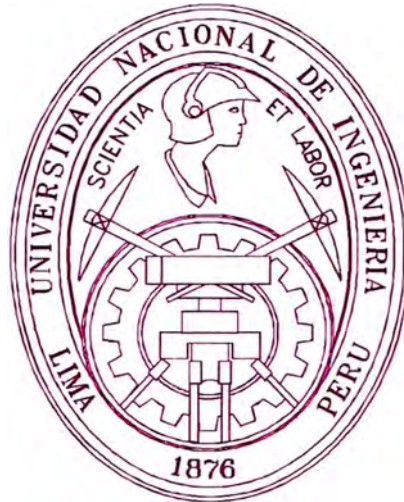


**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA,
MINERA Y METALURGICA**



**"GEOLOGÍA Y EXPLORACIÓN DEL
PROYECTO AURIFERO EPITERMAL INCAPACHA
(PUQUIO-AYACUCHO-PERU)"**

T E S I S

Para Optar el Título Profesional de:

INGENIERO GEOLOGO

Por:

Jesús Etelmiro Amambal Guevara

**LIMA - PERU
2001**

A MIS PADRES VÍCTOR Y AMELIA Y
A MIS HERMANOS,
POR SU APOYO INCONDICIONAL Y
PERSEVERANTE,
EN LA CULMINACIÓN DE MIS ESTUDIOS

EL GEÓLOGO QUE ESTUDIA LOS YACIMIENTOS
METALÍFEROS DEBE MANTENER LIBRE SU MENTE,
RESPECTO A LAS TEORÍAS EXISTENTES
DE FORMACIÓN DE MENAS:
DICHAS TEORÍAS SON AÚN INCOMPLETAS.

S. SMIRNOV, 1945

ÍNDICE

RESUMEN	vi
----------------------	----

PRIMERA PARTE:

CONSIDERACIONES GENERALES

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 Introducción.....	2
1.2 Ubicación y acceso.....	3
1.3 Petitorios.....	3
1.4 Antecedentes.....	6
1.5 Objetivos y alcances del estudio.....	7
1.6 Metodología.....	8
1.7 Agradecimientos.....	9

CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS Y

GEOLOGÍA REGIONAL

2.1 Fisiografía.....	10
2.2 Estratigrafía.....	11
2.3 Intrusivos.....	14
2.4 Tectónica y geología estructural.....	15
2.5 Estructuras volcánicas.....	15
2.6 Alteraciones.....	19
2.7 Contexto metalogenético regional.....	19

SEGUNDA PARTE:

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS DEL PROYECTO

CAPÍTULO III: GEOLOGÍA Y PETROGRAFÍA

3.1 Aspectos Geológicos.....	22
3.1.1 Litología.....	22
3.1.2 Tectónica y geología estructural.....	29
3.1.3 Estructuras volcánicas.....	31
3.2 Petrografía.....	32

CAPÍTULO IV: ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN

4.1 Alteración.....	44
4.1.1 Alteraciones hidrotermales.....	44
4.1.1.1 Estructuras tipo costillas (“ribs”) o “ledge”.....	49
4.1.1.2 Brechas.....	49
4.1.2 Alteraciones supérgenas.....	51
4.2 Mineralización.....	52
4.2.1 Controles de la mineralización.....	52
4.2.2 Forma del yacimiento.....	53
4.2.3 Mineralogía.....	54
4.2.4 Texturas.....	56
4.2.5 Zonamiento.....	56

**TERCERA PARTE:
PROSPECCIÓN**

CAPÍTULO V: PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA

5.1 Muestreo superficial.....	70
5.1.1 Muestreo de rocas.....	70
5.1.2 Muestreo de suelos y sedimentos.....	73
5.2 Resultados geoquímicos.....	73
5.2.1 Geoquímica de rocas.....	73
5.2.2 Geoquímica de suelos y sedimentos.....	89
5.3 Correlación geoquímica del oro en muestras de rocas, suelos y sedimentos.....	97

CAPÍTULO VI: PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

6.1 Interpretación de datos geofísicos.....	102
---	-----

CAPÍTULO VII: PERFORACIÓN DIAMANTINA

7.1 Blancos exploratorios (“targets”) y ubicación de sondajes diamantinos.....	109
7.2 Etapa de perforación diamantina.....	110
7.3 Alcances y continuidad de las alteraciones hidrotermales en sondajes diamantinos.....	110
7.4 Correlación perforación diamantina-geofísica.....	116
7.5 Muestreo de sondajes diamantinos.....	116
7.6 Resultados geoquímicos de sondajes diamantinos.....	117

**CUARTA PARTE:
INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA**

**CAPÍTULO VIII: MODELO GEOLÓGICO PRELIMINAR DEL
YACIMIENTO INCAPACHA**

8.1 Origen y evolución de la caldera Incapacha-Yaurihuri.....	141
8.1.1 Observaciones sobre el origen de las unidades litológicas reconocidas en el proyecto Incapacha.....	146
8.2 Origen de las alteraciones hidrotermales y mineralización del proyecto Incapacha.....	147
8.2.1 Introducción-generación de yacimientos epitermales.....	147
8.2.2 Yacimiento Incapacha.....	148
8.2.3 Perfiles interpretativos del yacimiento Incapacha.....	155

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES..... 156

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS..... 160

ANEXOS..... 165

Definiciones, sistemas hidrotermales de origen volcánico, procesos relativos para el transporte del oro, oxidación supérgena: intemperismo post-hidrotermal

Cuadro: Muestras del Proyecto Incapacha con estudio petrográfico y mineragráfico

Abreviaturas

Columna Estratigráfica Generalizada de los Cuadrángulos Lomitas, Palpa, Nasca y Puquio

Cronoestratigrafía y eventos tectónicos de los Cuadrángulos Lomitas, Palpa, Nasca y Puquio

Perfiles geológicos (litológico y alteraciones) 2-2', 5-5', 7-7' y 8-8' (escala 1/10,000)

Perfiles geológicos (litológico, alteraciones y leyes de Au-ppb) de los sondajes diamantinos IP-05, IP-04, IP-07 y IP-08 (escala 1/1,000)

RESUMEN

El área de estudio denominado “*Proyecto Aurífero Incapacha*” se ubica a 28 km al NNE del distrito de Puquio, provincia de Lucanas del departamento de Ayacucho, pertenece al Joint Venture Newmont-Buenaventura y cubre un área de 5500 hectáreas.

En la zona los trabajos geológicos se iniciaron en el año 1995 y continuaron hasta el 2000, éstos han sido realizados por personal de la Compañía de Minas Buenaventura S.A. y de Newmont Perú Limited. Entre los trabajos realizados tenemos mapeo geológico regional a diferentes escalas y de detalle (escala 1/5000), perfiles geológicos, muestreos referencial, sistemático y selectivo de rocas, preparación y muestreo de trincheras, muestreo de suelos y sedimentos, estudio geofísico y finalmente perforación diamantina.

El ambiente volcánico propagado en la zona se relaciona a un arco continental con magmatismo calcoalcalino y con emplazamiento de unidades vulcano-plutónicas asociadas a zonas de subducción. Asimismo debemos indicar que el proyecto Incapacha se ubica en el borde W de una caldera denominada “*Incapacha-Yaurihuri*”.

Las unidades litológicas reconocidas en el proyecto Incapacha, de la base al tope son: Ignimbritas riolíticas, tufos líticos andesíticos, lavas cuarzo-andesíticas, secuencias andesíticas y andesítico-basálticas, tufos de cristales andesítico, intrusivos pórfido andesíticos, intrusivos pórfido monzodioríticos y brechas freática-freatomagmáticas (“diatrema”). Los cuerpos del intrusivo pórfido monzodiorítico se alinean en las direcciones N-S y NW-SE a los que hemos denominado “*corredor de intrusivos*”.

Desde el punto de vista tectónico-estructural el proyecto Incapacha se localiza dentro de una zona de debilidad formada por la intersección de alineamientos NW-SE de orden regional (fallas transcurrentes de deformación cortical), alineamientos NE-SW y N-S de menor magnitud y el borde de la caldera Incapacha-Yaurihuri.

La zona alterada del proyecto cubre un área aproximada de 5 km², los ensambles y tipos de alteración diferenciadas son: Sílice granular, sílice “vuggy”, sílice masiva, argílica avanzada (sílice-alunita-arcillas), sílice opalina, argílica y propilítica. Dentro de la zona alterada se tiene abundantes canales de brecha (hidrotermal, “crackle” y freática), además, se tiene un sinnúmero de estructuras (“ribs”) de cuarzo-alunita-arcillas. Por otro lado, el área alterada se

alineada con el borde de la caldera Incapacha-Yaurihuiri.

Los minerales de mena reconocidos son oro nativo, electrum, calaverita y petzita. El sulfuro que abunda en la zona es la pirita y el que está en porcentajes de traza es el cobre gris (tetraedrita). Los minerales de ganga son rutilo, azufre, baritina, zeolitas, limonitas, leucoxeno, jarosita, hematita, magnetita, epidota, cloritas, calcita y en gran abundancia cuarzo, alunita y arcillas (caolinita, dickita, esmectita).

Según el muestreo geoquímico de rocas en los cerros Señal Incapacha, Incapachita e Incapallanca se ha delimitado zonas con anomalías de oro acompañado con elementos traza (As, Sb, Hg) y zonas anómalas de elementos ubicadas en los mismos lugares y en los cerros Arpista Rumi y Azufre. Del muestreo de suelos podemos decir que se tiene anomalías de oro en las faldas de los cerros Señal Incapacha, Incapachita, Incapallanca y Arpista Rumi, y al E de la laguna Piña. Las muestras de sedimentos no reportan anomalías importantes.

Las muestras con valores de oro mayor a 1 gr Au/TM se relacionan directamente a canales de brecha (hidrotermal, “crackle”) y estructuras, ambas compuestas de sílice-óxidos; éstas tienen orientaciones preferenciales N30-40°E, N60°-80°E, E-W, N30°-40°W y N50°-70°W. Las zonas con anomalías de oro estructuralmente están controladas por el corredor de intrusivos y los alineamientos NW-SE y NE-SW.

El estudio geofísico de polarización inducida y resistividad indica que existen zonas con alta resistividad (> 10000 ohm-m) y zonas con alta cargabilidad (> 20 msec). La primera se ubica en los lugares con fuerte alteración hidrotermal, mientras que la segunda se relaciona a rocas frescas con diseminaciones de sulfuros y/o magnetita (datos de superficie).

La campaña de perforación diamantina consistió en nueve sondajes diamantinos que suman 1185 m perforados, dos sondajes superan los 150 m, mientras que los restantes son menores a 150 m. Siete sondajes interceptaron tramos con alteración hidrotermal importante y dos interceptaron rocas frescas o con alteración débil. Por otro lado, las brechas y estructuras con anomalías de oro ubicadas en superficie, no fueron cortadas por los sondajes.

La geoquímica del oro en los sondajes diamantinos reporta solamente dos tramos de 52 m cada uno (sondajes IP-04 y IP-08) con anomalías entre 100 y 500 ppb.

Según los estudios realizados finalizamos diciendo que el proyecto Incapacha es un *depósito epitermal de oro de alta sulfuración* relacionado a “estructuras”.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 INTRODUCCIÓN

El presente trabajo tiene como objetivo llegar a entender los patrones geológicos, estructurales, petrográficos, mineralógicos, geoquímicos y geofísicos del proyecto Incapacha, con la única finalidad de postular un modelo geológico preliminar del yacimiento.

El proyecto Incapacha que se ubica al NNE de Puquio y pertenece al Joint Venture Newmont-Buenaventura, es un depósito epitermal de oro con ensambles de alteración tipo sulfato-ácido ó alta sulfuración y con mineralización relacionada a estructuras.

El proyecto se localiza en una zona estructural importante formado por la intersección de estructuras principales de extensión regional NW-SE, estructuras de extensión local NE-SW y el borde W de la caldera Incapacha-Yaurihuri. Las alteraciones y mineralización se encuentran albergadas en rocas volcánicas de origen explosivo y efusivo, correspondientes a la formación Caudalosa (Mioceno-Plioceno) y grupo Barroso (Plioceno-Pleistoceno), y cuerpos intrusivos hipabisales emplazados posiblemente en el Pleistoceno.

La actividad hidrotermal en la zona ha sido intensa y está evidenciado por la presencia de las alteraciones sílice granular, sílice masiva, sílice “vuggy”, argílica avanzada (sílice-alunita-arcillas), sílice opalina, argílica y propilitica. Las cuales son típicas en yacimientos epitermales de alta sulfuración.

La mineralización de oro está directamente relacionada a estructuras de sílice-óxidos y canales de brecha (freática, hidrotermal y “crackle”) compuestas de sílice-óxidos, a veces con alunita y/o baritina. Es decir, el proyecto Incapacha es un yacimiento epitermal, con mineralización de oro restringida a estructuras “*tipo vetas*”.

1.2 UBICACIÓN Y ACCESO

El proyecto Incapacha se ubica en la jurisdicción de Llallahui y a 38 km del pueblo de Puquio, perteneciente al distrito del mismo nombre, provincia de Lucanas del departamento de Ayacucho. Dentro de la Carta Geográfica Nacional (escala 1/100,000) se ubica en la intersección de las hojas Santa Ana (29-ñ), Querobamba (29-o), Puquio (30-ñ) y Chaviña (30-o) respectivamente.

Las coordenadas UTM de los puntos que delimitan el proyecto son:

- 1) 602000E, 8390000N
- 2) 602000E, 8398000N
- 3) 609000E, 8390000N
- 4) 609000E, 8398000N

El acceso al proyecto se detalla en el cuadro 1.1 (además, ver figura 1.1).

TRAMO	DISTANCIA	TIPO DE CAMINO	TIEMPO
Lima – Nazca	445 km	Panamericana sur (asfaltada)	7 hrs
Nazca – Puquio	155 km	Carretera asfaltada	3-3 ½ hrs
Puquio-Incapacha	38 km	Carretera asfaltada Puquio-Chalhuanca-Abancay hasta el km 164, luego se toma carretera afirmada hacia Andamarca hasta el km 27	1 hr

Cuadro 1.1: Acceso al proyecto Incapacha

1.3 PETITORIOS

El proyecto Incapacha esta cubierto por petitorios pertenecientes a Compañía de Minas Buenaventura S.A. y Newmont Peru Limited, los cuales cubren una superficie de 5500 hectáreas. Comprenden los siguientes denuncios:

NOMBRE DE PETITORIO	RAZON SOCIAL	HECTAREAS
Yaurihui 3	Minera Ayacucho S.R.L.	1000
Yaurihui 4	Minera Ayacucho S.R.L.	1000
Yaurihui 5	Minera Ayacucho S.R.L.	500
Yaurihui 7	Minera Ayacucho S.R.L.	1000
Yaurihui 8	Minera Ayacucho S.R.L.	1000
Jarahuarazo 129	Newmont Peru Limited	1000

Cuadro 1.2: Petitorios que cubren la zona del proyecto Incapacha

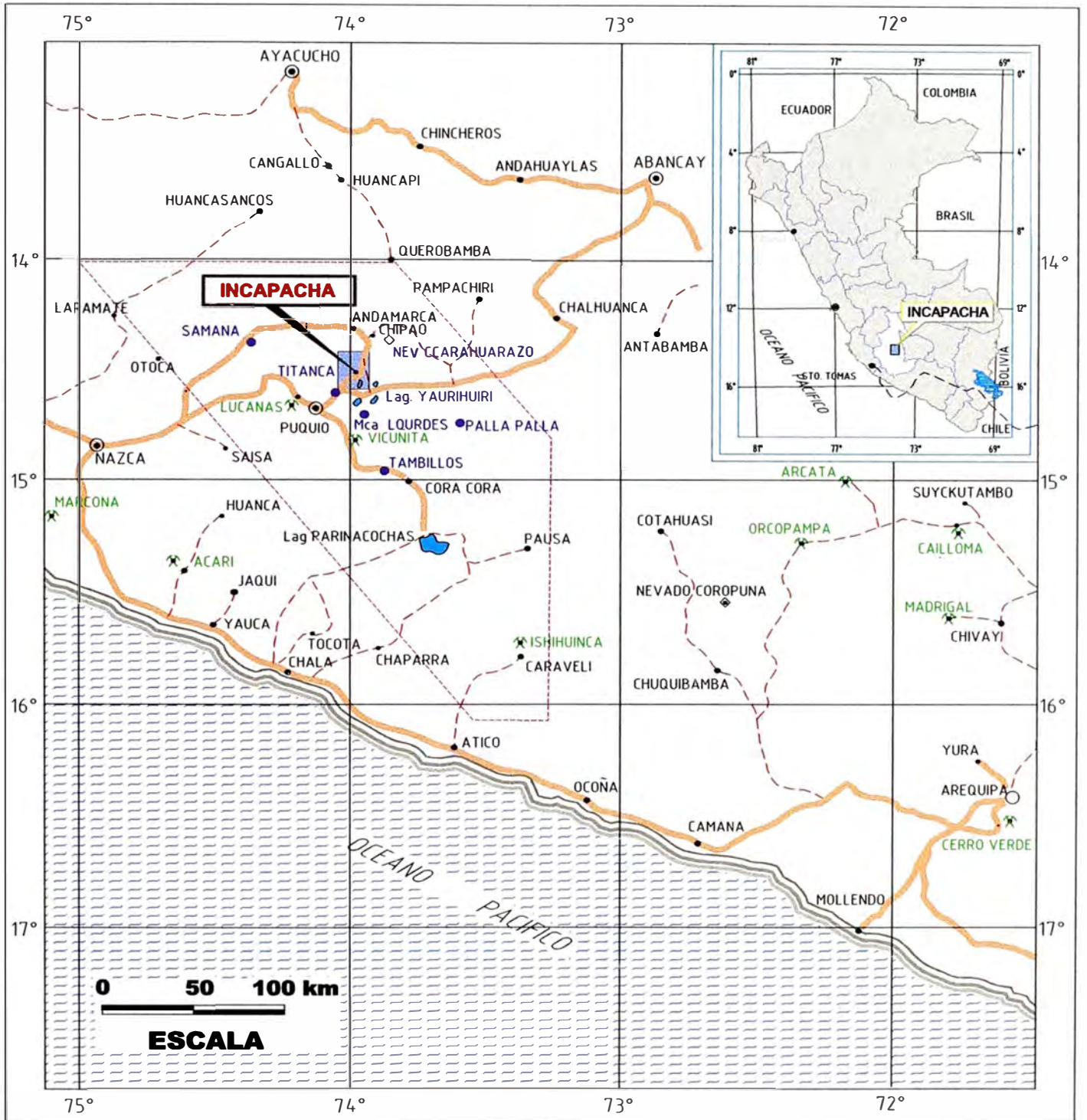


Figura 1.1: Plano de Ubicación del Proyecto Incapacha

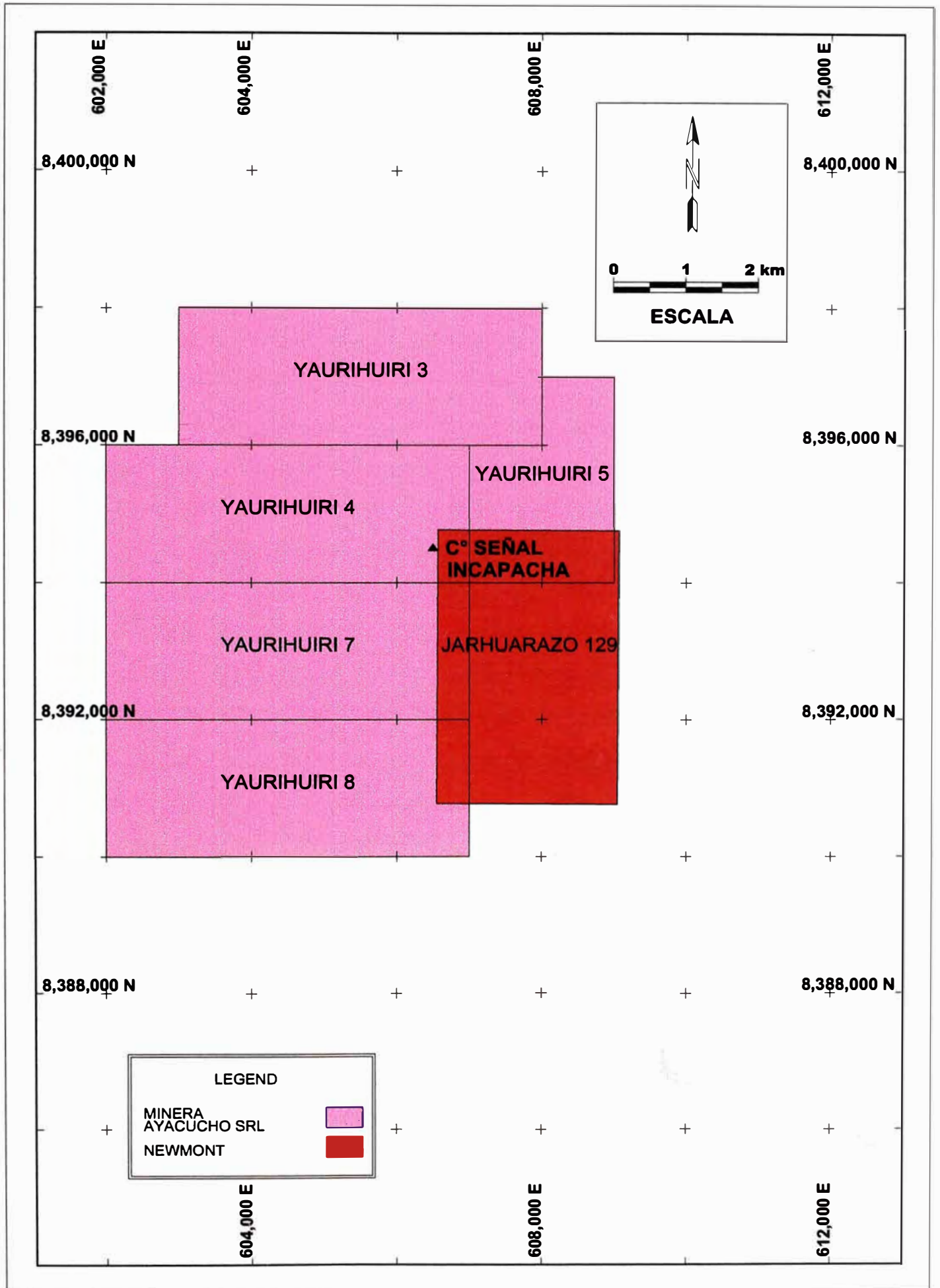


Figura 1.2: Plano de Petitorios del Proyecto Incapacha

1.4 ANTECEDENTES

La ubicación de petitorios por parte de Compañía de Minas Buenaventura S.A. en el área que comprende el proyecto Incapacha y alrededores, tuvo como base el estudio “*Fotointerpretación del Área Cora Cora-Laramate*” (PASTOR, 1994), en donde se identificaron y marcaron una serie de anomalías.

En setiembre de 1994, José Valdivia y Lidia Pastor realizaron una visita de campo con la finalidad de comprobar las anomalías identificadas con el estudio de fotointerpretación. En esta visita tomaron algunas muestras referenciales.

En junio de 1995, personal de la Compañía de Minas Buenaventura S.A. hizo un reconocimiento geológico y muestreo referencial en el sector comprendido entre el cerro Señal Incapacha y la laguna Yaurihuirí, recolectando 11 muestras de roca.

Entre el 12 de junio y 16 de julio de 1995, José Rodríguez y Carlos Montoya realizaron un reconocimiento geológico del área comprendida entre el cerro Señal Incapacha y la laguna Yaurihuirí. Se realizó un cartografiado geológico a escala 1/25,000 y fue complementado con un muestreo en malla 300 m x 400 m y 400 m x 50 m respectivamente, recolectando 164 muestras de roca en chip y canal.

Desde mediados de junio e inicios de julio de 1997, Carlos Bermúdez y Celso Palacios realizaron un cartografiado geológico incluyendo alteraciones y estructuras, a escala 1/10,000, del cerro Señal Incapacha y alrededores. Asimismo hicieron un muestreo complementario, recolectando 92 muestras de roca en chip, canal y selectivas.

Entre setiembre y diciembre de 1998, personal de Newmont Peru Limited, encabezado por el autor de ésta tesis, realizaron trabajos a escala 1/25000 y 1/5000, en el área comprendida entre cerro Señal Incapacha y Yaurihuirí. Se hizo mapeo litológico incluyendo alteraciones y estructuras, asimismo se hizo un muestreo referencial recolectándose 88 muestras de roca en chip, canal y selectivas, también se tomaron 160 muestras de suelos y 20 muestras de sedimentos en los alrededores del cerro Señal Incapacha.

Entre marzo y mayo de 1999 y posteriormente entre setiembre y diciembre del mismo año, en el proyecto Incapacha se efectuaron los siguientes trabajos: Mapeo litológico de detalle a escala 1/5000, incluyendo alteraciones y estructuras, muestreo de rocas y

estudio geofísico por el método de polarización inducida y resistividad.

Entre enero y octubre del año 2000, en el proyecto Incapacha se realizaron los siguientes trabajos: Estudio geofísico (segunda etapa) por el mismo método anterior, muestreo complementario de rocas por chip, canal y selectivas, construcción y muestreo de 7 trincheras, construcción de accesos y plataformas, y finalmente perforación diamantina.

1.5 OBJETIVOS Y ALCANCES DEL ESTUDIO

El presente trabajo no pretende describir simplemente los aspectos geológicos, geoquímicos y geofísicos encontrados en el proyecto Incapacha, muy por el contrario, nuestro objetivo principal es buscar parámetros que nos ayuden a generar un “*modelo geológico preliminar*” generalizado del yacimiento y correlacionarlo o compararlo con otros yacimientos.

Para lograr nuestro objetivo tomaremos en cuenta los siguientes aspectos:

- Interpretar la geología regional y local,
- Interpretar la tectónica y geología estructural regional y local,
- Ubicar y delimitar centros volcánicos (calderas y estratovolcanes),
- Ubicar y delimitar zonas con alteración hidrotermal, correlacionarlo con la tectónica y centros volcánicos,
- Clasificar petrográficamente las unidades litológicas que afloran en el proyecto,
- Detallar los ensambles de alteración que existen en el proyecto,
- Definir los eventos de alteración y mineralización y estudiar con detalle la mineralogía del yacimiento,
- Interpretar los valores geoquímicos tanto de superficie como de sondajes diamantinos, y
- Analizar el estudio geofísico realizado dentro del proyecto.

Para complementar el presente trabajo, tomaremos como referencia el “*Informe Final del Proyecto Incapacha*” (AMAMBAL ET. AL., 2000). Además, haremos estudios petrográficos de rocas frescas y alteradas y minerográficos de rocas alteradas con valores anómalos de oro.

1.6 METODOLOGÍA

Los trabajos de campo, gabinete y laboratorio se resumen de la siguiente manera:

Trabajos geológicos, los primeros trabajos de campo fueron de reconocimiento geológico regional utilizando planos de las Cartas Geográfica y Geológica Nacionales, a escala 1/100,000. Luego se hizo mapeo geológico regional a escala 1/25,000, utilizando base topográfica del Ministerio de Agricultura. Dentro del proyecto se hizo mapeo litológico, de alteraciones y estructuras, a escalas 1/10,000 y 1/5,000, utilizando base topográfica de restitución. También perfiles geológicos a escalas 1/5,000 y 1/1,000.

Prospección geoquímica, en la zona los primeros muestreos fueron de roca y referenciales. Dentro del proyecto se hicieron mallas geoquímicas para muestreo de rocas, luego muestreos selectivos, de suelos y sedimentos, y finalmente muestreo de trincheras. Las muestras fueron enviadas a diversos laboratorios y se analizaron por Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Sb, Hg, Mo y Bi.

Prospección geofísica, previamente con la ayuda de brújula y wincha se levantó 28 km de líneas y se estacó cada 50 m, luego personal de Minera Yanacocha S.R.L. hizo el levantamiento geofísico mediante el método de polarización inducida y resistividad.

Perforación diamantina, previa a está campaña se construyeron 15.15 km de accesos con un ancho promedio de 4 m y 14 plataformas con dimensiones de 10 m x 10 m. Se hicieron 9 sondajes diamantinos que en suma hacen 1185.15 m perforados. Para el logueo de los cores se ha tomado como base el formato y los términos que se usan en la Mina Yanacocha S.R.L. Las muestras de sondajes fueron analizadas por Au, Ag, Cu y Mo.

Estudios petrográficos y minerográficos, se han seleccionado 27 muestras de roca de superficie y 15 muestras de sondajes diamantinos, con los cuales se han preparado 42 secciones delgadas y 5 secciones pulidas. De las 27 muestras de superficie, 10 son de rocas frescas y 17 de rocas alteradas (algunas con valores anómalos de oro). Las 15 muestras correspondientes a sondajes se distribuyen de acuerdo al cuadro 1.3. El estudio fue hecho por el suscrito, en el Laboratorio de Mineralogía de la Universidad Nacional de Ingeniería.

Sondaje	IP-01	IP-02	IP-03	IP-04	IP-05	IP-06	IP-07	IP-08	IP-09
Nº Muestras	1	1	2	2	2	1	3	2	1

Cuadro 1.3: Muestras de sondajes diamantinos para estudio petrográfico y minerográfico

1.6 AGRADECIMIENTOS

En primer lugar quiero agradecer cordialmente al Señor Joseph Bartolino II, Gerente de Exploraciones de Newmont Peru Limited, por todas las facilidades brindadas para utilizar la información de la empresa y elaborar el presente trabajo. También agradezco al personal administrativo, logístico y técnico de dicha empresa, de ellos, una mención especial al estudiante de geología Antonio Cruz, por haberme apoyado desinteresadamente en la elaboración y edición de planos y fotos que se incluyen en este trabajo. Asimismo debo agradecer a cada uno de los geólogos que laboran en Newmont Peru Limited, una consideración muy especial a Rómulo Salirrosas por haberme transmitido sus conocimientos de sistemas e informática.

Por otro lado, agradezco al Dr. Humberto Chirif, Jefe del Laboratorio de Mineralogía de la Universidad Nacional de Ingeniería, por las facilidades dadas para usar la infraestructura y equipo de dicho laboratorio y por haberme asesorado en la elaboración de este trabajo. Asimismo un agradecimiento cordial al Dr. Rolando Carrascal por la tutoría de esta tesis.

Finalmente, debo agradecer a todos mis profesores, colegas y amigos, que de una u otra manera, me transmitieron sus conocimientos, una mención muy especial a los doctores César Cánepa y José Macharé, y al ingeniero Samuel Canchaya.

CAPÍTULO II: CARACTERÍSTICAS FISIOGRÁFICAS Y GEOLOGÍA REGIONAL

2.1 FISIOGRAFÍA

El área estudiada se ubica en el flanco oriental de la Cordillera Occidental y prácticamente en plena divisoria continental de aguas. Esta zona se caracteriza por presentar altas montañas con picos que se elevan por encima de los 4600 msnm y constituyen nevados permanentes o temporales.

La divisoria continental de aguas está representada morfológicamente por una superficie plana dentro de la que destacan cerros elevados, denominada “*interfluvio regional*” porque constituye una zona que separa las dos vertientes y que se encuentra en actual proceso de disección por los diferentes cursos de agua que allí se inician. Este proceso de disección de la planicie corresponde a un fenómeno de captura por las cabeceras de los ríos, relacionado con los cambios de niveles de base locales y regionales por ascenso de la cordillera.

Las mesetas altiplánicas que se han desarrollado entre los 4000 y 4500 msnm, cubiertas por una estepa de ichu y tola, en donde se inscriben valles subhorizontales amplios labrados por acción glacial, con testigos morrénicos laterales y frontales, y por las aguas de escurrimiento superficial provenientes de las áreas periglaciares y lagunas glaciares formadas durante el proceso de avance y retroceso de los glaciares. Durante el avance se exhondó la artesa por abrasión del hielo, y en el retroceso se colmó con agua proveniente del deshielo. Esta unidad corresponde a la llamada “*superficie puna*” descrita por MC LAUGHLIN (1924).

Los valles del área estudiada son principalmente altiplánicos los cuales gradan hacia los flancos a valles angostos y encañonados. Los valles altiplánicos nacen de lagunas o de zonas periglaciares, son amplios y abiertos, de poco fondo, en forma de “U”. Muchos de ellos son colgados por efecto de la glaciación pleistocénica, presentan depósitos morrénicos o fluvioglaciares. El agua subterránea en estos valles es superficial, del tipo hipodérmico y de volúmenes relativos que dependen de las formaciones geológicas subyacentes.

En la superficie peneplanizada a 4300 msnm, destacan una serie de conos volcánicos parcialmente erosionados, que alcanzan elevaciones de 300 m a 400 m y con 30° de pendiente en los flancos. Algunos conos son ligeramente alargados en dirección NW-SE y presentan mayor pendiente en el flanco W.

Los drenajes de ríos y quebradas que nacen en la zona de estudio son del tipo paralelo en las planicies y subparalelo dendrítico y convergente hacia las partes bajas. En los conos volcánicos el drenaje es característico y presenta diseño de avenamiento radial centrífugo (divergente).

El clima en la zona de estudio, como en la mayor parte de los andes peruanos, está caracterizado por la alternancia de una estación seca (abril-noviembre) y lluviosa (diciembre-marzo). La temperatura oscila entre 0° y 10°C, haciéndose aún más frío en los meses de junio-agosto, donde la temperatura desciende hasta -10°C. Las precipitaciones pluviales oscilan entre 100 y 500 mm por año, teniendo en cuenta que en los pisos más altos las precipitaciones son en forma de granizo y nieve.

2.2 ESTRATIGRAFÍA

En la zona de estudio y alrededores afloran principalmente unidades volcánicas de carácter efusivo y explosivo correspondientes a la formación Caudalosa y grupo Barroso (ASOCIACIÓN LAGESA-C.F.G.S., 1996; CASTILLO ET. AL., 1993; MONTOYA ET. AL., 1994). Estas unidades volcánicas se encuentran formando estratovolcanes y estructuras circulares (calderas). La actividad magmática está directamente relacionada a centros volcánicos y vulcanismo fisural profundo. Ver figura 2.1 y anexos.

2.2.1 Formación Caudalosa (Mioceno superior-Plioceno inferior)

Litológicamente se compone de una alternancia de tobas riolíticas a dacíticas soldadas (ignimbritas), lapillíticas, cineríticas y brechas con fragmentos líticos de diámetros variados. En la base es común ver aglomerados y brechas donde los clastos llegan a medir normalmente hasta 30 cm y ocasionalmente pasan de 50 cm. Las capas que buzan al W y NW con bajo ángulo, presentan disyunción esferoidal y una estratificación delgada no muy evidente. El color de las rocas es gris con tonalidades que varían desde rosáceos, pardo

amarillentos, y rojizos. Macroscópicamente se puede distinguir cuarzo, feldespatos potásicos, plagioclasas y biotita.

Estructuralmente, las rocas se presentan en bancos subhorizontales acomodados a paleorelieves y tienen una morfología con perfiles ondulados. El espesor de esta formación puede pasar los 300 m, en los lugares más representativos.

Esta formación sobreyace con ligera discordancia angular a los grupos Tacaza y Nazca y a la formación Puquio e infrayace a la formación Senca y grupo Barroso. Dataciones radiométricas hechas a rocas de esta formación, dan 13.9 millones de años (NOBLE, 1979).

Por su naturaleza, la formación Caudalosa sugiere la presencia de un vulcanismo explosivo relacionado a centros volcánicos ó a vulcanismo fisural profundo.

