías de Yacimientos Minerales Peruanos

Benavides, C. V., (1999). Orogenic evolution of the Peruvian Andes: The Andean cycle. Special publication 7 of the economic geologist.

Bersch G. Michael, (2001). Yanacocha 2001 report N° 1. Petrographic study.

Bowerman, A. A. G., Cardoso, M., Dobak, P. J., Gemuts, I., and Levet, B. K., (1992). Yanacocha, Perú: A major gold resource and potential world class district. Unpubl. company report for Newmont Exploration.

Canchaya, S., (2002). Estudios microscópico de siete muestras. Reporte interno.

E.M. Baker, D.J. Kirwin and R.G Taylor, (1986). Hydrothermal breccia pipes. EGRU CONTRIBUTION 12.

Goldie K. Mark, (2000). A geophysical case history of the Yanacocha gold district, Northern Perú. Exploration Geophysics Congress.

Gomez J., J, (2001). Informe geológico del proyecto Corimayo. Informe interno.

Gomez J., J, Veliz M., J; (2002). Control estructural en los depósitos del distrito minero de Yanacocha, Norte del Perú. XI Congreso peruano de geología.

Harvey B.A., Myers S.A., Klein T., (1999). Yanacocha gold district Northern Perú. PACRIM 99 Conference Proceedings.

Hedenquist J., Arribas A. Jr, Epithermal gold deposits: I. Hydrothermal processes in intrusion-related systems II. Characteristics, examples and origin of epithermal deposits.

Cossío A., Jaén H., (1967). Boletín N° 17 del INGEMMET. Geología de los cuadrángulos de Puemape, Chócope, Otuzco, Trujillo, salaverry y Santa.

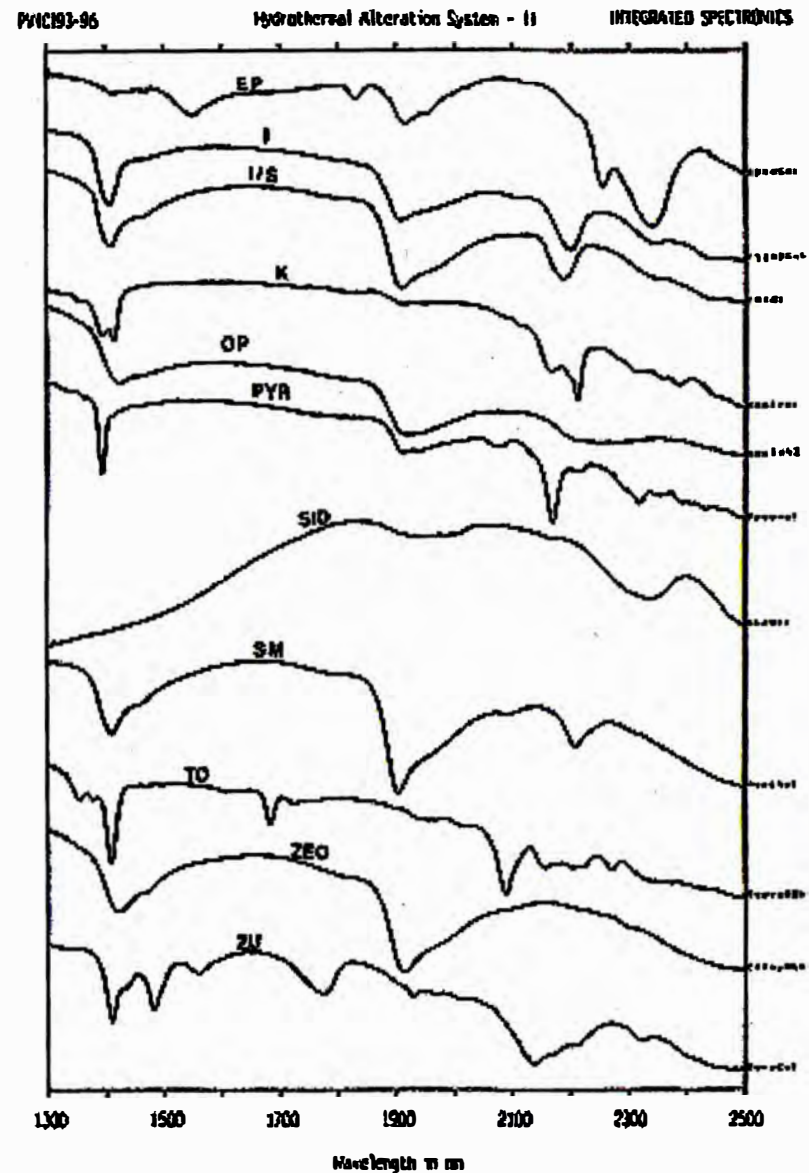
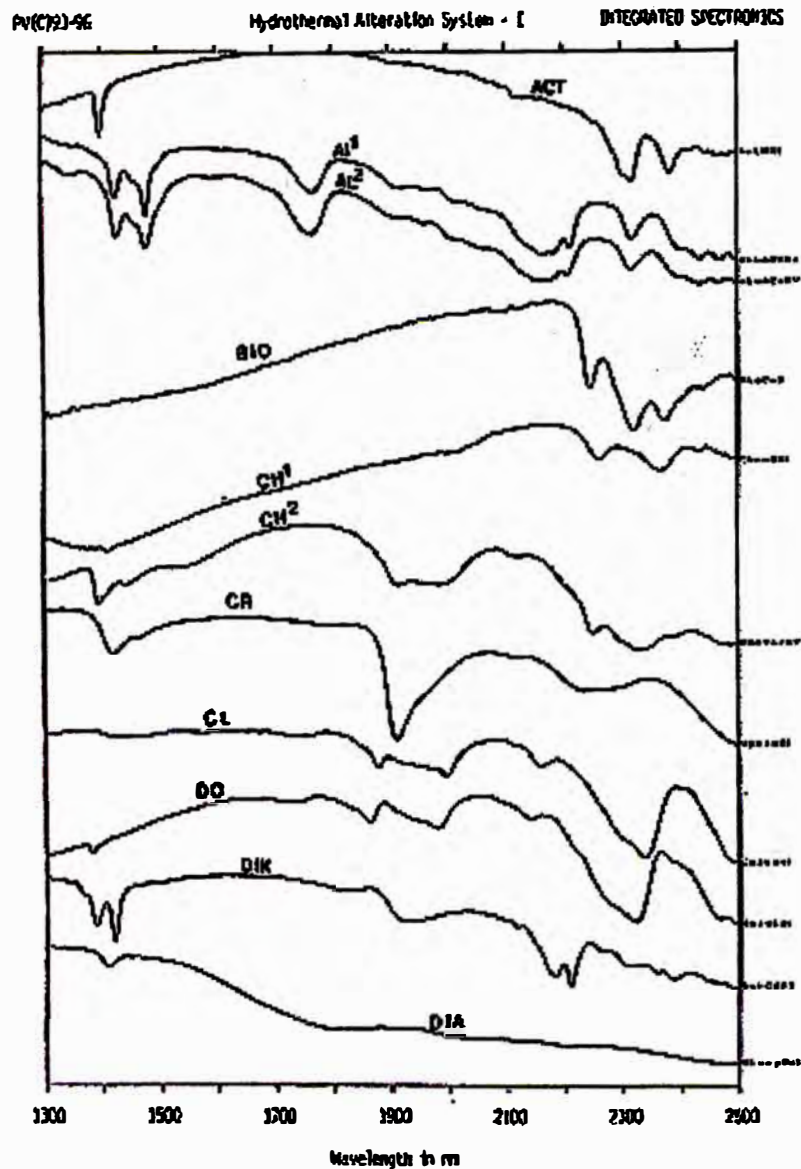
Reyes L., (1980). Boletín N° 31 del INGEMMET. Geología de los cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba.

Wilson J., (1984). Boletín N° 38 del INGEMMET. Geología de los cuadrángulos de Jayanca, Incahuasi, Cutervo, Chiclayo, Chongoyape, Chota, Celendín, Pacasmayo y Chepen.

- Klein, Thomas, (2000). Yanacocha Lithology and Gold Deposits. Informe interno.
- Llosa, F., Georgel, J., Veliz, J., (1999). Los pórfidos Au-Cu de Minas Conga, historia del descubrimiento, exploración (1992-1998). Pro-Explo '99.
- Longo, Anthony A., (2001). The San José-Carachugo-Chaquicocha Gold trend, Yanacocha District, Northern Perú.
- Newmont, (2000). Annual Report 2000.
- Newmont, (2001). Annual Report 2001.
- Quiróz, A.D., (1997). El Corredor Estructural Chicama Yanacocha y su importancia en la metalogenia del norte del Perú. Resúmenes extendidos IX Congreso Peruano de Geología, pp. 149-154. (Sociedad Geológica del Perú;Lima).
- Quiróz, A.D., (1996). Geología del distrito aurífero de Yanacocha. Informe interno.
- Raimondi, A., (1902). El Perú: Estudios mineralógicos y geológicos. Sociedad geográfica del Perú, V.4.
- Sillitoe, R., (1999). Styles of High-Sulphidation Gold, Silver and Copper mineralization in Porphyry and Epithermal Environments. PACRIM 99 Conference Proceedings.
- Stoffregen, R., (1987). Genesis of acid-sulfate alteration and Au-Cu-Ag mineralization at Summitville, Colorado. Economic Geology.
- Teal L., Williams C., (2002). Geologic overview of the Yanacocha District gold deposits. North of Perú. Abril – 2002 Abstract with program S.E.G.
- Turner, Stephen, J., (1997). The Yanacocha Epithermal Au deposits, northern Perú: high-sulfidation mineralization in a flow dome setting. PhD Thesis. Colorado School of Mines, Colorado U.S.A.
- Turner, Stephen, J., (1999). Settings and styles of High-Sulfidation gold deposits in the Cajamarca district, Northern Perú. PACRIM 99 Conference Proceedings.
- Rivera, L.R., (1980). Carta geológica nacional. Boletín N° 31. Sector Energía y Minas, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. República del Perú.
- Wakefield, T., Leach, B. y Martinez, J., (2000). Yanacocha district downhole geochemistry program. Summary report.
- Wilson, J., (1985). Carta geológica nacional. Boletín N° 38, Sector Energía y Minas, Ins18-Oct-00 Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. República del Perú.

Velazco, Cesar, (2001). Modelamiento geoquímico del oro y elementos trazas en el depósito Chaquicocha Sur. Informe de Ingeniería.

APENDICE



Act-actinolita; Al 1-alunita; Al 2-alunita; Bio-biotita; Ch1-clorita-Fe; Ch2-clorita-Mg; Cr-cristobalita; Cl-calcita; Do-dolomita; Dik-dickita; Dia-diasporo; Ep-epidota; I-illita; I/S-illita/esmectita; K-caolinita; Op-silice opalo; Pyr-pirofilita; Sid-siderita; Sm-esmectita; To-topacio; Zeo-zeolita/clinoptilolita; Zu-zunyita

Fig. 70: Espectros de PIMA típicos para minerales comunes de alteración hidrotermal.

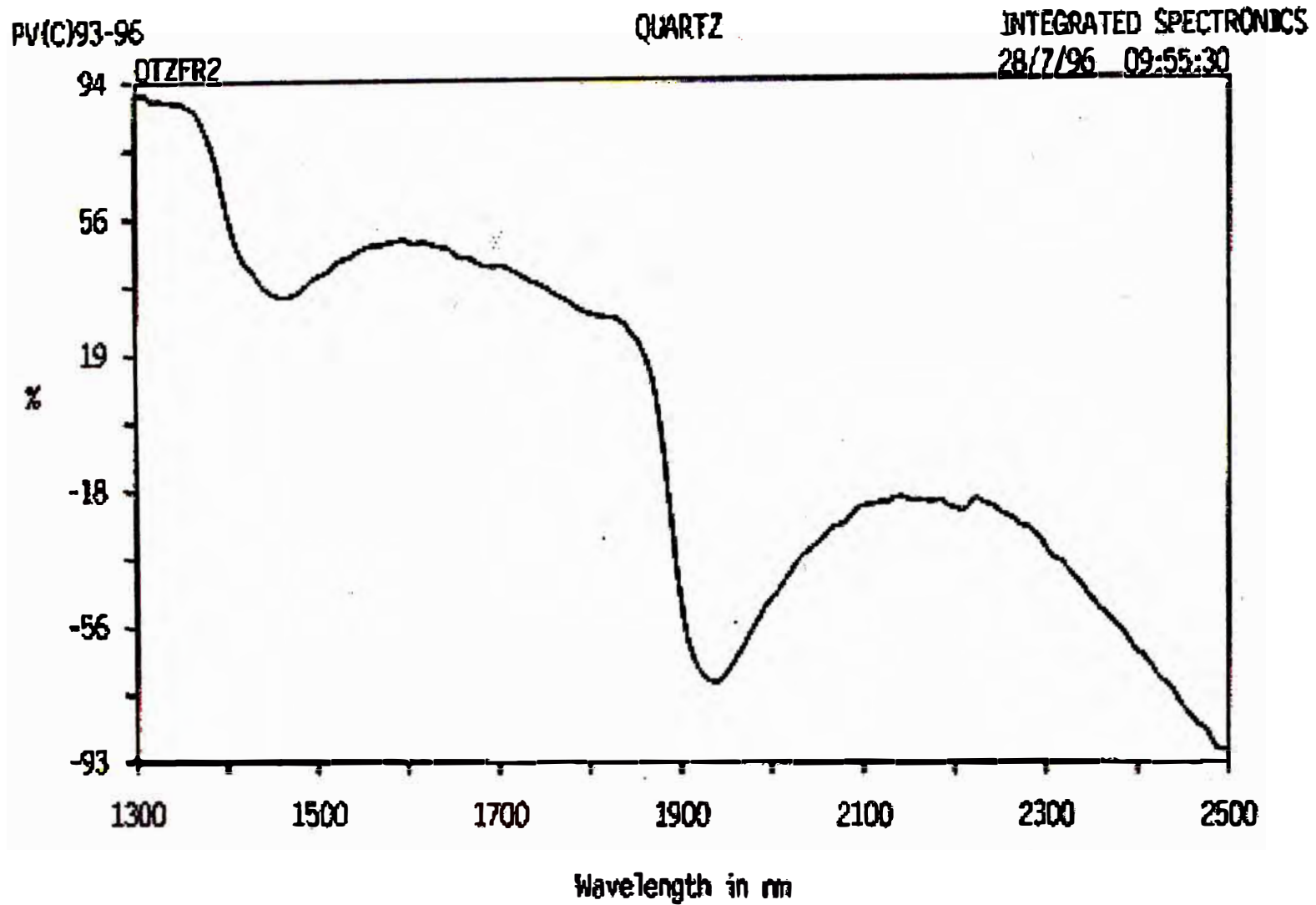


Fig. 71: Espectro de PIMA típico para el mineral de cuarzo.

Wavelength (nm)	Intensity
1928.000	2679.000
1454.000	1877.000
1772.000	152.000
2458.000	121.000
2444.000	116.000
2476.000	100.000
2424.000	90.000
2212.000	61.000
2410.000	61.000
2384.000	26.000

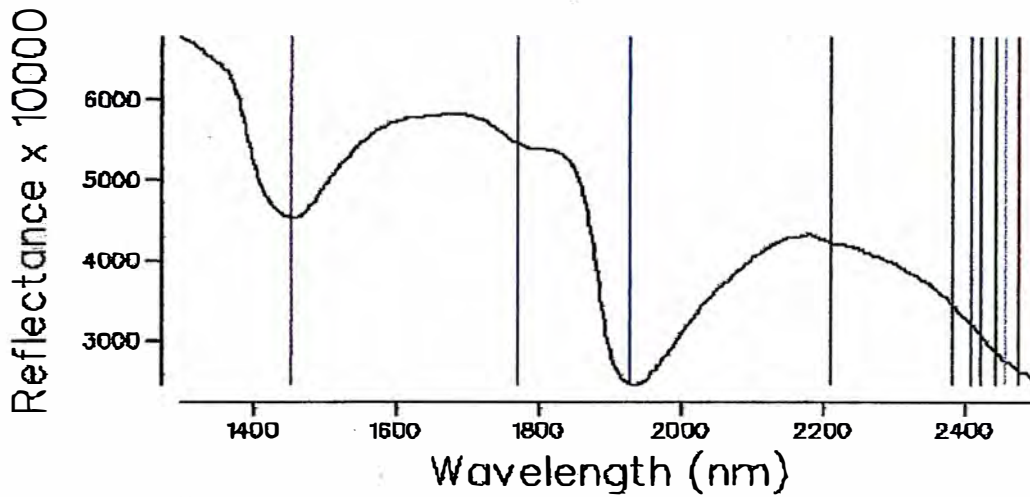


Fig. N° 72 : Espectro de análisis PIMA de la muestra COR-01 a 134.6m de profundidad, grafica la curva típica de Sílice.

Wavelength (nm)	Intensity
1926.000	739.000
1422.000	334.000
2216.000	314.000
2238.000	306.000
2252.000	300.000
2466.000	87.000
2456.000	75.000
2478.000	74.000
1588.000	59.000
2490.000	59.000

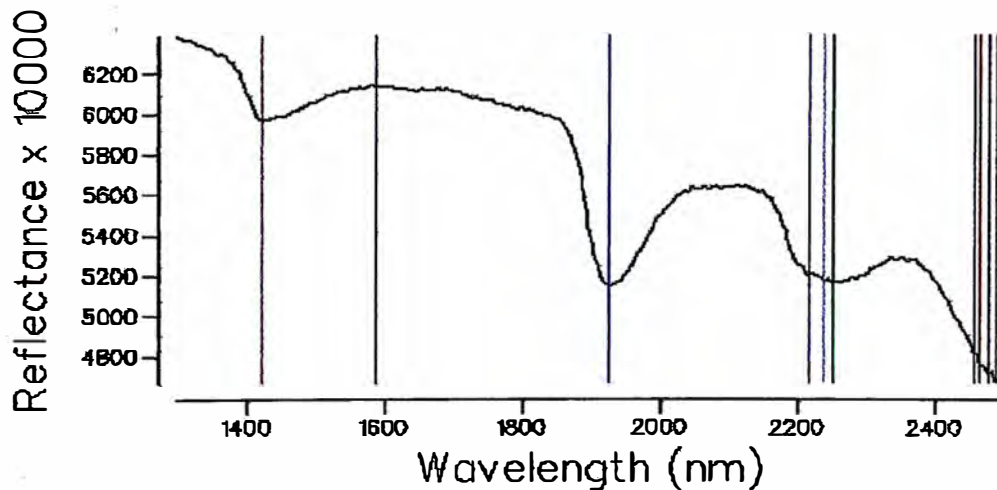


Fig. N° 73 : Espectro de análisis PIMA de la muestra SLT-01 a 171m de profundidad, grafica la curva típica de Cuarzo.

Wavelength (nm)	Intensity
2170.000	760.000
1916.000	713.000
1926.000	712.000
2208.000	572.000
1480.000	427.000
1434.000	406.000
2434.000	341.000
2036.000	315.000
2080.000	260.000
2324.000	259.000

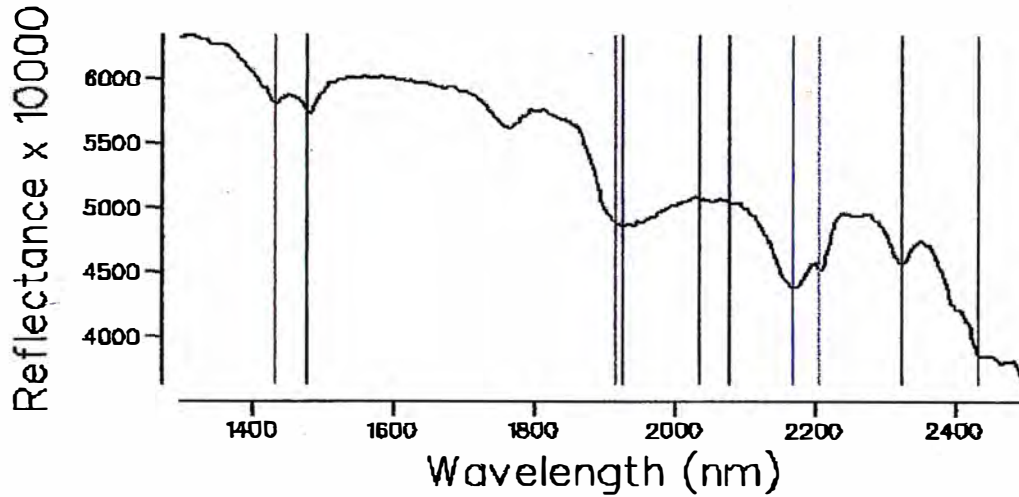


Fig. N° 74 : Espectro de análisis PIMA de la muestra SLT-01 a 164.5m de profundidad, grafica la curva típica de Alunita y Sílice.

Wavelength (nm)	Intensity
1908.000	1174.000
1920.000	1163.000
1416.000	627.000
1456.000	572.000
1478.000	546.000
2208.000	427.000
2176.000	290.000
2236.000	189.000
2256.000	152.000
2314.000	119.000

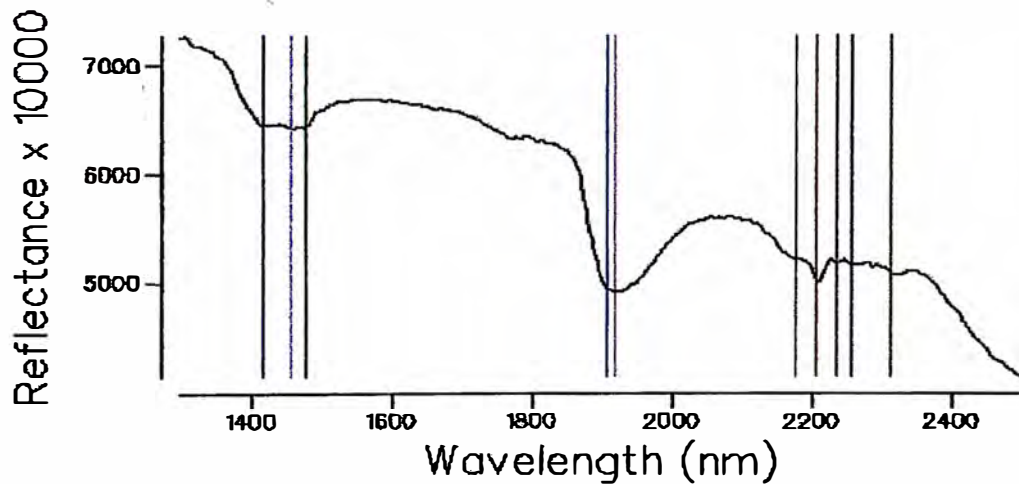


Fig. N° 75 : Espectro de análisis PIMA de la muestra COR-01 a 12m de profundidad, grafica la curva típica de opalo y alunita.

Wavelength (nm)	Intensity
2168.000	1568.000
1438.000	1129.000
1480.000	1091.000
1494.000	1070.000
2214.000	1000.000
1924.000	897.000
1766.000	656.000
1992.000	655.000
2322.000	607.000
2438.000	606.000

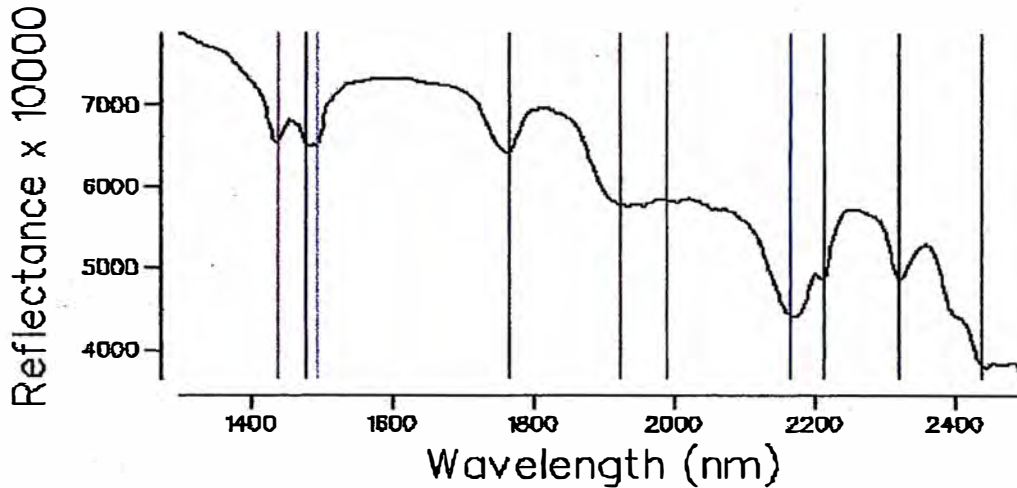


Fig. N° 76 : Espectro de análisis PIMA de la muestra COR-05 a 127m de profundidad, grafica la curva típica de Natroalunita (Alunita (Na)).