2.2.2 Grupo Barroso(Plioceno-Pleistoceno)

Litológicamente se compone de lavas andesíticas a traquiandesíticas porfiríticas y afaníticas con colores que varían desde gris, gris oscuro, gris violáceo y pardo oscuro. Entre los minerales destacan fenocristales de plagioclasas y máficos inmersos en una matriz afanítica. Presentan estructuras de flujo debido a la alineación de elementos de trama y asimismo texturas vesiculares, por otro lado, es común observar disyunciones en lajas y columnares. Alternados con los flujos lávicos se observa frentes y capas de autobrechas, niveles delgados de flujos piroclásticos, escorias, cenizas y derrames dacíticos con autobrechas.

Las unidades rocosas de este grupo forman relieves escarpados que sobrepasan los 4500 msnm, con paredes verticales y perfiles angulosos, aunque la morfología se halla parcialmente desmantelada por la acción glaciaria, aún es posible identificar sus geoformas de estratovolcanes que están ampliamente distribuidos en este sector. En el extremo NE del cuadrángulo de Puquio, los edificios volcánicos del grupo Barroso son en esencia producto de emisiones centrales (caldera Incapacha-Yaurihuirí), mientras que en el extremo SE del mismo cuadrángulo, las acumulaciones volcánicas de éste grupo no son tan conspicuas, correspondiendo la mayor parte de ellas a derrames de llanura asociados a pequeños estratovolcanes.

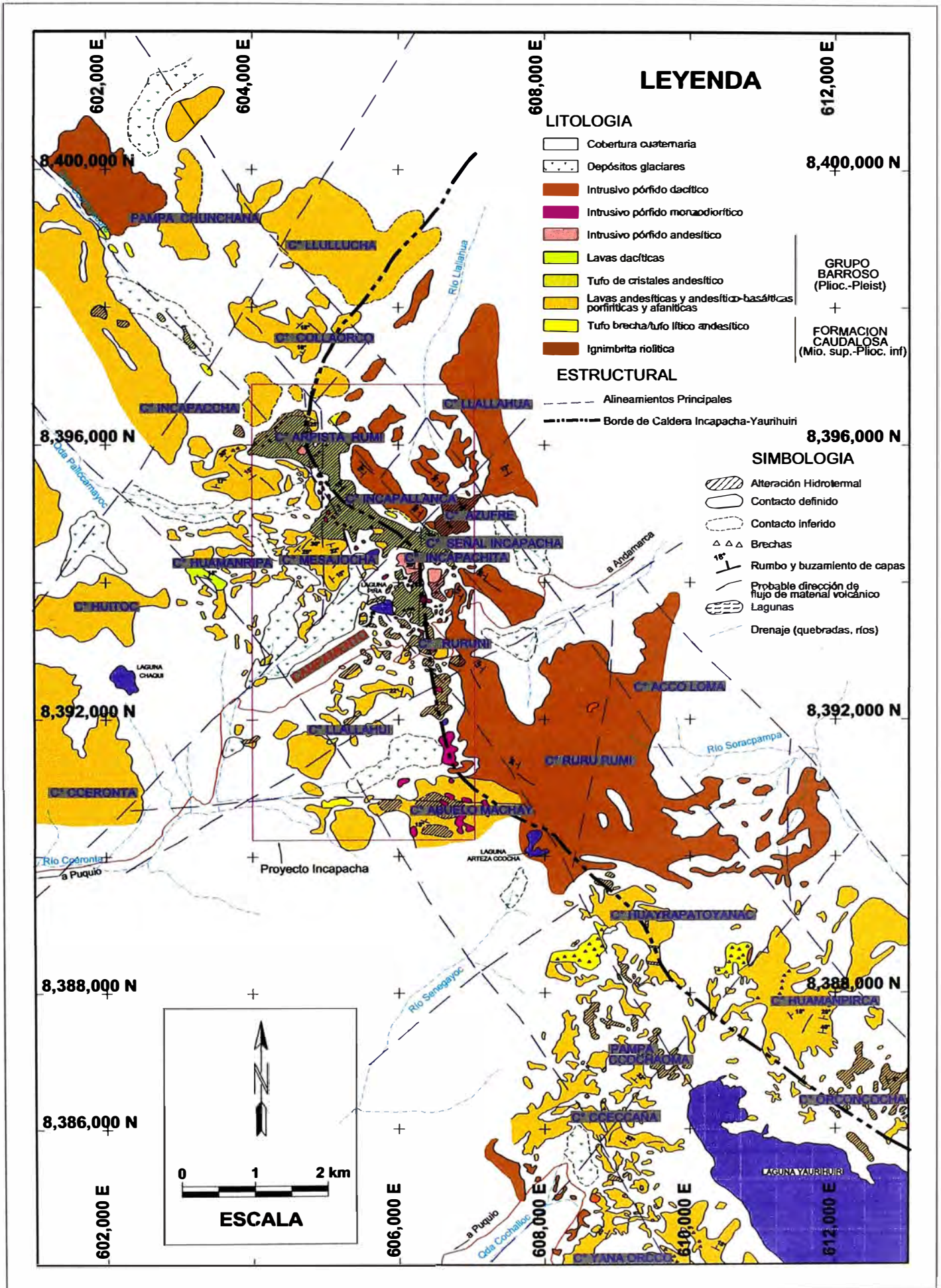


Figura 2.1: Plano Geológico Regional del Proyecto Incapacha

2.2.3 Depósitos cuaternarios

Durante el cuaternario la región estuvo sometida a intensos fenómenos de degradación y agradación, actuando como agentes modificadores de la superficie el intemperismo y el agua, bajo dominio de determinadas condiciones climáticas. Esto dio lugar a la formación de depósitos morrénicos, fluvioglaciares, coluviales y aluviales, los cuales son relativamente escasos y se encuentran sólo en algunos sectores del área estudiada, asociados a la superficie prominente del grupo Barroso. Por lo general, al pie de circos glaciares en las cabeceras de quebradas.

Los depósitos morrénicos se encuentran pobremente preservados, sólo se tiene pequeñas morrenas laterales y frontales que constituyen diques naturales para las lagunas que existen en el área, se componen de depósitos tillíticos, consistentes en fragmentos angulosos de rocas provenientes principalmente del grupo Barroso, con tamaños de hasta bloques en una matriz escasa y fina limo-arcillosa.

Los depósitos fluvioglaciares los ubicamos en las mismas áreas de los depósitos morrénicos, restringiéndose al fondo ó al cauce de pequeños valles en U que nacen en los circos glaciares.

Los depósitos coluviales se depositan en las laderas de los valles y quebradas como producto de la meteorización, erosión y mínimo transporte hacia los canales principales.

Los depósitos aluviales están conformados por material transportado por la corriente de los ríos, flujo de agua y corrientes laminares producto de precipitaciones pluviales.

2.3 INTRUSIVOS

Los cuerpos intrusivos están muy restringidos en la zona de estudio. Afloran a manera de pequeños stocks o como diques, en los cerros Yana Orcco, Abuelo Machay, Señal Incapacha, Incapallanca y Arpista Rumi. Presentan textura porfirítica y composición variable, así se tiene intrusivos pórfido andesíticos, pórfido monzodioríticos y pórfido dacíticos. Debido a que éstos cortan a todas las secuencias que afloran en el área, suponemos que el emplazamiento se produjo durante el Plioceno superior o Pleistoceno. Ver figura 2.1.

2.4 TECTÓNICA Y GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Se tiene un principal corredor estructural de carácter regional con dirección NW-SE (paralelo a la dirección Andina), posiblemente formado por fallas profundas del tipo transcurrente de deformación cortical y propias de la Fase Peruana (Cretáceo superior) y más adelante retomada por la Fase Inca (Eoceno inferior-Oligoceno medio). Ver figura 2.3.

También se observan alineamientos menores con direcciones NE-SW y N-S que corresponderían a las Fases Quechua 1 (Oligoceno-Mioceno) y Quechua 2 (Mioceno superior) respectivamente.

Finalmente, tenemos estructuras de dimensión local con direcciones que fluctúan desde N50°-70°E a E-W y que podrían corresponder a la Fase Quechua 3 (Mioceno-Plioceno), ya que afectan a las unidades litológicas de la formación Caudalosa y grupo Barroso.

2.5 ESTRUCTURAS VOLCÁNICAS

Teniendo en cuenta las imágenes de satélite y los centros volcánicos ubicados por el INGEMMET (FIDEL ET. AL., 1997), en la región se puede observar estructuras volcánicas circulares (calderas Lucanas e Incapacha-Yaurihuri) y estratovolcanes (Palla Palla, Ccarahuarazo, Huisco y Osconta). Dichas estructuras están controladas y/o limitadas por alineamientos mayores (corredor estructural) NW-SE y por alineamientos menores NE-SW, observándose que estos últimos cortan a las estructuras volcánicas. Ver figura 2.3.

La caldera Incapacha-Yaurihuri tiene un radio aproximado de 15 km y está limitada al W por los cerros Llallucha, Collaorco, Arpista Rumi, Incapallanca, Señal Incapacha, Ruruni, Abuelo Machay, Huayrapatoyanac, Huamanpirca y Orconcocha, así como la Laguna Yaurihuri.

Los estratovolcanes son estructuras de menor dimensión. Así tenemos que, Palla Palla tiene un radio de 8 km, Ccarahuarazo 10 km, Huisco 7 km y Osconta 3.5 km respectivamente. Ver figuras 2.2 y 2.3.

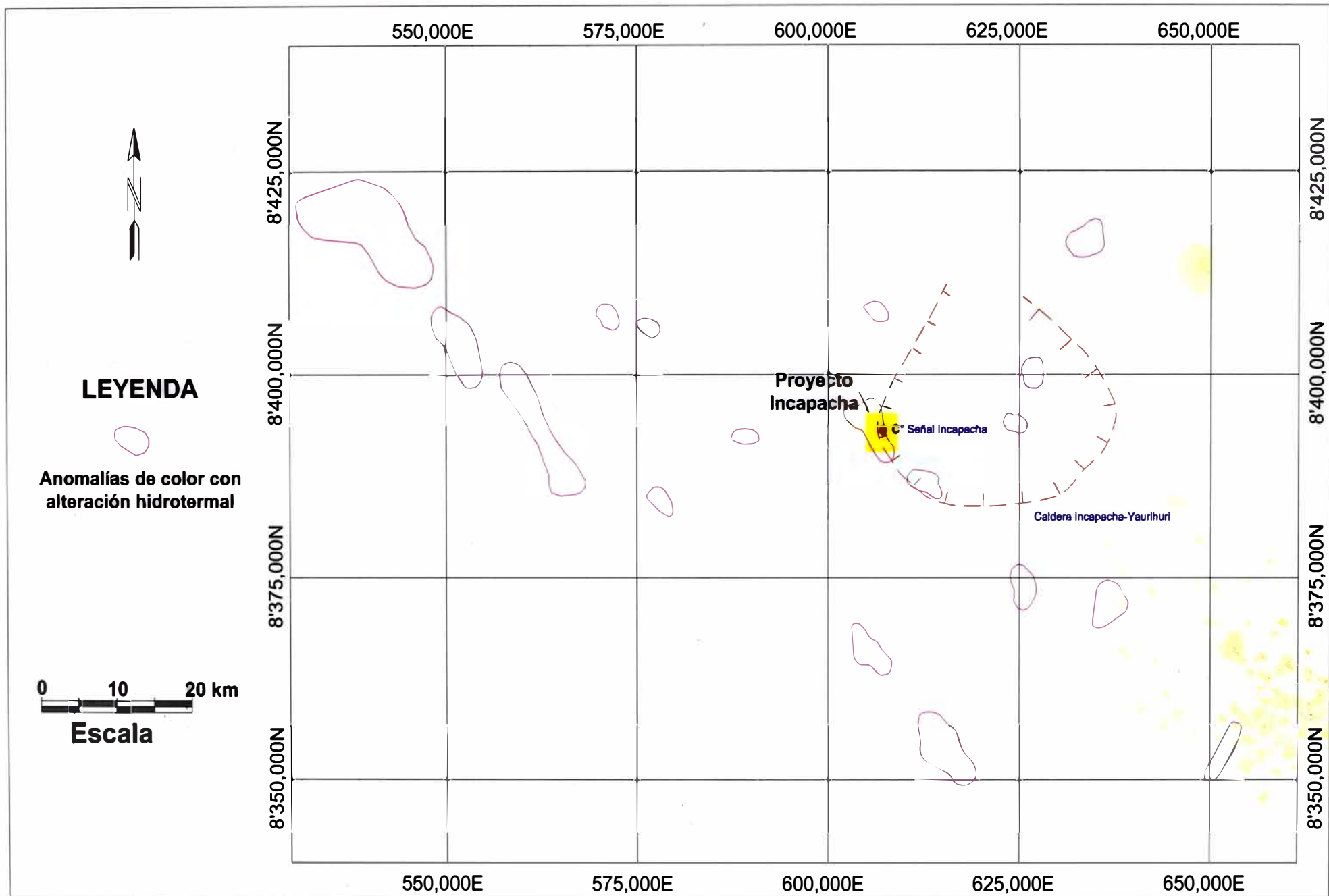


Figura 2.4: Ubicación de anomalías mediante imágenes de satélite

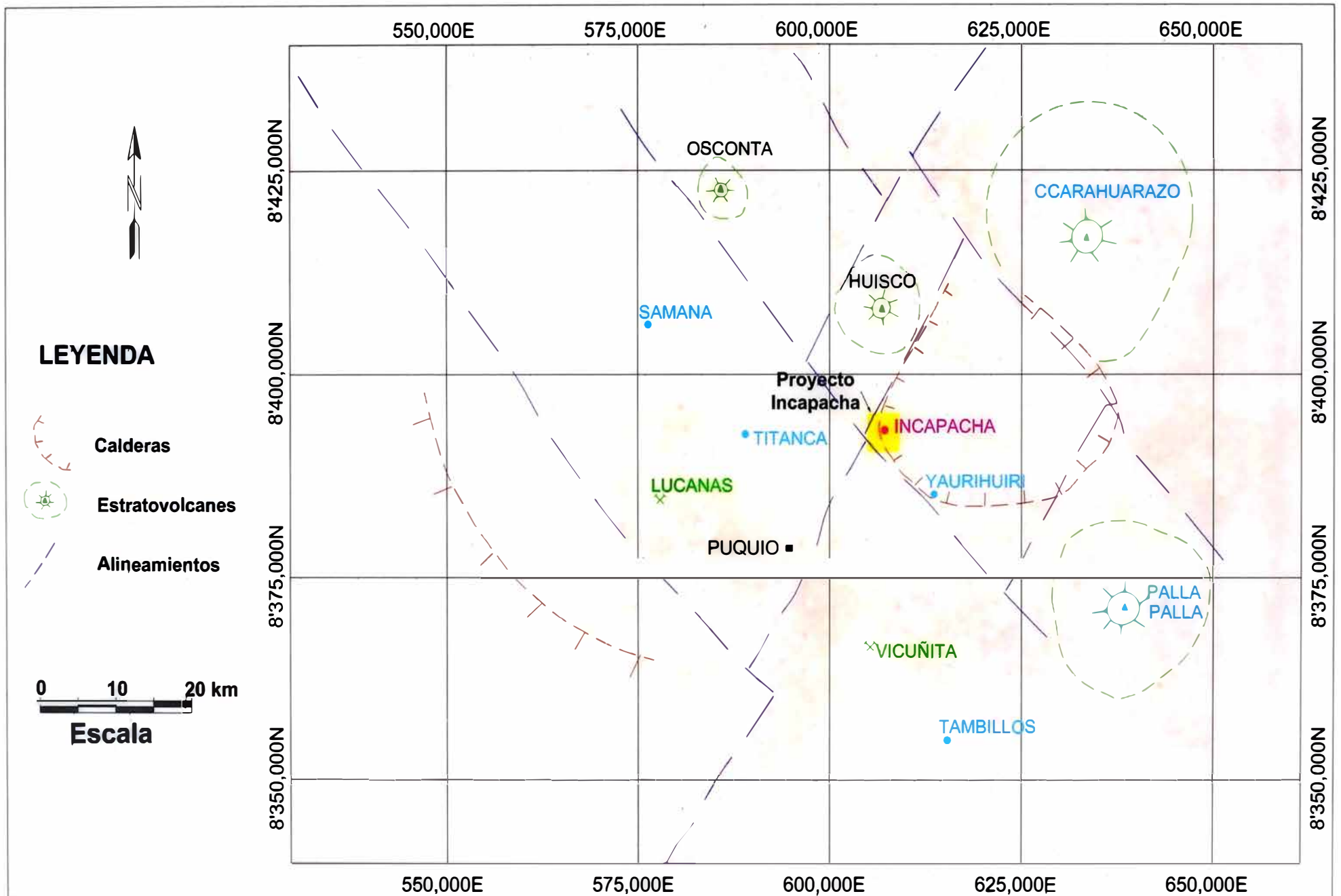


Figura 2.3: Ubicación de centros volcánicos mediante imágenes de satélite

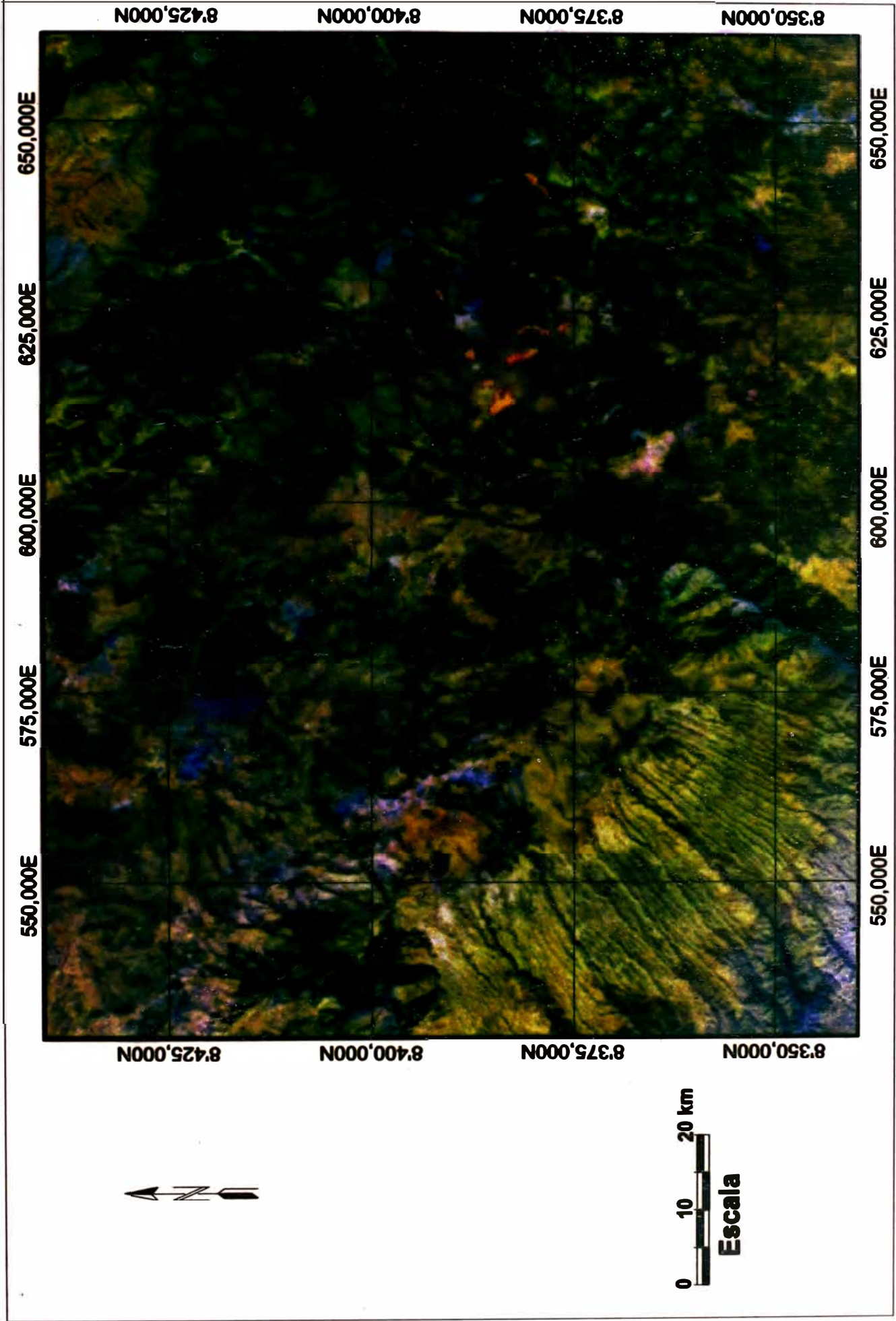


Figura 2.2: Imagenes de satélite

2.6 ALTERACIONES

Las anomalías de color identificadas mediante imágenes de satélite y comprobadas en el campo, principalmente corresponden a zonas con alteración hidrotermal, las cuales están controladas por alineamientos regionales con dirección preferencial NW-SE y NE-SW y relacionadas a estructuras volcánicas (calderas y estratovolcanes).

Así tenemos que las alteraciones existentes en los cerros Orconcocha, Yana Orcco, Itaniyayoc, Huyrapatoyanac, Abuelo Machay, Ruruni, Señal Incapacha, Incapallanca y Arpista Rumi, están controladas por el corredor estructural NW-SE, limitadas por el borde de la caldera Incapacha-Yaurihui y genéticamente relacionadas con ésta.

También tenemos alteraciones dentro de la caldera Lucanas, en los estratovolcanes Palla Palla, Ccarahuarazo y Huisco, y en otras zonas. Ver figura 2.4.

2.7 CONTEXTO METALOGENÉTICO REGIONAL

Los principales depósitos metálicos de la región, a parte del proyecto Incapacha, son San Juan de Lucanas, Vicuña, Palla Palla, Ccarahuarazo, prospectos Mónica Lourdes, Tambillos, Samana y Titanca. En la figura 1.1 se puede observar la ubicación de ellos.

Mina San Juan de Lucanas, se ubica al SW y a 25 km en línea recta del proyecto Incapacha, es un yacimiento epitermal argentífero vetiforme emplazado en secuencias vulcanoclásticas de la formación Puquio y que tardíamente han sido intruídas por diques y stocks andesíticos. La dirección de las vetas es N-S y NE-SW, los minerales de mena son argentita, polibasita, pirargirita, esfalerita, tetraedrita, tennantita, calcopirita, galena, enargita y pearceita, y los minerales de ganga son pirita, cuarzo, hematita, calcita, baritina, yeso y limonitas. Actualmente esta paralizada.

Mina Vicuña, se ubica al S y a 31 km en línea recta del proyecto Incapacha, es un yacimiento vetiforme de oro, emplazado en los volcánicos Tacaza y en intrusivos andesíticos. Las vetas son angostas y se componen de cuarzo lechoso fracturado, pirita diseminada y oro nativo relleno de fracturas. Actualmente es trabajado por informales.

Mina Palla Palla, se ubica al SE y a 40 km en línea recta del proyecto Incapacha, es un yacimiento epitermal de plata de alta sulfuración, relacionado a un sistema volcánico

efusivo. La mineralización se emplaza formando cuerpos tabulares dentro de lavas andesíticas-riolíticas y tufos brecha perteneciente a los volcánicos Tacaza y Barroso, entre los minerales metálicos tenemos: platas rojas, plata nativa, acantita, enargita, esfalerita, bourmonita, pirrotita y magnetita. La matriz de los cuerpos esta formado por sílice “vuggy” y sílice-alunita. Esta mina pertenece a Compañía Minera Caudalosa S.A. y actualmente se encuentra en estudio (INCA ET. AL., 2000).

Yacimiento Ccarahuarazo, se ubica al NE y a 35 km en línea recta del proyecto Incapacha y se localiza en la parte central de un estrato volcán. La secuencia volcánica se compone de lavas, tufos líticos y tufos brecha andesíticos, intruídos por domos dacíticos y stocks andesíticos. El yacimiento está clasificado como epitermal de alta sulfuración relacionado a crestones y vetas con valores de oro. Se tiene dos tipos de anomalías, la primera relacionada a sulfuros (enargita y pirita) y la segunda baritina-oro formando vetas y brechas con zonas de bonanza. Las alteraciones hidrotermales existentes son silicificación y argílica avanzada que grada lateralmente a argílica y propilítica (PAZ ET. AL., 2000).

Prospectos Mónica Lourdes y Tambillos, se ubican al S-SE del proyecto Incapacha. El primero es de Cu, Ag y Au, posiblemente relacionado a un sistema tipo pórfido, mientras que el segundo es epitermal de alta sulfuración con anomalías de oro. Ambos han sido estudiados por North Compañía Minera S.A. (GUEVARA ET. AL., 2000).

Prospectos Samana y Titanca, se ubican al NW y W del proyecto Incapacha, presentan anomalías del oro. Ambos fueron trabajados por Newmont Peru Limited.

Adicionalmente se tiene algunas fuentes de agua termal, así tenemos:

Baños Cceronta, se encuentran al SW y a 7 km en línea recta del proyecto Incapacha. Se trata de aguas termales provenientes del substrato volcánico a través de fisuras. Son aguas incoloras con cierto olor a azufre, ligeramente salobres y ricas en carbonatos. La temperatura de las aguas llega hasta 50°C, forman capas o costras concéntricas de travertino, a veces en los espacios libres se forma drusas de calcita. Son consideradas aguas medicinales por los pobladores del lugar, quienes lo usan con frecuencia.

Otras fuentes termales poco conocidas se ubican a 5 km al NW y a 5 km al SE del proyecto Incapacha, fueron ubicadas por el suscrito, cuando se hizo reconocimiento de campo.

SEGUNDA PARTE:

CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS

DEL PROYECTO

CAPÍTULO III: GEOLOGÍA Y PETROGRAFÍA

3.1 ASPECTOS GEOLÓGICOS

3.1.1 LITOLOGÍA

En este capítulo trataremos con detalle las unidades litológicas diferenciadas en el proyecto Incapacha, las cuales se ubican siguiendo el orden geocronológico. En la base tenemos secuencias piroclásticas riolíticas y andesíticas, seguida de flujos lávicos andesíticos y sobreyacida por depósitos piroclásticos. Todas las secuencias antes mencionadas son cortadas por intrusivos pórfido andesíticos y posteriormente por intrusivos pórfido monzodioríticos. Finalmente, el conjunto es atravesado por cuerpos y diques de brecha freática-freatomagmática. En la figura 3.2 se detalla la litología del proyecto.

3.1.1.1 Ignimbrita riolítica

Aflora de manera continuada al E del proyecto (cerros Ruru Rumi, Ruruni, Señal Incapacha, Azufre, Llallahua, Arpista Rumi y Collaorco). Las rocas son de color gris claro con tonalidades rosadas y pardo rojizas, se componen de abundantes fragmentos líticos accidentales de andesita afanítica parda, andesita porfirítica verdosa, algunos líticos accesorios de cuarcita, líticos cognatos o juveniles de pómez; fragmentos de cristales y cristales de feldespatos, cuarzo, biotita y máficos. Hacia el tope aumenta el contenido de líticos accidentales y disminuye los fragmentos juveniles. Presenta textura eutaxítica en los lugares donde tiene moderado soldamiento, que es reconocido en el campo porque los afloramientos son de bajorrelieve y tienen fracturamiento en lajas, existen otras zonas con recristalización moderada que da origen a una erosión esferoidal y una topografía de alto relieve. El rumbo de las capas es de N10°-40°E y con ángulos de buzamiento al W menor a 30°, la estratificación es más evidente en las ignimbritas soldadas. Ver párrafo 3.2, mosaico 3.1 (muestra 1) y anexos.

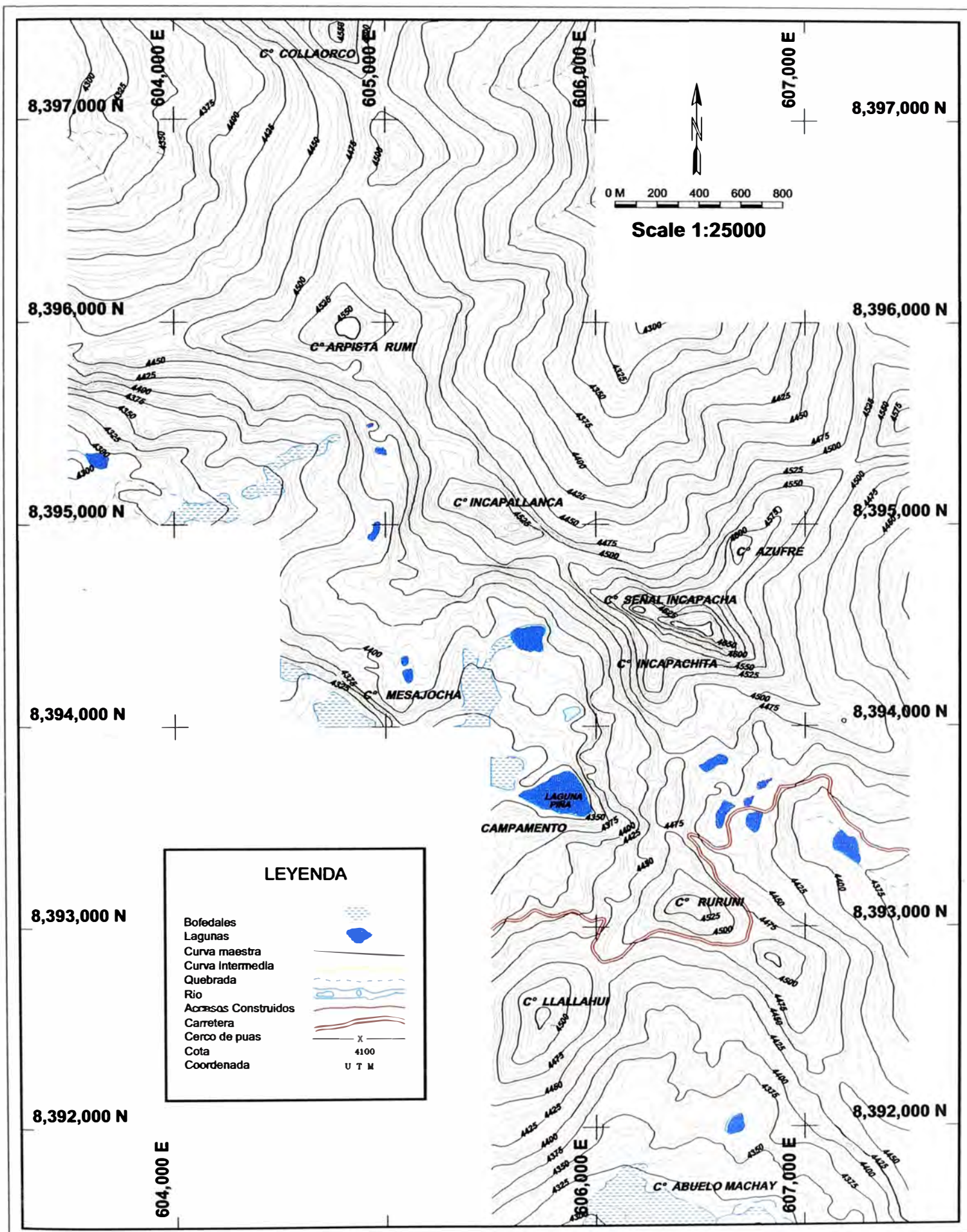


Figura 3.1: Plano Topográfico del Proyecto Incapacha

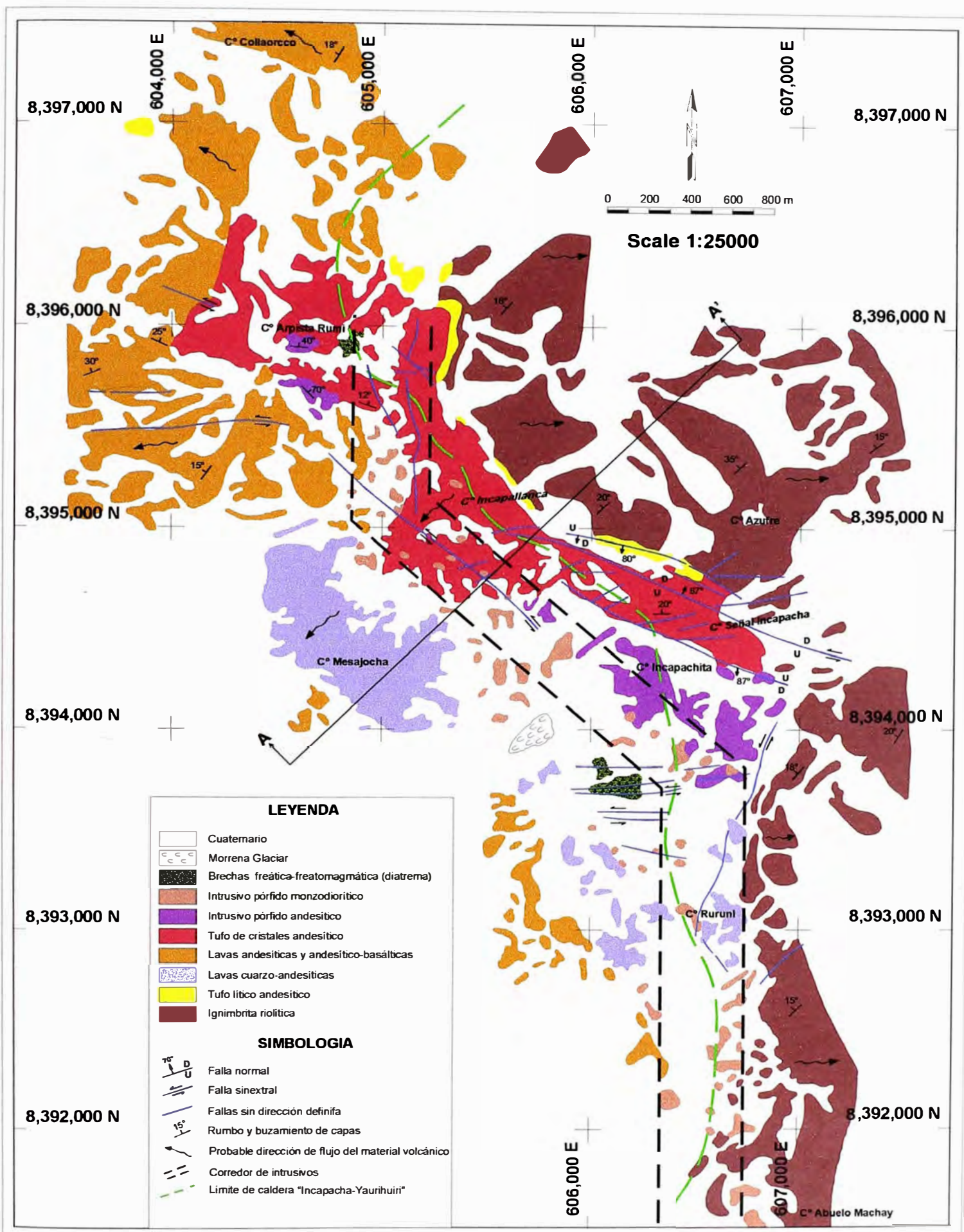


Figura 3.2: Plano Geológico del Proyecto Incapacha

Esta unidad viene a constituirse en el basamento de todas las secuencias que afloran en el proyecto Incapacha, por otro lado, se postula que su origen se relaciona directamente a la caldera Incapacha-Yaurihuirí (ignimbritas intracaldera). Esta secuencia posiblemente corresponda a la formación Caudalosa (ASOCIACIÓN LAGESA-C.F.G.S., 1996; CASTILLO ET. AL., 1993; MONTOYA ET. AL., 1994).