Wavelength (nm)	Intensity
1414.000	2088.000
1394.000	1856.000
2208.000	1812.000
1914.000	1329.000
2166.000	1245.000
1480.000	551.000
2386.000	253.000
2316.000	233.000
1328.000	224.000
2440.000	217.000

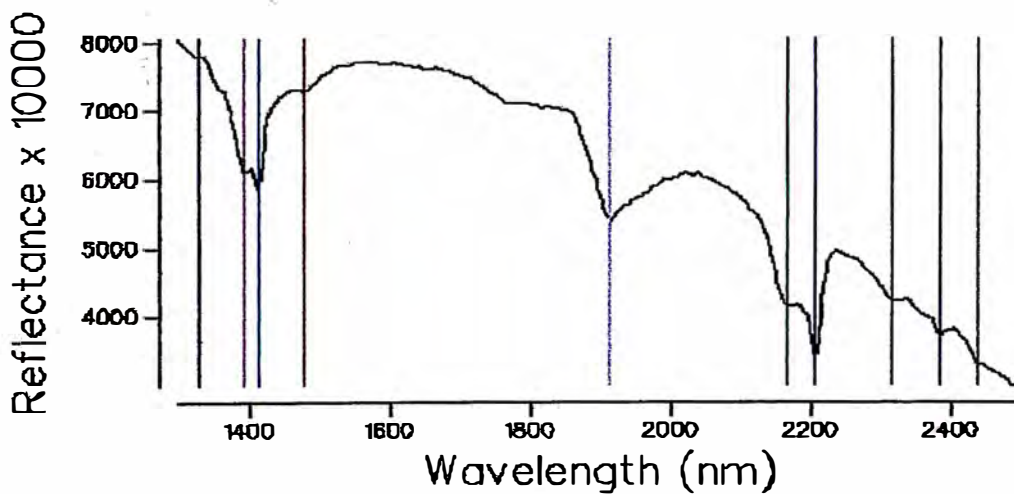


Fig. N° 77 : Espectro de análisis PIMA de la muestra COR-03 a 98.1m de profundidad, grafica la curva típica de Caolin - Alunita

Wavelength (nm)	Intensity
2158.000	1900.000
1482.000	1764.000
2210.000	1502.000
1432.000	1501.000
1914.000	1207.000
2432.000	818.000
2322.000	814.000
1764.000	803.000
2000.000	774.000
2398.000	749.000

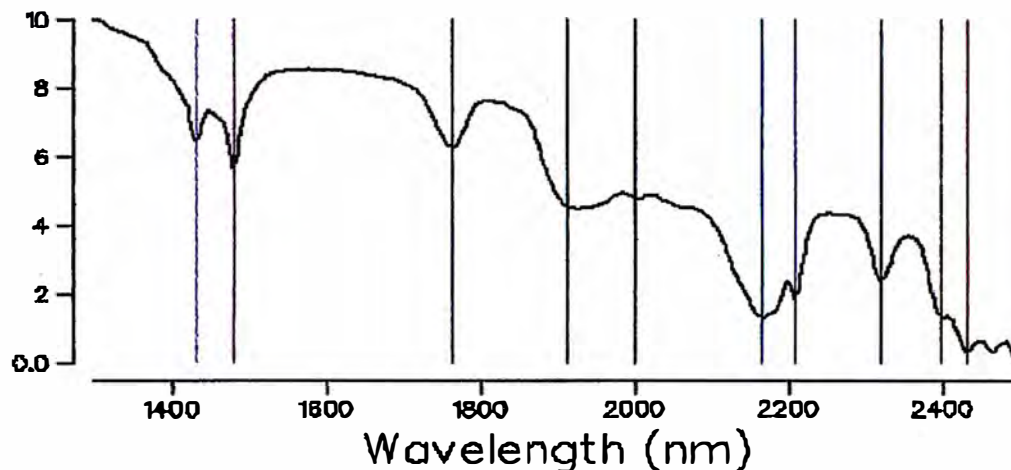


Fig. N° 78 : Espectro de análisis PIMA de la muestra COR-01 a 45.8m de profundidad, grafica la curva típica de Alunita.

Wavelength (nm)	Intensity
2206.000	1641.000
1414.000	1500.000
1396.000	1335.000
2156.000	1125.000
1914.000	1113.000
2384.000	232.000
2318.000	225.000
2358.000	169.000
2442.000	146.000
2114.000	117.000

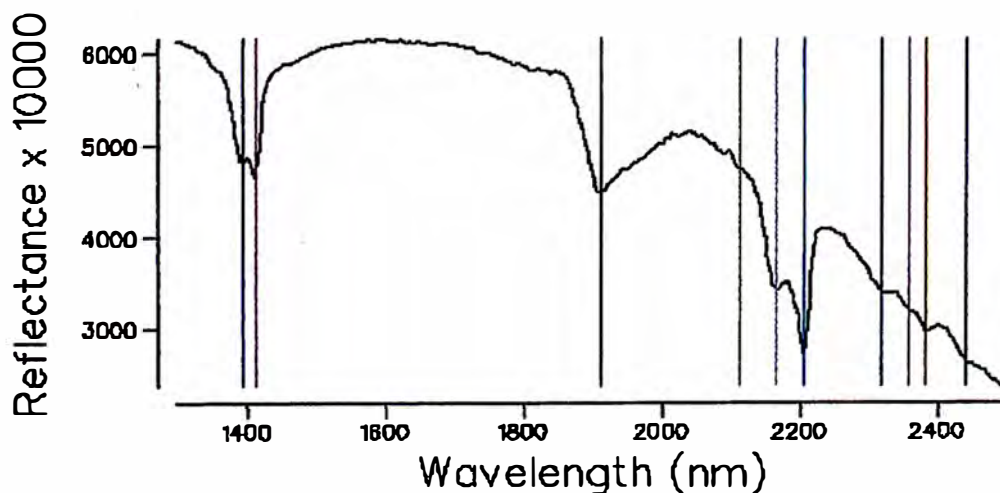


Fig. N° 79 : Espectro de análisis PIMA de la muestra SLT-01 a 66.3m de profundidad, grafica la curva típica de Caolin.

Wavelength (nm), Intensity	
1414.000	2626.000
1908.000	2043.000
2208.000	922.000
2188.000	743.000
2072.000	316.000
1840.000	260.000
1808.000	252.000
1822.000	245.000
1794.000	243.000
2318.000	210.000

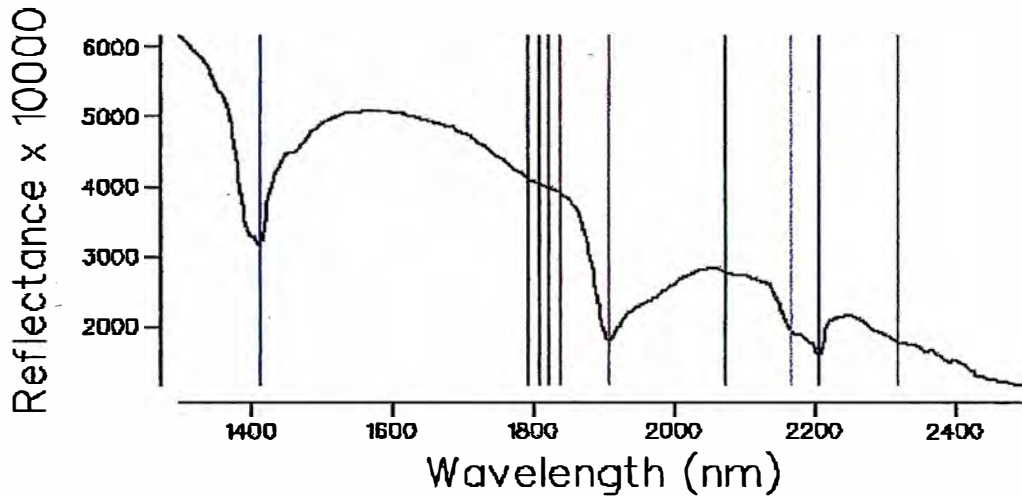


Fig. N° 80 : Espectro de análisis PIMA de la muestra COR-18 a 108m de profundidad, grafica la curva típica de illita.

Wavelength (nm), Intensity	
1908.000	868.000
1416.000	433.000
2208.000	234.000
1462.000	221.000
2434.000	92.000
2462.000	83.000
2420.000	73.000
2412.000	71.000
2108.000	68.000
2402.000	51.000

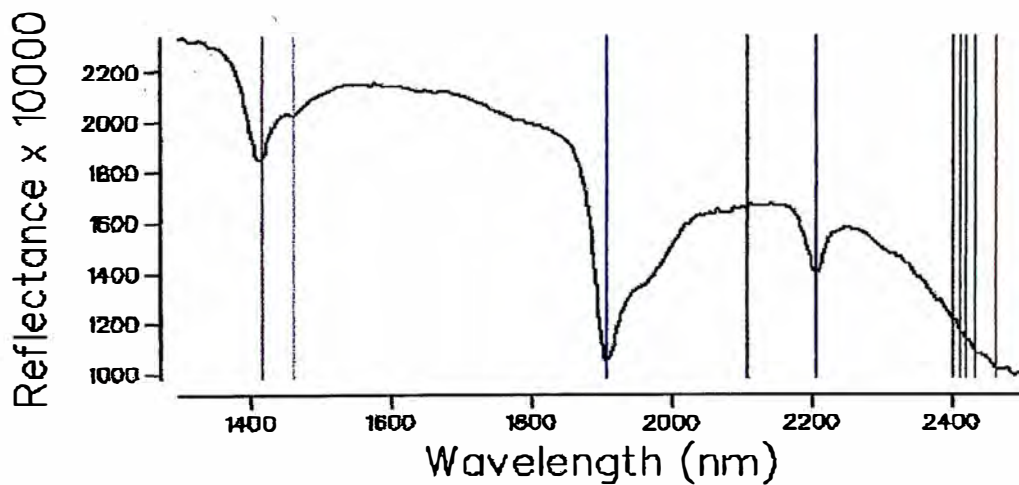


Fig. N° 81 : Espectro de análisis PIMA de la muestra COR-07 a 193m de profundidad, grafica la curva típica de Montmorilonita

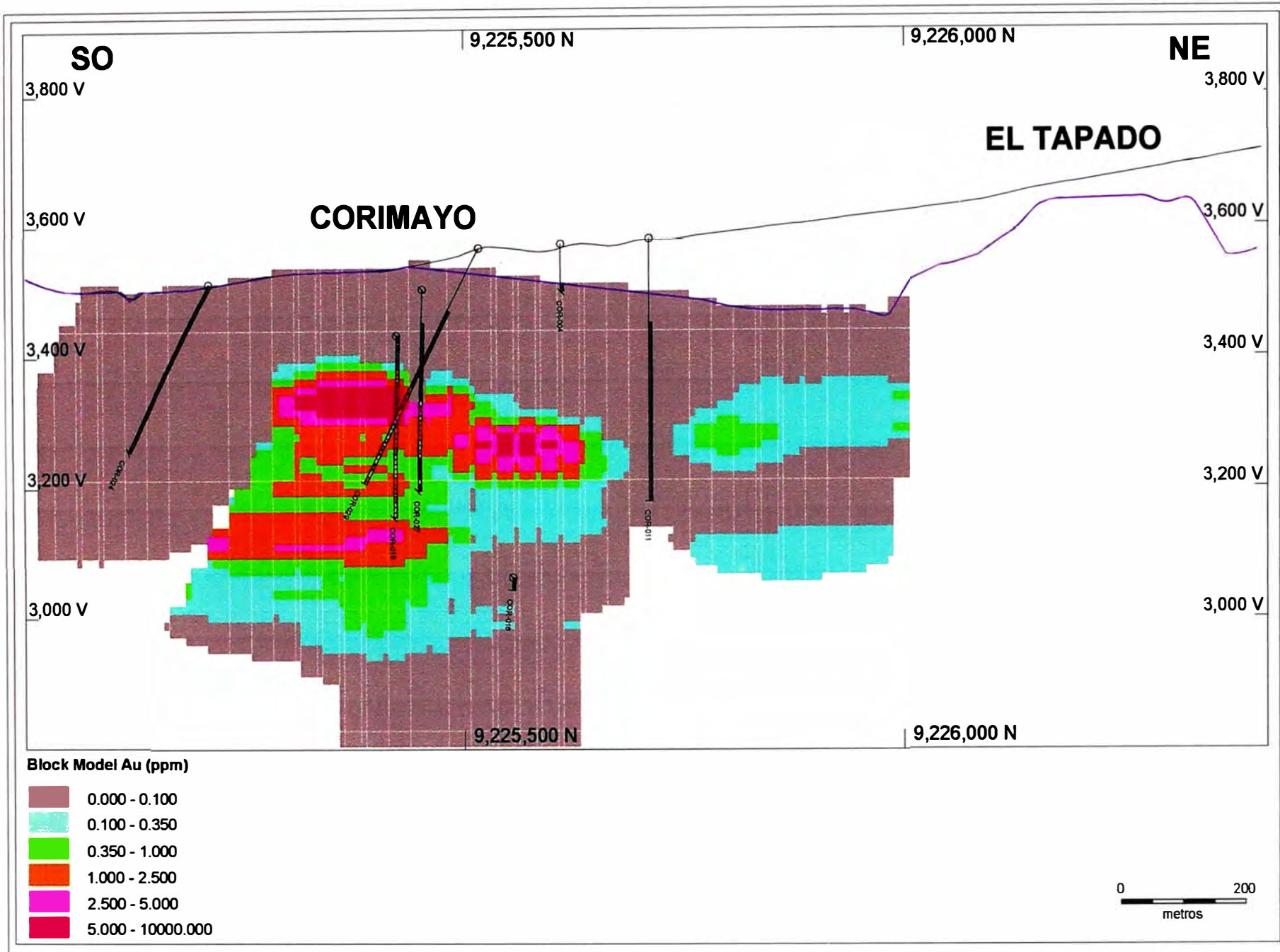


Fig. 82: Sección esquemática del modelo de bloques del oro.

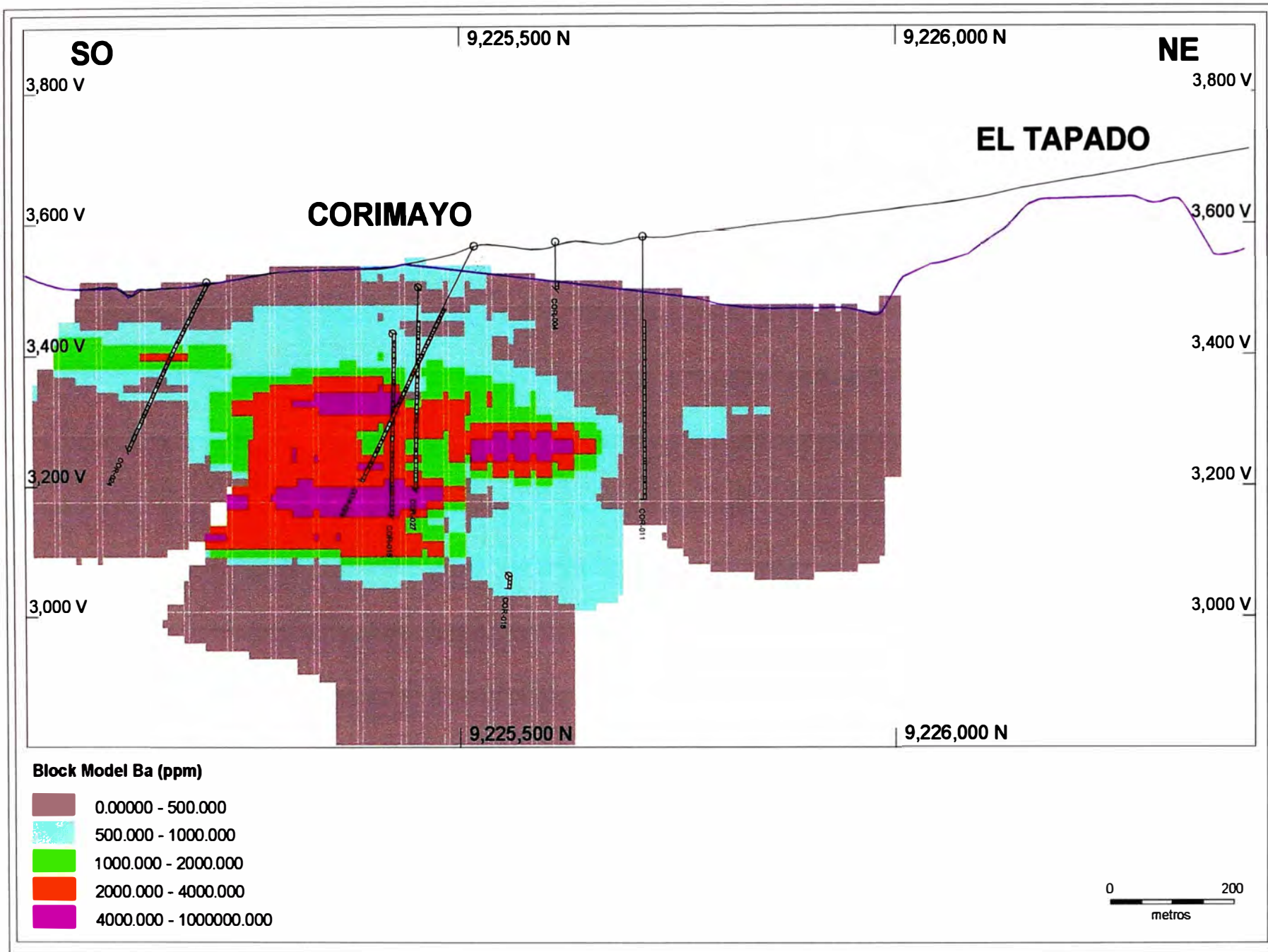


Fig. 83: Sección esquemática del modelo de bloques del bario.

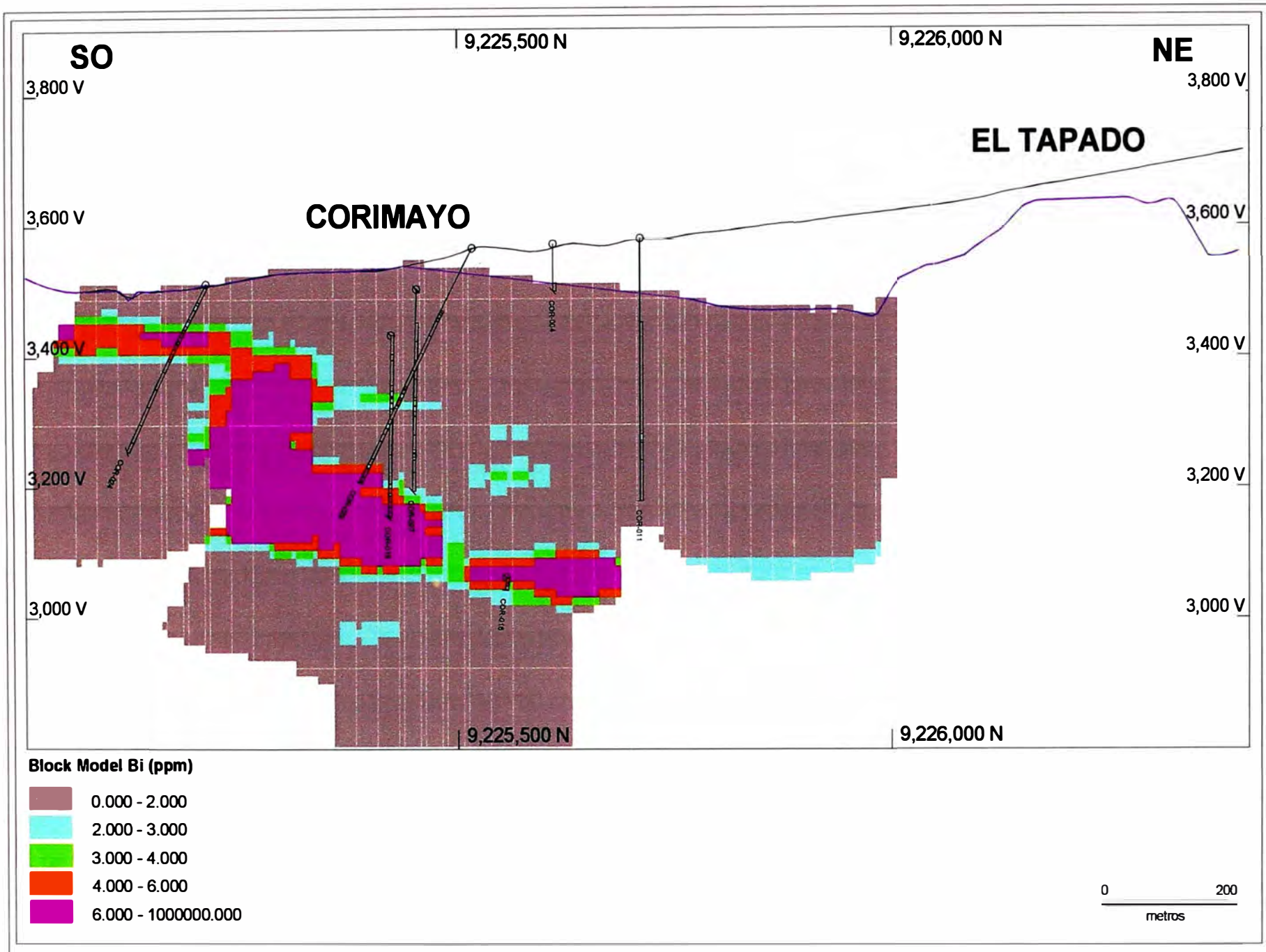


Fig. 84: Sección esquemática del modelo de bloques del bismuto.

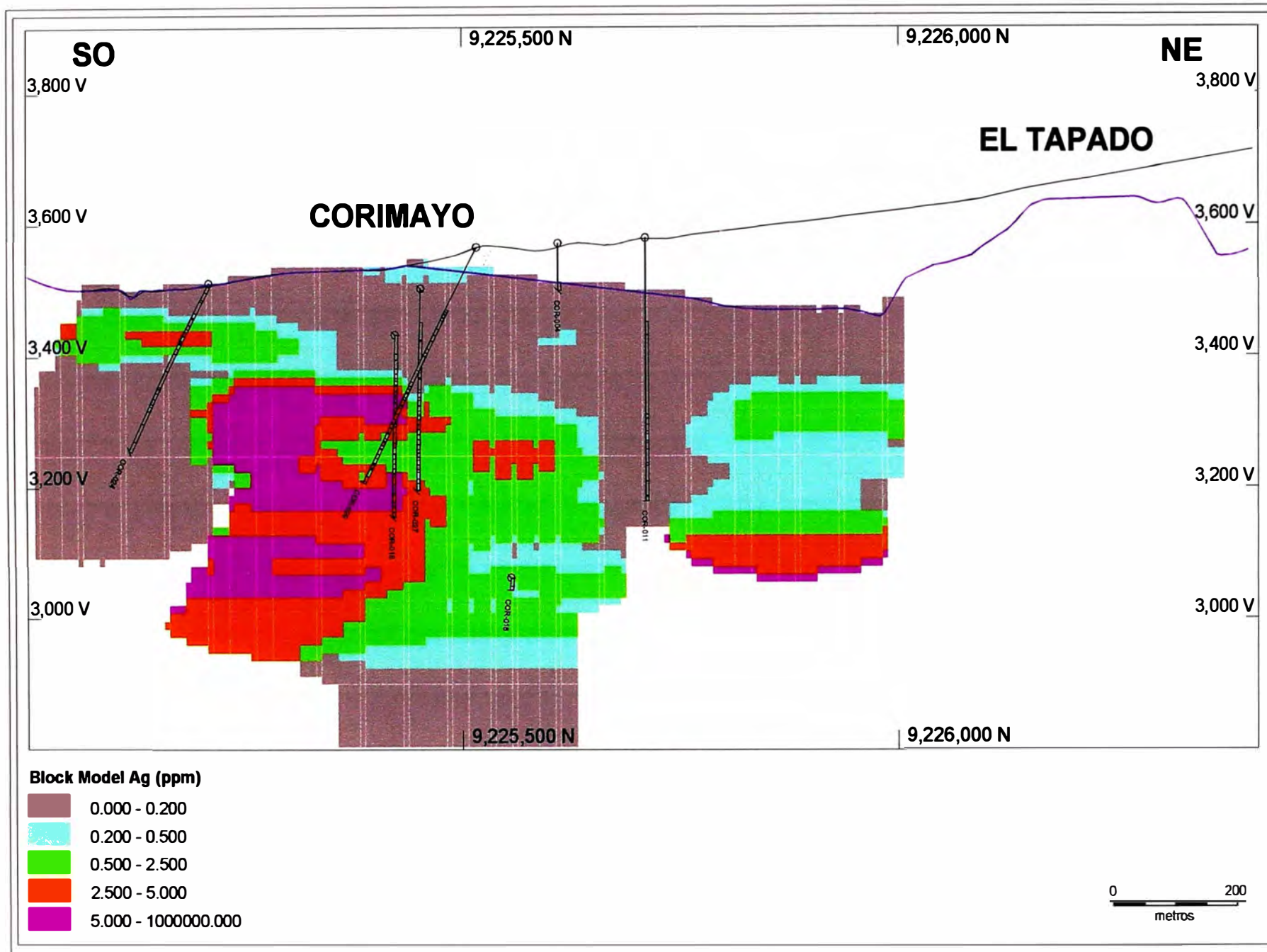


Fig. 85: Sección esquemática del modelo de bloques de la plata.