3.1.1.2 Tufo lítico andesítico

Aflora de manera aislada al E de los cerros Señal Incapacha e Incapallanca y al E y N del cerro Arpista Rumi. En los lugares que se ha observado se halla sobreyaciendo a las ignimbritas riolíticas e infrayaciendo a lavas y tufo andesíticos. Es de color gris claro con tono verdoso, presenta fragmentos líticos de andesitas, dacitas y otras rocas. La matriz presenta variación textural, así tenemos que es afanítica (tufo de cenizas) en la base y porfírica en el centro y hacia el tope; por partes el contenido y tamaño de líticos aumenta considerablemente. Ver párrafo 3.2, mosaico 7.1 (muestra 28) y anexos. Esta unidad debe ser el tope de la formación Caudalosa (Mioceno superior-Plioceno inferior).

3.1.1.3 Lavas cuarzo-andesíticas

Afloran en los cerros Ruruni y Mesajocha, son de color gris claro con tono verdoso y débilmente parduscos, presentan textura porfírica. Se componen de fenocristales de feldespatos y máficos (anfíboles, biotita, otros), la matriz verdosa es afanítica. Asimismo presenta disseminaciones de piritita y es ligeramente magnética. Ver párrafo 3.2, mosaico 3.1 (muestra 4) y anexos.

El rumbo promedio de las capas es E-W y tienen buzamientos dirigidos al S con ángulos menores a 30°. Estos flujos de lava aparentan ser flujos dómicos.

3.1.1.4 Lavas andesíticas y andesítico-basálticas

Afloran en los cerros Abuelo Machay, Llallahui, SW Mesajocha, Arpista Rumi y Collaorco. En los afloramientos que se ubican en los cerros Arpista Rumi y Collaorco se puede apreciar niveles de flujos de autobrecha (“carapace breccia”) intercalados con flujos lávicos,

asimismo en éstos sectores las lavas son más básicas (andesitas basálticas). Se presentan en estratos delgados menores a 1 m y en otros casos en bancos gruesos que sobrepasan los 10 m. Las capas tienen rumbo muy variado, así tenemos: N20-30°E, buzando al NW con ángulos menores a 25°; N60-80°E, buzando al SE con ángulos menores a 30° y N70-80°W, buzando al N con ángulo menor a 25°. Presentan colores variados que van desde gris oscuro a gris pardusco, son de textura porfirítica de grano medio variando a grueso en algunos sectores, la matriz es afanítica. Se componen de fenocristales de feldespatos y máficos (anfíboles, biotita, piroxenos), dentro de la matriz oscura se observa diseminaciones de magnetita y pirita. Ver párrafo 3.2, mosaico 3.2 (muestras 5, 6 y 7) y anexos.

3.1.1.5 Tufo de cristales andesítico

Aflora en los cerros Señal Incapacha, Incapallanca y Arpista Rumi, asimismo han sido cortados por los sondajes diamantinos. Se compone de fragmentos de cristales y cristales de feldespatos y máficos (anfíboles, biotita) dentro de una matriz afanítica, presenta fragmentos líticos andesíticos porfiríticos y afaníticos, en porcentajes y tamaños variables, así tenemos que en el nivel inferior los fragmentos abundan y son de mayor tamaño, en el nivel medio disminuye la cantidad y el tamaño de los mismos, mientras que en el nivel superior los fragmentos son pequeños y escasos, asimismo en éste último nivel, el tufo de cristales gradúa a un tufo de cenizas al tope de la secuencia piroclástica. En el nivel inferior y medio son comunes las autobrechas (brechas de flujo) generadas por el colapso de la columna piroclástica (CAS & WRIGHT, 1998), mientras que en la secuencia superior presenta flujo finamente bandeado y contorneado, este último es muy evidente en el cerro Arpista Rumi. La secuencia superior se compone de pequeños fragmentos de cristales de feldespatos, anfíboles, algunos fragmentos de cuarzo, escasa biotita, fragmentos de vidrio, pómez y algunos líticos. Ver párrafo 3.2, mosaico 4.1 (muestra 13), 4.2 (18), 7.1 (31), 7.2 (33 y 34), 7.3 (36 y 38) y 7.4 (39), y anexos.

3.1.1.6 Intrusivo pórfido andesítico

Aflora a manera de stocks en los cerros Señal Incapacha, Incapachita y Arpista Rumi, además, ha sido cortado por el sondaje IP-02. Presenta textura de flujo (“flow banding”)

bien marcada, la dirección de los flujos es N60-70°W, buzando al N con ángulos mayores a 50° y E-W con buzamiento al N con ángulos menores a 40°. La presencia de los “flows banding” nos da indicios que los cuerpos han tenido movimiento y posiblemente se hayan emplazado a través de fisuras por el borde de la caldera y genéticamente estarían relacionados a cuerpos dómicos (criptodomas). Es posible que el núcleo de los cerros Señal Incapacha y Arpista Rumi estén conformados por dichos domos (MCPHIE, DOYLE & ALLEN, 1993). Las rocas son de color gris con tinte verdoso y pardo oscuro, presenta textura porfirítica de grano medio, se compone de fenocristales prismáticos de feldespatos (plagioclasas) y máficos (anfíboles, biotita) dentro de matriz afanítica con disseminaciones de magnetita y pirita. Ver párrafo 3.2, mosaico 3.1 (muestras 2 y 3) y 3.3 (10) y anexos.

3.1.1.7 Intrusivo pórfido monzodiorítico

Es el cuerpo intrusivo con mayor distribución longitudinal en el proyecto, aflora a manera de pequeños stocks y diques, lo encontramos desde el cerro Abuelo Machay por el S hasta el cerro Incapallanca por el N. Gran parte de los afloramientos que se han mapeado se alinean en dirección N-S y NW-SE, a que hemos denominado “*corredor de intrusivos*”. En la periferie de los stocks es muy común encontrar brechas primarias (autobrechas) y abundantes fragmentos de rocas preexistentes, tales como andesitas, tufos líticos, ignimbritas riolíticas y cuarcitas, además, fragmentos silicificados. Ha sido interceptado por los sondajes IP-05, IP-07 y IP-08, en el sondaje IP-08 se observa que cuando se pone en contacto con el tufo de cristales se origina un cuerpo de brecha freatomagmática (diatrema). Esta roca corta o engloba a todas las secuencias descritas anteriormente y es cortado por canales de brecha freática-freatomagmática. Las rocas son de color gris claro a gris oscuro, a veces con tinte verdoso, se caracteriza por presentar textura porfirítica con variación en el tamaño de los fenocristales (pueden medir hasta 1 cm), en algunos sectores es de grano grueso (textura porfirítica gruesa), cerca al contacto con las rocas encajonantes es de grano medio y en la parte central de los afloramientos la textura grada a fanerítica. Se compone de fenocristales de plagioclasas, feldespatos potásicos, biotita y máficos. La matriz es afanítica, es de color verdoso, presenta puntos de magnetita y pirita y por sectores es común encontrar vesículas, algunas de las cuales están rellenas por drusas de cuarzo y otras por zeolitas con agregados radiales. Ver párrafo 3.2, mosaico 3.3 (muestra 9) y 7.5 (41) y anexos.

3.1.1.8 Diatrema (brechas freática-freatomagmáticas)

Se ha encontrado dos cuerpos principales de brechas, el primero ubicado al E de la laguna Piña y el segundo en el cerro Arpista Rumi. Asimismo tenemos una serie de canales de brecha distribuidos en toda el área.

Brecha “Laguna Piña”, se trata de un cuerpo cuyas dimensiones son de 150 m x 250 m, elongado en dirección E-W. Está compuesto por fragmentos subredondeados de sílice masiva y sílice “vuggy” y matriz de sílice granular. Además, pigmentos de óxidos (limonitas) en algunos sectores. El tamaño de los fragmentos es variado, así tenemos que los más grandes llegan a medir hasta 40 cm, mientras que los más pequeños son menores a 1 cm. Dentro del cuerpo de brecha se ha encontrado un sector con flujo bandeado y presenta niveles alternados de grano grueso y fino, además, tiene laminación cruzada, se trataría de un “**base surge**”*

Como sabemos los “*base surge*” están directamente relacionados a erupciones freáticas y freatomagmáticas con migración de magmas silíceos tardíos, y también son indicadores de la cercanía o proximidad del centro volcánico que aportó el material piroclástico (CAS & WRIGHT, 1998). Para nuestro caso se relacionaría directamente con la caldera Incapacha-Yaurihuirí, y como se encuentra sobreyaciendo a las lavas andesíticas, suponemos que se originó antes de los flujos piroclásticos andesíticos (tufo de cristales).

Brecha “cerro Arpista Rumi”, en superficie tiene dimensiones de 100 m x 100 m. Se compone de fragmentos de sílice masiva, sílice “vuggy” y sílice granular (algunos con textura laminada) y matriz de sílice granular. Tanto los fragmentos como la matriz se pigmentan de limonitas. Este cuerpo de brecha ha sido cortado por el sondaje IP-03, lo que nos demuestra que la brecha profundiza.

La presencia de fragmentos laminados son indicios de que, aquí también se originó un “*base surge*” y que fue afectado por el evento de brechamiento.

También existen abundantes **canales de brecha freática y freatomagmática** que atraviesan todas las secuencias volcánicas existen en el proyecto. Son de espesores variados, pero menores a 2 m, por lo general tienen sólo algunas decenas de centímetros. La mayoría de los canales no llegan a las partes altas de los afloramientos, debido a que se ramifican,

*Ver anexos.

adelgazan o simplemente encuentran zonas desfavorables para atravesarlos (en estos casos forman “bolsonadas”).

Por otro lado, los sondajes diamantinos IP-03, IP-05, IP-07 y IP-08 han cortado canales de brecha freatomagmática, observándose que dichos canales cortan al tufo de cristales y al intrusivo pórfido monzodiorítico. Demostrándose de esta manera que son de eventos posteriores al intrusivo. Ver mosaico 4.3 (muestra 19), 4.4 (25) y 7.4 (40).

Los cuerpos de brecha y que desde nuestro punto de vista son las partes altas de una **diatrema** **, son cuerpos más o menos cilíndricos (“pipes”) que gradan verticalmente desde la parte alta con brecha freática, en la zona intermedia con brecha freatomagmática y a profundidad brecha magmática.

Finalmente, debemos indicar que ocasionalmente se han encontrado en los cerros Incapallanca y Señal Incapacha, canales o diques muy delgados de “**tufisita**”** genéticamente relacionadas a las brechas freática-freatomagmáticas. Estos se componen de fragmentos de sílice masiva y sílice “vuggy” y abundante matriz de sílice granular deleznable; el tamaño de los fragmentos es menor a 3 cm y presentan formas redondeadas.

Las brechas freáticas y freatomagmáticas parecen ser el último evento magmático que ha ocurrido en este sector. Prueba de ello es que cortan a todas las rocas existentes en el proyecto Incapacha.

3.1.2 TECTÓNICA Y GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La zona del proyecto Incapacha está controlado por alineamientos mayores de dirección NW-SE y otros de menor alcance con dirección N-S (ver figuras 2.3 y 3.3), los cuales coinciden con el borde de la caldera Incapacha-Yaurihuirí delimitada en la zona.

Por otro lado, estamos suponiendo que la caldera pudo haber colapsado en sus puntos periféricos y que la zona comprendida entre los cerros Señal Incapacha y Arpista Rumi fue afectada por fallas compresionales y tensionales, favoreciendo de esta manera el emplazamiento de material volcánico desde esta zona.

** Ver anexos.

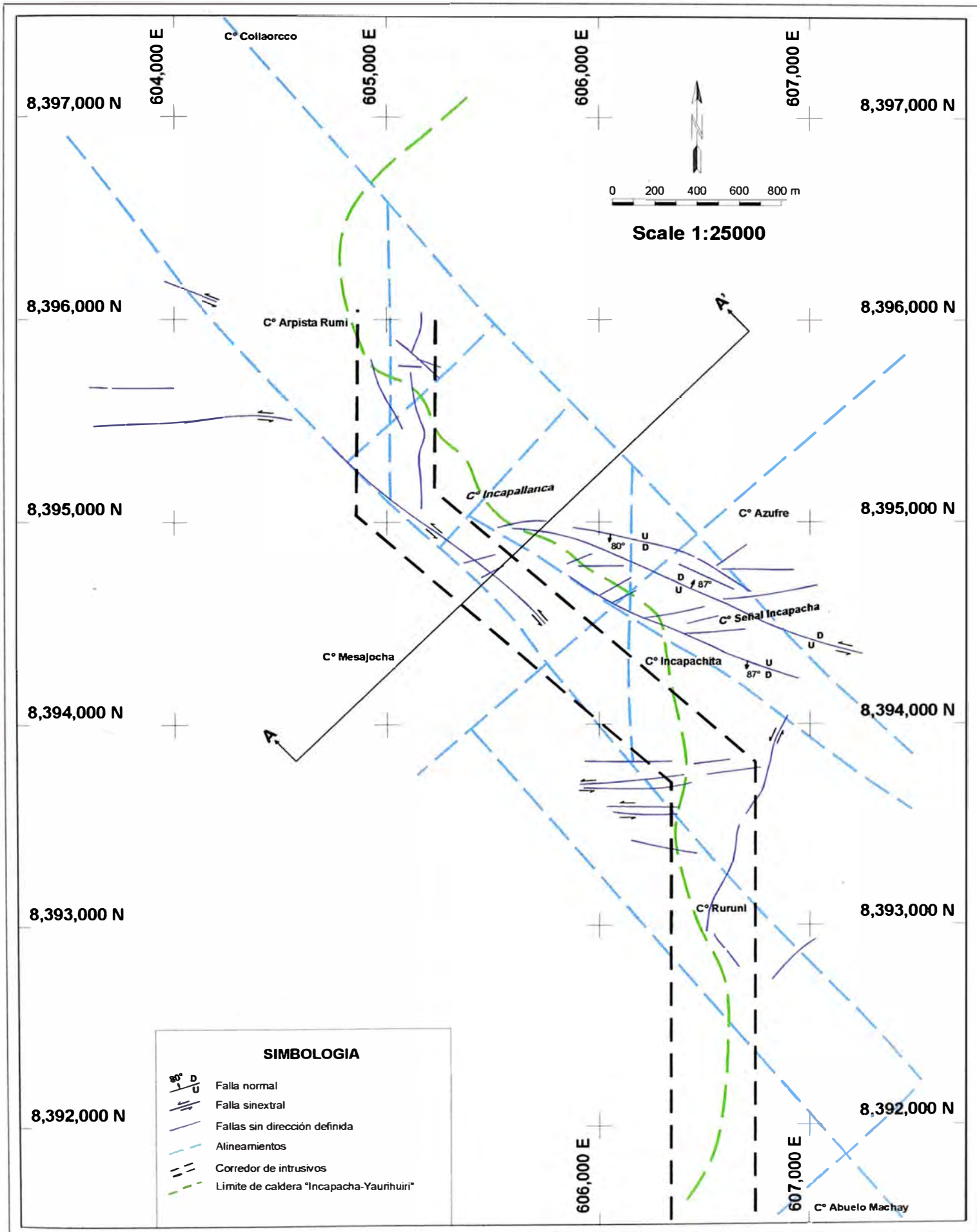


Figura 3.3: Plano Estructural del Proyecto Incapacha

En la zona existen evidencias de una serie de fallas recientes, la mayoría de ellas post-alteración, así tenemos:

Fallas normales mayores, tienen rumbo N70-80°W y los planos de falla buzan al N con ángulo mayor a 80°.

Fallas inversas, son de menor alcance pero paralelas a las anteriores, los planos de falla buzan al S con ángulos mayores a 60°, aparentan ser las conjugadas de las anteriores.

Fallas sinextrales, tienen rumbo E-W y los planos de falla buzan al N con alto ángulo o son subverticales.

Fallas tensionales, tienen rumbo N50-70°E, N20°E y N-S, son escasas y se localizan cerca de las fallas sinextrales.

Fracturamiento, en la zona estudiada las direcciones más comunes y predominantes son E-W (paralelo a las fallas sinextrales) y N50-70°E (paralelo a fallas tensionales), menos frecuentes pero comunes tenemos N70°W (paralelo a fallas normales e inversas), y otras direcciones que ocurren ocasionalmente son N20-40°E y N20-40°W respectivamente.

Finalmente, debemos mencionar una vez más que las fallas principales de extensión regional, catalogadas como de deformación cortical y que tienen orientación NW-SE, son las que controlan el sistema de fallas locales del proyecto.

Es posible que las fallas regionales hayan sido reactivadas por los últimos eventos tectónicos.

3.1.3 ESTRUCTURAS VOLCÁNICAS

La zona del proyecto Incapacha tal como hemos mencionado en el capítulo de la geología regional, se ubica exactamente en el borde W de la caldera Incapacha-Yaurihuirí. Asimismo por las características de las rocas que afloran en la zona, estamos suponiendo que los cerros Señal Incapacha, Incapallanca y Arpista Rumi son centros de emisión volcánica y que han contribuido con el aporte de material efusivo y explosivo en múltiples episodios. Es decir, que las unidades litológicas reconocidas en el proyecto, provienen de esta zona.

También es evidente que los afloramientos del intrusivo pórfido monzodiorítico es paralelo

al borde de la caldera Incapacha-Yaurihuirí. Es notorio ver como el "corredor de intrusivos" sufre dos deflexiones importantes, cuando los alineamientos principales NW-SE se interceptan con el borde de la caldera. Ver figura 3.3.

3.2 PETROGRAFÍA

Para definir con mayor precisión los tipos de roca que afloran en el proyecto Incapacha, hemos realizado un estudio petrográfico con preparación de secciones delgadas, considerando muestras de superficie y de sondajes diamantinos, tratando en lo posible que sean frescas o presenten débil alteración.

Según el estudio petrográfico, podemos decir que tenemos rocas efusivas, explosivas e intrusivas, de composiciones ácidas a intermedias y con texturas variadas.

En el cuadro 3.1 se detallan los parámetros de grado de cristalinidad, tamaño de grano y/o fragmentos y texturas, de las rocas reconocidas en el proyecto, es decir, con o sin estudio petrográfico. Luego se hace una descripción de las rocas con estudio petrográfico.

ROCAS	GRADO DE CRISTALINIDAD	TAMAÑO DE GRANO Y/O FRAGMENTOS	TEXTURAS
Efusivas o lávicas	Holocristalina y hipocristalina	Medio, fino, muy fino, microcristalina y criptocristalina	Foliada planar, flow banding, porfírica, afanítica, glomeroporfírica, traquítica, fluidal microlítica, vesicular y afieltrada
Explosivas o piroclásticas	Hipocristalina y holohialina	Grueso, medio, fino, muy fino y criptocristalina	Fragmental, brechosa, flow banding, eutaxítica, bandeada, contorsionada, vitroclástica, vítrea. Devitrificación y vesicular
Intrusivas hipabisales	Holocristalina	Grueso, medio, fino, microgranular	Masiva, flow banding, fanerítica, porfírica, fluidal y microlítica

Cuadro 3.1: Parámetros generales de las rocas efusivas, explosivas e intrusivas

Ignimbrita riolítica, es de color gris claro con tonalidades rosados y pardo rojizos, presenta textura fragmental masiva, vitroclástica y eutaxítica cuando está soldada. Se compone de fragmentos líticos accidentales de andesita afanítica parda, andesita porfírica verdosa,

algunos líticos accesorios de cuarcita, líticos cognatos o juveniles de pómez, fragmentos de cristales y cristales de plagioclasas (albita-oligoclasa), cuarzo, feldespatos potásicos (sanidina), biotita, anfíboles y piroxenos. La matriz es hipocristalina y holohialina, presenta textura vítrea y se compone de ceniza volcánica (vidrio), máficos, diminutos fragmentos de pómez y vidrio; se halla parcialmente recristalizada (textura devitrificada) a sílice cripto-microcristalina, por partes ocurren esferulitos de cuarzo-feldespatos. Los fragmentos de pómez son reemplazados por sílice cripto-microcristalina y arcillas. Como minerales accesorios contiene rutilo, zircón y opacos. Ver párrafo 3.1, mosaico 3.1 (muestra 1) y anexos.

Tufo lítico andesítico, es de color gris claro con tono verdoso, se compone de fragmentos líticos de andesita, dacita y abundantes fragmentos de pómez, fragmentos de cristales y cristales de plagioclasas, cuarzo, biotita y anfíboles. La matriz verdosa es vítrea y se halla débilmente devitrificada. Ver párrafo 3.1, mosaico 7.1 (muestra 28) y anexos.

Lava cuarzo-andesita, es de color gris claro con tonos verdosos o parduscos, presenta textura porfirítica. Se compone de fenocristales de plagioclasas (oligoclasa-andesina), fenos de anfíboles y biotita y pequeños cristales de sanidina y piroxenos. La matriz verdosa es holocristalina, presenta textura microlítica fluidal y se compone de cristales listonados de plagioclasas, cristales anhedrales de feldespatos potásicos y cuarzo y abundantes minerales máficos de granulometría muy fina. La roca presenta disseminaciones de piritita y es ligeramente magnética. Ver párrafo 3.1, mosaico 3.1 (muestra 4) y anexos.

Lava andesítica, es de color gris con tonalidad parda, presenta textura porfirítica y glomeroporfirica. Se compone de fenocristales prismáticos de plagioclasas (andesina), escasos fenos de anfíboles, biotita y piroxenos. La matriz es holocristalina a hipocristalina, presenta textura microlítica fluidal y se compone de cristales listonados de plagioclasas, cristales anhedrales de feldespatos potásicos, cuarzo, material criptocristalino, máficos y opacos. Dentro de la matriz se ha observado amígdalas de cuarzo y tridimita. Como minerales accesorios presenta apatito, zircón, magnetita y piritita. Ver párrafo 3.1, mosaico 3.2 (muestras 5 y 7) y anexos.

Lava andesítico-basáltica, es de color gris oscuro, presenta textura porfírica y se compone de fenocristales prismáticos de plagioclasas (oligoclasa-andesina), cristales prismáticos cortos y maclados de augita, cristales listonados de oxibiotita y muy escasos anfíboles. La matriz es hipocristalina, presenta textura microlítica fluidal y se compone de microlitos de feldespatos, abundantes máficos y material criptocristalino de color pardo en los intersticios. Como minerales accesorios presenta zircón, magnetita y pirita. Ver párrafo 3.1, mosaico 3.2 (muestra 6) y anexos.

Tufo de cristales andesítico, es de color gris verdoso, se compone de fragmentos de cristales y cristales de plagioclasas (oligoclasa-andesina), hornblenda, biotita y ocasionalmente fragmentos de cuarzo. La matriz hipocristalina y hialina, presenta texturas microlítica fluidal, fluidal contorsionada, vitroclástica, vítrea y devitrificada, se compone de cenizas, material criptocristalino, microlitos de feldespatos, ferromagnesianos y opacos. En algunas muestras con observaciones de campo y en otras con estudio petrográfico, es común encontrar fragmentos líticos de andesita porfírica y afanítica, fragmentos de pómez y fragmentos de vidrio. Los fragmentos de pómez y vidrio y la matriz vítrea se hallan parcialmente devitrificadas, en algunos casos el grado de devitrificación es mayor y llegan a recristalizarse por completo (aparición de textura porfírica en el tufo de cristales). La mayoría de muestras estudiadas se presentan alteradas a diversos ensambles y con diferentes grados. Ver párrafo 3.1, mosaico 4.1 (muestra 13), 4.2 (18), 7.1 (31), 7.2 (33 y 34), 7.3 (36 y 38) y 7.4 (39) y anexos.

Intrusivo pórfido andesítico, es de color gris con tinte verdoso y pardo oscuro, presenta textura porfírica de grano medio. Se compone de fenocristales prismáticos de plagioclasas (andesina), pequeños cristales de sanidina, anfíboles, biotita y piroxenos. La matriz es holocristalina, presenta textura microlítica fluidal y se compone de microlitos de plagioclasas, máficos, opacos, algo de feldespatos potásicos y cuarzo, a veces en los intersticios de los cristales ocurre material criptocristalino. Como minerales accesorios contiene rutilo, zircón, apatito, magnetita y pirita. Ver párrafo 3.1, mosaico 3.1 (muestras 2 y 3) y 3.3 (10) y anexos.

Intrusivo pórfido monzodiorítico, es de color gris claro a gris oscuro, a veces con tinte verdoso. Se caracteriza por presentar textura porfirítica con granulometría variable, así tenemos que en algunos sectores es de grano grueso (tamaño de fenos mayor a 1 cm), cerca al contacto con las rocas encajonantes es de grano medio a fina (micro porfirítica) y en la parte central de los afloramientos la textura grada a fanerítica (textura granular). Se compone de fenocristales prismáticos de plagioclasas (oligoclasa-andesina), feldespatos potásicos (sanidina), biotita, anfíboles y piroxenos; algunos fenocristales de plagioclasas presentan textura antipertítica y algunos feldespatos potásicos textura pertítica. La matriz es holocristalina, presenta textura microgranular a granular hipidiomórfica y se compone de plagioclasas, feldespatos potásicos, cuarzo, anfíboles, biotita, piroxenos y opacos. Dentro de la matriz es común encontrar vesículas, algunas de las cuales están rellenas por drusas de cuarzo y otras por zeolitas con agregados radiales. Como minerales accesorios presenta magnetita, pirita, rutilo, esfena y zircón. Ver párrafo 3.1, mosaico 3.3 (muestra 9) y 7.5 (41) y anexos.

Lava dacítica, es de color gris claro, presenta textura porfirítica y se compone de fenocristales prismáticos anchos de plagioclasas (oligoclasa-andesina), fenos subredondeados y esqueléticos de cuarzo (algunos con inclusión de material criptocristalino), cristales de oxihornblenda, oxibiotita y muy escasos de piroxenos. La matriz félsica holocristalina, se compone de plagioclasas, cuarzo, feldespatos potásicos y escasos máficos. Como minerales accesorios, presenta zircón, rutilo, apatito, magnetita y pirita. Ver mosaico 3.2 (muestra 8).

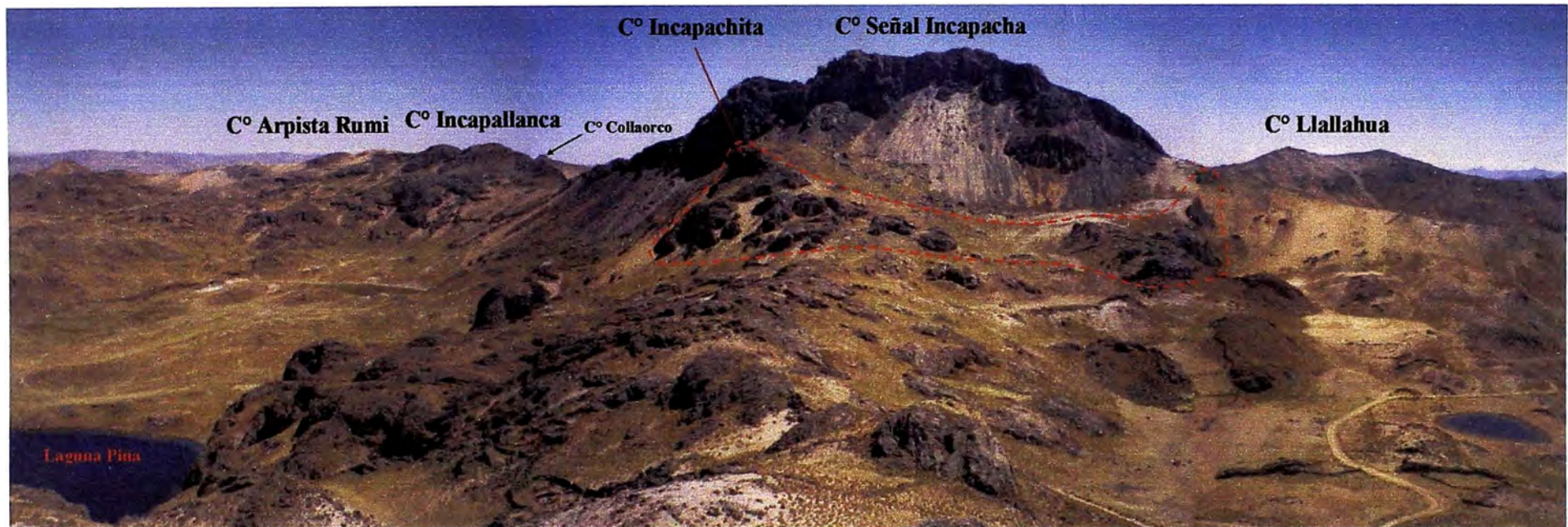


FOTO 3.1, mirando al N: Vista general del proyecto Incapacha, secuencias volcánicas (flujos de lava y piroclastos) andesíticos cortados por intrusivos porfiríticos andesíticos y monzodioríticos. Hacia el E se tiene al cerro Llallahua conformado por ignimbritas riolíticas con capas buzando hacia el NW. La zona con mayor grado de alteración se ubica en la parte central (cerros Arpista Rumi, Incapallanca, Señal Incapacha, Incapachita y Ruruni). Las líneas discontinuas en rojo delimitan la zona con altos valores de oro.



FOTO 3.2, mirando al SE: Cerros Incapallanca y Señal Incapacha conformados por tufo de cristales andesítico con fuerte alteración, cerro Mesajocha conformado por lavas cuarzo-andesíticas cortado por costillas (ribs) de cuarzo-alunita-arcillas. Entre los cerros Señal Incapacha y Ruruni, emplazamiento de intrusivos andesítico y monzodiorítico, parcialmente alterados.



FOTO 3.3: Secuencia superior del tufo de cristales andesítico con mayor porcentaje de ceniza volcánica, presenta textura de flujo laminado y contorneado. Esta alterado a sílice granular y sílice-arcillas-alunita. Ver mosaico 3.1.

MOSAICO 3.1: Macrofotografías y fotomicrografías de las muestras 1, 2, 3 y 4.

MUESTRA 1: SE C° Señal Incapacha

1A: Ignimbrita riolítica de color gris claro con ligera tonalidad rosada, compuesta por fragmentos de cristales y cristales de feldespatos, cuarzo, biotita, fragmentos de pómez aplastados y alineados (fiammes) y algunos líticos de color oscuro. Por la orientación de los fiammes y por el moderado soldamiento aparenta tener textura eutaxítica.

1B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Ignimbrita riolítica mostrando fragmentos de cristales y cristales de plagioclasas (PGL), cuarzo(cz), sanidina (san) y biotita (bt) dentro de matriz pardo oscuro compuesta por ceniza volcánica (vidrio) ligeramente recristalizada (devitrificada) a sílice criptocristalina. Los feldespatos presentan microvenillas de carbonatos y dentro de la matriz existen algunas vesículas (c).

MUESTRA 2: C° Incapachita

2A: Intrusivo pórfido andesítico de color gris con tinte verdoso, presenta fenocristales de feldespatos, anfíboles y biotita. Matriz verdosa con diseminaciones de piritita y magnetita e impregnaciones de carbonatos. Los feldespatos y máficos presentan puntos de cloritas, epidota y carbonatos.

2B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Intrusivo pórfido andesítico mostrando fenos prismáticos de plagioclasas (PGL) y biotita (bt), ambos corroídos por la matriz y con impregnaciones de carbonatos, cloritas y epidota. La matriz es holocristalina, presenta textura microlítica fluidal y se compone de cristales listonados y orientados de plagioclasas, cristales subhedrales de máficos, feldespatos potásicos y cuarzo anhedral. Dentro de la matriz existen algunas cavidades (c) rellenas por cuarzo, diseminaciones finas de opacos y rutilo alterándose a leucoxeno (puntos pardos).

MUESTRA 3: Cumbre SE C° Señal Incapacha

3A: Intrusivo pórfido andesítico de color gris con tinte verde amarillento, presenta fenocristales de feldespatos y máficos. Los fenos y matriz tienen diseminaciones de piritita y se impregnan de un material verde amarillento (posible mezcla de arcillas-azufre-cloritas-escorodita) formado como alteración de piritita y feldespatos.

3B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Intrusivo pórfido andesítico mostrando fenocristales prismáticos alargados y orientados de plagioclasas (PGL) y sanidina (san), también fenocristales de anfíboles (ANF) con secciones hexagonales y biotita (b). La matriz es holocristalina, presenta textura microlítica fluidal y se compone de cristales listonados y alineados de plagioclasas, cristales subhedrales de máficos, feldespatos potásicos y cuarzo anhedral. Los fenos de feldespatos están siendo alterados en las zonas ricas en calcio (núcleos) por una mezcla de arcillas-azufre-cloritas-escorodita, mientras que los máficos son reemplazados por cloritas-leucoxeno-carbonatos-opacos-arcillas-azufre. Dentro de la matriz, diseminaciones de opacos.

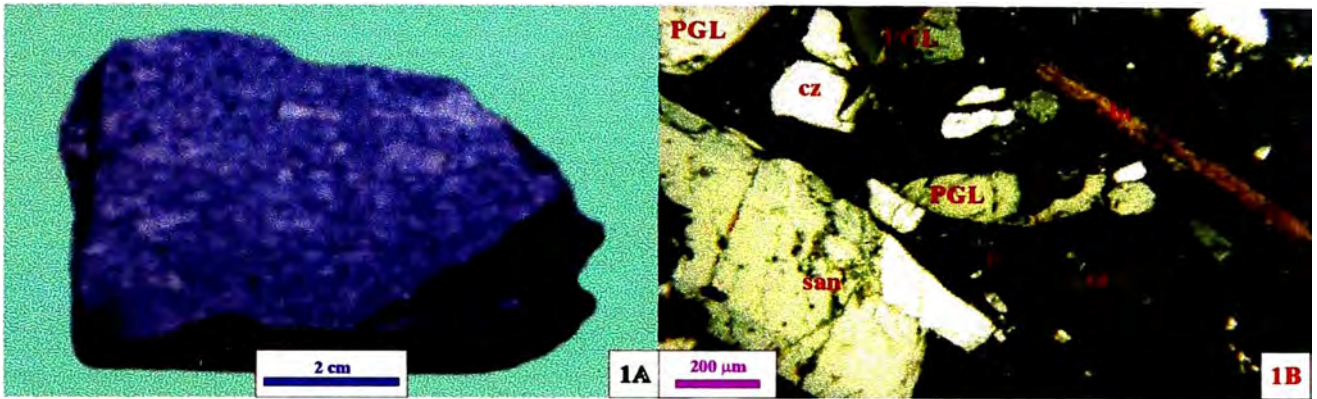
MUESTRA 4: C° Mesajocha

4A: Lava cuarzo-andesita de color gris con tinte verde oscuro, se compone de fenocristales de feldespatos, anfíboles (homblenda) y otros máficos. Los feldespatos son ligeramente reemplazados por cloritas, epidota y carbonatos, y los máficos son alterados por cloritas. La matriz afanítica verdosa está cloritizada y presenta diseminaciones de piritita y magnetita.