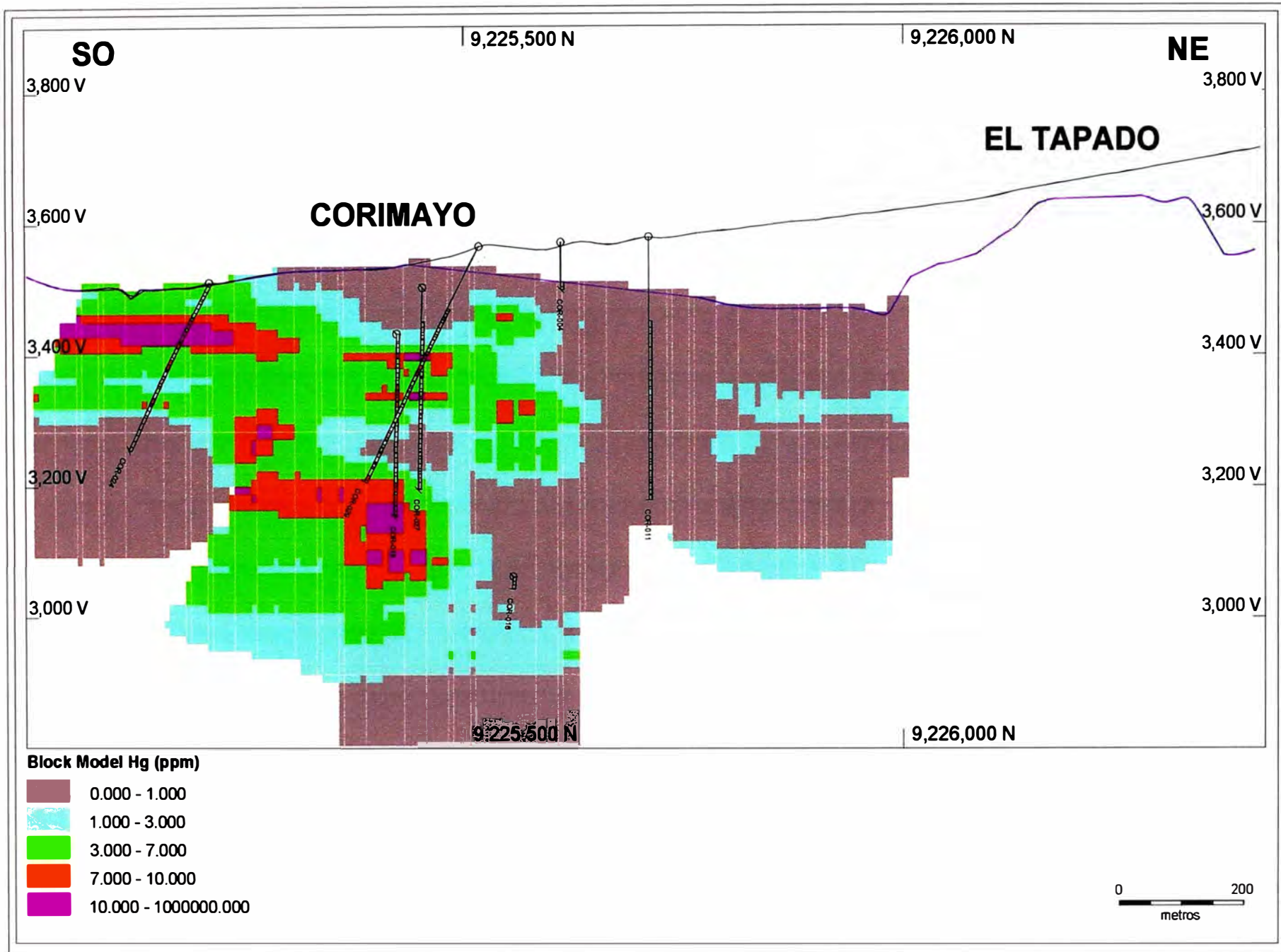


Fig. 86: Sección esquemática del modelo de bloques del mercurio.

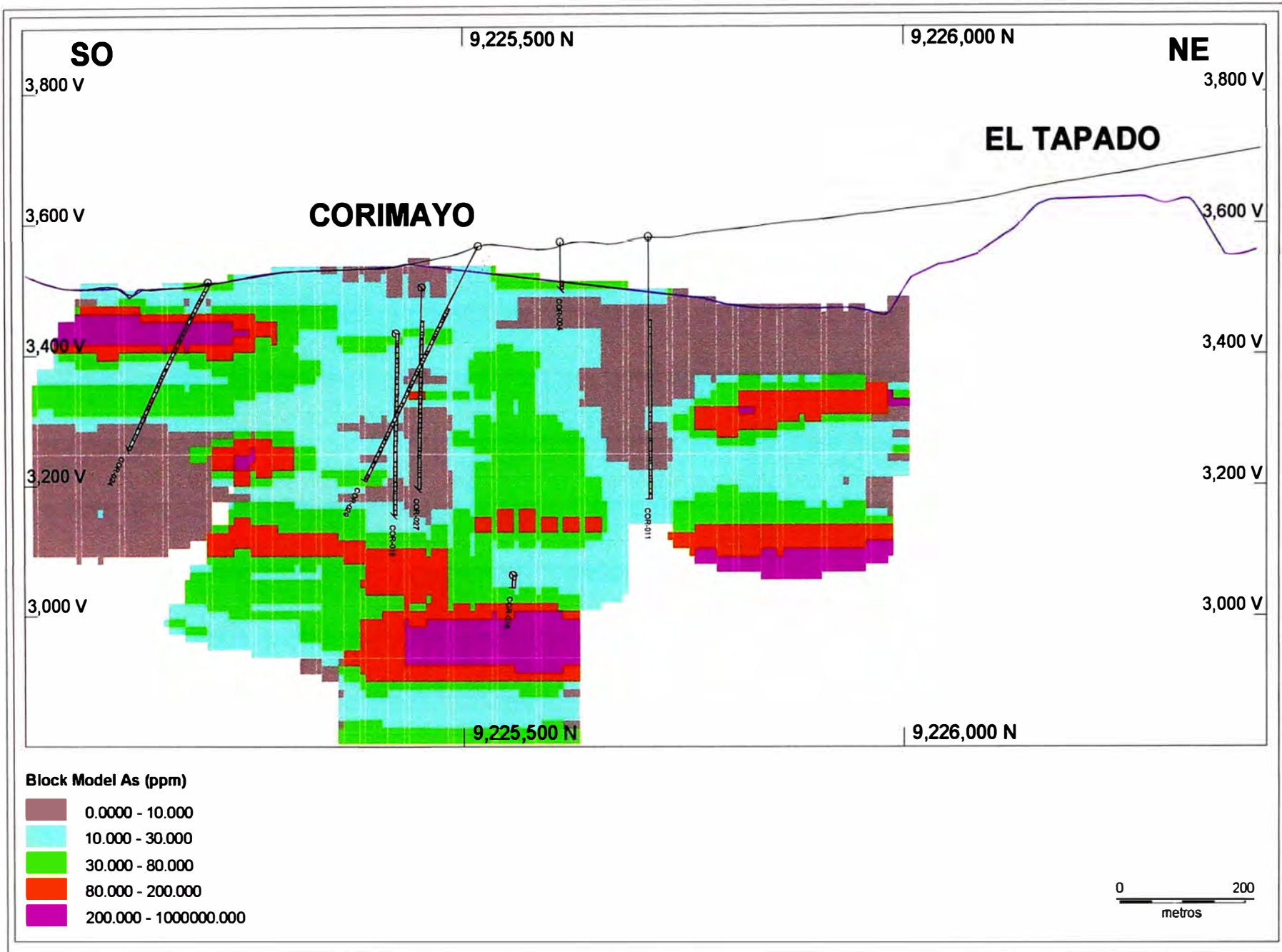


Fig. 87: Sección esquemática del modelo de bloques del arsenico.

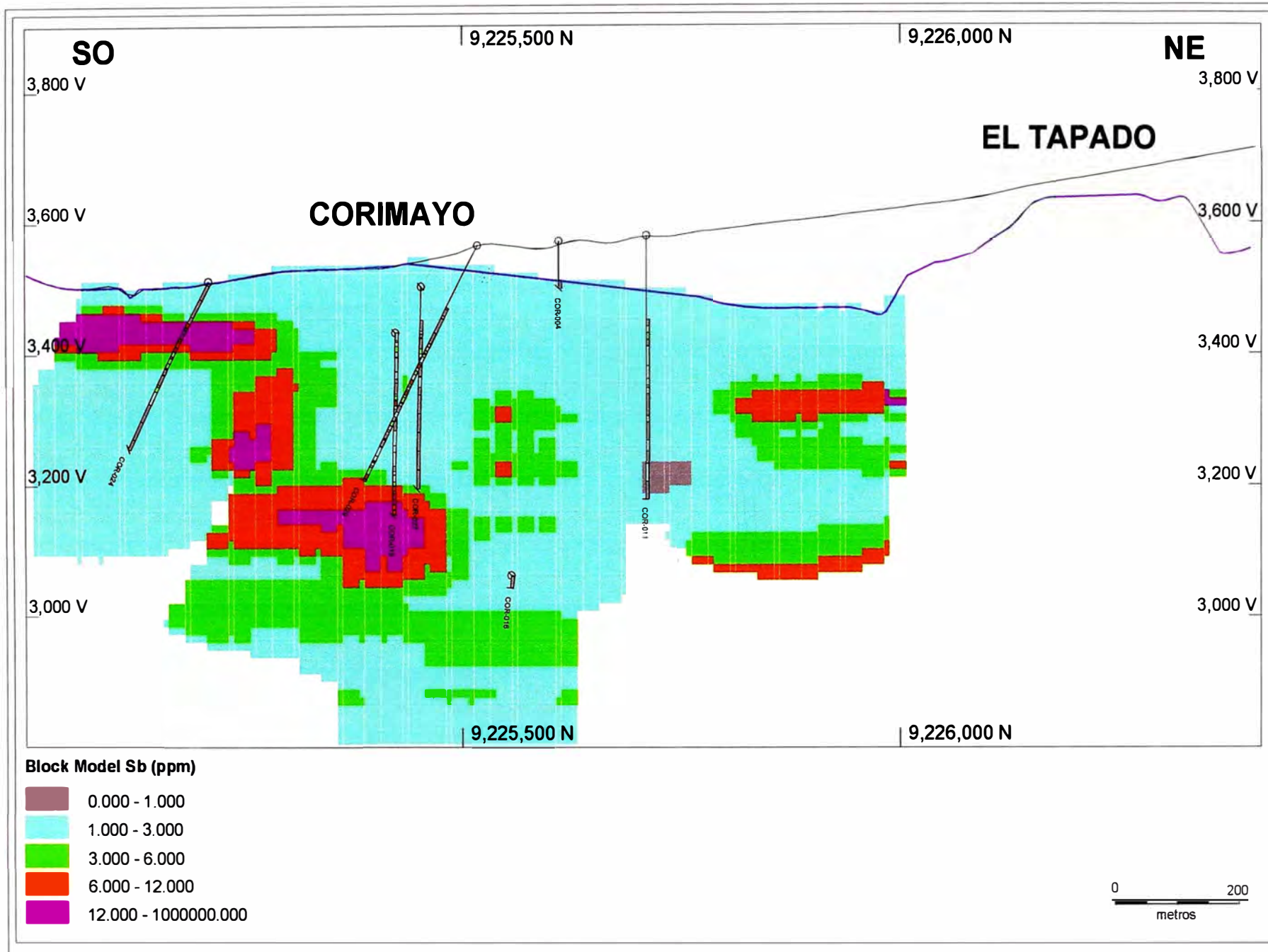


Fig. 88: Sección esquemática del modelo de bloques del antimonio.