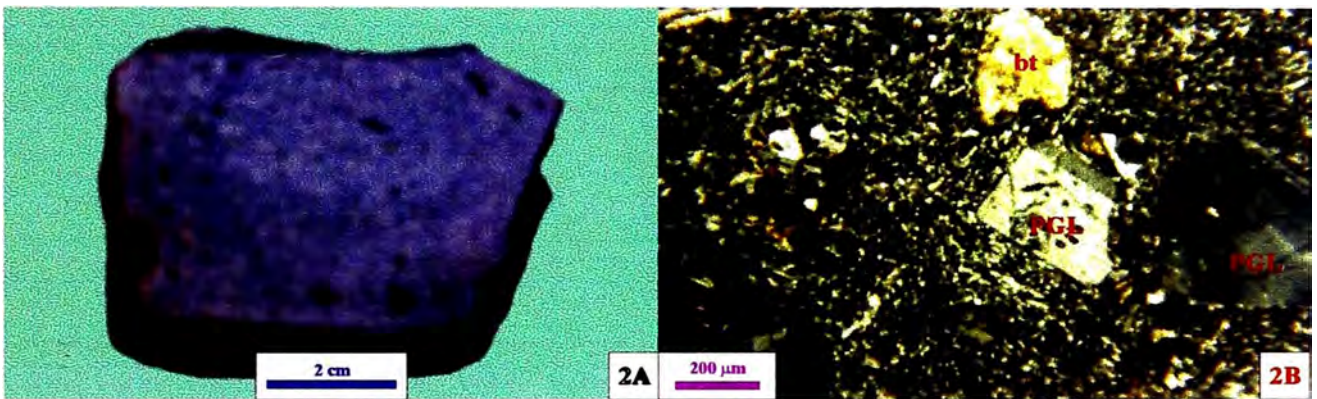
4B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Lava cuarzo-andesita mostrando fenocristales prismáticos anchos de plagioclasas (PGL) dentro de matriz holocristalina con textura microlítica fluidal y compuesta por cristales listonados y alineados de plagioclasas, cuarzo anhedral, cristales subhedrales de máficos y feldespatos potásicos. Los fenos de plagioclasas presentan microvenillas e impregnaciones de cloritas-carbonatos-epidota, mientras que la matriz presenta diseminaciones de opacos, puntos pardo amarillentos de biotita (bt) secundaria y es pigmentada por cloritas.

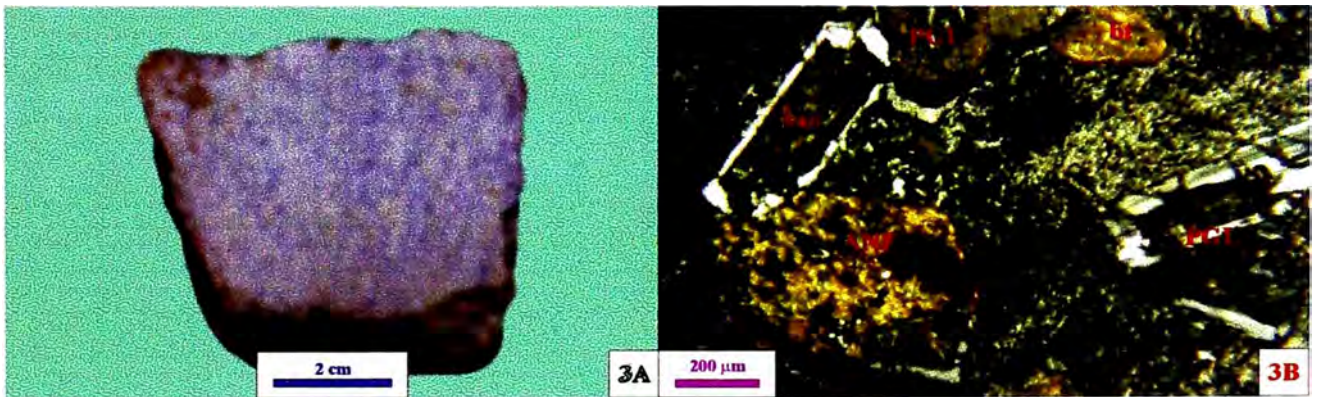
MUESTRA 1



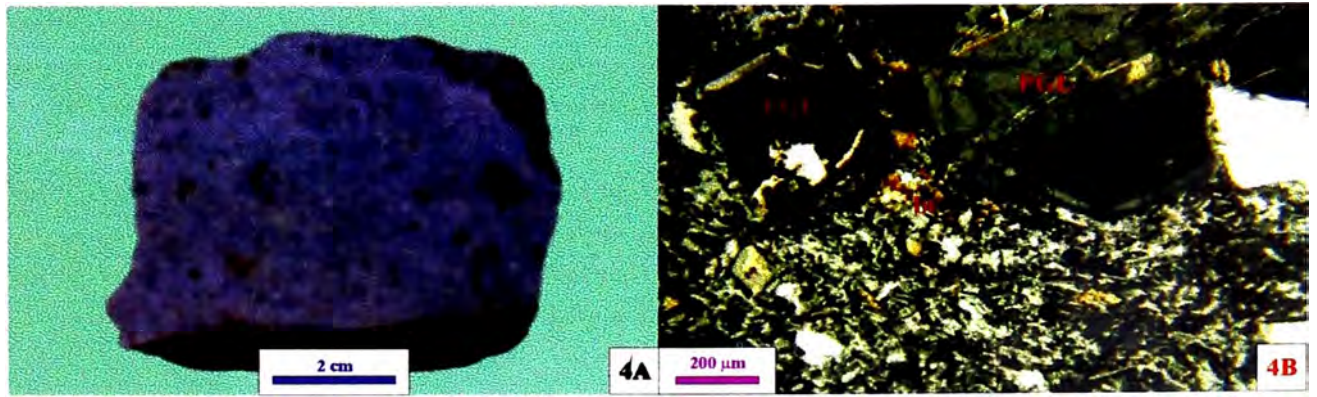
MUESTRA 2



MUESTRA 3



MUESTRA 4



MOSAICO 3.2: Macrofotografías y fotomicrografías de las muestras 5, 6, 7 y 8.**MUESTRA 5: Abra C^{os} Mesajocha y Huamanripa**

5A: Lava andesítica porfirítica de color gris oscuro con ligero tinte azulino. Se compone de fenocristales prismáticos de feldespatos, escasos fenos de máficos y matriz afanítica. Fracturas y cavidades pigmentadas y rellenadas por limonitas.

5B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Lava andesítica porfirítica mostrando fenos prismáticos elongados y anchos de plagioclasas (PGL) dentro de matriz holocristalina con textura microlítica fluidal y compuesta por cristales listonados y orientados de plagioclasas, escasos feldespatos potásicos y cuarzo, máficos y opacos muy finos. Los fenos de plagioclasas presentan impregnaciones de carbonatos y cloritas, la matriz tiene cristales de biotita (bt) oxidada, microamígdalas de cuarzo-tridimita y es pigmentada por cloritas. Microfracturas rellenadas por limonitas.

MUESTRA 6: C° Collaorco

6A: Andesita basáltica de color gris oscuro, con textura porfirítica, compuesta por fenos prismáticos de feldespatos y máficos, y matriz afanítica oscura ligeramente magnética.

6B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Andesita basáltica mostrando fenos prismáticos y alargados de plagioclasas (PGL), cristales maclados y con secciones octogonales de augita (aug), cristales listonado-aciculares de oxibiotita (bt) reemplazado por magnetita (colores oscuros). Los fenos de plagioclasas y augita están bastante corroídos y resorbidos (observe coronas) por la matriz hipocristalina con textura microlítica fluidal y compuesta por microlitos de feldespatos (principalmente plagioclasas), abundantes máficos y material criptocristalino (vidrio) intersticial de color pardo oscuro a negro. Los fenos de plagioclasas están ligeramente alterados a cloritas y arcillas, algunos de ellos tienen inclusiones de cristales de augita.

MUESTRA 7: W C° Arpista Rumi

7A: Lava andesítica de color gris con ligero tinte pardo oscuro, textura porfirítica, compuesta por fenos de feldespatos y máficos. La matriz afanítica es ligeramente magnética.

7B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Lava andesítica mostrando fenos prismáticos de plagioclasas (PGL) con inclusiones de opacos, zircón y apatito, dentro de matriz hipocristalina con textura microlítica fluidal y compuesta por cristales de feldespatos (principalmente plagioclasas), máficos, opacos y material criptocristalino (vidrio) en los intersticios. Los fenos de plagioclasas se hallan corroídos por la matriz y son débilmente reemplazados por cloritas. La matriz presenta cristales de máficos (M) alterados a magnetita y limonitas, asimismo presenta amígdalas con tridimita (td).

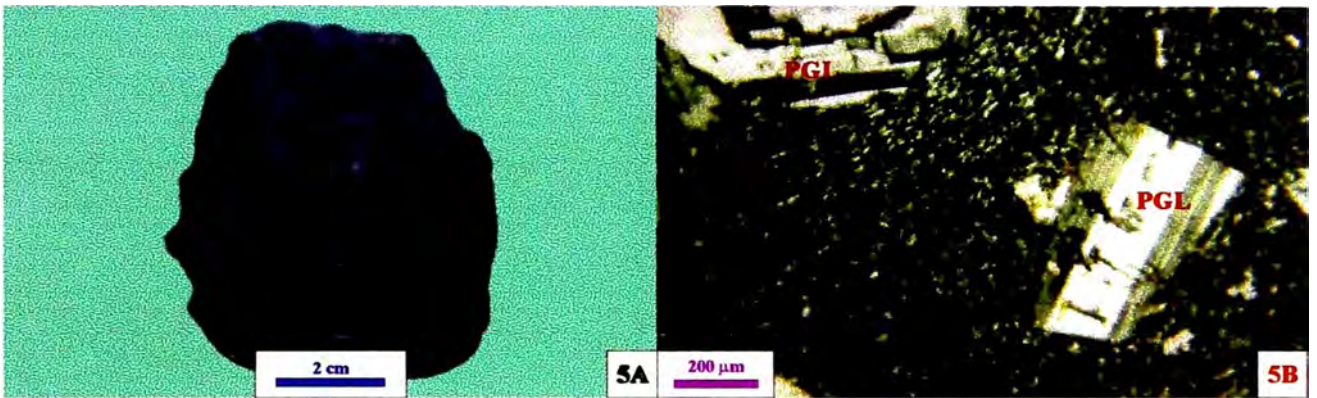
MUESTRA 8: C° Huamanripa

8A: Lava dacítica de color gris claro, con textura porfirítica, compuesta por fenocristales prismáticos y anchos de plagioclasas, cristales subredondeados de cuarzo, cristales listonados de máficos (biotita y anfíboles) y matriz afanítica blanquecina.

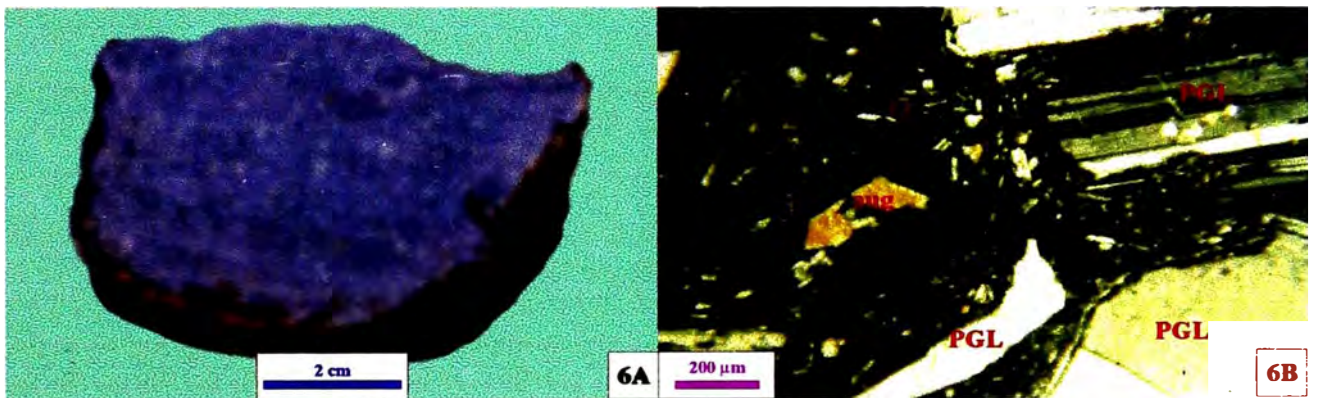
8B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Lava dacítica mostrando fenocristales prismáticos y anchos de plagioclasas (PGL) con bordes corroídos y resorbidos (coronas) por la matriz félsica, cristales de oxihomblanda (OH) con secciones hexagonales y reemplazado en los bordes por magnetita. La matriz holocristalina presenta textura microgranular hipidiomórfica y se compone de cristales prismáticos de plagioclasas, cristales anhedrales de cuarzo y feldespatos potásicos. Dentro de la matriz, disseminaciones de opacos (puntos negros).

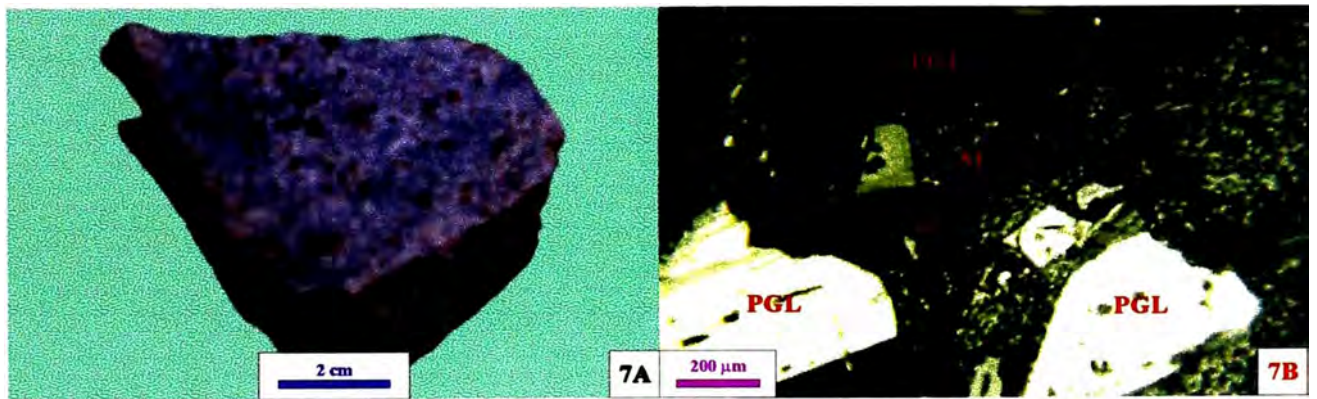
MUESTRA 5



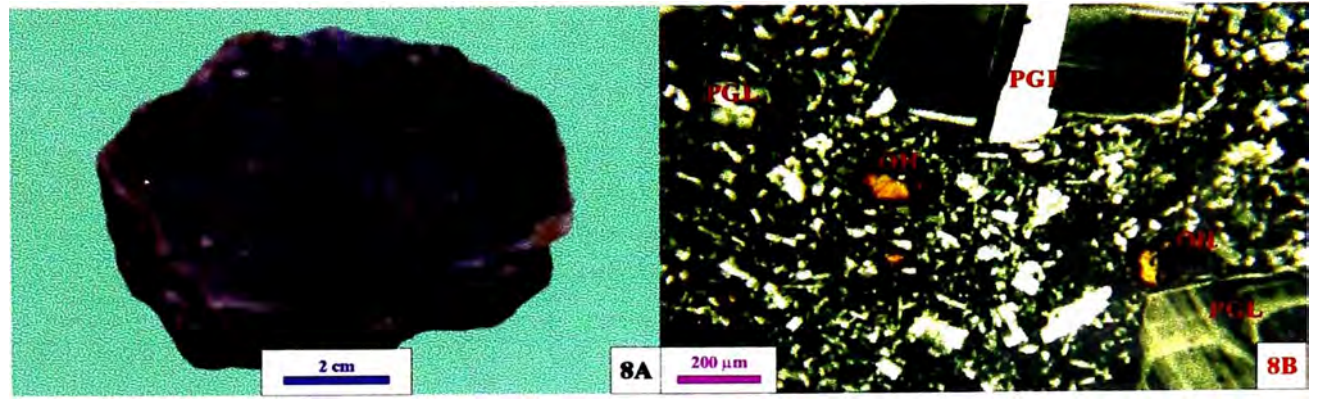
MUESTRA 6



MUESTRA 7



MUESTRA 8



MOSAICO 3.3: Macrofotografías y fotomicrografías de las muestras 9 y 10.**MUESTRA 9: S C° Señal Incapachita**

9A: Intrusivo pórfido monzodiorítico de color gris claro con tinte verdoso, compuesto por fenos bien desarrollados de plagioclasas, feldespatos potásicos (sanidina) y máficos (biotita). Los fenos de feldespatos presentan puntos de cloritas y epidota, mientras que los máficos son magnéticos y se hallan cloritizados. Además, dentro de la matriz afanítica, existen algunas cavidades con drusas de cuarzo.

9B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Intrusivo pórfido monzodiorítico mostrando fenos prismáticos de plagioclasas (PGL) y cristal prismático de augita (aug) con macla polisintética, dentro de matriz holocristalina microgranular hipidiomórfica, compuesta por plagioclasas, feldespatos potásicos, cuarzo y algunos máficos. Los fenos de plagioclasas presentan inclusiones de opacos y se impregnan de cloritas y epidota. La augita es alterada por biotita (bt) secundaria, cloritas y opacos. La matriz es reemplazada por epidota (sausurita) y cloritas ligeramente oxidadas (color pardo amarillento), además, dentro de la matriz se observan amígdala de cuarzo(cz), opacos y cavidades (c).

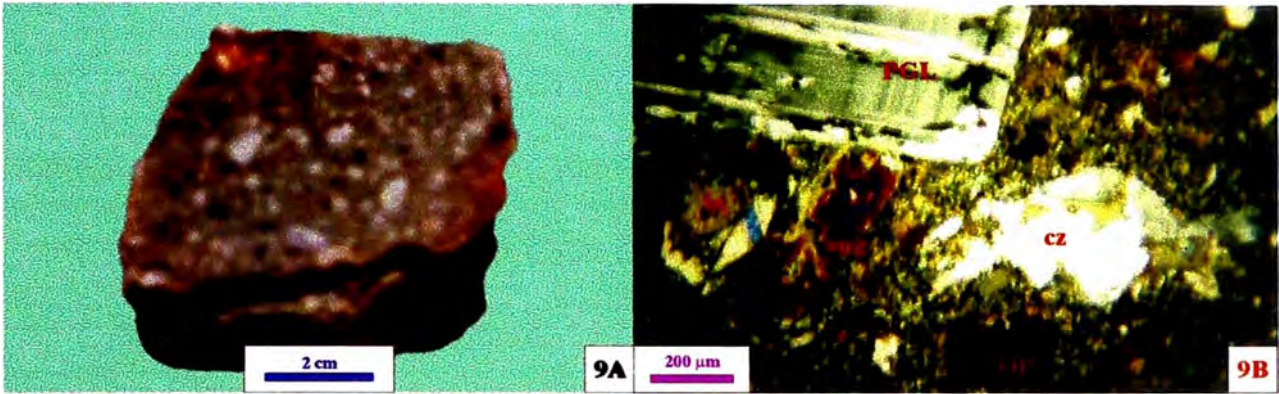
MUESTRA 10: C° Arpista Rumi

10A: Intrusivo pórfido andesítico de color gris oscuro con franjas verdosas, compuesto por fenos de feldespatos y máficos con magnetita. Es cortada por venillas finas de cuarzo gris.

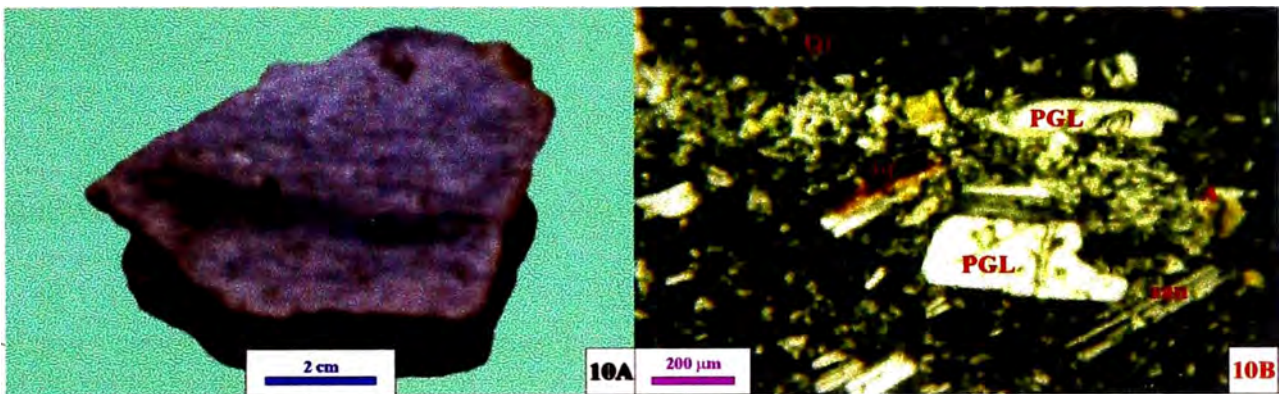
10B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Intrusivo pórfido andesítico mostrando fenos prismáticos de plagioclasas (PGL) con bordes corroídos por la matriz holocristalina con textura microlítica fluidal y compuesta por microlitos de plagioclasas, cristales anhedrales de máficos, opacos y feldespatos potásicos, y escaso material criptocristalino (sílice amorfa) en los intersticios dejados por los cristales. Los fenos de plagioclasas presentan impregnaciones de cloritas y biotita (bt) secundaria, la matriz presenta diseminaciones de opacos (OP), anfíbol (A) cloritizado y es pigmentada por cloritas.

MUESTRA 9



MUESTRA 10



CAPÍTULO IV: ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN

4.1 ALTERACIÓN

El proyecto Incapacha tiene una extensa zona alterada, donde podemos encontrar diferentes ensambles y tipos de alteración, que en conjunto abarcan un área aproximada de 5 km². Los grados de alteración varían de intensa a débil. Las alteraciones sufren variaciones y/o cambios tanto horizontales como verticales y en distancias cortas, las variaciones son en grados y tipos de alteración.

Las alteraciones afectan a todas las rocas existentes en el proyecto, estando algunas de ellas más alteradas que otras. Así, podemos mencionar que la unidad volcánica con mayor importancia en alteración es el tufo de cristales andesítico.

Dentro de las alteraciones que se mencionan tenemos alteraciones hidrotermales (incluye estructuras o “ribs” y tipos de brecha) y alteraciones supérgenas. Ver figura 4.1. y anexos.

4.1.1 ALTERACIONES HIDROTERMALES

Las alteraciones hidrotermales reconocidas y diferenciadas en el proyecto Incapacha son: sílice granular, sílice masiva, sílice “vuggy”, argílica avanzada (sílice-alunita, sílice-arcillas), sílice opalina, argílica y propilítica. Ver figura 4.1.

4.1.1.A Sílice granular

Aflora en la cumbre de los cerros Arpista Rumi, Incapallanca, Señal Incapacha, Ruruni y muy restringidamente en otros lugares. Se trata de una sílice blanquecina de aspecto sacaroides, deleznable. En algunos sectores es ligeramente compacta y en otros presenta mayor compactación cuando esta intercrecida con sílice “vuggy”, sílice masiva, arcillas u otros minerales. Este tipo de sílice ha sido cortado por los siguientes sondajes: **IP-03**, (desde

30 m hasta 63 m y desde 85 m hasta 95 m en canales delgados); **IP-04**, (sólo un canal a los 34 m); **IP-06**, (un canal a los 62 m); y **IP-09**, (desde 0 m hasta 20 m y desde 60 m hasta 70 m). En cada uno de los casos indicados se intercala con alteraciones tales como sílice “vuggy”, sílice masiva, argílica avanzada (sílice-alunita, sílice-arcillas) o roca fresca. En algunos sectores tiene diseminaciones de azufre y en otros es pigmentado por óxidos. Las rocas que se han alterado a sílice granular son el tufo de cristales andesítico, las lavas andesíticas y escasamente las ignimbritas riolíticas e intrusivos. Ver mosaico 4.1 (muestra 13), 7.1 (30) y anexos.

4.1.1.B Sílice “vuggy”-sílice masiva

Aflora en los cerros Arpista Rumi, Incapallanca, Señal Incapacha, Incapachita, Azufre y Ruruni, además, en pequeñas cantidades en otros sectores. Este tipo de alteración se halla comúnmente conformando las partes altas de los afloramientos alterados y varía verticalmente a alteraciones con menor contenido de sílice. El cambio de sílice “vuggy” a sílice masiva, ocurre en tramos cercanos, lo que hace difícil delimitarlas. Por otro lado, éstos tipos de sílice se mezclan o cambian bruscamente a otros tipos de alteración. En algunos sectores presentan puntos de pirita y diseminaciones de azufre. Ha sido interceptado por los sondajes: **IP-02**, (a los 69 m un canal delgado acompañado de óxidos y baritina); **IP-03**, (como canales delgados a los 47 m, 53 m y 62 m respectivamente); **IP-04**, (desde 15 m hasta 83 m, se acompañan de abundantes óxidos y son afectados por múltiples eventos de brechamiento hidrotermal y/o “crackle”); **IP-05**, (en los primeros 100 m, como canales delgados cortando a diferentes tipos de roca y desde 140 m hasta 215 m, en canales o cuerpos de mayor espesor que llegan a medir hasta 30 m); **IP-06**, (en los primeros 50 m, sólo como canales y desde 64 m hasta 96 m, un cuerpo de sílice masiva-sílice “vuggy” con óxidos); **IP-07**, (a los 12 m, 57 m y 83 m, sólo como canales con espesores menores a 5 m); **IP-08**, (un cuerpo desde 23 m hasta 37 m); y **IP-09**, (desde 20 m hasta 60 m, un cuerpo de sílice masiva con trazas de sílice granular y abundantes óxidos). Las rocas más frecuentes con este tipo de alteración son el tufo de cristales andesítico, las lavas andesíticas, las ignimbritas riolíticas y los intrusivos. Ver mosaico 4.1 (muestras 11, 12 y 14) y anexos.

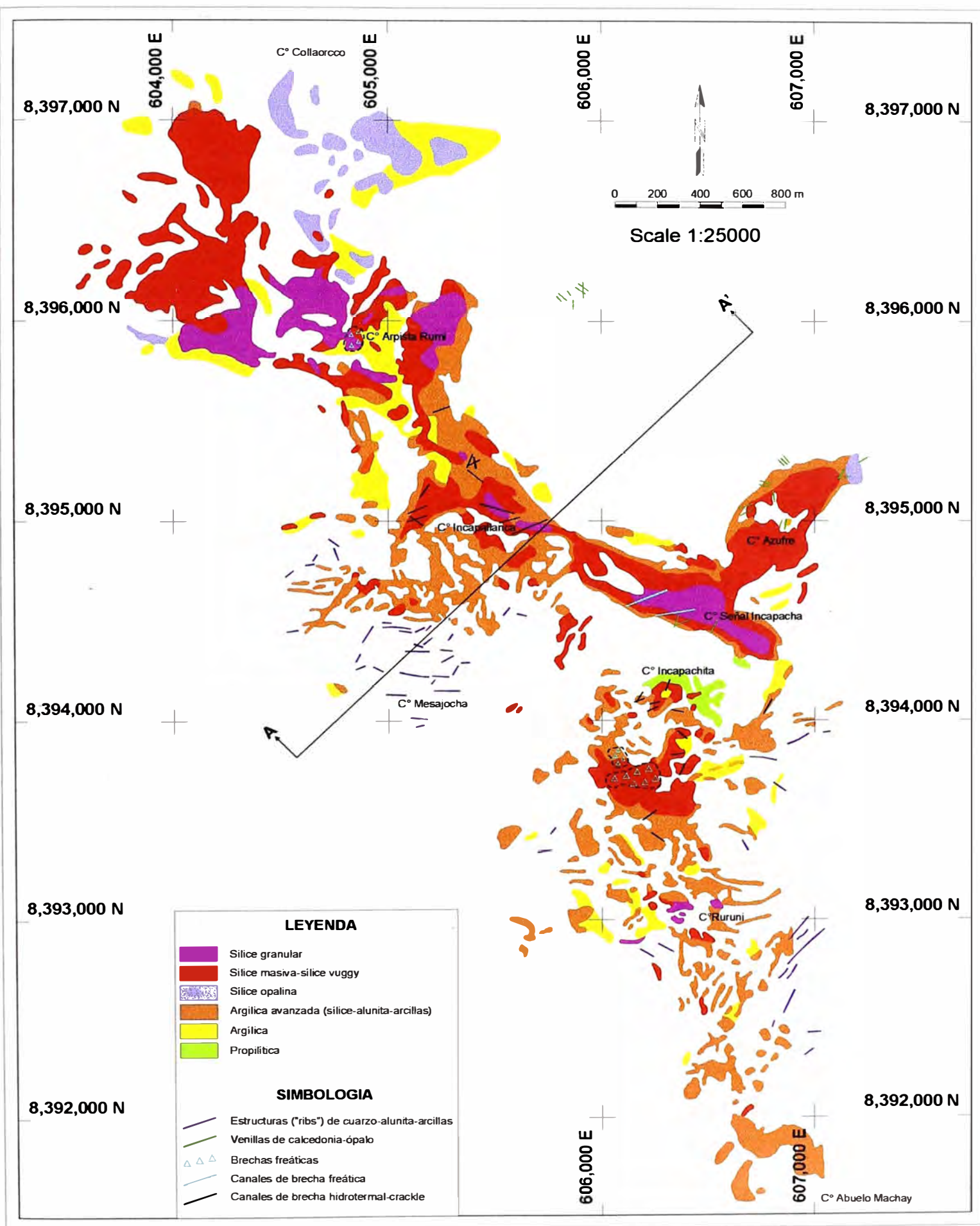


Figura 4.1: Plano de Alteraciones del Proyecto Incapacha

4.1.1.C Argílica avanzada (sílice-alunita y sílice-arcillas)

Es el ensamble o tipo de alteración con mayor distribución en el proyecto, afloran en todos los sectores. En superficie se halla conformando afloramientos, estructuras (“ribs”) y canales de brecha hidrotermal, y en profundidad forma parte de cuerpos o canales. Al igual que el resto de alteraciones se mezclan fácilmente, haciendo difícil delimitarlas del resto de alteraciones. En superficie es pigmentado por óxidos, mientras que en los sondajes se acompaña de pirita. La alunita se presenta cristalizada, en algunos casos con individuos que pasan de 1 cm, otras veces con diminutos cristales y ocasionalmente masiva. Este tipo de ensamble ha sido cortado por los siguientes sondajes: **IP-01**, (desde 3 m hasta 14 m, sílice-arcillas); **IP-02**, (a los 45 m, un canal delgado de sílice-arcillas); **IP-03**, (desde 14 m hasta el final del sondaje, canales a diferentes profundidades tanto de sílice-alunita como sílice-arcillas, la alunita es masiva); **IP-04**, (en los primeros 15 m como canales de sílice-arcillas y desde 83 m hasta el final del sondaje, sílice-arcillas con pirita); **IP-05**, (desde 37 m hasta 100 m, como canales y/o cuerpos de sílice-arcillas con pirita y desde 100 m hasta 202 m, canales y/o cuerpos de sílice-alunita con pirita diseminada y en venillas, y a los 130 m un canal de sílice-arcillas con pirita); **IP-06**, (sólo en los primeros 40 m, como canales de sílice-alunita y sílice-arcillas con óxidos y trazas de pirita); **IP-07**, (desde 0 m hasta 175 m, como cuerpos y canales de sílice-alunita y sílice-arcillas, ambos con pirita diseminada); **IP-08**, (desde 20 m hasta 50 m, canal y cuerpo de sílice-arcillas con óxidos); y **IP-09**, (a los 72 m, un canal de sílice-arcillas). Las rocas alteradas a sílice-alunita y sílice-arcillas son el tufo de cristales andesítico, las lavas andesíticas y los intrusivos. Ver mosaico 4.2 (muestras 15, 16 y 18), 4.3 (22), 6.1 (31), 7.2 (33), 7.3 (36 y 38) y anexos.

4.1.1.D Sílice opalina

Aflora al NE y W del cerro Arpista Rumi, al S del cerro Collaorco y al E del cerro Azufre. Esta alteración se caracteriza porque tiene la particularidad de reemplazar fenocristales y matriz de la roca original (andesita porfírica), por sílice opalina, quedando sólo rasgos texturales. En algunos sectores es cortada por canales de brecha hidrotermal, donde los fragmentos presentan alteración sílice opalina y la matriz se compone de alunita y sílice hialina. Presenta diseminaciones de pirita y por partes es reemplazada por arcillas. Ha sido cortado por el sondaje **IP-01**, (desde 53 m hasta 88 m). Las rocas que presentan alteración

de este tipo son el tufo de cristales andesítico, las lavas andesíticas, el tufo lítico andesítico y las ignimbritas riolíticas. Ver mosaico 4.2 (muestra 17) y anexos.

4.1.1.E Argílica

Este tipo de alteración se restringe a los extremos o periferias de las alteraciones antes mencionadas. Por consiguiente, lo encontramos en las zonas con pendientes suaves, también es común en las partes bajas de los afloramientos y dentro de las diversas “cuevas” que hay en el área; se acompaña frecuentemente de pirita. Los sondajes que han cortado este tipo de alteración son: **IP-01**, (desde 88 m hasta 99 m); **IP-02**, (prácticamente en toda su extensión, intercalándose con otras alteraciones y roca fresca); **IP-04**, (desde 0 m hasta 11 m y a los 87 m); **IP-05**, (desde 21 m hasta 28 m, 49 m, desde 54 m hasta 59 m, desde 87 m hasta 94 m, desde 110 m hasta 125 m y desde 215 m hasta 222 m); **IP-06**, (en los primeros 61 m, en tramos gruesos intercalados con otras alteraciones, desde 96 m hasta el final del sondaje, intercalado con roca fresca); **IP-07**, (a los 18 m); **IP-08**, (en los primeros 20 m y desde 49 m hasta 82 m); y **IP-09**, (desde 74 m hasta 100 m). Todas las rocas que afloran en el proyecto presentan alteración argílica. Ver mosaico 7.1 (muestra 28), 7.4 (39) anexos.

4.1.1.F Propilítica

Todas las rocas que afloran en la zona presentan alteración propilítica. El grado de este tipo de alteración varia desde incipiente a débil en superficie y ligeramente moderado en los sondajes. El ensamble más frecuente es cloritas, epidota, carbonatos, arcillas y pirita. Algunos sondajes diamantinos han cortado rocas con alteración propilítica, así tenemos: **IP-02**, (en los primeros 40 m, intercalado con otras alteraciones); **IP-05**, (en los primeros 65 m intercalado con otras alteraciones); **IP-07**, (desde 100 m hasta 115 m); **IP-08**, (desde 105 m hasta el final del sondaje); y **IP-09**, (desde 99 m hasta el final del sondaje). En las rocas con alteración propilítica los fenocristales de feldespatos son reemplazados por epidota, cloritas, arcillas y calcita, los fenocristales de máficos se hallan cloritizados y la matriz es pigmentada por cloritas e impregnada por calcita. Además, disseminaciones finas de pirita en fenocristales y matriz. Ver mosaico 7.4 (muestra 39) y anexos.

4.1.1.1 ESTRUCTURAS TIPO COSTILLAS (“RIBS”) O LEDGE

Tenemos innumerables estructuras de este tipo, distribuidas en toda el área, pero con mayor concentración en los cerros Mesajocha y Ruruni, donde atraviesan a rocas frescas (ver figura 4.1). Principalmente presentan alteración argílica avanzada (sílice-alunita-arcillas), algunas únicamente de sílice “vuggy”-sílice masiva y otras de sílice-arcillas. La mayoría de estructuras tienen pequeños canales de brecha hidrotermal de sílice-alunita, en el centro, comúnmente presentan disseminaciones de piritita y otras veces concentraciones de azufre (sobre todo las estructuras que se ubican dentro de las ignimbritas), además, contienen óxidos en porcentajes variables.

Las direcciones más comunes de las estructuras son E-W, N60-80°E y N30-40°E, con menos frecuencia N-S a N10°E, N70-80°W y N30-40°W. Los buzamientos son al N y NW y ocasionalmente al S, los ángulos de buzamiento por lo general son mayores a 70°. El espesor de dichas estructuras varían desde unos centímetros hasta algunos metros y a veces cuando se interceptan forman cuerpos.

Se ha observado que las estructuras cortan a todas las unidades litológicas que afloran en el proyecto, por eso suponemos que se han formado en los últimos eventos de actividad hidrotermal. Ver mosaico 4.3 (muestra 20), 4.5 (26) y anexos.

4.1.1.2 BRECHAS

En el proyecto se ha diferenciado diversos tipos de brecha que forman canales y cuerpos, entre las cuales tenemos brechas primarias, freatomagmáticas, freáticas, hidrotermales, “crackle”-hidrotermal, “crackle” y mecánicas.

Brechas primarias, se forman en el contacto del intrusivo pórfido monzodiorítico con rocas encajonantes (autobrecha tipo intrusivo), también en los flujos de lavas andesítico basálticas (“carapace breccia”) y ocasionalmente en el tufo de cristales andesítico (autobrecha tipo flujo). Han sido cortadas por los sondajes IP-05, IP-07 y IP-08. Presentan diferentes ensambles y grados de alteración.

Brechas freatomagmáticas, se componen de fragmentos de pórfido monzodiorítico y de tufo de cristales andesítico y matriz porfírica de composición andesítica. Han sido interceptadas por los sondajes IP-03, IP-05, IP-07 y IP-08. Cortan al intrusivo pórfido

monzodiorítico y al tufo de cristales andesítico. Presentan diferentes ensambles y grados de alteración.

Brechas freáticas, se hallan formando cuerpos en el cerro Arpista Rumi y al E de la laguna Piña. También formando canales o conductos subverticales que pueden ser vistos en los cerros Incapallanca, Incapachita y Señal Incapacha. Se componen de fragmentos subredondeados de sílice masiva y sílice “vuggy” y matriz de sílice granular (polvo de roca). Por partes son pigmentadas por abundantes óxidos. Han sido cortadas por los sondajes IP-O3 y IP-08. Ver mosaico 4.3 (muestra 19), 4.4 (25) y 7.4 (40) y anexos.

Brechas hidrotermales, se presentan formando canales y cuerpos. Lo encontramos en los cerros Incapallanca, Señal Incapacha y Ruruni. Tienen orientaciones N30-40°E, N60-70°E y E-W, buzan al N con alto ángulo o son subverticales. Se componen de fragmentos angulosos a subredondeados de sílice (masiva y “vuggy”), sílice-alunita y sílice-arcillas y matriz de sílice granular o sílice-alunita. Venillas de cuarzo hialino cortan a fragmentos y matriz, también drusas de cuarzo hialino y cristales de baritina, ocurren en cavidades de algunos sectores. Existen canales de brecha tipo sílice-alunita con disseminaciones de pirita. Han sido interceptadas por todos los sondajes, excepto el IP-01. Ver mosaico 4.2 (muestras 16 y 17), 4.3 (19 y 21), 4.4 (23 y 24), 4.5 (27), 7.1 (29 y 30), 7.2 (32 y 34), 7.3 (35 y 37), 7.4 (40) y 7.5 (42) y anexos.

Brechas “crackle”-hidrotermal e hidrotermal-”crackle”, se presentan formando canales con orientaciones similares a las brechas hidrotermales. Se componen de fragmentos rectangulares y angulosos de sílice (“vuggy” y masiva), algunos fragmentos porfiríticos y escasa matriz de sílice granular. Las cavidades son rellenadas por drusas de cuarzo hialino, a veces alunita cristalizada y por supuesto abundantes limonitas masivas o de aspecto foliado de color pardo oscuro y terrosa de color pardo amarillento. Han sido interceptadas por los sondajes IP-04, IP-05, IP-06 y IP-08. Ver mosaico 4.2 (muestra 17), 4.4 (23 y 24), 4.5 (27), 7.1 (29), 7.2 (32 y 34) y 7.5 (42) y anexos.

Brechas “crackle”, se presentan formando canales que se ubican en los cerros Arpista Rumi, Incapallanca, Señal Incapacha, Azufre y Ruruni. Tienen orientaciones N60-80°E, E-W y N50-70°W, los canales son subverticales. Se componen de fragmentos angulosos de sílice (“vuggy” y masiva) con variedad de tamaños, escasa matriz de sílice granular y abundantes óxidos en las cavidades. Han sido interceptadas por los sondajes IP-01, IP-04,

IP-08 y IP-09. Estos canales de brecha cortan a rocas frescas y alteradas que afloran en la zona, posiblemente pertenezcan al último evento de brechamiento (crackelamiento). Ver mosaico 4.3 (muestra 22) y anexos.

Brecha mecánica, formada por acción tectónica (fallas). Los fragmentos son monolíticos y bien angulosos, la matriz escasa se compone de arcillas, milonita o gouge. Fue posible verlo solamente en los sondajes IP-05 y IP-09, asociada a zonas de falla y fracturas.

***NOTA 1.-** Por otro lado, debemos mencionar que existen **venillas** finas de sílice masiva (cuarzo lechoso y/o calcedonia-ópalo), las cuales se pueden apreciar en los cerros Arpista Rumi, Incapallanca, Señal Incapacha y Azufre. Estas venillas tienen orientaciones N-S a N20°E, N60°-70E y N30-40°W respectivamente, son subverticales y atraviesan a todas las rocas alteradas y frescas que afloran en el proyecto. Por lo tanto, deben haberse formado en los últimos eventos hidrotermales.

4.1.2 ALTERACIONES SUPÉRGENAS

Las alteraciones causadas por agentes meteóricos se manifiestan en todo el área de estudio y pueden ser vistas a la distancia debido a las anomalías de color que presentan. Dentro de los minerales supérgenos más abundantes podemos mencionar a las arcillas y óxidos de hierro (limonitas, hematita).

Las arcillas supérgenas formadas por intemperismo son muy comunes, lo podemos observar en afloramientos de bajorrelieve o cubiertos parcialmente por vegetación. Posiblemente se trate de esmectita y montmorillonita, que son arcillas de origen supérgeno o de baja temperatura.

Los óxidos se han formado a partir de minerales primarios (pirita, magnetita, máficos, entre otros). Son controlados por el nivel freático, grado de fracturamiento y porosidad de las rocas. El nivel freático con el transcurrir del tiempo suponemos que ha descendido considerablemente, esto ha originado que en la actualidad tengamos óxidos por debajo de los 150 m. Dicha afirmación es sustentada por la información que se tiene de los sondajes diamantinos (por ejemplo IP-05). Los óxidos (limonitas) ocurren tapizando paredes de fracturas, rellenando poros y cavidades, se presentan de diferentes formas (fibroso

laminado, masivo, agregados botroidales y terrosos) y los colores son muy variados (pardo oscuro, pardo amarillento y naranja amarillento). Por partes se acompaña de hematita y leucoxeno, tanto en superficie como en profundidad.

En algunos sectores se ha observado jarosita acompañada por relictos de pirita.

***NOTA 2.-** Finalmente, una particularidad observada en los afloramientos de rocas alteradas es que, las arcillas son lixiviadas (lavadas) con facilidad, produciendo de esta manera mayor porosidad en las rocas, y por lo tanto, es fácil confundir una alteración del tipo sílice-arcillas original con sílice “vuggy” (sílice porosa), evidentemente después de la lixiviación de arcillas. Cabe recalcar que esto ocurre en rocas que han sufrido alteración hidrotermal, más no en rocas con intemperismo.

4.2 MINERALIZACIÓN

La mineralización de oro en el proyecto Incapacha está estrechamente relacionada a los eventos tectónicos y magmáticos que han ocurrido en la zona. De acuerdo a las observaciones de campo y estudios realizados, podemos mencionar las características más importantes del yacimiento epitermal Incapacha.

4.2.1 CONTROLES DE LA MINERALIZACIÓN

Posterior a los trabajos de campo y después de haber culminado todos los estudios, se han establecido cuatro controles para la mineralización de oro, estos son tectónico-estructural, presencia de estructuras volcánicas, litológico y presencia de estructuras con óxidos.

Control tectónico-estructural, está directamente relacionado con los alineamientos mayores NW-SE, alineamientos locales N-S y fallas E-W. Las direcciones preferenciales con mineralización son N50-70°E, N20-40°E y N70-80°W.

Presencia de estructuras volcánicas, se relaciona directamente a la caldera Incapacha-Yaurihuri, donde la alteración y mineralización se ubica en el borde de la caldera.

Control litológico, la mineralización se ubica cerca del contacto entre el intrusivo pórfido

monzodiorítico con otras rocas, especialmente el tufo de cristales andesítico. Asimismo, la mineralización es controlada por el alineamiento de intrusivos (“*corredor de intrusivos*”), y fundamentalmente ocurre en las deflexiones (intersección de alineamientos NW-SE y N-S con el borde de la caldera).

Presencia de estructuras con óxidos, la mineralización se restringe o limita a conductos subverticales tales como estructuras silíceas, brechas freática-hidrotermal y brechas hidrotermal-”crackle”, que cortan a los intrusivos pórfido andesítico y pórfido monzodiorítico y al tufo de cristales andesítico. Tanto las estructuras silíceas como los canales de brecha, siempre se acompañan de óxidos, en porcentajes variables.

4.2.2 FORMA DEL YACIMIENTO

Después de haber hecho el mapeo de estructuras y posteriormente haber comprobado que las muestras geoquímicas con valores anómalos de oro, tomadas tanto en superficie como en sondajes, pertenecen básicamente a estructuras. Podemos decir entonces que, el proyecto Incapacha es un yacimiento epitermal “*tipo vetas*” o *estructuras*, de dimensiones muy limitadas. Dichas estructuras afloran longitudinalmente por algunos metros o han sido cortados por los sondajes, el espesor varía de decenas de centímetros hasta 3 metros como máximo. Para definir la forma del yacimiento, nos limitaremos a describir los tipos de estructuras mineralizadas:

Estructuras silíceas, se componen principalmente de cuarzo poroso (sílice “vuggy”), presentan cavidades rellenas por drusas de cuarzo hialino y están siempre acompañadas de abundantes óxidos (limonitas masivas y de aspecto laminado). Según el estudio mineragráfico, contienen oro nativo, electrum, calaverita, petzita, pirita y rutilo. La potencia de estas estructuras por lo general es menor a 2 m. Ver fotos 5.1, 5.2 y 5.3, mosaico 4.5 (muestra 26) y anexos.

Canales de brecha, se han clasificado como brechas freática-hidrotermal, hidrotermal e hidrotermal-”crackle”. La potencia de los canales es menor a 1 m y ocasionalmente pasan los 2 m. Están compuestos por fragmentos de sílice masiva y sílice “vuggy” y matriz de sílice granular. Algunas cavidades son rellenas por drusas de cuarzo, alunita y baritina. Siempre se acompañan de abundantes limonitas, especialmente masivas y foliadas. Todos los canales presentan variación en el espesor, a veces forman pequeñas bolsonadas. Según el

estudio minerográfico, contienen oro nativo, electrum, petzita, goetita, pirita, rutilo y azufre. Ver fotos 5.1, 5.2, 5.3 y 5.4, mosaico 4.5 (muestra 27), 7.2 (32) y 7.4 (40) y anexos.

Tanto las estructuras silíceas como los canales de brecha disminuyen su espesor a profundidad, algunas desaparecen a pocos de la superficie. Por los rasgos morfológicos mencionados, podemos decir que, la geometría del yacimiento es pequeña y muy irregular.

4.2.3 MINERALOGÍA

Los minerales de mena reconocidos macroscópica y/o microscópicamente son:

Oro nativo, se presenta en granos irregulares siempre asociado a óxidos dentro de brechas hidrotermales e hidrotermal-”crackle” y estructuras silíceas. El tamaño de los granos es menor a 50 micrómetros. Ver mosaico 4.5 (muestras 26 y 27), 7.2 (32) y 7.4 (40) y anexos.

Electrum, ocurre en los mismos lugares que el oro, se asocia a calaverita y petzita. Es muy escaso y los granos son menores a 40 micrómetros. Ver mosaico 4.5 (muestra 27) y anexos.

Calaverita (AuTe_2), se presenta asocia electrum y petzita.

Petzita (Ag_3AuTe_2), ocurre asociado a electrum y otros teluros.

Cobres grises (tetraedrita), se presenta en tetraedros y se asocia a pirita, epidota, zeolitas y carbonatos, que forman venillas o rellenan cavidades. Solamente se ha observado en el sondaje IP-07, a los 160.80 m.

Los minerales de ganga identificados macroscópica y microscópicamente son:

Cuarzo, que ocurre como sílice granular, sílice “vuggy”, sílice masiva, cuarzo hialino en venillas y drusas, cuarzo blanco en venillas junto con calcedonia y ópalo.

Alunita, ocurre cristalizada y masiva, ha sido reconocido en superficie y sondajes. Alteran feldespatos y se presentan en cualquier tipo de roca.

Baritina, ocurre siempre cristalizada formando pequeñas drusas en fracturas y cavidades.

Pirita, ocurre diseminada y formando venillas. En superficie está parcialmente alterada a limonitas, hematita y jarosita. A profundidad está más conservada, se puede ver en todos los tipos de roca y alteraciones.

Magnetita, se acompaña de máficos en rocas frescas o rocas con alteración propilítica. Cerca al sondaje IP-05 se ha observada venillas de magnetita-hematita dentro del intrusivo pórfido monzodiorítico. Ver mosaico 7.4 (muestra 39).

Limonitas, existen varios tipos de limonitas, así tenemos masivas, hojosas o foliadas, botroidales (**goetita**) y terrosas. Se han formado en superficie y a profundidad. Acompañan frecuentemente al oro.

Hematita, mayormente es terrosa y ocurre en rocas alteradas.

Rutilo, ocurre finamente diseminado dentro de cuarzo, alunita y otros minerales.

Zeolitas (natrolita, $\text{Na}_2(\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{10}\cdot 2\text{H}_2\text{O})$), son de morfología radial, ocurren rellenando cavidades dentro del intrusivo pórfido monzodiorítico y en el tufo de cristales andesítico. Es común observar en el sondaje IP-07 entre los 160 y 170 m de profundidad. Ver mosaico 7.4 (muestra 39).

Azufre, se presenta diseminado dentro de los poros y cavidades de las rocas alteradas y frescas. Mayormente se acompaña de pirita.

Arcillas, se han formado por actividad hidrotermal (caolinita, dickita) y por intemperismo (esmectita, montmorillonita).

Leucoxeno, se forma como alteración del rutilo y de máficos.

Ópalo, ocurre como alteración de baja temperatura en determinados tipo de roca.

Jarosita, ocurre en algunos sectores y se acompaña de pirita.

Escorodita ($\text{Fe}^{+3}\text{AsO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$), observada en superficie junto con pirita y sulfatos, y en los sondajes diamantinos acompañada de sulfuros.

Calcita, ocurre como impregnaciones en rocas con alteración propilítica.

Cloritas, ocurren en venillas, fracturas y alterando máficos y feldespatos.

Epídota, se presenta en rocas con alteración propilítica, reemplaza a feldespatos.

Sulfatos de cobre y hierro, ocurren como eflorescencias tanto en superficie como en profundidad. Se trata de calcantita, melanterita, entre otros.

4.2.4 TEXTURAS

Las texturas reconocidas en el campo y por estudios microscópicos son brechosa, de relleno y porosa o “vuggy”.

Textura brechosa, lo encontramos en todos los canales y tipos de brecha diferenciados en el yacimiento. Se han distinguido dos tipos de textura brechosa: 1) *texturas triangulares*, donde los fragmentos son angulosos y presentan formas triangulares y rectangulares, y 2) *texturas semitriangulares a subredondeadas*, presentan fragmentos subangulosos y subredondeados. Esta textura es la más importante del yacimiento y se asocia estrechamente a la mineralización. Ver fotos 4.1-4, mosaico 4.2 (muestra 17), 4.3 (19, 21 y 22), 4.4 (23, 25 y 25), 4.5 (27), 7.1 (29 y 30), 7.2 (32 y 34), 7.3 (35 y 37), 7.4 (40) y 7.5 (42) y anexos.

Textura de relleno, relacionada a la presencia de poros, cavidades y fracturas dentro de rocas alteradas y frescas, que son rellenadas parcial o totalmente por diversos minerales, como óxidos, alunita, cuarzo, baritina, entre otros.

Textura porosa o “vuggy”, se relaciona directamente a la alteración sílice “vuggy”. Tiene amplia distribución en el yacimiento y podemos encontrarlo en superficie y a profundidad.

4.2.5 ZONAMIENTO

Tal como se mencionó anteriormente, la mineralización se limita a la presencia de estructuras silíceas y canales de brecha, ambos con abundantes óxidos.

Para el caso de las estructuras silíceas existe un zonamiento lateral y vertical. Lateralmente grada a sílice-alunita, sílice-arcillas, argílico y propilítico, verticalmente disminuye en el espesor y contenido de óxidos, a veces a pocos metros de profundidad desaparece. La mineralización también sufre cambios importantes tanto lateral como verticalmente, es decir, baja bruscamente las leyes de oro, cuando pasamos de sílice-óxidos a sílice-alunita u otro tipo de ensamble. La mayoría de canales silíceos no profundizan.

En los canales de brecha también existe cambios laterales y verticales, sobre todo en los espesores, contenido de óxidos y leyes de oro. Así tenemos que, las brechas con óxidos, disminuye considerablemente los valores de oro, a medida que disminuye el contenido de óxidos o profundizamos. La mayoría de canales de brecha no profundizan.



FOTO 4.1: Niveles de autobrecha (“carapace breccia”) sobre lavas andesíticas, presentan alteración argílica avanzada y son cortados por canales delgados de brechas hidrotermales, subverticales.



FOTO 4.2: Canal de brecha hidrotermal con ensamble cuarzo-alunita, de, aproximadamente 3 m. de potencia.



FOTO 4.3: Acercamiento de la foto 4.2, se observa con detalle la brecha hidrotermal compuesta por fragmentos angulosos y subangulosos de sílice masiva, sílice vuggy y porfíricos alterados a cuarzo-alunita, con tamaños muy variados. La matriz fina se compone de cuarzo-alunita. Oxidos en fragmentos y matriz.

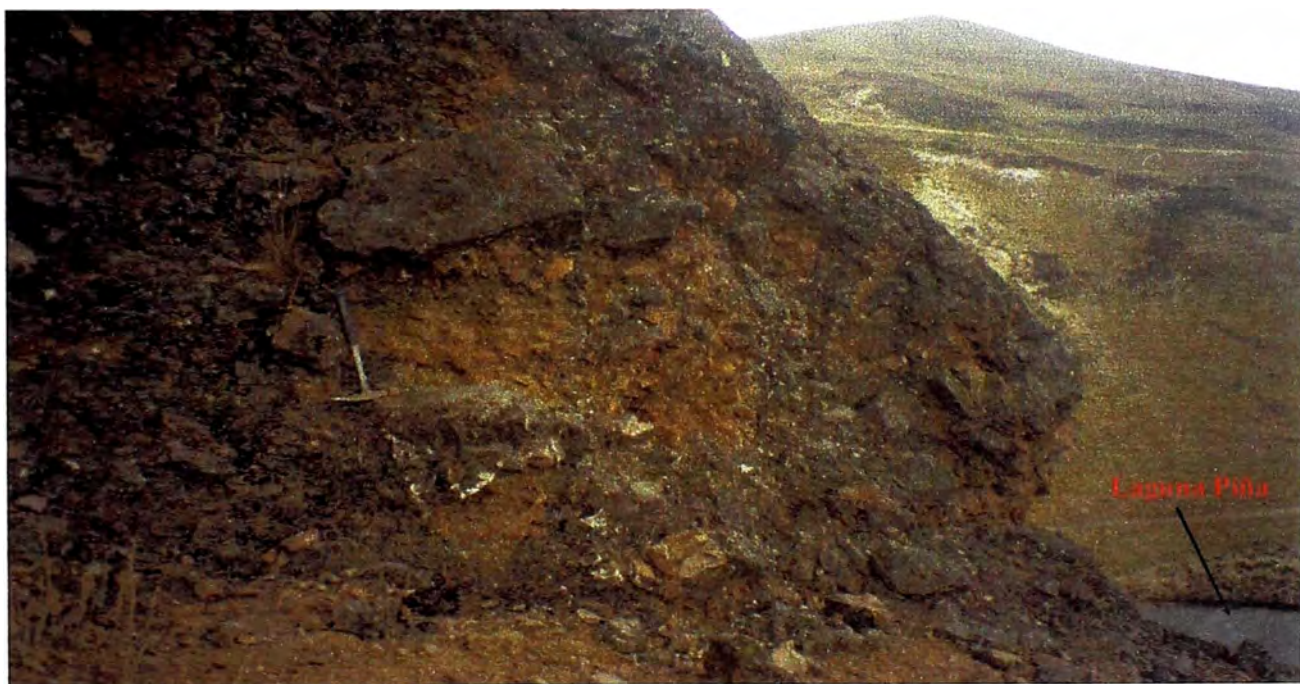


FOTO 4.4, mirando al S: Cuerpo de brecha freática “Laguna Piña”, fragmentos angulosos y subangulosos mostrando variedad de tamaños, compuestos de sílice masiva y sílice vuggy, y matriz de sílice granular deleznable (polvo de roca). Ver mosaico 4.4.

MOSAICO 4.1: Macrofotografías y fotomicrografías de las muestras 11, 12, 13 y 14.**MUESTRA 11: C° Señal Incapacha**

11A: Sílice masiva gris clara proveniente del tufo de cristales, con diseminaciones de azufre y cavidades tapizadas por limonitas. Valor de oro < 5 ppb.

11B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Sílice masiva constituida por cuarzo microgranular alotriomórfico. Cavidades rellenas con cuarzo de mayor tamaño, cristales de baritina (b) dentro de la matriz, moldes de máficos pseudomorfizados por cuarzo y leucoxeno.

MUESTRA 12: C° Señal Incapacha

12A: Sílice masiva de color gris claro, cortada por venillas (v) milimétricas de sílice gris oscura. También puntos de sílice gris oscura en la matriz. Valor de oro < 5 ppb.

12B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Sílice masiva compuesta por cuarzo microgranular, cortada por venillas (v) de sílice gris con abundantes inclusiones fluidas. Cavidades (c) rellenas por cuarzo de mayor tamaño.

MUESTRA 13: C° Arpista Rumi

13A: Tufo de cristales andesítico de grano fino mostrando textura bandeada y contorneada. Está alterado a sílice granular gris blanquecina. Valor de oro < 5 ppb.

13B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Tufo de cristales conteniendo fragmento lítico (L) de posible pómez y fragmentos de feldespatos (F) en matriz fina compuesta por ceniza volcánica y máficos (puntos oscuros). La roca está alterada a cuarzo cripto a microcristalino (sílice microgranular) mezclado con arcillas y alunita muy fina. Los máficos son reemplazados por leucoxeno.

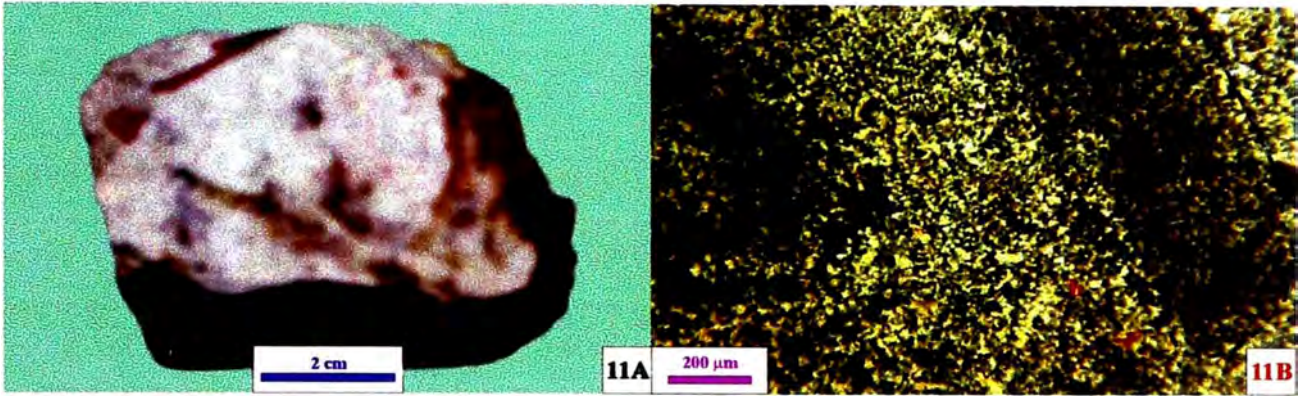
MUESTRA 14: Código 45504 (muestra de roca)

14A: Sílice vuggy de color blanco cremoso, mostrando poros (moldes) prismáticos de tamaños menores a 5 mm, escasos pigmentos de limonitas y puntos de azufre. Valor de oro 61 ppb.

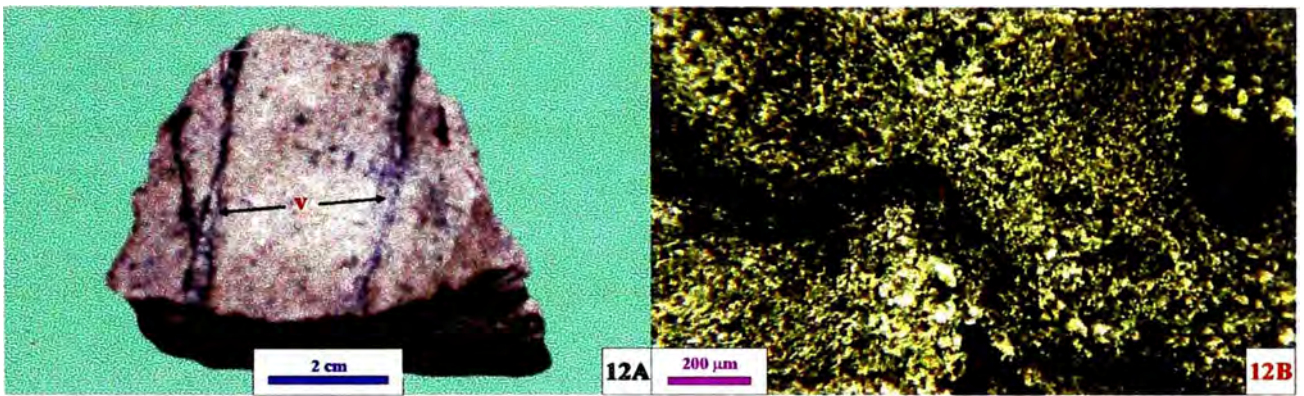
14B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Sílice vuggy constituida por cuarzo microgranular alotriomórfico. Cavidades (c) rellenas parcialmente por cristales de alunita (a) y cuarzo de grano muy fino (sílice microgranular).

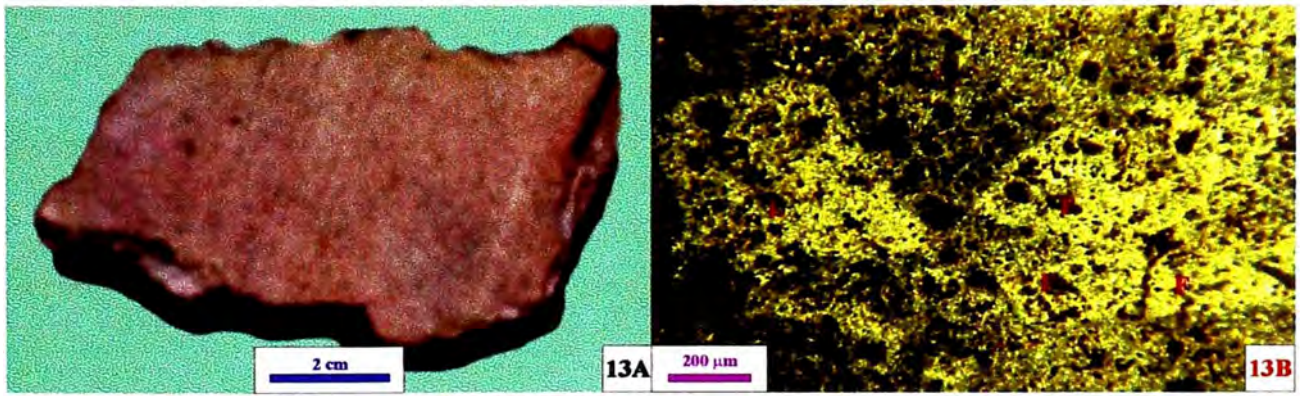
MUESTRA 11



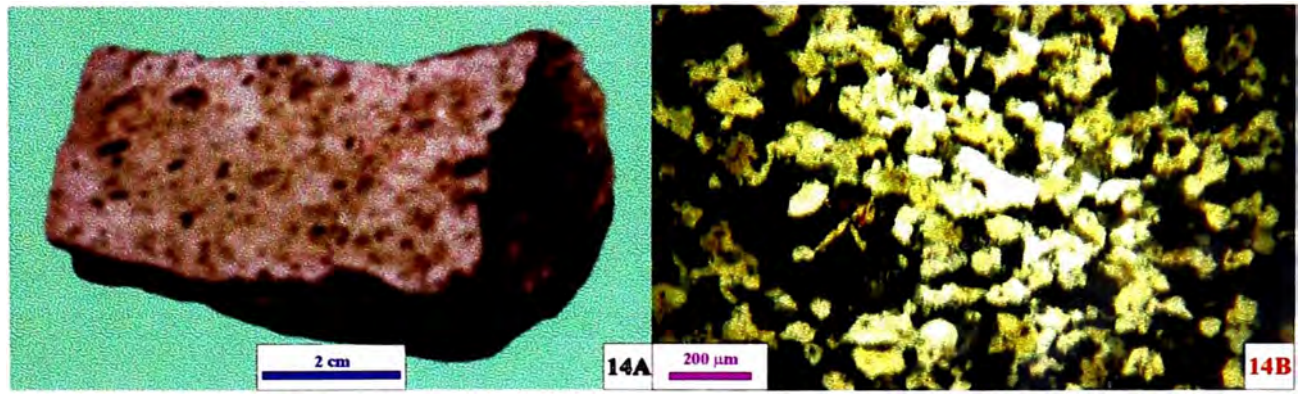
MUESTRA 12



MUESTRA 13



MUESTRA 14



MOSAICO 4.2: Macrofotografías y fotomicrografías de las muestras 15, 16, 17 y 18.**MUESTRA 15: C° Ruruni**

15A: Lava andesítica con textura porfírica, alterada a sílice-alunita. La alunita se presenta en hojuelas dentro de moldes de feldespatos. Valor de oro < 5 ppb.

15B: Sección delgada, nicols cruzados, x79.

Lava andesítica con alteración cuarzo-alunita. El cuarzo es microgranular alotriomórfico, mientras que la alunita (a) se presenta en agregados de cristales listonados relleno de moldes y cavidades (c). También alunita sobreimpuesta en la matriz de cuarzo. Algunas cavidades son rellenas por cuarzo (cz) de mayor tamaño.

MUESTRA 16: Código 42033 (muestra de roca)

16A: Brecha hidrotermal de cuarzo-alunita-arcillas, constituida por fragmentos porfíricos de color gris, alterados a cuarzo-alunita. Matriz fina de color crema amarillento compuesta por pequeños fragmentos de sílice, alunita y arcillas. Valor de oro 51 ppb.

16B: Sección delgada, nicols cruzados, x79.

Matriz de brecha hidrotermal compuesta por cuarzo-alunita-arcillas y conteniendo fragmentos de cuarzo (cz). Las zonas oscuras son limonitas, rutilo alterado a leucoxeno y cavidades (c).

MUESTRA 17: S C° Collaorco

17A: Lava andesítica porfírica de color gris oscuro y gris claro, alterada a sílice opalina. Es cortada por canales de brecha crackle-hidrotermal, compuesta por fragmentos angulosos y rectangulares con tamaños variados de sílice opalina y sílice masiva, y matriz escasa de alunita-cuarzo hialino. Pigmentos de limonitas en fracturas y cavidades. Valor de oro < 5 ppb.

17B: Sección delgada, nicols cruzados, x79.

Canal de brecha crackle-hidrotermal constituida por fragmentos (F) angulosos de lava porfírica alterada a sílice opalina, matriz blanquecina compuesta por alunita (natroalunita) fina y cuarzo microgranular. Cavidades (c) tapizadas por limonitas (L) pardas.

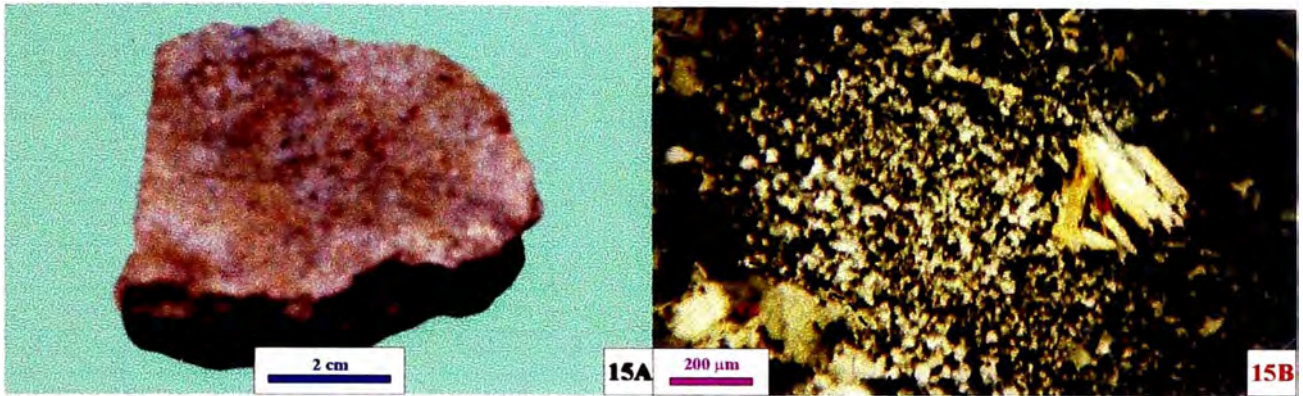
MUESTRA 18: E C° Arpista Rumi

18A: Tufo lítico andesítico de color gris claro, contiene fragmentos con textura afanítica (pómez) y porfírica, de tamaños menores a 1 cm. Se halla alterado a cuarzo-arcillas y pigmentado por limonitas. Valor de oro < 5 ppb.

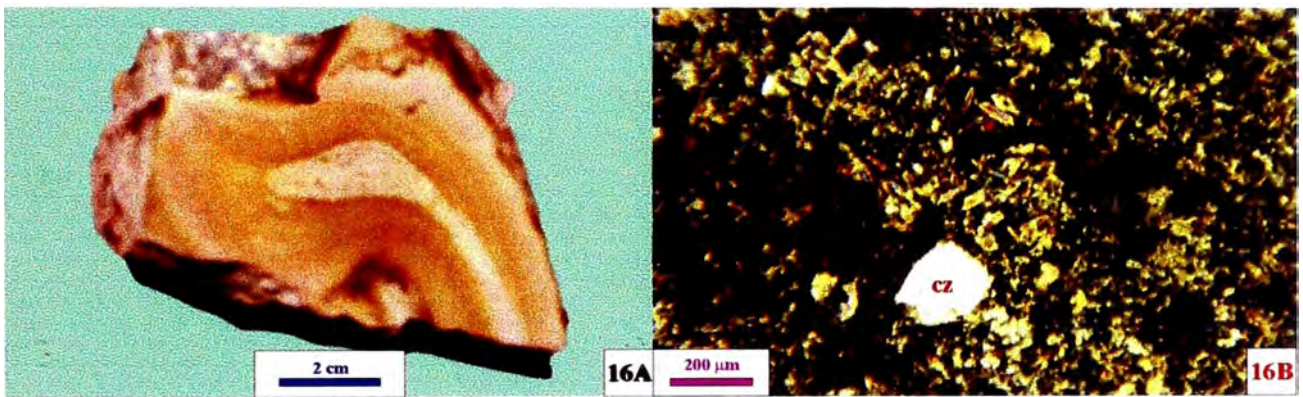
18B: Sección delgada, nicols paralelos, x79.