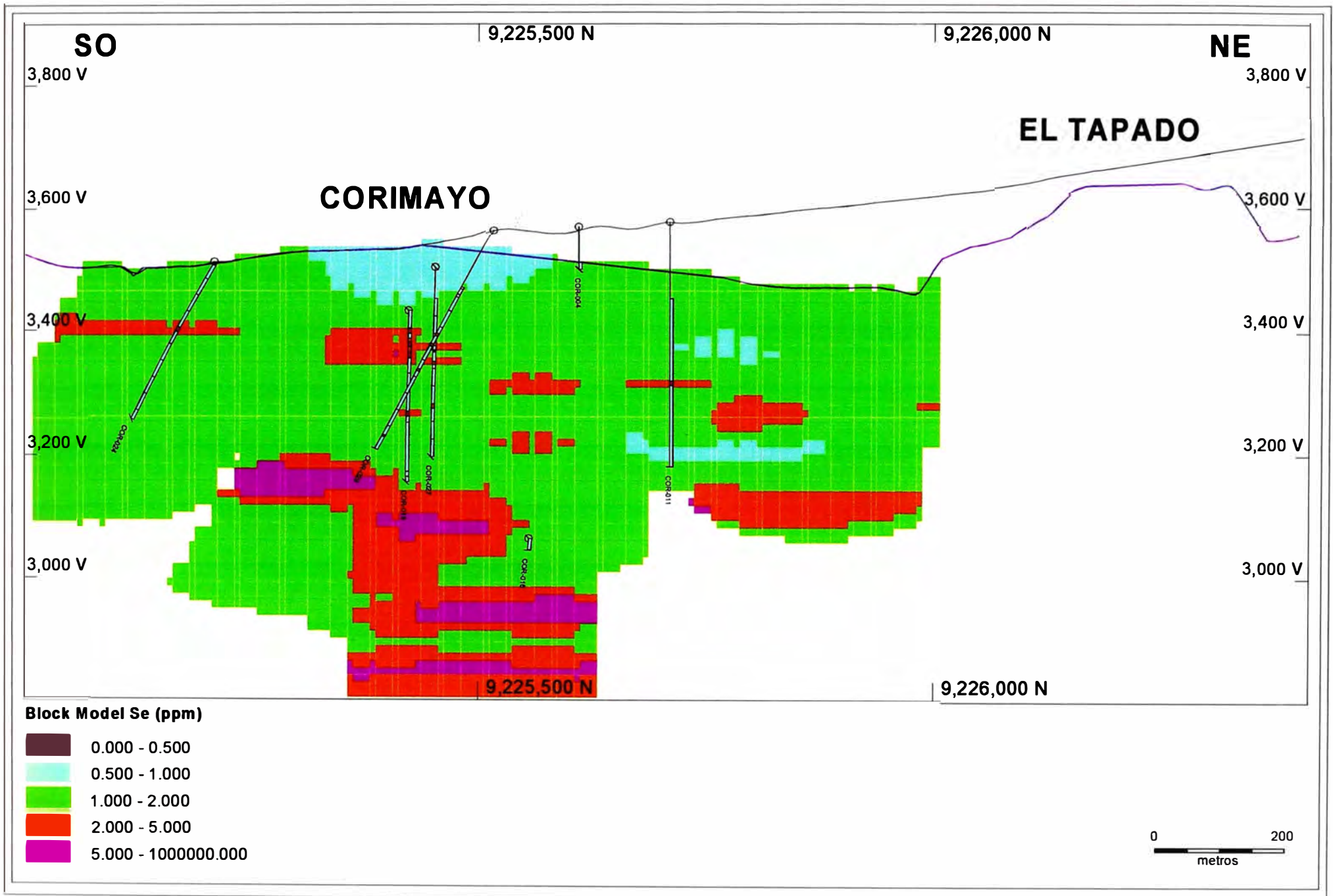


Fig. 89: Sección esquemática del modelo de bloques del selenio.

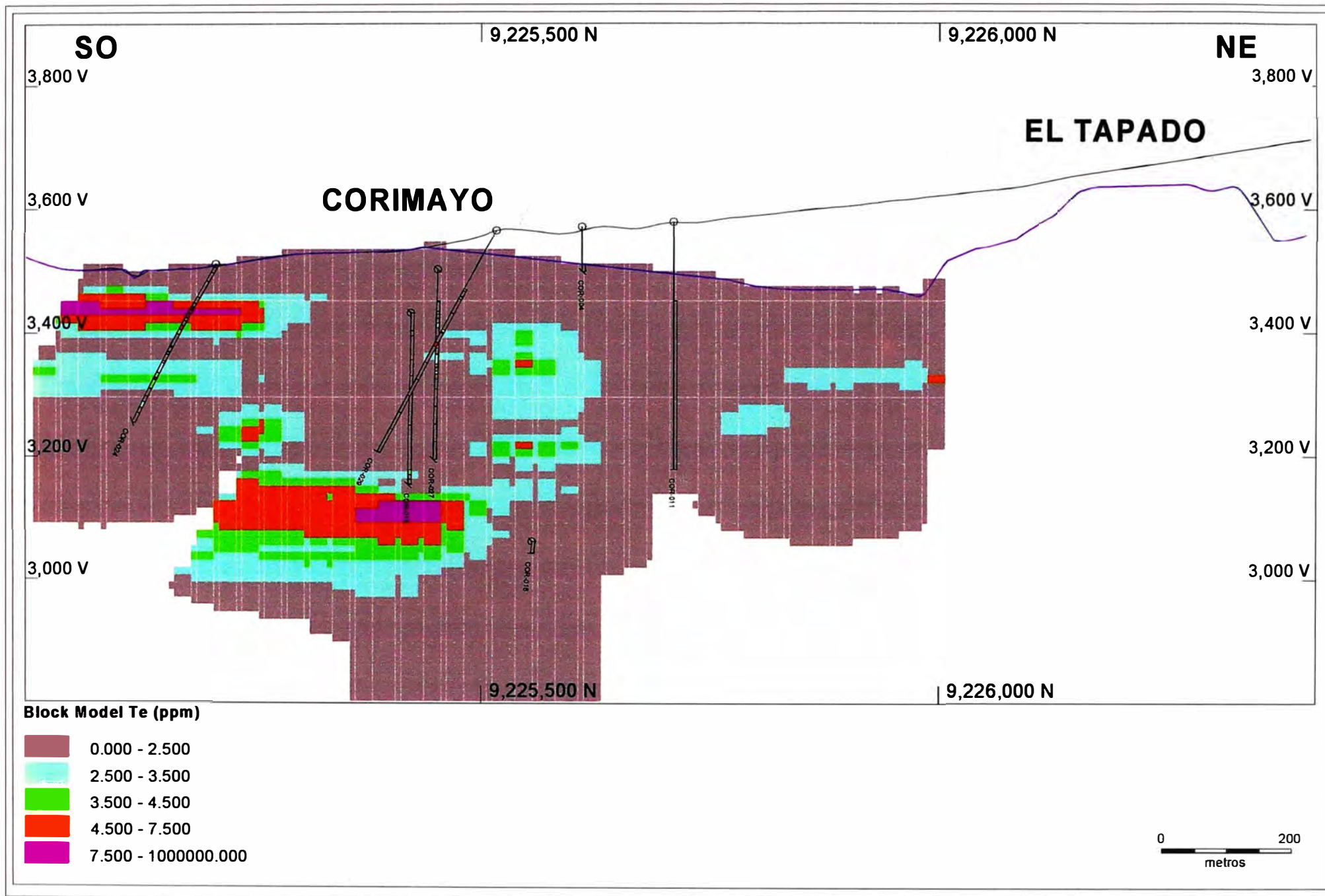


Fig. 90: Sección esquemática del modelo de bloques del teluro.

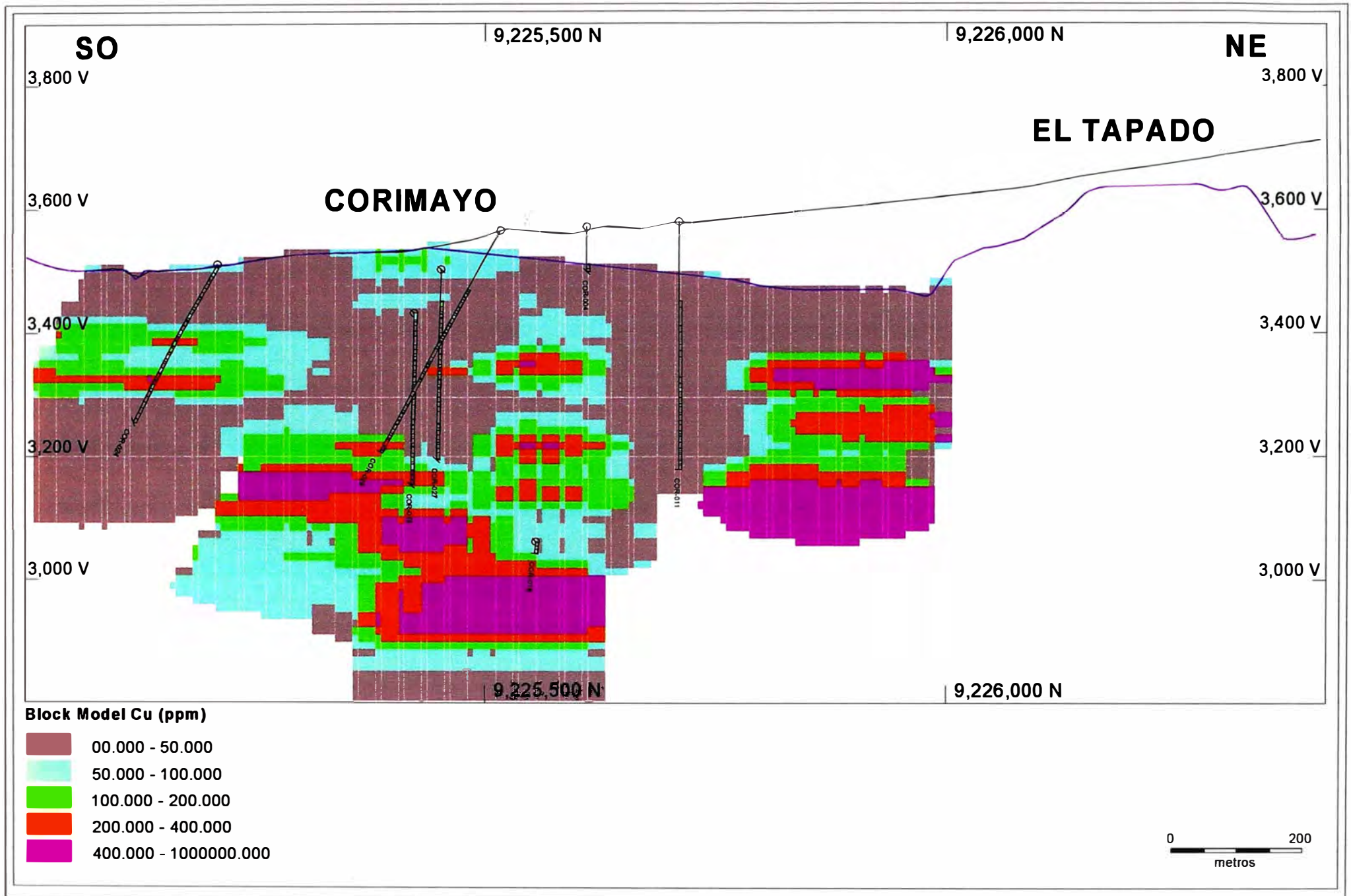


Fig. 91: Sección esquemática del modelo de bloques del cobre.