Tufo lítico andesítico mostrando fragmento lítico porfírico (F), fragmento de vidrio (V), fragmento de cuarzo (cz) y matriz criptocristalina constituida de ceniza volcánica (vidrio), máficos y opacos. El fragmento lítico (L) está alterado a sílice opalina-arcillas-alunita-leucoxeno, el fragmento de vidrio (V) está parcialmente devitrificado a sílice y la matriz está parcialmente alterada a sílice opalina-arcillas-alunita-leucoxeno.

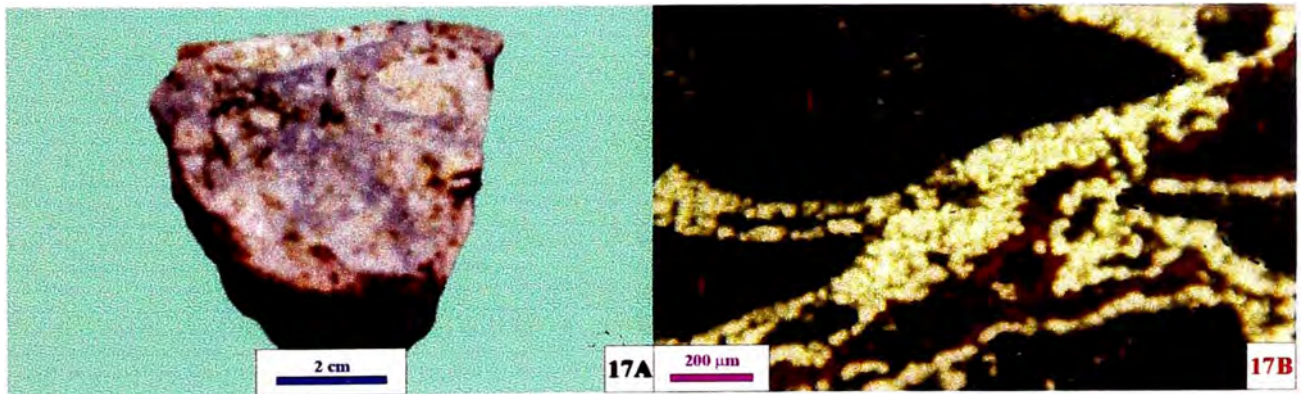
MUESTRA 15



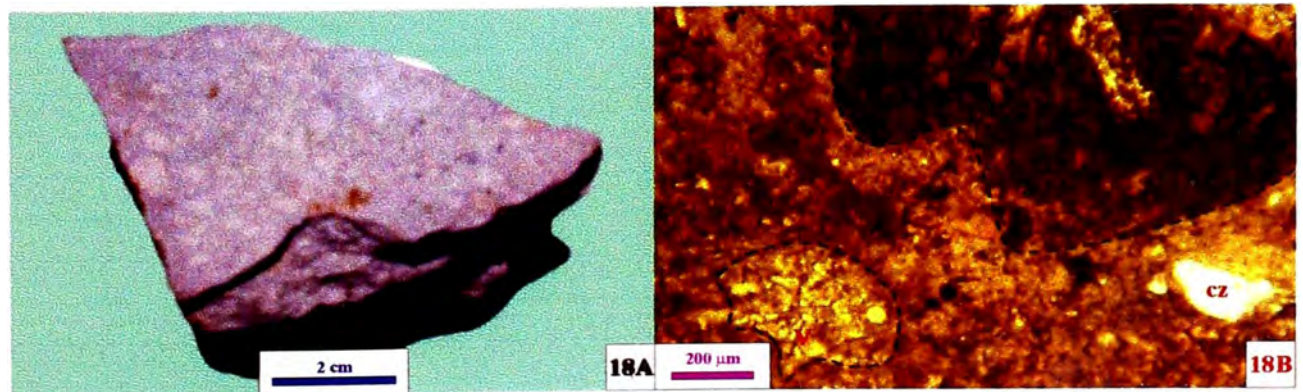
MUESTRA 16



MUESTRA 17



MUESTRA 18



MOSAICO 4.3: Macrofotografías y fotomicrografías de las muestras 19, 20, 21 y 22.**MUESTRA 19: C° Señal Incapacha**

19A: Brecha freática-hidrotermal constituida por fragmentos gris oscuro y gris claro de sílice masiva y sílice vuggy, de tamaños variados (submilimétricos y centimétricos) y con formas subredondeadas y subangulosas. La matriz gris clara se compone de sílice granular bien compactada (soldada). Puntos de azufre en algunos fragmentos. Valor de oro < 5 ppb.

19B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Brecha freática-hidrotermal constituida por fragmentos (F) subangulosos y subredondeados de cuarzo microgranular alotriomórfico (sílice masiva) y matriz de cuarzo (sílice granular) con grano mucho más fino que el cuarzo que compone los fragmentos. Dentro de la matriz, disseminaciones finas de opacos limonitizados y rutilo alterado a leucoxeno.

MUESTRA 20: Código 51019 (muestra de roca)

20A: Sílice masiva porosa de color gris claro, con cavidades rellenas por drusas botroidales de cuarzo hialino. Abundantes limonitas masivas y foliadas en cavidades y fracturas. La muestra pertenece a una estructura subvertical. Valor de oro 6573 ppb.

20B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Sílice masiva porosa constituida por cuarzo microgranular alotriomórfico, mostrando cavidades (c) con drusas de cuarzo hialino (se observa cristales prismáticos con terminaciones triangulares). Limonitas (L) de color pardo pigmentan cavidades (c).

MUESTRA 21: Código 53606 (muestra de roca)

21A: Brecha hidrotermal constituida por fragmentos subangulosos de sílice masiva y sílice vuggy, matriz de sílice granular compacta. Pigmentos de limonitas y algo de hematita en cavidades y fracturas. Valor de oro 5656 ppb.

21B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Brecha hidrotermal constituida por fragmentos (F) subangulosos de cuarzo microgranular alotriomórfico (sílice masiva, algunos con mayor porosidad-sílice vuggy) y matriz de cuarzo microcristalino (sílice granular, granos más fino que el cuarzo de fragmentos). Las zonas oscuras son cavidades (c) con óxidos de hierro y leucoxeno.

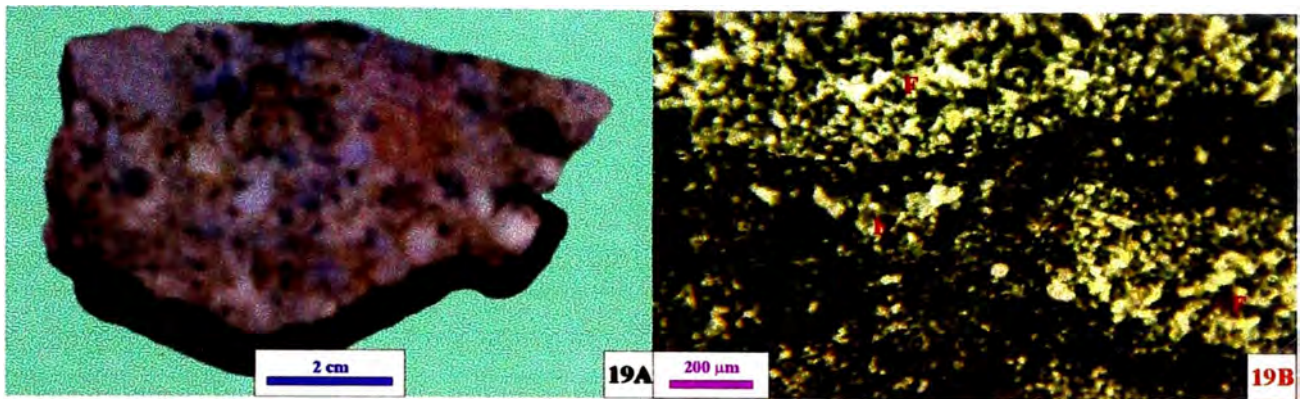
MUESTRA 22: Código 52265 (muestra de roca)

22A: Roca porfírica (andesita) de color gris blanquecino alterada a cuarzo-alunita y cortada por canales de brecha crackle. La brecha se compone de fragmentos porfíricos y de sílice masiva, matriz de sílice triturada con limonitas. Los fragmentos presentan formas rectangulares y tamaños variados. Valor de oro 44 ppb.

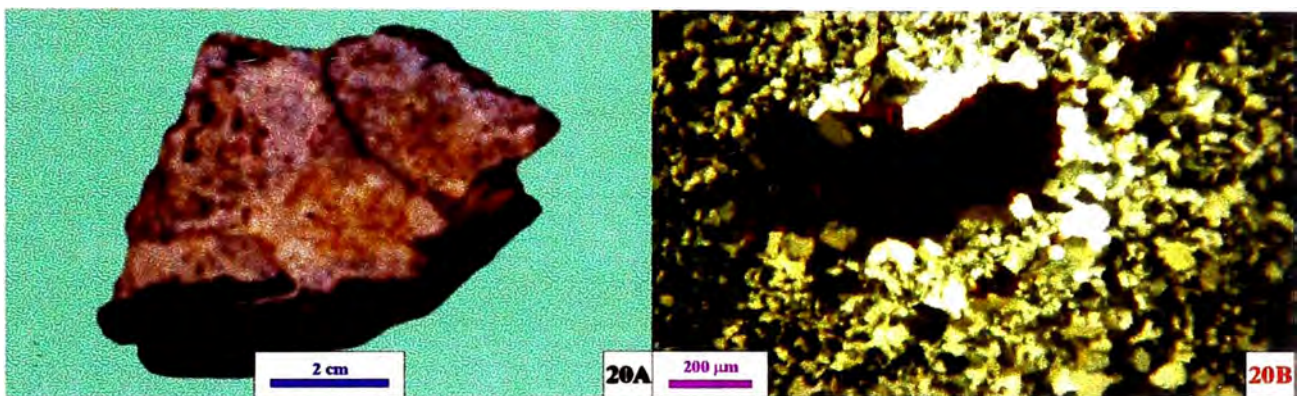
22B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Brecha crackle constituida por fragmentos (F) rectangulares de cuarzo microgranular alotriomórfico (sílice masiva con algunos poros) y matriz de diminutos fragmentos de cuarzo (sílice triturada) mezclado con óxidos (limonitas y hematita). Cristales de alunita y cavidades (c) en la matriz.

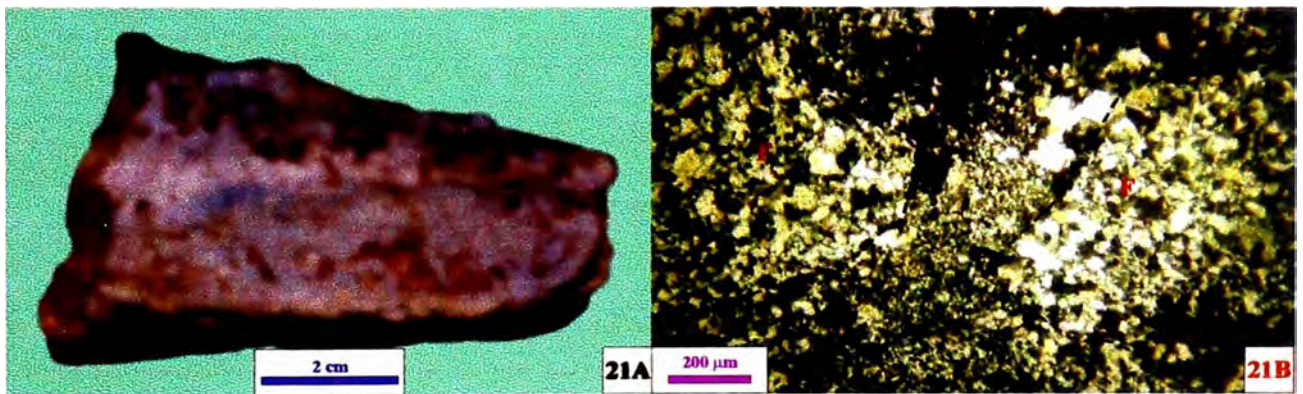
MUESTRA 19



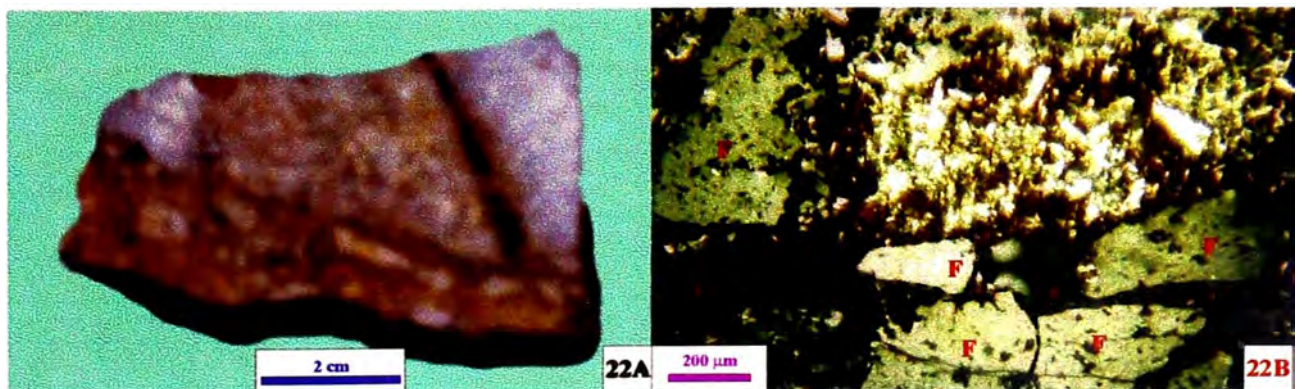
MUESTRA 20



MUESTRA 21



MUESTRA 22



MOSAICO 4.4: Macrofotografías y fotomicrografías de las muestras 23, 24 y 25.

MUESTRA 23: Código 33749 (muestra de roca)

23A: Brecha hidrotermal-crackle constituida por fragmentos subangulosos de sílice vuggy y sílice masiva, matriz de sílice granular bordeado por cristales incoloros de baritina. Cavidades y fracturas rellenas por arcillas y pigmentadas por limonitas pardo amarillentas. Valor de oro 142 ppb.

23B: Sección delgada, nicols cruzados, x79.

Brecha hidrotermal-crackle constituida por fragmentos subangulosos de cuarzo granular alotriomórfico (sílice masiva) y matriz de cuarzo microgranular (sílice de grano fino). Posteriormente crackelamiento de la brecha hidrotermal, fragmentos cementados por sílice triturada, arcillas y limonitas.

MUESTRA 24: Código 51037 (muestra de roca)

24A: Brecha hidrotermal-crackle constituida por fragmentos angulosos y subangulosos de sílice vuggy y sílice masiva, y matriz de sílice granular. Los fragmentos presentan diversos tamaños y son comúnmente de color gris claro. Crackelamiento de la brecha y cementación de limonitas masivas y terrosas de color pardo amarillento. Valor de oro 2004 ppb.

24B: Sección delgada, nicols cruzados, x79.

Brecha hidrotermal-crackle constituida por fragmentos (F) rectangulares y angulosos de cuarzo granular (sílice vuggy y sílice masiva) y matriz de cuarzo microgranular. Cavidades (c) tapizadas por limonitas.

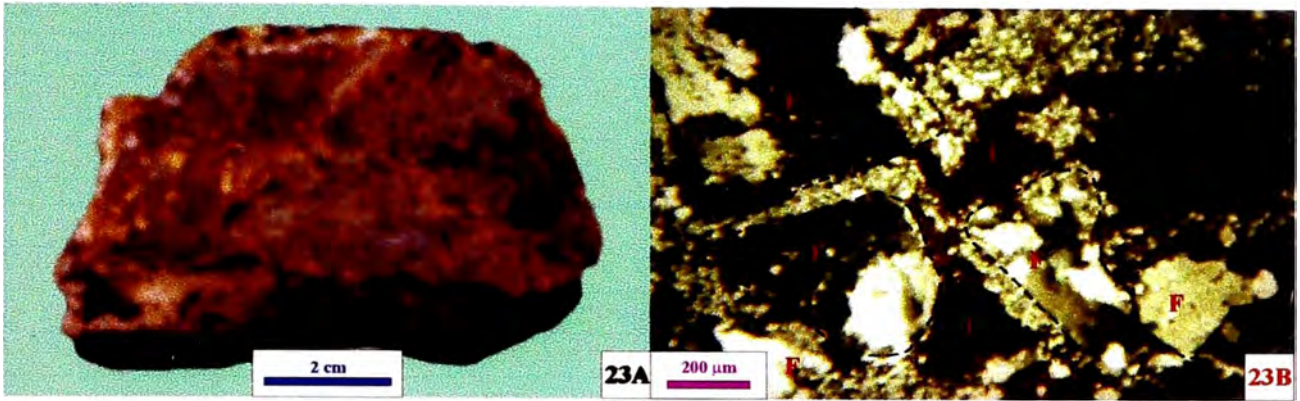
MUESTRA 25: E Laguna Piña

25A: Brecha freática compuesta por fragmentos de sílice vuggy y sílice masiva, matriz de sílice granular (polvo de roca) y limonitas. Los fragmentos son de tamaños centimétricos y milimétricos, presentan bordes subangulosos y son de color gris blanquecino. Valor de oro < 5 ppb.

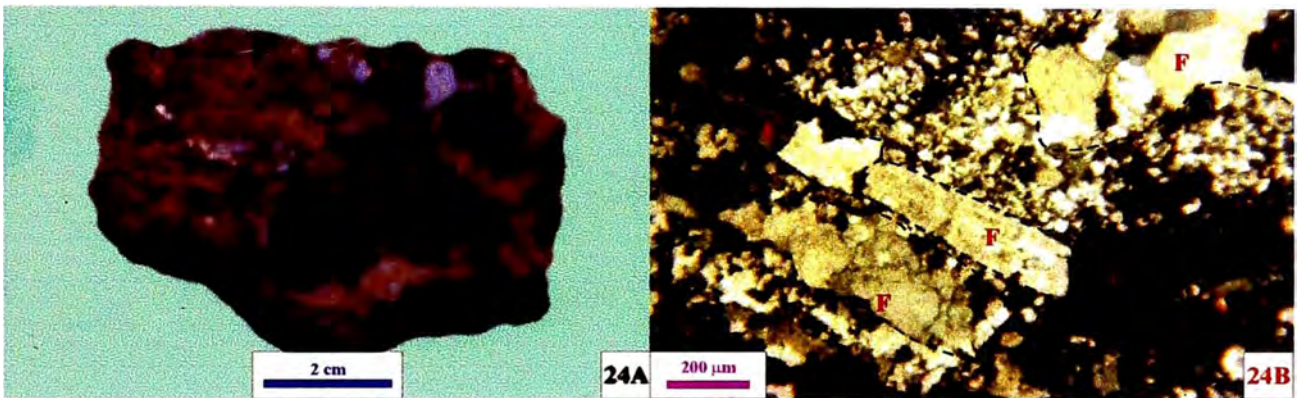
25B: Sección delgada, nicols cruzados, x79.

Brecha freática constituida por fragmentos (F) de cuarzo microgranular alotriomórfico (sílice masiva), fragmentos de cuarzo granular y matriz de cuarzo triturado (polvo de roca) cementado por limonitas pardas.

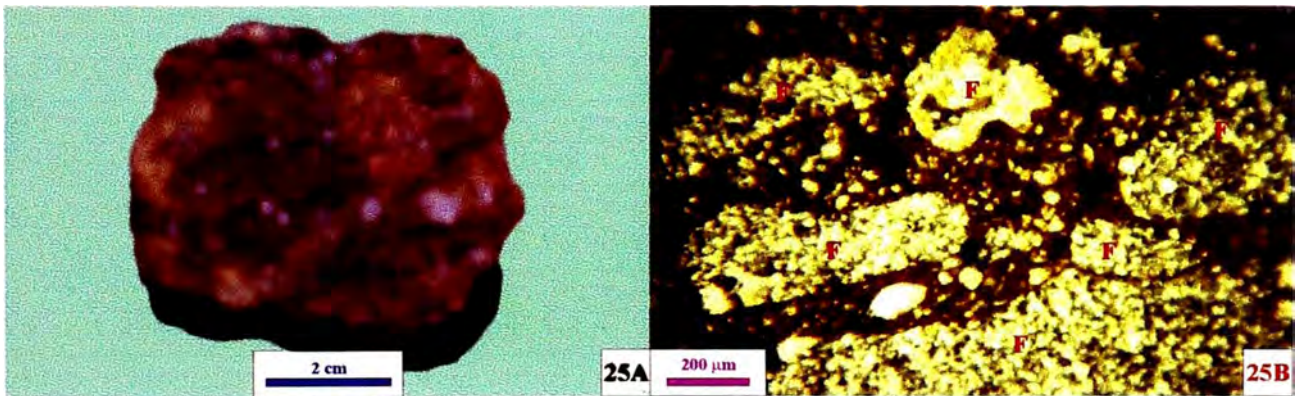
MUESTRA 23



MUESTRA 24



MUESTRA 25



MOSAICO 4.5: Macrofotografías y fotomicrografías de las muestras 26 y 27.**MUESTRA 26: Código 51020 (muestra de roca)**

26A: Sílice masiva de color gris claro mostrando abundantes cavidades rellenas por drusas de cuarzo hialino (cristales prismáticos). Abundantes limonitas masivas y foliadas, tapizan cavidades y rodean a la sílice. La muestra pertenece a la misma estructura de la muestra 20. Valor de oro 17390 ppb.

26B: Sección pulida, nicoles paralelos, x315.

Oro nativo (Au) atrapado por la resina (gris verdoso), dentro de cavidad con cristales prismáticos de cuarzo (gris oscuro) tapizados por limonitas (L) masivas.

26C: Sección pulida, nicoles paralelos, x315.

Electrum (el) asociado a calaverita (clv) y petzita (ptz) en cavidad de cuarzo tapizado por limonitas (L) foliadas. El grano de electrum fue atrapado por la resina.

26D: Sección pulida, nicoles paralelos, x315.

Oro nativo (Au) en el borde de una drusa de cuarzo, es parcialmente rodeado por limonitas (L) masivas. El grano de oro fue atrapado por la resina. Grano de rutilo (rt) en la matriz.

MUESTRA 27: Código 51027 (muestra de roca)

27A: Brecha hidrotermal-crackle conformada por fragmentos subangulosos de sílice vuggy y sílice masiva, matriz de sílice-alunita. Cavidades y fracturas tapizadas por limonitas foliadas y terrosas de color pardo. El tamaño de los fragmentos es variado. Valor de oro 13540 ppb.

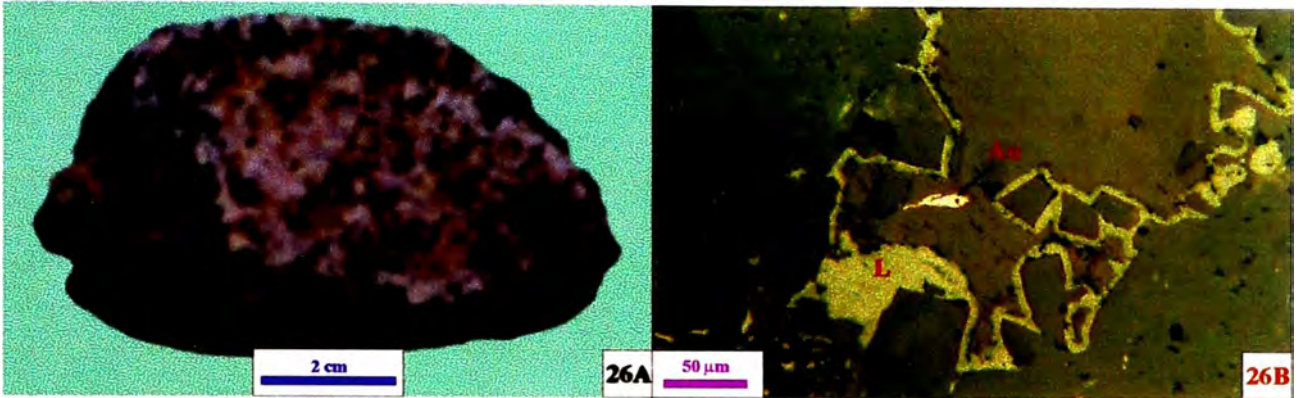
27B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Brecha hidrotermal-crackle constituida por fragmentos (F) subangulosos de cuarzo granular, algunos con porosidad (sílice vuggy) y otros sin poros (sílice masiva), de tamaños variados y presentando diseminaciones de rutilo y zircón. Matriz compuesta por cuarzo microgranular y alunita (a), presenta diseminaciones de opacos y rutilo. Finalmente fracturamiento (crackelamiento) de la brecha, con fragmentos cementados por limonitas.

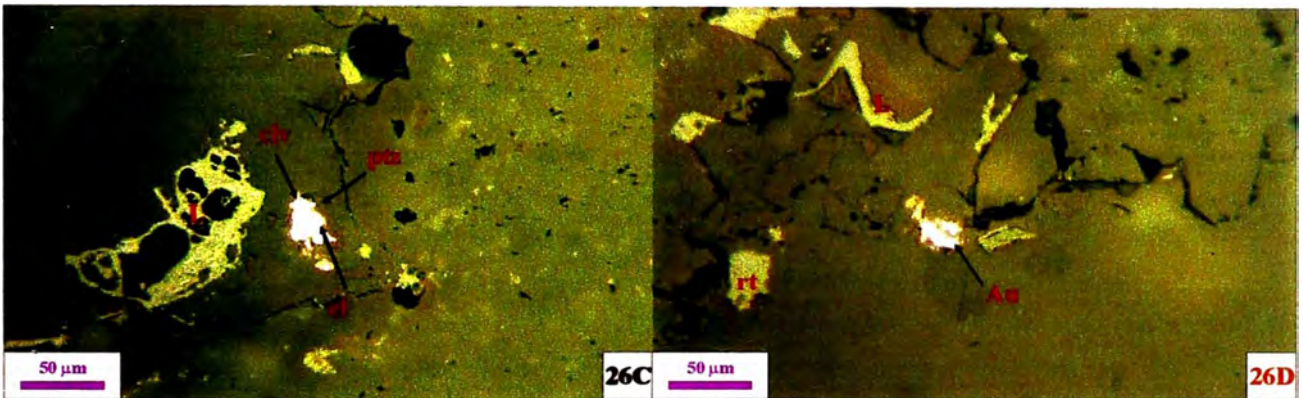
27C: Sección pulida, nicoles paralelos, x315.

Oro nativo (Au) y rutilo (rt) dentro de matriz de brecha hidrotermal-crackle. Los fragmentos son cementados por limonitas (L) foliadas.

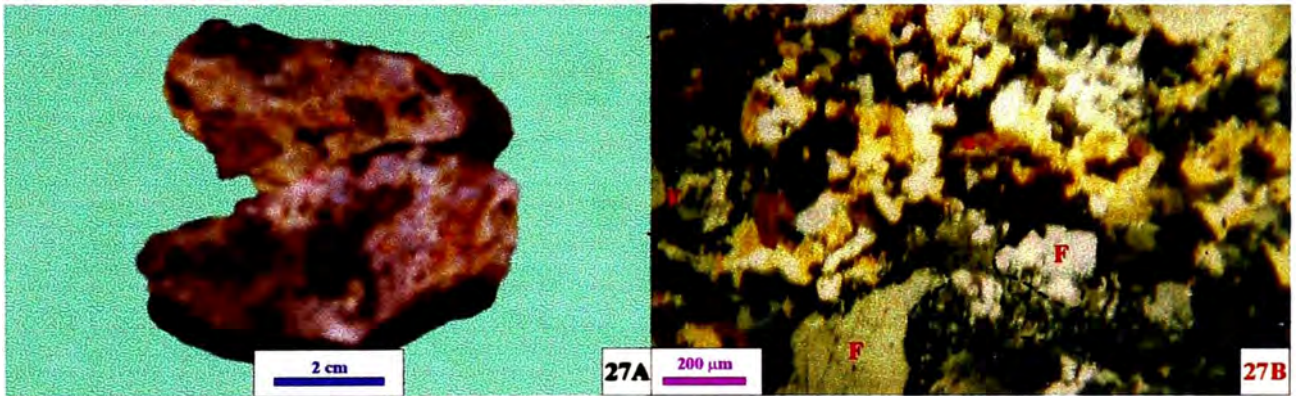
MUESTRA 26



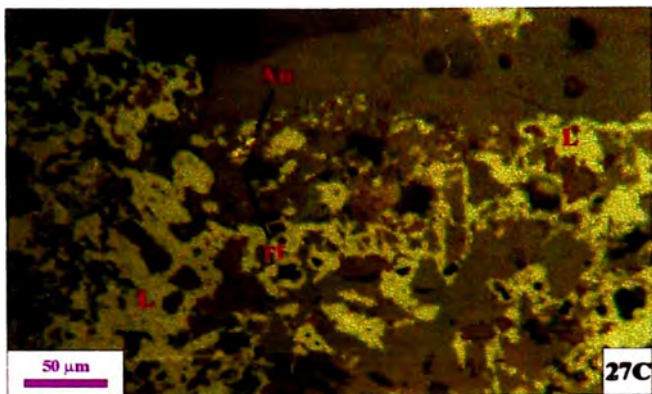
MUESTRA 26



MUESTRA 27



MUESTRA 27



TERCERA PARTE:

PROSPECCION

CAPÍTULO V: PROSPECCIÓN GEOQUÍMICA

5.1 MUESTREO SUPERFICIAL

En el proyecto Incapacha y alrededores, el muestreo se inicia en el año 1995 y se prolongo hasta el año 2000. En el cuadro 5.1 se detallan los tipos de muestreo realizados, así como la cantidad de muestras recolectadas en cada uno de ellos.

AÑO	MUESTRAS DE ROCA				MUESTRAS DE	
	CHIP	CANAL	SELECTIVAS	TRINCHERAS	SUELOS	SEDIMENTOS
1995	140	35	-	-		
1996	-	-	-	-		
1997	92	-	-	-		
1998	26	21	41	-	20	160
1999	280	170	472	-		
2000	294	390	490	234		
TOTAL	832	616	1003	234	20	160
	2685				20	160

Cuadro 5.1: Total muestras de roca, suelos y sedimentos

5.1.1 Muestreo de rocas

El muestreo de rocas comienza en junio de 1995, cuando personal de Buenaventura hizo el reconocimiento geológico regional desde Incapacha hasta Yaurihuri, recolectando en esa oportunidad 11 muestras referenciales por chip.

- Entre junio y julio del año 1995, una brigada de Buenaventura encabezado por José Rodríguez y Carlos Montoya realizaron un muestreo sistemático del cerro Señal Incapacha y alrededores, haciendo mallas de 300 m x 400 m y 400 m x 50 m respectivamente. Recolectaron 164 muestras, de las cuales 129 son de chip y 35 de canales horizontales y verticales. Ver cuadro 5.2.

ZONA	LINEA	DIRECCION	Nº MUESTRAS
C° Abuelo Machay	G	N10°W	8
C° Ruruni	H	N 30°E	5
C° Ruruni	I	N 30°E	4
C° Señal Incapacha	J	N20°E	26
C° Señal Incapacha	K	N20°E	15
C° Señal Incapacha	L	N20°E	12
C° Señal Incapacha	Otros		4
Mesajocha	M	N20°E	22
Mesajocha		N20°E	27
Mesajocha		N20°E	7
Mesajocha	Otros		11
C° Arpista Rumi	P	N55°E	11
C° Arpista Rumi	Q	N55°E	5
C° Arpista Rumi	R	E-W	7

Cuadro 5.2: Líneas de muestreo geoquímico y total de muestras tomadas, en junio y julio de 1995.

Entre junio y julio de 1997, Carlos Bermúdez y Celso Palacios realizaron un muestreo complementario en la zona de Incapacha y alrededores. Recolectaron 92 muestras, todas ellas tomadas en chip.

Entre setiembre y diciembre de 1998, el autor de este trabajo y Steve Turner efectuaron un muestreo referencial de la zona. Recolectaron 88 muestras tanto en chip como selectivas.

Entre marzo y mayo de 1999 y posteriormente entre setiembre y diciembre del mismo año, el autor de este trabajo realizó un muestreo referencial. Recolectando 922 muestras tanto en chip, canal y selectivas.

Finalmente, en el año 2000 el autor de este trabajo hizo un muestreo agresivo en la zona. Recolectando 1174 muestras que fueron tomadas tanto en chip, canal y selectivas. En este mismo año, paralelamente al muestreo de afloramientos se construyeron 7 trincheras, que tenían por finalidad comprobar la continuidad de las rocas alteradas en zonas cubiertas por material cuaternario. Dichas trincheras se ubican entre los cerros Señal Incapacha y Ruruni, el ancho es de 80 cm a 1 m y la profundidad es variada, llegando en algunos sectores a 2.5 m. El muestreo se hizo en tramos constantes de 2 m, asimismo se tomaron muestras especiales en los lugares que se interceptó estructuras.

De las 7 trincheras se recolectaron 234 muestras (ver cuadro 5.3).

TRINCHERA	RUMBO	LONGITUD (m)	N° MUESTRAS
T1	E-W	60	31
T2	N30°E	16	10
T3	N20°E	15	10
T4	N56°W	260	131
T5	N50°E	24	15
T6	N34°E	18	12
T7	N55°E	40	25
TOTAL			234

Cuadro 5.3: Muestras de trincheras

A continuación detallamos los tipos de muestras de roca tomadas en el proyecto:

Muestreo en chip, se utiliza para afloramientos y consiste en tomar fragmentos (esquirlas) de roca por puntos en un radio aproximado de 3 a 5 m.

Muestreo en canal, se utiliza para estructuras (“ribs”), vetas, venillas, canales de brecha, fracturas, entre otros. El canal debe ser siempre perpendicular a la dirección de las estructuras o cortar a la mayor cantidad de estructuras posible.

Muestreo selectivo, se utiliza cuando tenemos características muy particulares tanto en afloramientos, vetas, canales de brecha, fallas, fracturas, etc. Este tipo de muestreo es muy importante, sobre todo en las primeras etapas de la exploración. Los conocimientos de campo respaldan tal afirmación. Como ejemplo podemos mencionar al proyecto Incapacha, que en los primeros muestreos realizados no se detectaban valores anómalos representativos, pero que sin embargo, en el muestreo selectivo realizado más adelante se encontró varias muestras con valores muy altos.

Muestreo en trincheras, consiste en tomar muestras en canales continuos de 2 m y en el fondo de la trinchera. A veces se puede tomar muestras en las paredes de la trinchera y en sentido vertical.

5.1.2 Muestreo de suelos y sedimentos

Entre setiembre y diciembre de 1998, se llevo a cabo una campaña de muestreo de suelos en las laderas de los principales cerros de la zona y de sedimentos en las quebradas principales que nacen del cerro Señal Incapacha y demás cerros colindantes.

El *muestreo de suelos* se realizó en las faldas de los cerros Arpista Rumi, Incapallanca, Mesajocha, Señal Incapacha, Incapachita, Azufre, Ruruni y Llallahui. Generalmente se tomaron muestras de “suelos tipo B”, en contados casos “suelos tipo C” y material de escombros en zonas escarpadas. Para recolectar la muestra se hizo una selección del material más fino, evitando tomar fragmentos grandes de roca, material orgánico u otras impurezas. De este muestreo se recolectaron 160 muestras (ver cuadro 5.1).

Las *muestras de sedimentos* se ubican en las quebradas que tienen sus cabeceras en el cerro Señal Incapacha, tanto al N, S y E respectivamente. También se consideraron las quebradas que nacen de los cerros Arpista Rumi, Incapallanca, Mesajocha, Azufre, Ruruni y Llallahui. Las muestras fueron tomadas en los cauces principales de las quebradas, todas a excepción de una fueron tamizadas con agua. Para el tamizado se utilizó malla – 40 y en el laboratorio se analizo por malla – 200.

5.2 RESULTADOS GEOQUÍMICOS

Haciendo un hincapié de que el objetivo principal de nuestro estudio en el proyecto Incapacha fue la búsqueda de oro. Tomaremos como base a este elemento para hacer el análisis de su comportamiento dentro de la zona estudiada y su relación con los demás elementos.

5.2.1 GEOQUÍMICA DE ROCAS

5.2.1.1 Valores de oro y su relación con el tipo de muestra

Todas las muestras de roca han sido analizadas por oro y más del 95% de ellas han sido analizadas por Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Bi, As, Sb y Hg. Ver cuadro 5.4 y figuras del 5.1 al 5.6.

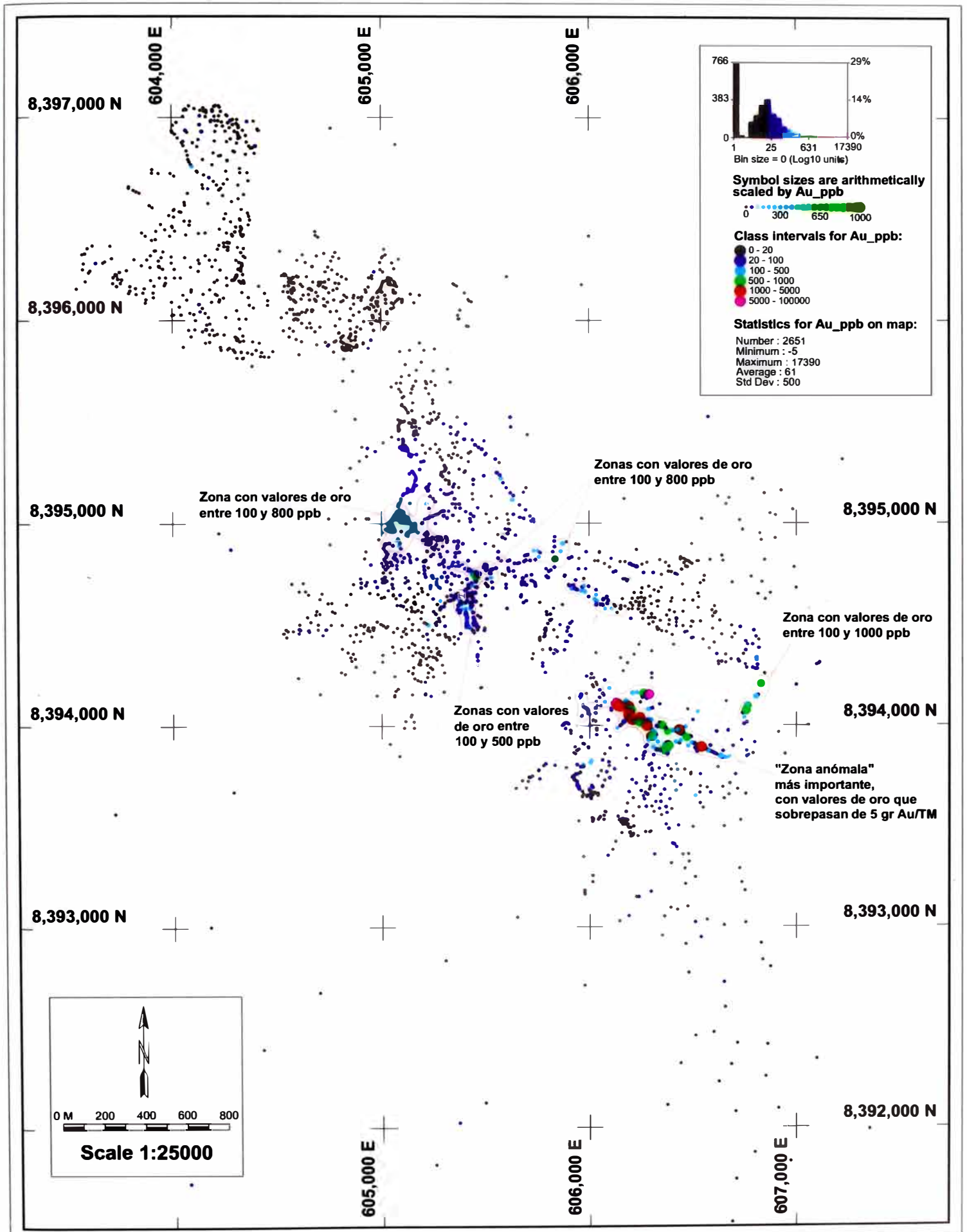


Figura 5.1: Plano Geoquímico de Oro (ppb) en muestras de roca

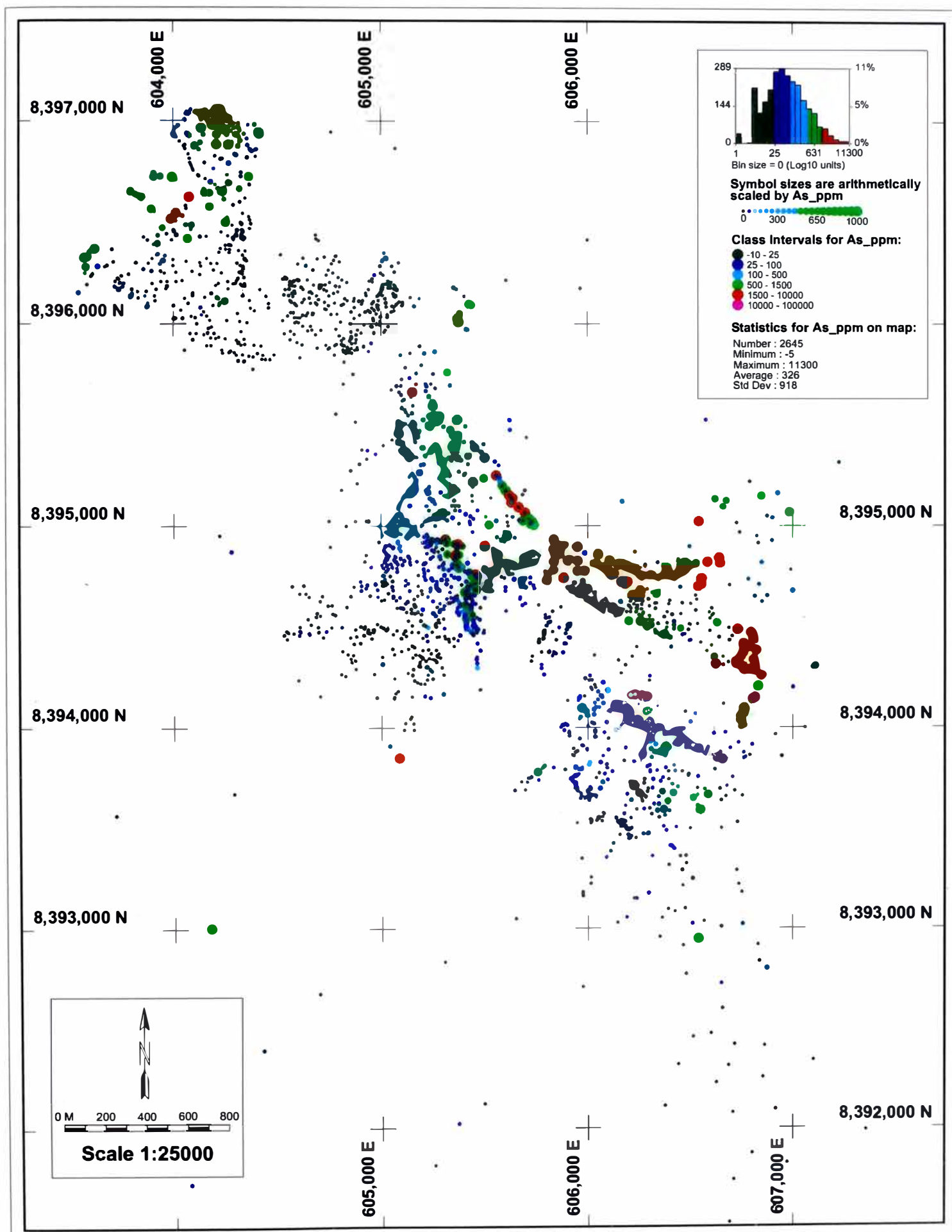


Figura 5.2: Plano Geoquímico de Arsénico (ppm) en muestras de roca

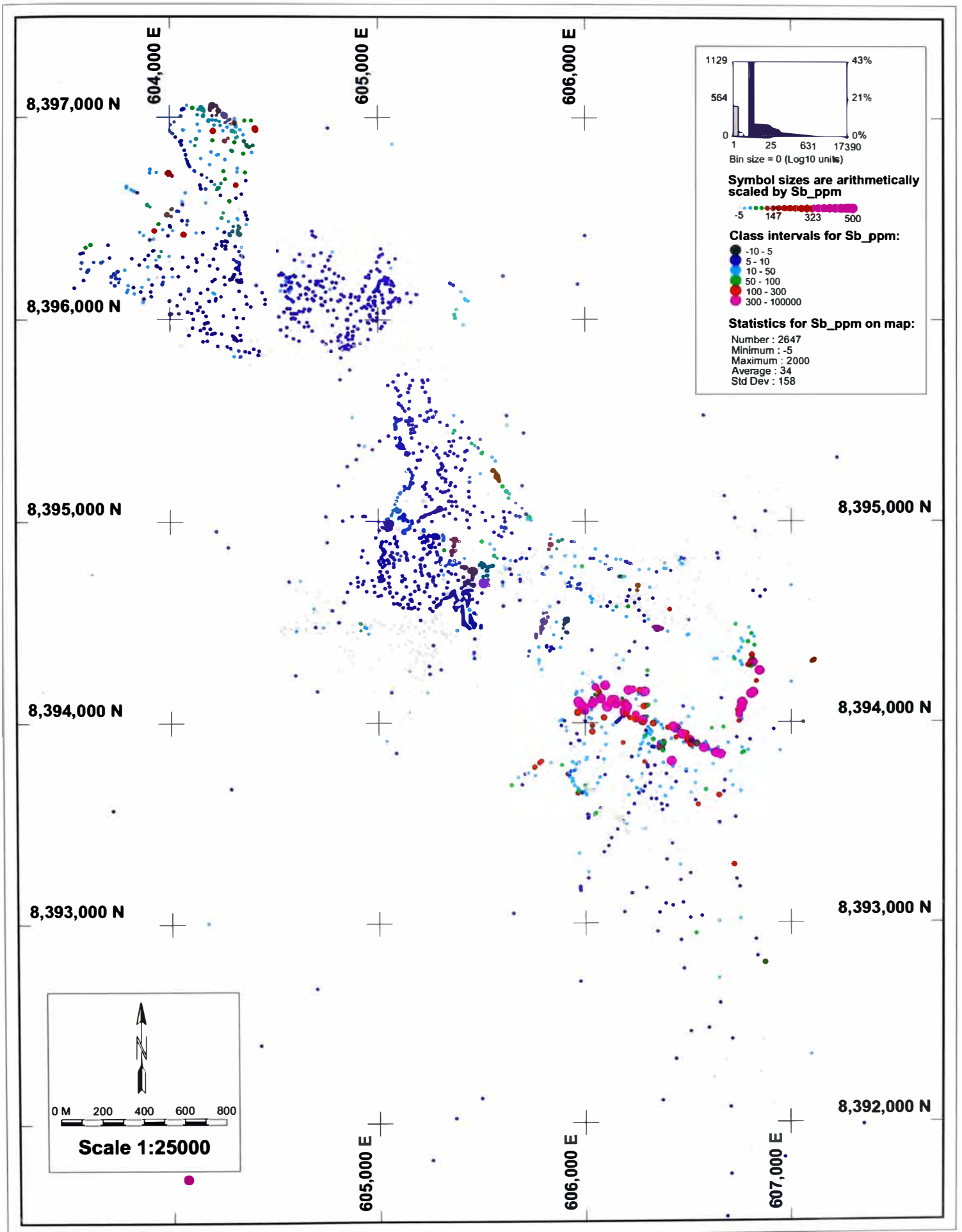


Figura 5.3: Plano Geoquímico de Antimonio (ppm) en muestras de roca

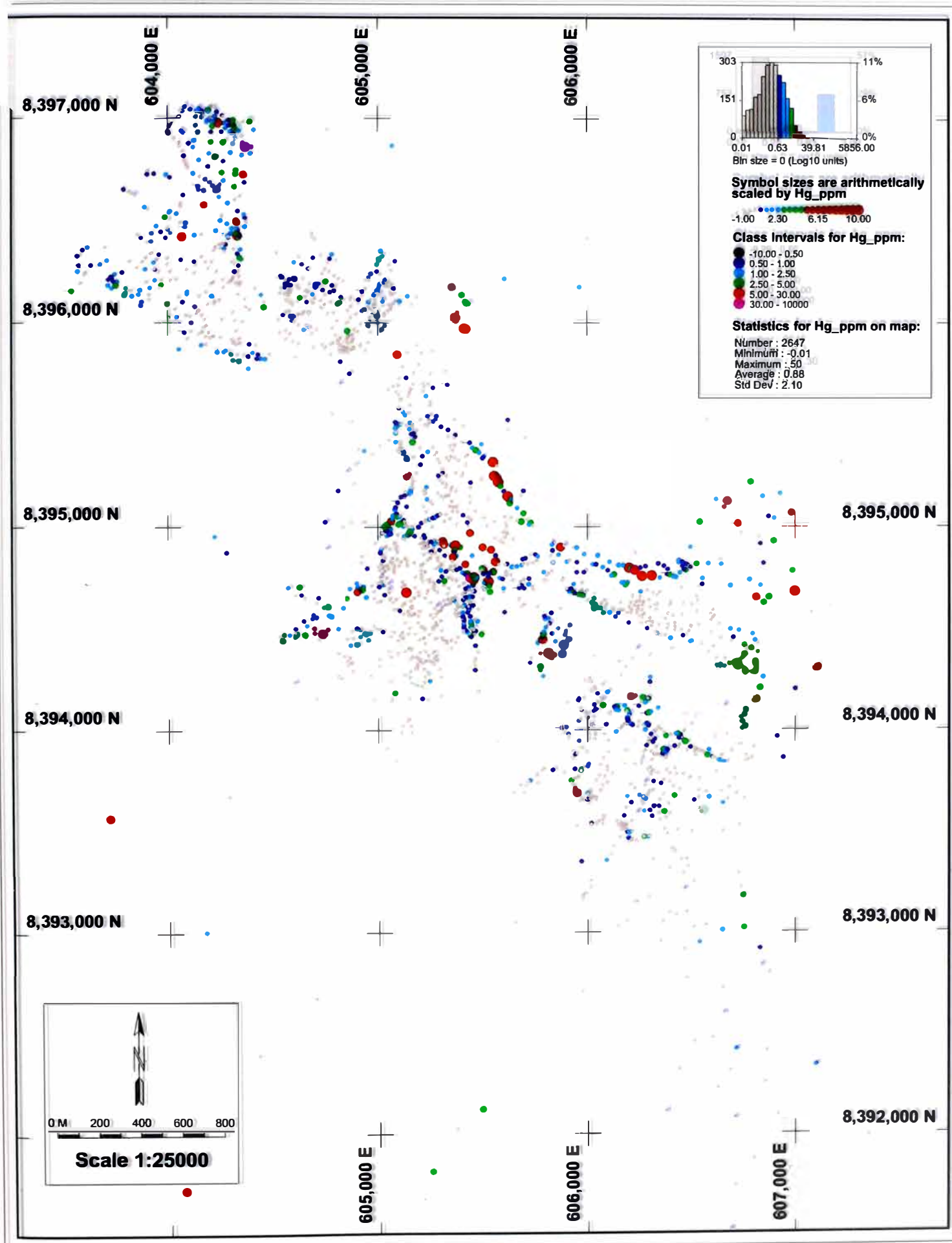


Figura 5.4: Plano Geoquímico de Mercurio (ppm) en muestras de roca

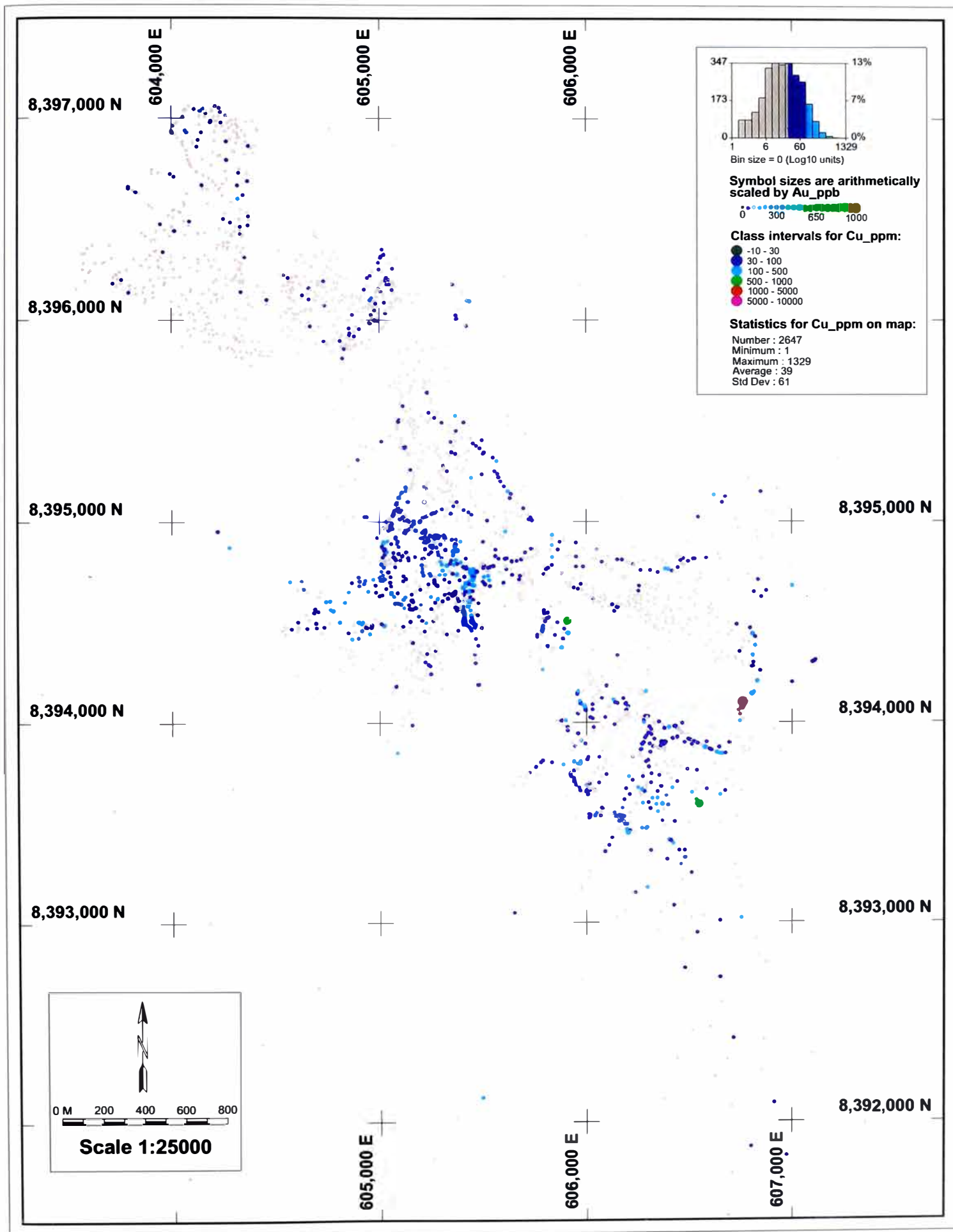


Figura 5.6: Plano Geoquímico de Cobre (ppm) en muestras de roca

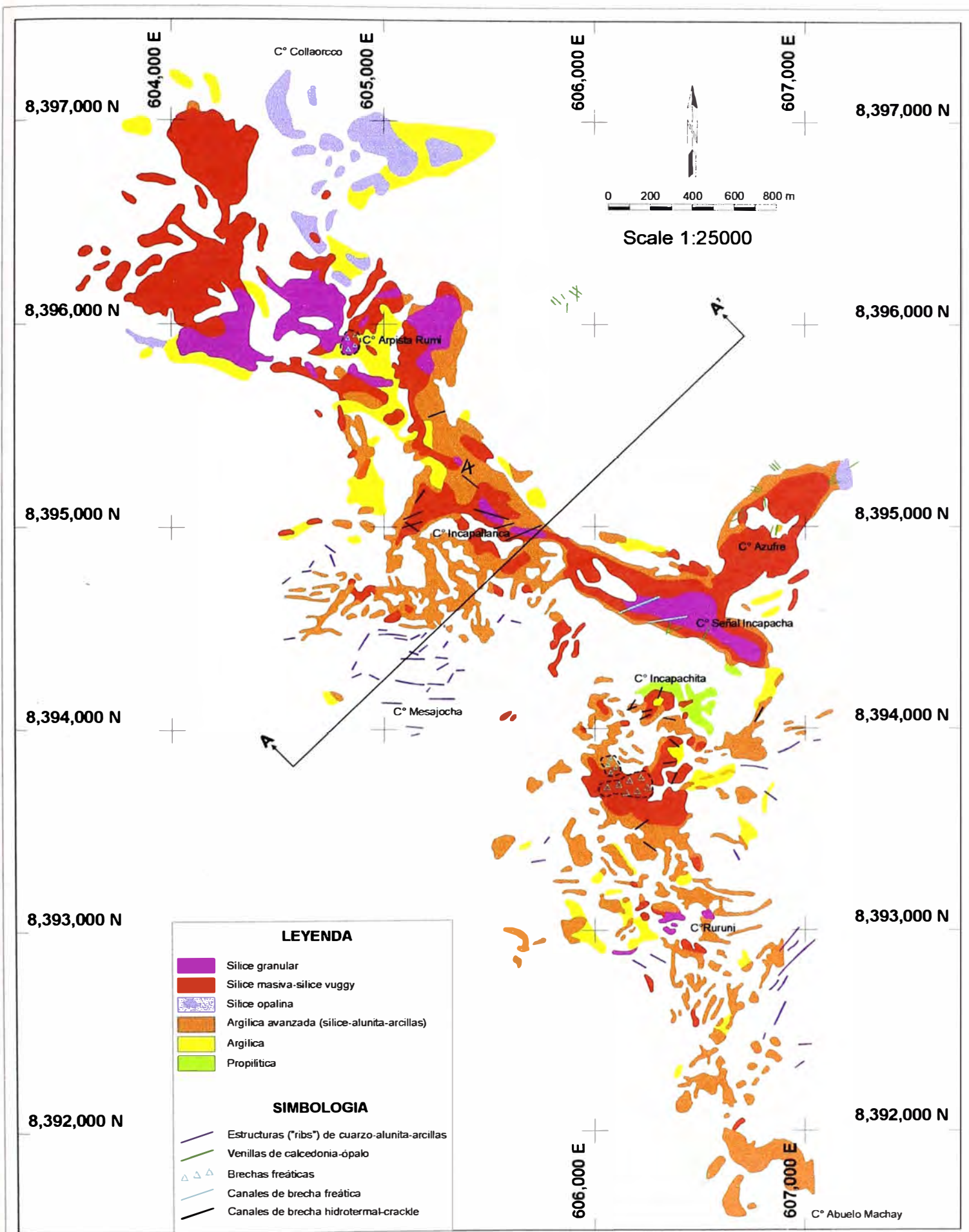


Figura 4.1: Plano de Alteraciones del Proyecto Incapacha

TABLA 5.1: ESTADISTICA DE VALORES GEOQUIMICOS PARA MUESTRAS DE ROCA
PROYECTO INCAPACHA

POBLACION TOTAL

ELEMENTOS	Au-ppb	Ag-ppm	Cu-ppm	Pb-ppm	Zn-ppm	Mo-ppm	Bi-ppm	As-ppm	Sb-ppm	Hg-ppm
Total de muestras	2685	2680	2681	2589	2681	2621	2580	2676	2681	2681
Suma total de valores	168935	621	104949.69	48647	34527.95	72923.5	32247	865438	93077.5	2328.743
Valor mínimo	2.5	0.1	0.6	1	0.5	0.5	2.5	2.5	2.5	0.005
Valor máximo	17390	21.3	1329	928	288	1289	2105	11300	2000	50
Valor promedio (VP)	62.918	0.232	39.146	18.790	12.879	27.823	12.499	323.407	34.717	0.869
Media (m)	62.918	0.232	39.146	18.790	12.879	27.823	12.499	323.407	34.717	0.869
Mediana (Me)	12	0.2	19	10	9	8	5	64	5	0.294
Moda	2.5	0.2	3	2	4	2	5	5	5	0.01
Percentil 25%	2.5	0.1	8	5	4.3	3	5	22	5	0.097
Percentil 50%	12	0.2	19	10	9	8	5	64	5	0.294
Percentil 75%	30	0.2	47.8	21	16	23	5	221.25	14	0.86
Percentil 90%	81.6	0.3	96	37	26	62	15	719.5	47	2.114
Desviación estándar (DS)	496.521	0.530	60.764	37.221	14.699	73.242	67.092	912.464	156.817	2.086
Background (BG)	12	0.2	19	10	9	8	5	64	5	0.294
Background + 1 DS	508.521	0.730	79.764	47.221	23.699	81.242	72.092	976.464	161.817	2.380
Background + 2 DS	1005.043	1.260	140.528	84.442	38.397	154.483	139.184	1888.927	318.635	4.465
Background + 3 DS	1501.564	1.790	201.293	121.662	53.096	227.725	206.276	2801.391	475.452	6.551
Threshold (TH)	1005.043	1.260	140.528	84.442	38.397	154.483	139.184	1888.927	318.635	4.465

* Nota: VP=m, BG=Me, TH=BG+2DS

MUESTRAS CON VALORES DE ORO >= 100 PPB

ELEMENTOS	Au-ppb	Ag-ppm	Cu-ppm	Pb-ppm	Zn-ppm	Mo-ppm	Bi-ppm	As-ppm	Sb-ppm	Hg-ppm
Total de muestras	228	228	228	225	228	225	225	228	228	228
Suma total de valores	126510	72.1	18230.6	7141	3603.7	12138	9275	171249	45772	433.131
Valor mínimo	100	0.1	1	1	0.6	2	2.5	5	2.5	0.01
Valor máximo	17390	3.6	1329	509	66	816	2105	9218	2000	50
Valor promedio (VP)	554.868	0.316	79.959	31.738	15.806	53.947	41.222	751.092	200.754	1.900
Media (m)	554.868	0.316	79.959	31.738	15.806	53.947	41.222	751.092	200.754	1.900
Mediana (Me)	204.5	0.2	52	18	14	21	5	240.5	26.5	0.781
Moda	100	0.2	17	10	11	6	5	51	5	0.419
Percentil 25%	133	0.1	24.675	9	9	10	5	86.75	9	0.319
Percentil 50%	204.5	0.2	52	18	14	21	5	240.5	26.5	0.781
Percentil 75%	347.25	0.3	94.5	32	20	53	16	650.25	135	2.08275
Percentil 90%	813.8	0.6	162	61.6	30	110.8	43.4	2134.4	536.1	3.6924
Desviación estándar (DS)	1626.752	0.372	115.567	51.705	10.591	100.858	194.224	1378.988	436.487	4.533
Background (BG)	204.5	0.2	52	18	14	21	5	240.5	26.5	0.781
Background + 1 DS	1831.252	0.572	167.567	69.705	24.591	121.858	199.224	1619.488	462.987	5.314
Background + 2 DS	3458.004	0.943	283.134	121.410	35.182	222.716	393.448	2998.475	899.473	9.846
Background + 3 DS	5084.756	1.315	398.700	173.115	45.773	323.574	587.672	4377.463	1335.960	14.379
Threshold (TH)	3458.004	0.943	283.134	121.410	35.182	222.716	393.448	2998.475	899.473	9.846

* Nota: VP=m, BG=Me, TH=BG+2DS

MUESTRAS CON VALORES DE ORO >= 500 PPB

ELEMENTOS	Au-ppb	Ag-ppm	Cu-ppm	Pb-ppm	Zn-ppm	Mo-ppm	Bi-ppm	As-ppm	Sb-ppm	Hg-ppm
Total de muestras	40	40	40	40	40	40	40	40	40	40
Suma total de valores	88930	19.5	3505	1896	709	3168	1239.5	48362	13815	84.405
Valor mínimo	509	0.1	4	3	3	3	2.5	12	5	0.103
Valor máximo	17390	3.6	548	343	60	432	377	9218	2000	8.363
Valor promedio (VP)	2223.250	0.488	87.625	47.400	17.725	79.200	30.988	1209.050	345.375	2.110
Media (m)	2223.250	0.488	87.625	47.400	17.725	79.200	30.988	1209.050	345.375	2.110
Mediana (Me)	859.5	0.25	68	23.5	16	28	13	627.5	101.5	1.714
Moda	-	0.2	25	12	10	9	2.5	-	18	-
Percentil 25%	674.25	0.175	29.5	8.75	11	12.25	7	190.25	33.75	0.91825
Percentil 50%	859.5	0.25	68	23.5	16	28	13	627.5	101.5	1.714
Percentil 75%	1796.25	0.525	97.25	51.5	20	74	34.75	1258	461	3.298
Percentil 90%	5432.8	1.01	116.2	112.8	27.1	252.9	49.4	2948.6	976.6	3.8048
Desviación estándar (DS)	3449.565	0.639	106.825	69.071	10.155	110.890	61.870	1840.433	505.067	1.677
Background (BG)	859.5	0.25	68	23.5	16	28	13	627.5	101.5	1.714
Background + 1 DS	4309.065	0.889	174.825	92.571	26.155	138.890	74.870	2467.933	606.567	3.391
Background + 2 DS	7758.629	1.528	281.650	161.643	36.310	249.780	136.741	4308.366	1111.634	5.068
Background + 3 DS	11208.194	2.167	388.475	230.714	46.466	360.670	198.611	6148.799	1616.700	6.746
Threshold (TH)	7758.629	1.528	281.650	161.643	36.310	249.780	136.741	4308.366	1111.634	5.068

* Nota: VP=m, BG=Me, TH=BG+2DS

TABLA 5.2: COEFICIENTES DE CORRELACION PARA MUESTRAS DE ROCA
PROYECTO INCAPACHA

POBLACION TOTAL: 2580 MUESTRAS

ELEMENTOS	Au-ppb	Ag-ppm	Cu-ppm	Pb-ppm	Zn-ppm	Mo-ppm	Bi-ppm	As-ppm	Sb-ppm	Hg-ppm
Au-ppb		0.1268	0.0955	0.1132	0.0478	0.0587	0.1143	0.1059	0.1950	0.0580
Ag-ppm	0.1268		0.2031	0.0510	0.3074	0.1435	0.1323	0.0243	0.0524	0.1246
Cu-ppm	0.0955	0.2031		0.1602	0.3549	0.2295	0.1814	0.2173	0.2875	0.1852
Pb-ppm	0.1132	0.0510	0.1602		0.1431	0.2027	0.0773	0.2555	0.3149	0.1486
Zn-ppm	0.0478	0.3074	0.3549	0.1431		0.1210	0.0774	0.1838	0.0762	0.0802
Mo-ppm	0.0587	0.1435	0.2295	0.2027	0.1210		0.1408	0.1658	0.1517	0.1155
Bi-ppm	0.1143	0.1323	0.1814	0.0773	0.0774	0.1408		0.1581	0.2815	0.2048
As-ppm	0.1059	0.0243	0.2173	0.2555	0.1838	0.1658	0.1581		0.2702	0.2902
Sb-ppm	0.1950	0.0524	0.2875	0.3149	0.0762	0.1517	0.2815	0.2702		0.1152
Hg-ppm	0.0580	0.1246	0.1852	0.1486	0.0802	0.1155	0.2048	0.2902	0.1152	

* De las 2685 muestras de roca, 2580 fueron analizadas por Au, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Bi, As, Sb y Hg.