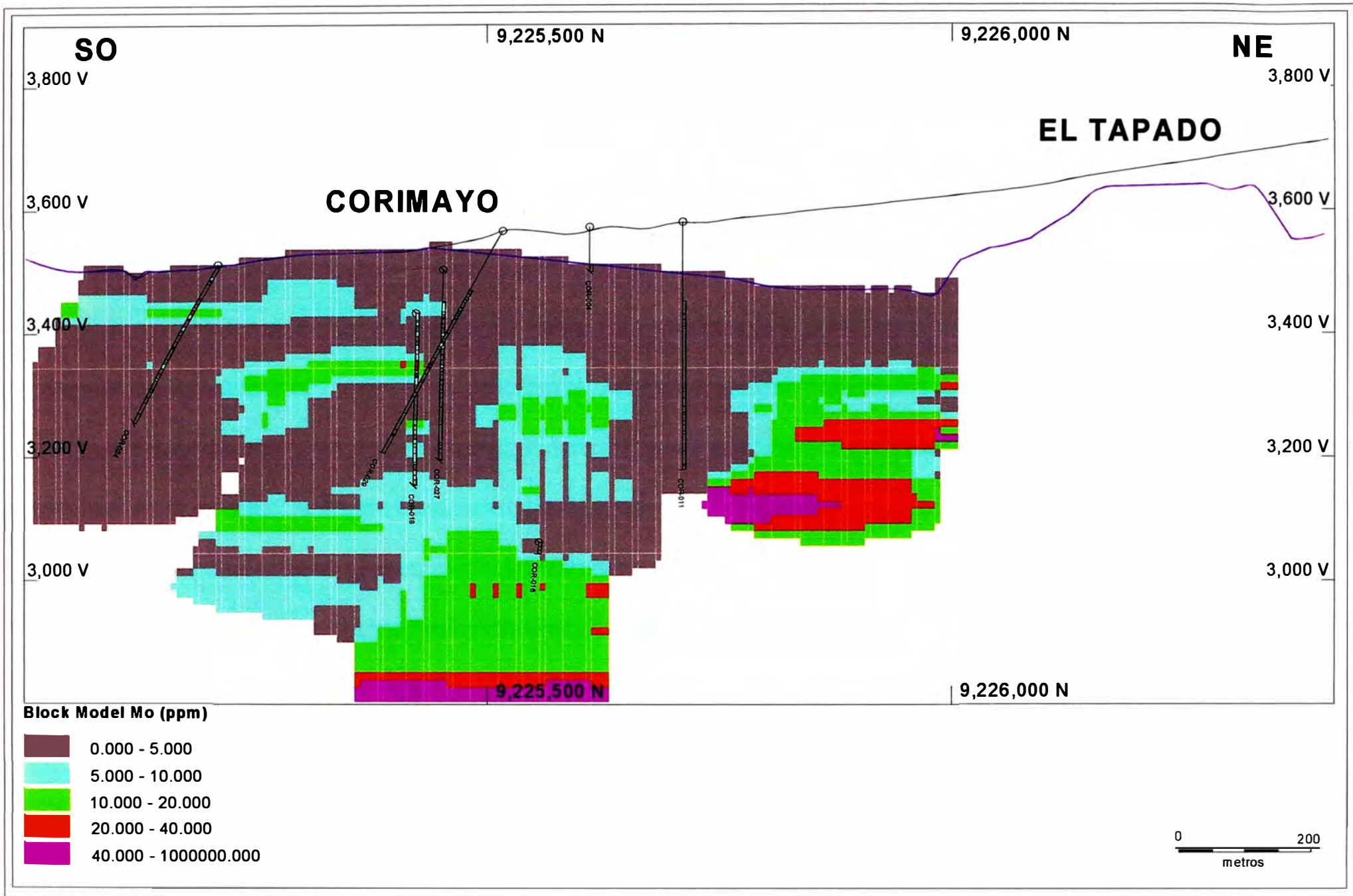


Fig. 92: Sección esquemática del modelo de bloques del molibdeno.

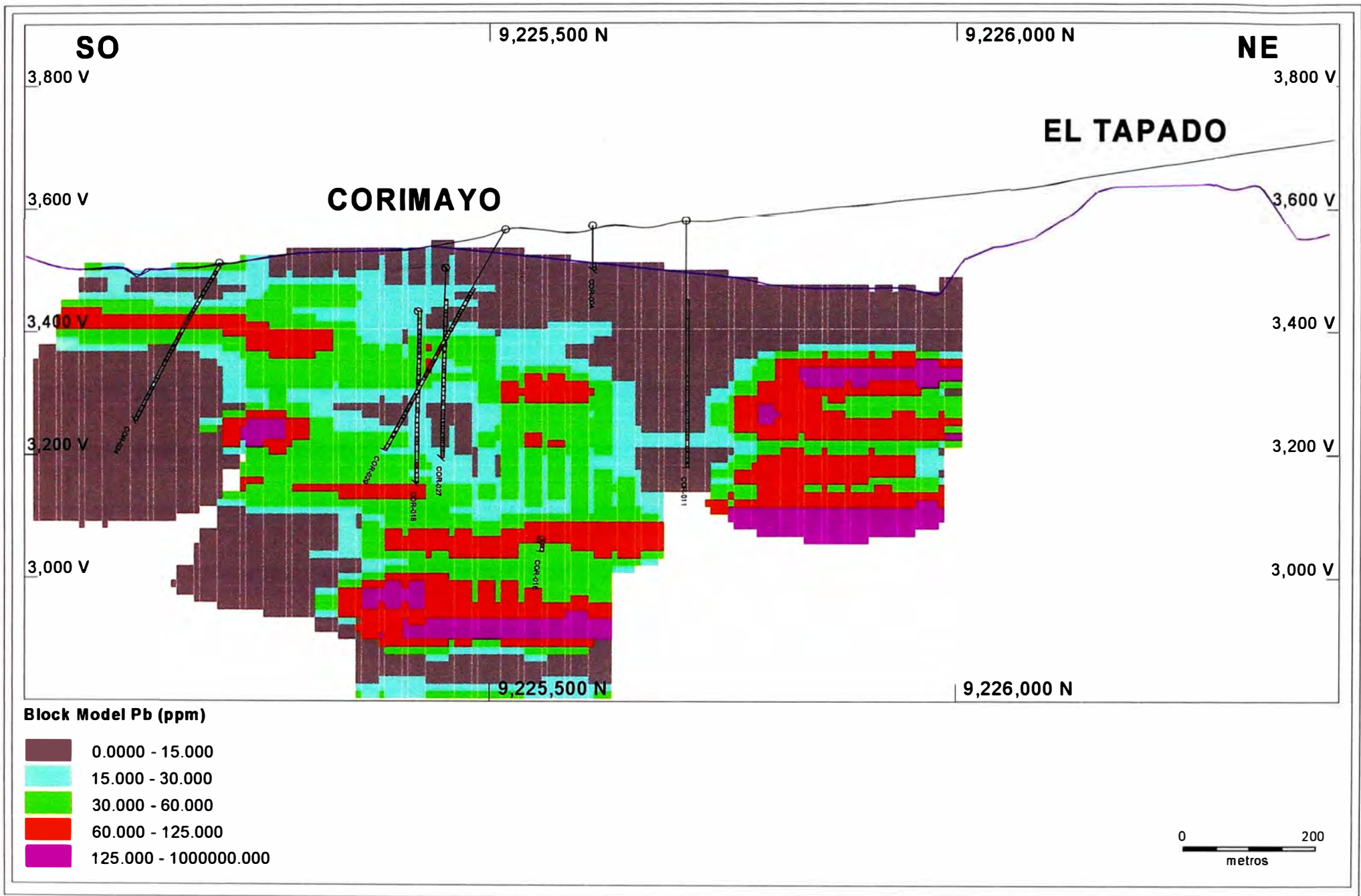


Fig. 93: Sección esquemática del modelo de bloques del plomo.

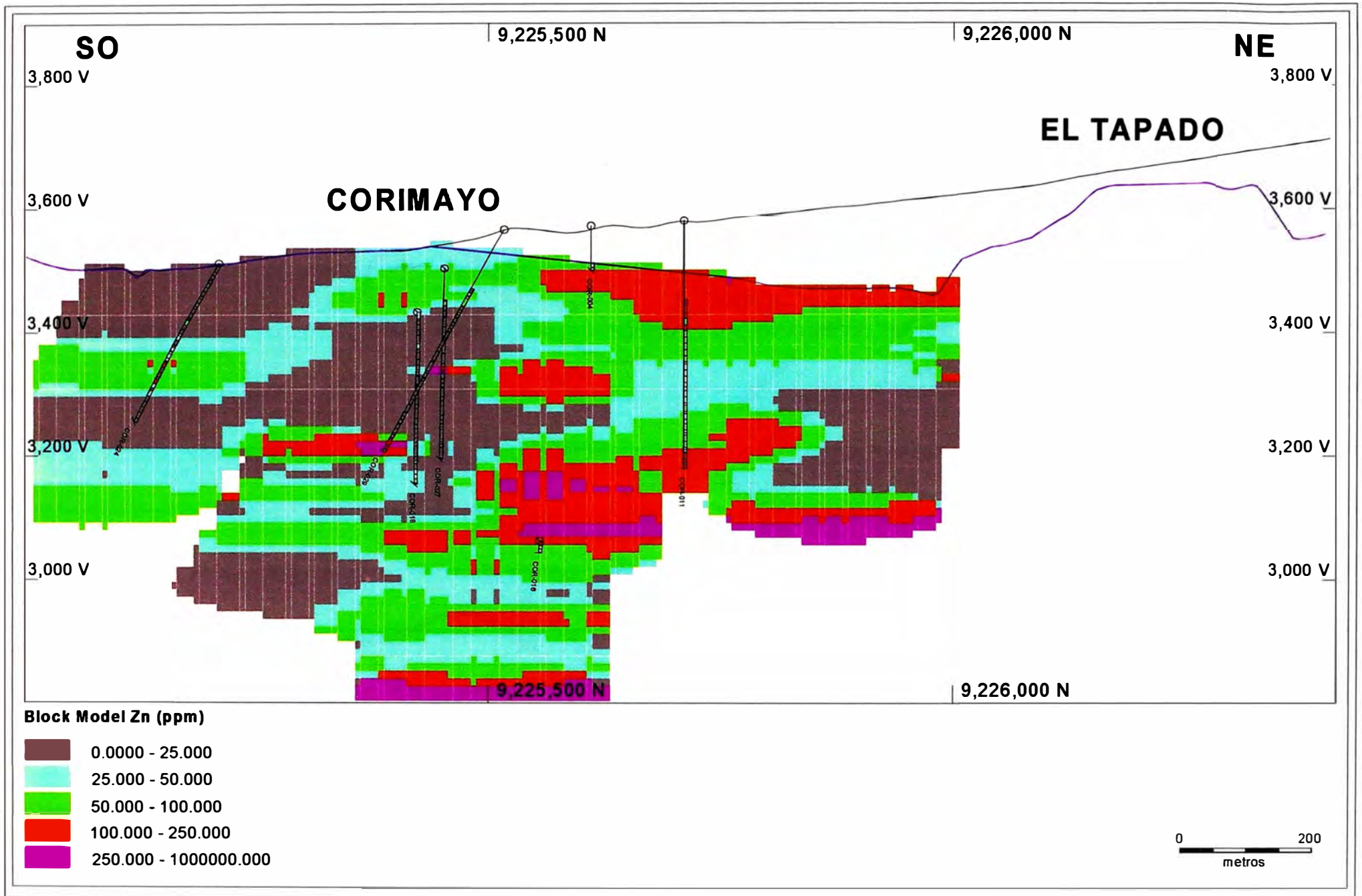


Fig. 94: Sección esquemática del modelo de bloques del zinc.

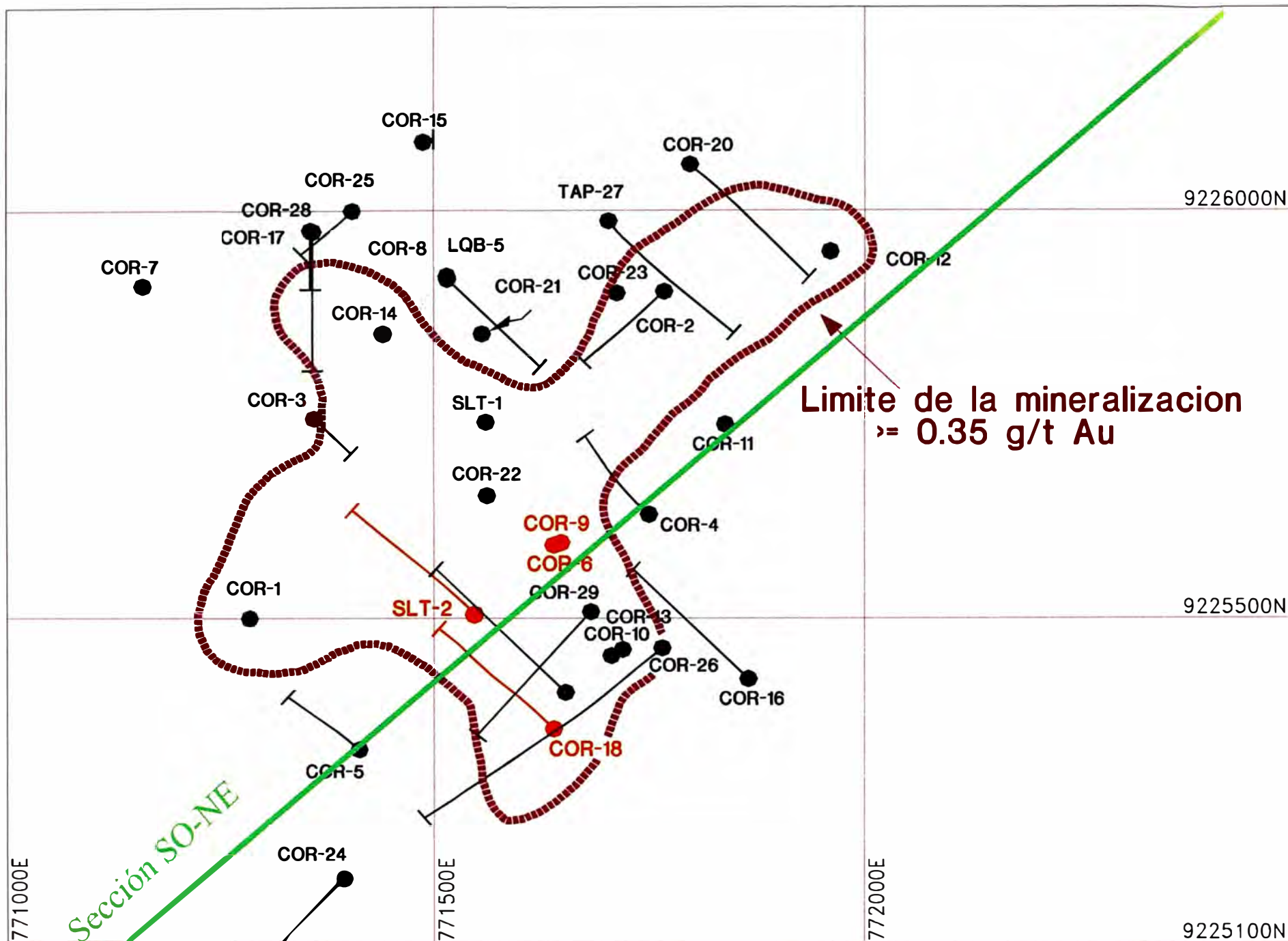
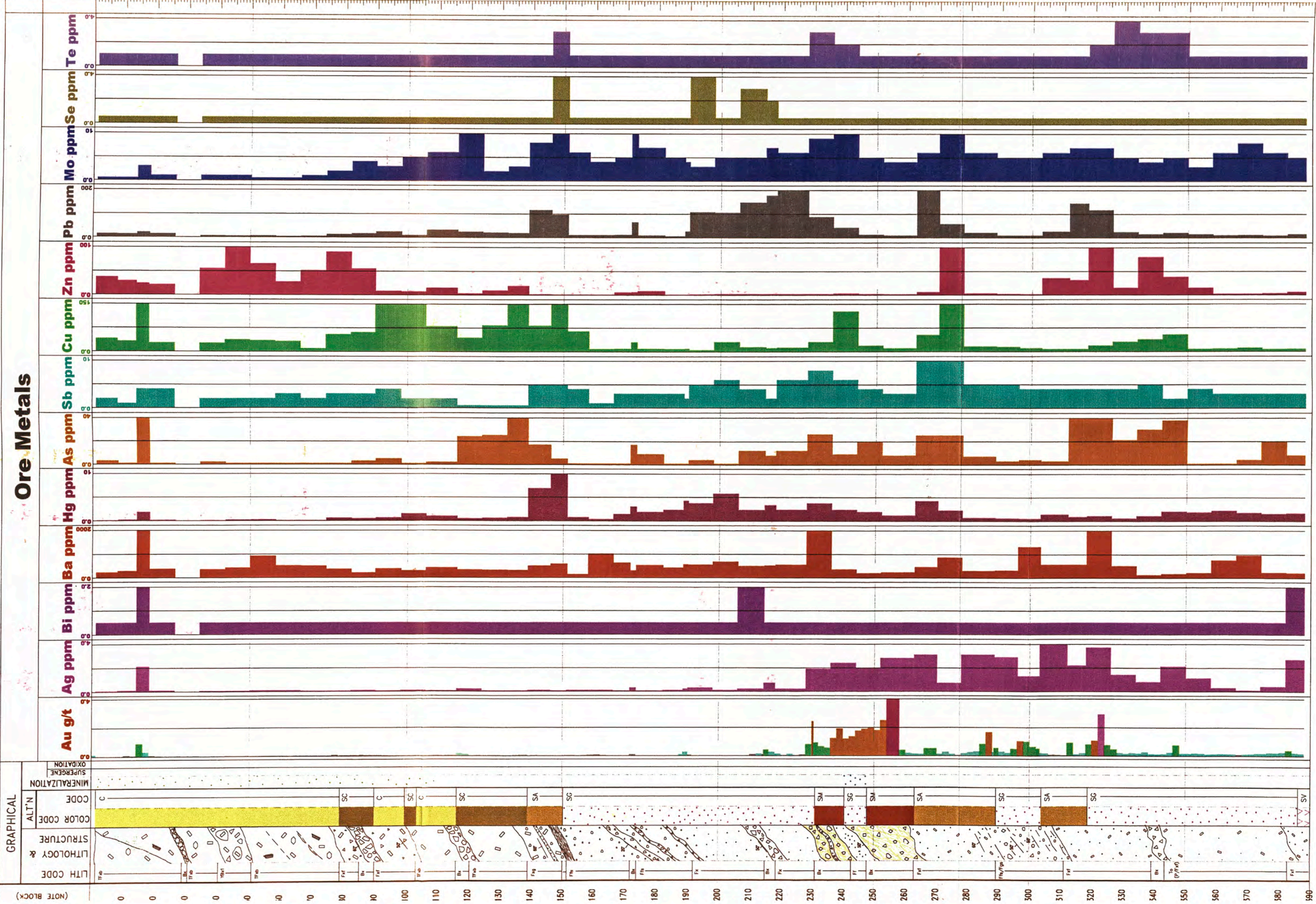


Fig. 95: Plano de taladros con análisis de elementos trazas.

PLANO 01



Ore Metals

Comments

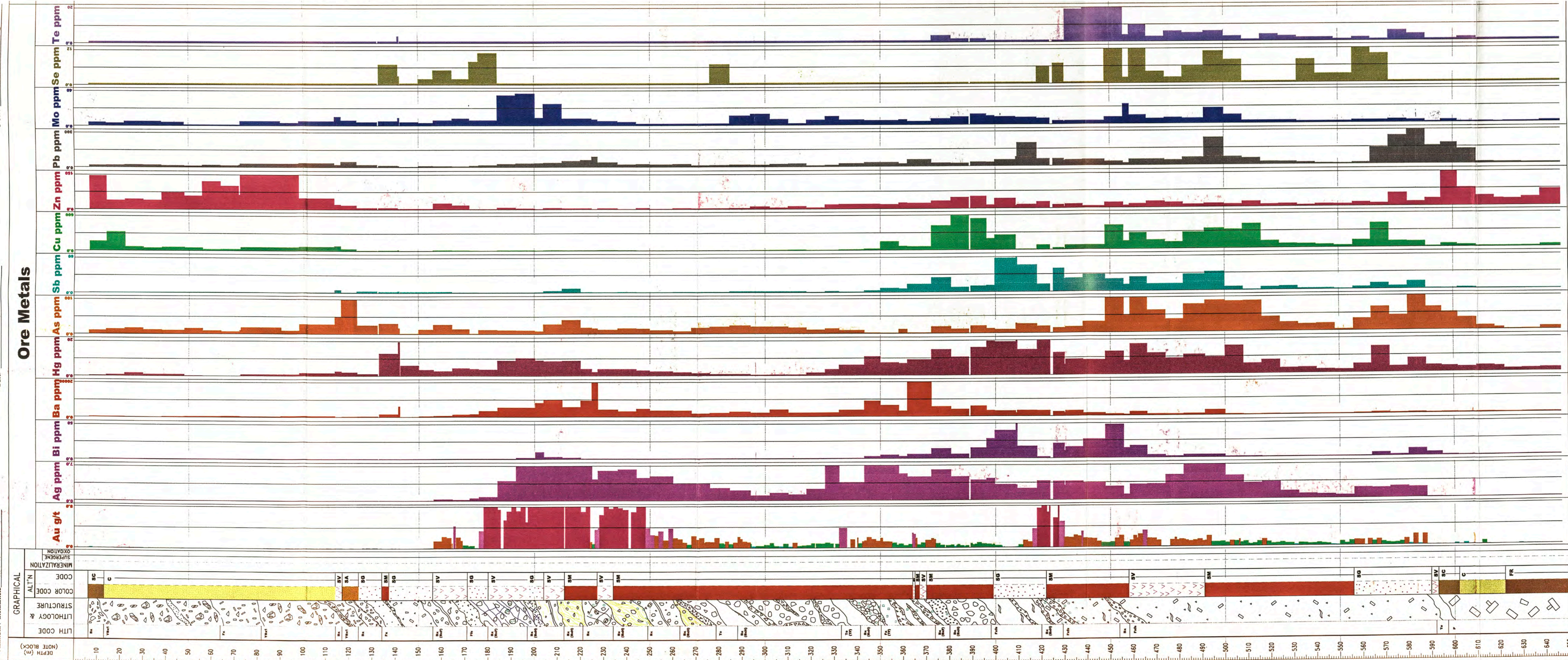


Explanation

Alteration	Mineralization	Type/Intensity (symbol density)	Codes	Type
Disc	Intensity	Type	SM	Massive Silica
Vnit	Cavity fill	Bxa fill	SV	Vuggy Silica
X	X	X	SG	Granular Silica
X	X	X	SA	Silica Alumite
X	X	X	SC	Silica Clay
X	X	X	C	Clay
X	X	X	OP	Opaline Silica
X	X	X	PRO	Propylitic
X	X	X	FR	Fresh Rock
Pyrite	Pyrite	Pyrite	py	Pyrite
Covellite	Covellite	Covellite	cv	Covellite
Chalcocite/Bornite	Chalcocite/Bornite	Chalcocite/Bornite	cc/bn	Chalcocite/Bornite
Enargite	Enargite	Enargite	AA, SC, C	Enargite
Chalcopyrite	Chalcopyrite	Chalcopyrite	en	Chalcopyrite
Sulfur	Sulfur	Sulfur	S	Sulfur
Molybdenite	Molybdenite	Molybdenite	Mo	Molybdenite

PLANO 02

PLANO 03



Comments

Class intervals for Au g/t



Explanation

Alteration	Mineralization	Type	Codes
Massive Silica	Intensity	Pyrite	SM
Vuggy Silica	Cavity fill	Covellite	SV
Granular Silica	Dis	Chalcocite/Bornite	SG
Silica Alumite	Vnit	Enargite	SA
Silica Clay	Bxa fill	Chalcocopyrite	SC
Clay		Sulfur	C
Opaline Silica		Molybdenite	OP
Propylitic			PRO
Fresh Rock			FR

Type/Intensity (symbol density)
Abbrev.

Mineralization	Type	Abbrev.
Pyrite	py	py
Covellite	cv	cv
Chalcocite/Bornite	ccbn	ccbn
Enargite	AA, SC, C	AA, SC, C
Chalcocopyrite	en	en
Sulfur	S	S
Molybdenite	Mo	Mo

Pencil
745
759
759
737
736
735
740-ir
738
746

Pencil
755
740-ir
758
745-ir
738
735
Blank