PARA VALORES DE ORO >= 100 PPB

POBLACION: 225 MUESTRAS

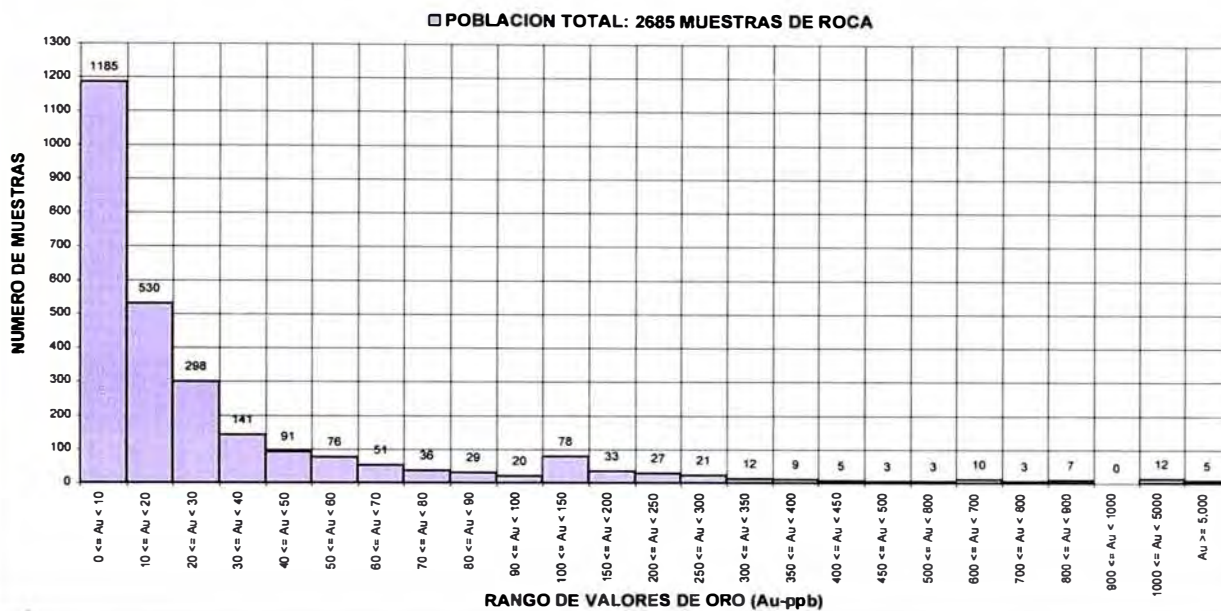
ELEMENTOS	Au-ppb	Ag-ppm	Cu-ppm	Pb-ppm	Zn-ppm	Mo-ppm	Bi-ppm	As-ppm	Sb-ppm	Hg-ppm
Au-ppb		0.443	0.035	0.165	0.282	0.114	0.050	0.371	0.262	-0.021
Ag-ppm	0.443		0.029	0.127	-0.013	0.028	0.318	0.005	0.091	0.094
Cu-ppm	0.035	0.029		0.133	0.480	0.003	0.152	0.410	0.375	0.167
Pb-ppm	0.165	0.127	0.133		0.261	0.301	0.071	0.330	0.223	0.134
Zn-ppm	0.282	-0.013	0.480	0.261		0.118	0.196	0.599	0.271	0.210
Mo-ppm	0.114	0.028	0.003	0.301	0.118		0.086	0.304	0.249	0.040
Bi-ppm	0.050	0.318	0.152	0.071	0.196	0.086		0.215	0.285	0.141
As-ppm	0.371	0.005	0.410	0.330	0.599	0.304	0.215		0.459	0.303
Sb-ppm	0.262	0.091	0.375	0.223	0.271	0.249	0.285	0.459		-0.001
Hg-ppm	-0.021	0.094	0.167	0.134	0.210	0.040	0.141	0.303	-0.001	

PARA VALORES DE ORO >= 500 PPB

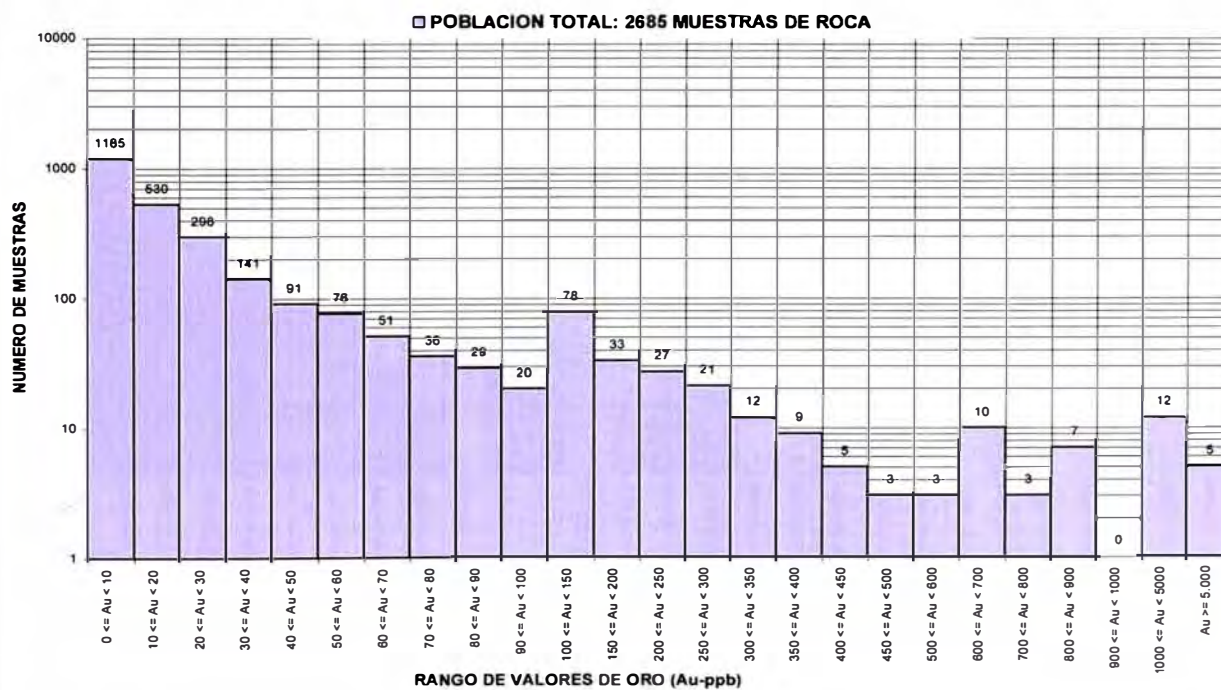
POBLACION: 40 MUESTRAS

ELEMENTOS	Au-ppb	Ag-ppm	Cu-ppm	Pb-ppm	Zn-ppm	Mo-ppm	Bi-ppm	As-ppm	Sb-ppm	Hg-ppm
Au-ppb		0.540	0.037	0.199	0.667	0.133	0.498	0.582	0.427	-0.290
Ag-ppm	0.540		-0.030	0.197	0.082	-0.093	0.751	-0.010	0.090	-0.220
Cu-ppm	0.037	-0.030		-0.040	0.243	-0.150	0.066	0.228	0.221	0.195
Pb-ppm	0.199	0.197	-0.040		0.132	0.646	0.460	0.366	0.458	0.103
Zn-ppm	0.667	0.082	0.243	0.132		0.175	0.181	0.763	0.328	-0.231
Mo-ppm	0.133	-0.093	-0.150	0.646	0.175		0.118	0.477	0.529	0.018
Bi-ppm	0.498	0.751	0.066	0.460	0.181	0.118		0.116	0.082	-0.087
As-ppm	0.582	-0.010	0.228	0.366	0.763	0.477	0.116		0.498	-0.061
Sb-ppm	0.427	0.090	0.221	0.458	0.328	0.529	0.082	0.498		-0.065
Hg-ppm	-0.290	-0.220	0.195	0.103	-0.231	0.018	-0.087	-0.061	-0.065	

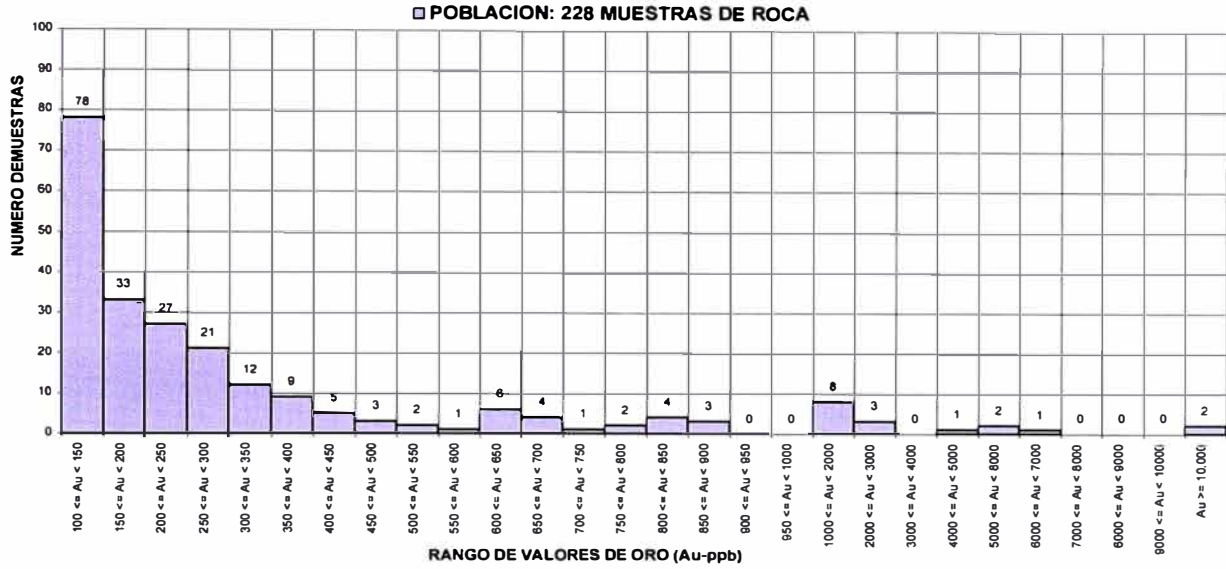
**FIGURA 5.7: HISTOGRAMA DEL ORO
PROYECTO INCAPACHA**



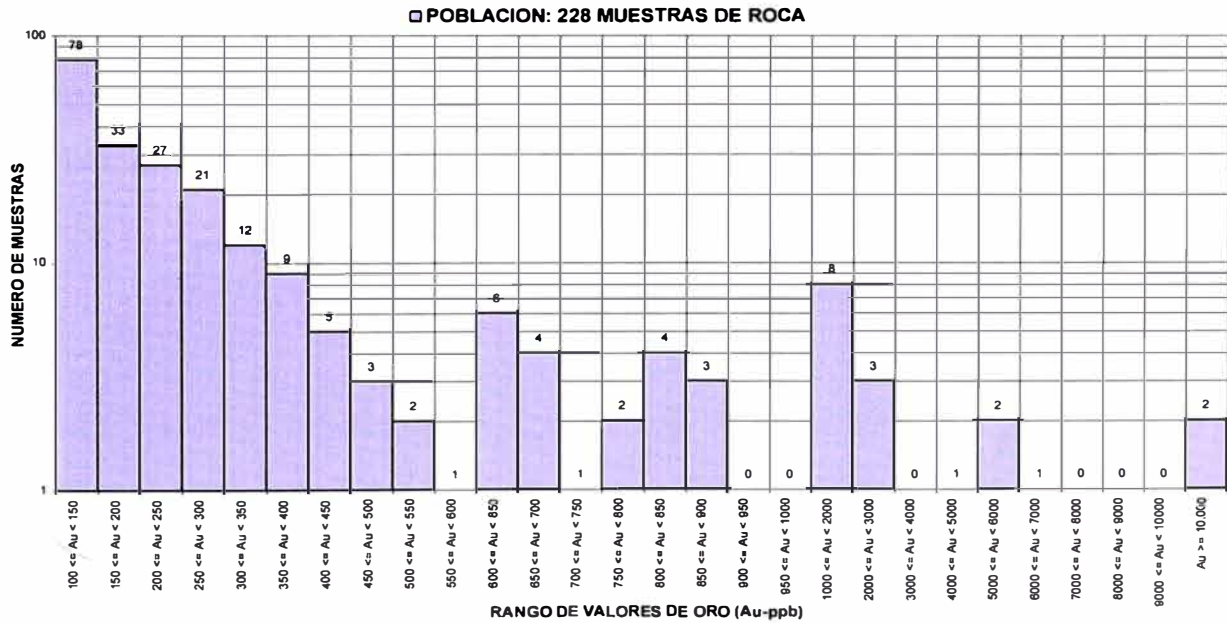
**FIGURA 5.8: HISTOGRAMA LOGARITMICO DEL ORO
PROYECTO INCAPACHA**



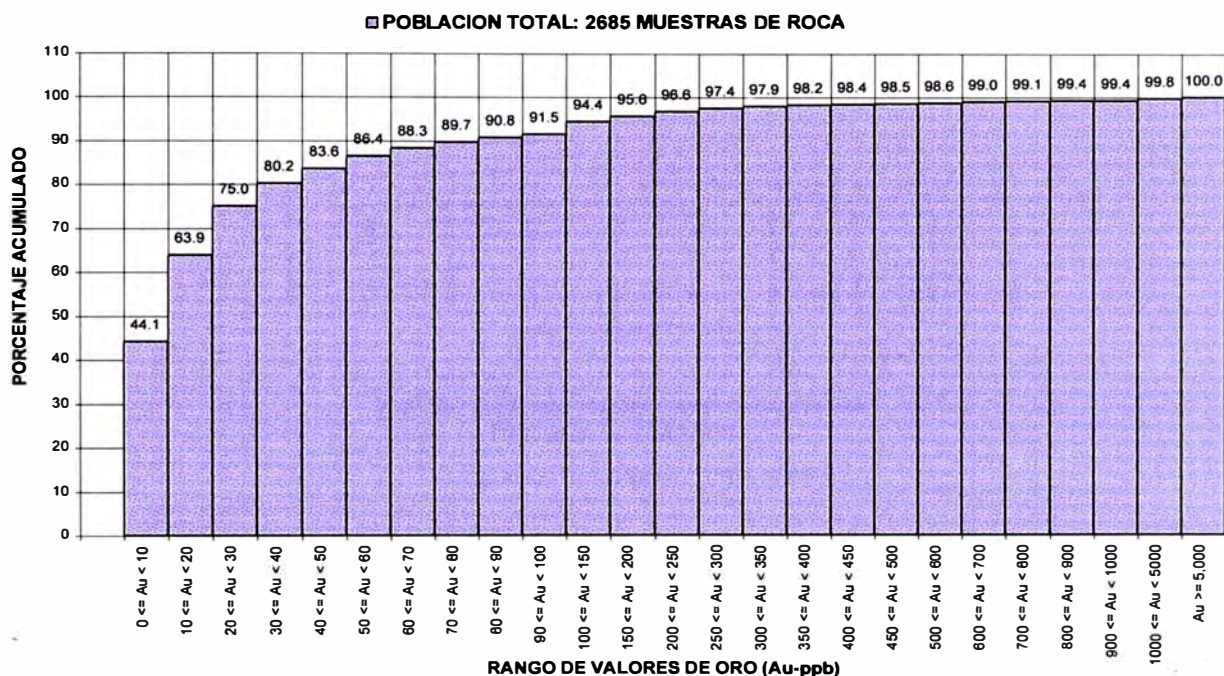
**FIGURA 5.9: HISTOGRAMA DEL ORO (VALORES \geq 100 PPB)
PROYECTO INCAPACHA**



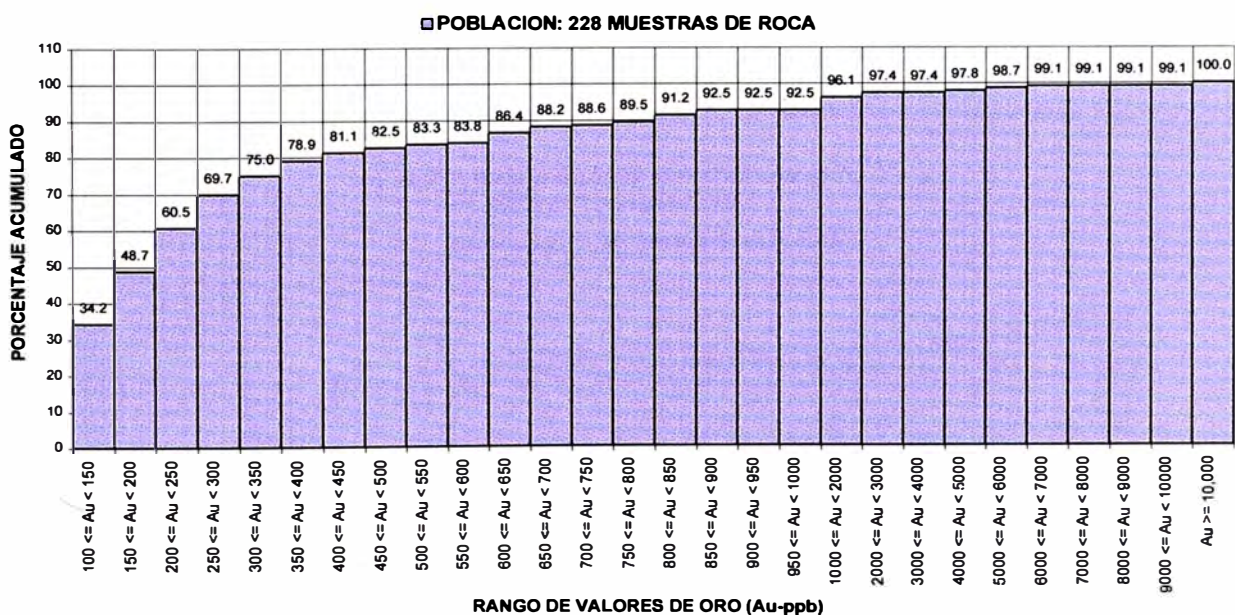
**FIGURA 5.10: HISTOGRAMA LOGARITMICO DEL ORO
(VALORES \geq 100 PPB)
PROYECTO INCAPACHA**



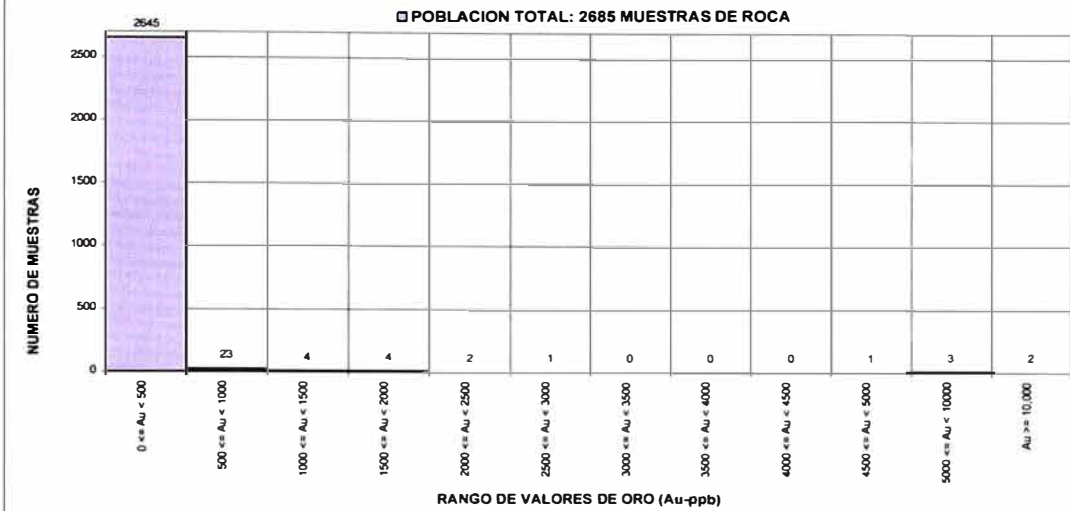
**FIGURA 5.11: FRECUENCIA ACUMULADA DEL ORO
PROYECTO INCAPACHA**



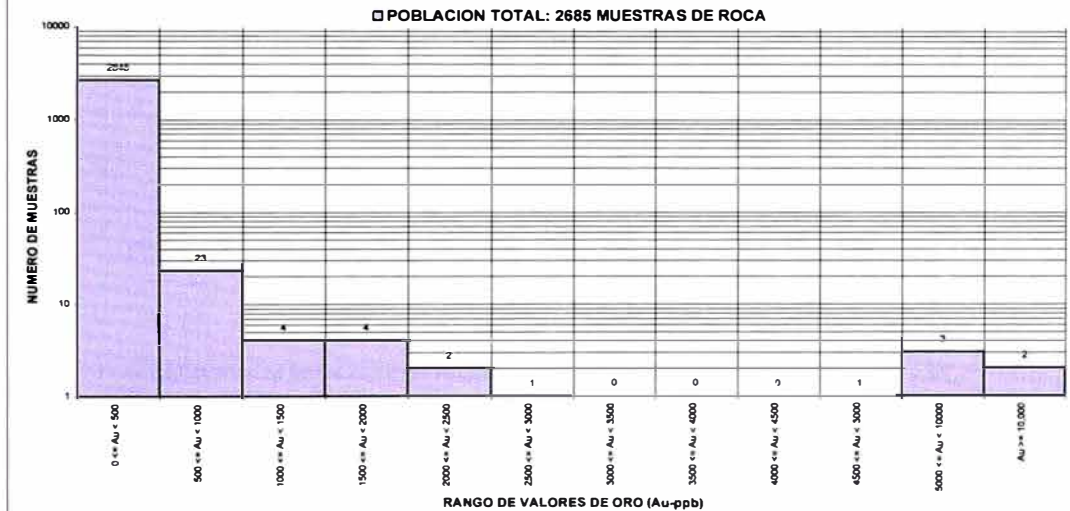
**FIGURA 5.12: FRECUENCIA ACUMULADA DEL ORO
(VALORES >= 100 PPB)
PROYECTO INCAPACHA**



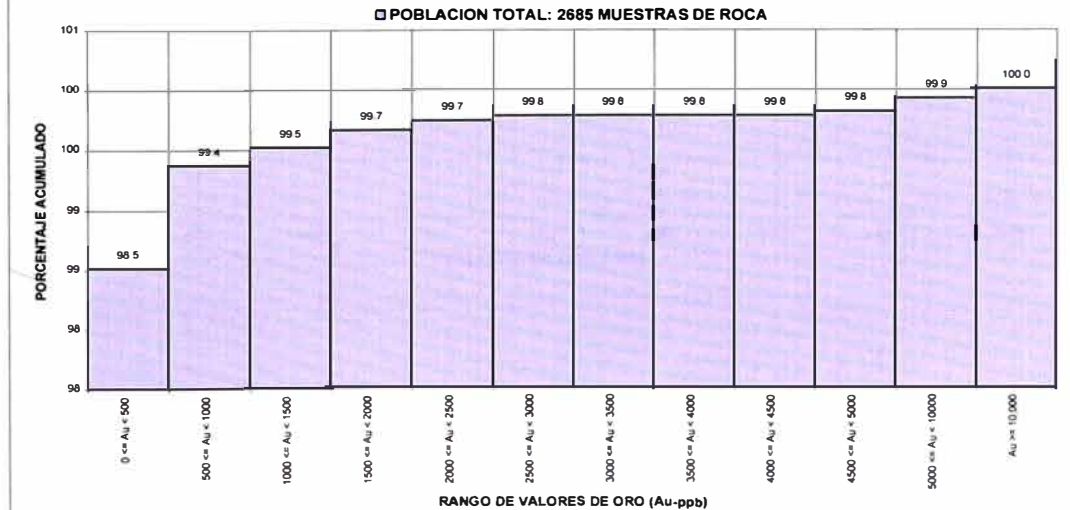
**FIGURA 5.13: HISTOGRAMA DEL ORO
PROYECTO INCAPACHA**



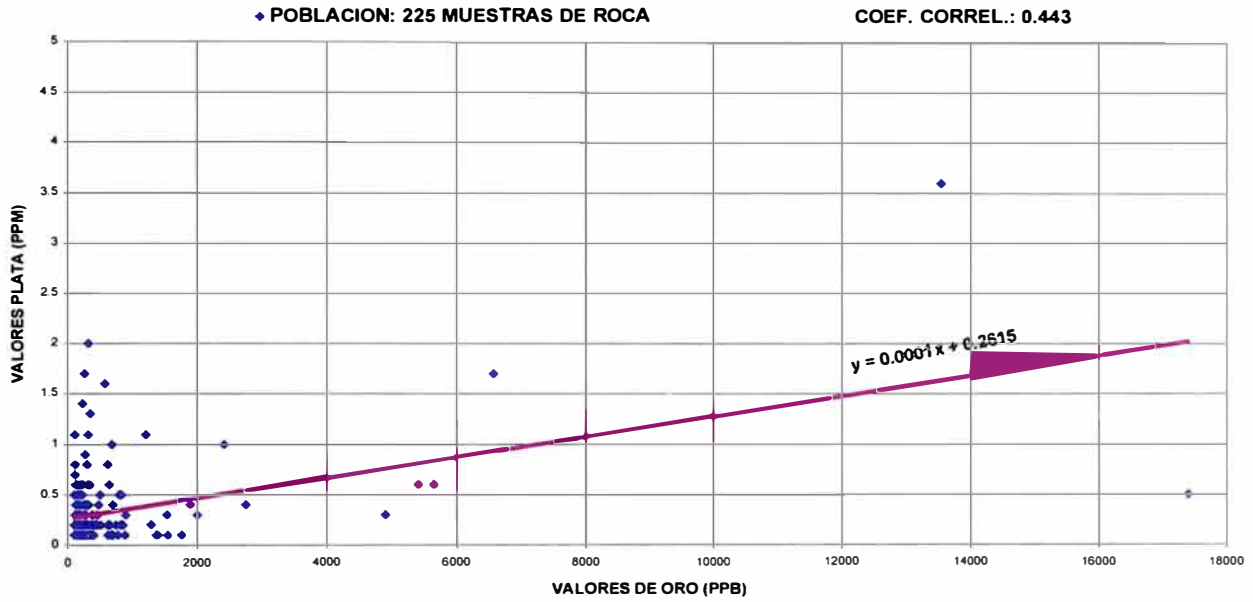
**FIGURA 5.14: HISTOGRAMA LOGARITMICO DEL ORO
PROYECTO INCAPACHA**



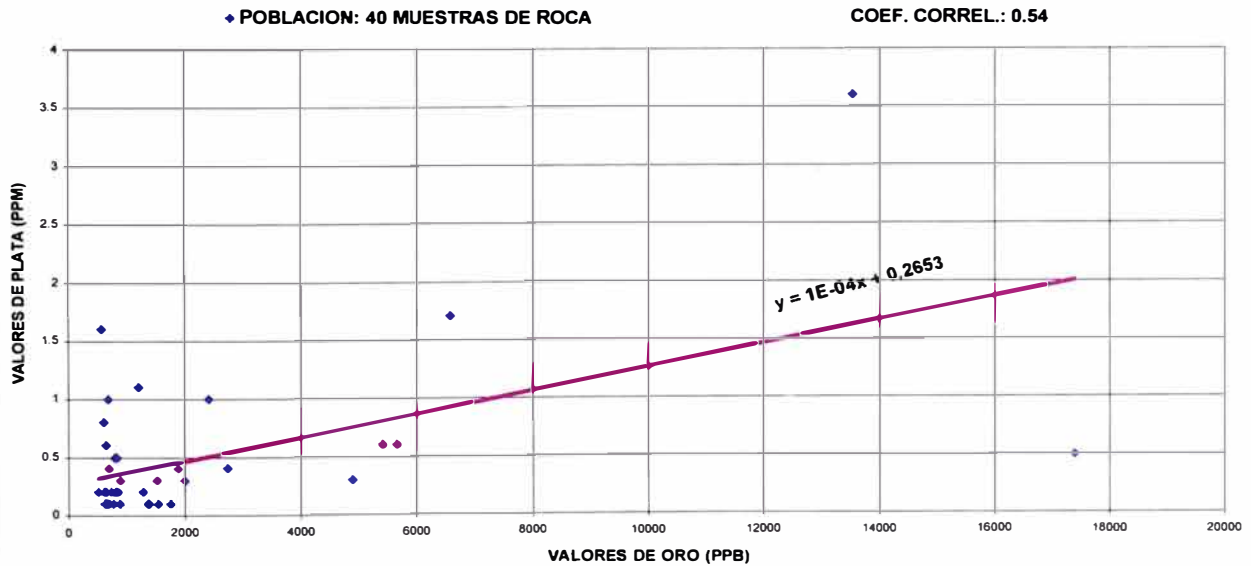
**FIGURA 5.15: FRECUENCIA ACUMULADA DEL ORO
PROYECTO INCAPACHA**



**FIGURA 5.16: CORRELACION ORO - PLATA (VALORES DE AU >= 100 PPB)
PROYECTO INCAPACHA**



**FIGURA 5.17: CORRELACION ORO - PLATA (VALORES DE AU >= 500 PPB)
PROYECTO INCAPACHA**



N° MUESTRAS	RANGO DE ORO EN PPB	PORCENTAJE (%)
1185	Au < 10	44.14
1272	10 ≤ Au < 100	47.37
188	100 ≤ Au < 500	7.00
23	500 ≤ Au < 1000	0.86
17	Au ≥ 1000	0.63
2685		100 %

Cuadro 5.4: Rango de valores de oro en muestras de roca

Como se aprecia en el cuadro 5.4, de las 2685 muestras de roca analizadas, 1185 (44.14%) tienen valores de oro menores a 10 ppb, de las cuales 860 (32.03%) presentan valores menores al límite de detección (< 5 ppb). Las muestras en mención corresponden a alteraciones sílice granular, sílice masiva, argílica avanzada, argílica, propilítica o roca fresca. Las muestras son mayormente de chip y presentan poca cantidad de óxidos.

Las 1272 muestras con valores de oro entre 10 y 100 ppb, corresponden a alteraciones sílice “vuggy”, sílice masiva fracturada con óxidos, sílice-alunita con pequeños canales de brecha de sílice-óxidos, algunos canales de brecha (“crackle”, hidrotermal, freática) y estructuras (“ribs”) de sílice-alunita-arcillas. Las muestras son de chip y canal.

Las 188 muestras que tienen valores de oro entre 100 y 500 ppb, corresponden principalmente a canales de brecha (“crackle”, hidrotermal) de sílice “vuggy”-óxidos, sílice-alunita-óxidos y sílice-baritina-óxidos y algunas estructuras (“ribs”) de sílice-óxidos. La mayoría de muestras son de canal y selectivas.

Las 40 muestras con valores de oro mayor o igual a 500 ppb, se localizan entre los cerros Señal Incapacha, Incapachita y Ruruni, y algunas se ubican al NW del cerro Incapallanca. La mayoría fue tomada mediante muestreo selectivo y sólo algunas mediante canal. Las muestras pertenecen a canales de brecha (“crackle”, hidrotermal, freática) con fragmentos de sílice masiva-sílice “vuggy” y matriz de sílice granular-óxidos (a veces alunita) y a estructuras (“ribs”) de sílice-óxidos, que ocurren en el contacto del intrusivo pórfido monzodiorítico con el tufo de cristales andesítico o con el intrusivo pórfido andesítico. Comúnmente los canales tienen dos o más eventos superpuestos de brechamiento. Por ejemplo tenemos que la muestra 51019 (6573 ppb-Au) corresponde a un canal tomado en una estructura netamente silíceo asociada a limonitas masivas y foliadas, la estructura tiene rumbo N40°E y es subvertical. En ésta misma estructura se tomó una muestra selectiva

(51020) de óxidos, que nos dio 17390 ppb-Au y es el máximo valor oro en el proyecto. Por otro lado, el promedio para las 40 muestras con valores de oro mayor o igual a 500 ppb, es 2.223 gr Au/TM. También debemos indicar que las muestras con valores de oro mayor que 5 gr Au/TM, según el estudio mineragráfico tienen oro nativo, electrum, calaverita y petzita. Ver mosaico 4.5 (muestras 26 y 27).

5.2.1.2 Comportamiento geoquímico del oro

Los datos de cálculos y análisis estadísticos se presentan en tablas, histogramas de frecuencias y gráficos de correlación. Ver tablas 5.1 y 5.2, figuras del 5.7 al 5.17.

Analizando la población total de muestras de roca (2685) del proyecto Incapacha, tenemos que el valor promedio (VP) para el oro es 62.918 ppb, el background (BG) = 12 ppb*, el resto de parámetros estadísticos se presentan en las tablas 5.1 y 5.2.

Los histogramas de frecuencia relativa de VALORES DE ORO VS NÚMERO DE MUESTRAS, nos indican que se trata de una distribución lognormal sesgada a la derecha y con por lo menos 4 poblaciones, la primera comprendida entre 0 y 100 ppb, la segunda entre 100 y 600 ppb, la tercera entre 600 y 1000 ppb y la cuarta con valores mayor que 1000 ppb, a ésta última podríamos denominarle “población de mena o anómala” (17 muestras) que esta estrechamente relacionada a estructuras. En el histograma logarítmico de VALORES DE ORO VS NUMERO DE MUESTRAS, observamos que es más evidente la distribución lognormal y la separación entre poblaciones. Ver figuras 5.7 y 5.8.

Si solamente consideramos la población de 228 muestras que tienen valores de oro mayor que 100 ppb, en los histogramas de frecuencia relativa y logarítmico de VALORES DE ORO VS NUMERO DE MUESTRAS, vemos con mayor claridad que la distribución es lognormal y que la “población anómala” se independiza del resto. Ver figuras 5.9 y 5.10.

5.2.1.3 El oro y su relación con los demás elementos

Comparando los valores de oro en el total de muestras con el resto de elementos analizados (Ag, Cu, Pb, Zn, Mo, Bi, As, Sb y Hg), observamos que los valores anómalos de oro no

* Para rocas volcánicas intermedias el BG = 4 ppb-Au, según Smith & Halberg, 1982.

tienen relación directa con ninguno de los elementos.

Así tenemos que las muestras con valores de oro mayor 1000 ppb, tienen valores bajos de Ag, Cu, Pb, Zn, Mo y Bi, y valores intermedios de As, Sb y Hg. Mientras que las muestras con valores altos de As, Sb y Hg se relacionan con valores de oro menores a 500 ppb. Pero, si consideramos poblaciones muy pequeñas puede verse que existe relación directa entre valores altos de oro con valores altos de Sb y valores intermedios de As y Hg.

También debemos indicar que el As, Sb y Hg presentan valores muy altos (fuerte anomalía), sobre todo en los cerros Señal Incapacha, Azufre y Arpista Rumi, y de manera aislada en los cerros Incapachita e Incapallanca; mientras que los valores de Ag, Cu, Pb, Zn, Mo y Bi son bajos y muy bajos, siendo la mayoría de ellos cercanos o igual al límite de detección.

Por otro lado, si consideramos el total de muestras de roca (2685) tomadas en el proyecto Incapacha para hacer las correlaciones, notamos que los coeficientes de correlación del oro con los demás elementos son menores a 0.4, comprobándose de esta manera que, el oro no tiene afinidad con el resto de elementos. Sin embargo, haciendo comparaciones de valores anómalos de oro por encima de 100 y 500 ppb, con los elementos indicados, vemos que algunos coeficientes de correlación mejoran. Ver tabla 5.2.

5.2.2 GEOQUÍMICA DE SUELOS Y SEDIMENTOS

Tal como sucedió con las muestras de roca, en las muestras de suelos y sedimentos nos limitaremos a analizar los valores de oro y relacionarlo con los demás elementos analizados y el ambiente geológico donde ocurre.

Los valores de oro para las **160 muestras de suelos** se distribuyen de acuerdo a cuadro 5.5.

Nº DE MUESTRAS	RANGO DE ORO EN PPB	PORCENTAJE (%)
117	Au < 10	73.12
38	10 ≤ Au < 50	23.75
3	50 ≤ Au < 100	1.88
2	100 ≤ Au < 200	1.25
160		100 %

Cuadro 5.5: Rango de valores de oro en muestras de suelos

Tal como se observa en el cuadro 5.5, 117 muestras (73.12%) tienen valores de oro menores

a 10 ppb, de las cuales 138 tienen valores por debajo del límite de detección (< 5 ppb-Au). Solamente 2 muestras tienen valores de oro mayor que 100 ppb.

Los valores de oro mayor que 50 ppb, pertenecen a muestras que se ubican al E de la laguna Piña, flancos N y S del cerro Señal Incapacha, SW del cerro Incapachita, E del cerro Incapallanca y flanco N del cerro Arpista Rumi. El máximo valor de oro obtenido es de 195 ppb (muestra 45376) y se ubica en la falda N del cerro Arpista Rumi.

El valor promedio (VP) para el oro considerando las 160 muestras de suelos es 11.98 ppb, el background (BG) es 11.98, el resto de datos estadísticos se detallan en la tabla 5.3.

Los valores de As son relativamente altos, mientras que los valores del resto de elementos (Sb, Hg, Ag, Cu, Pb, Zn, Mo y Bi) son bajos. Ver tabla 5.3.

El histograma de frecuencia relativa VALORES DE ORO VS NUMERO DE MUESTRAS, nos indica que se trata de una distribución lognormal sesgada a la derecha y mostrando dos poblaciones, la primera con valores menor que 100 ppb y la segunda con valores mayor que 100 ppb (“población anómala”). Ver figura 5.22.

Los coeficientes de correlación del oro y demás elementos son muy bajos, tal vez porque existe independencia en el comportamiento de cada elemento. Ver tabla 5.4.

El rango de valores de oro en ppb para las **20 muestras de sedimentos**, se distribuye de acuerdo al cuadro 5.6.

Nº DE MUESTRAS	RANGO DE ORO EN PPB	PORCENTAJE (%)
18	Au < 10	90
1	10 <= Au < 20	5
1	20 <= Au < 50	5
20		100 %

Cuadro 5.6: Rango de valores de oro en muestras de sedimentos

Como se puede observar en el cuadro 5.6, 18 muestras tienen valores de oro menor que 10 ppb, de las cuales 16 tienen valores por debajo del límite de detección (< 5 ppb-Au).

El máximo valor de oro obtenido es de 39 ppb (muestra 9262) y se localiza en una pequeña quebrada que drena de un cerrito ubicado al S del cerro Mesajocha. Ver tabla 5.3.

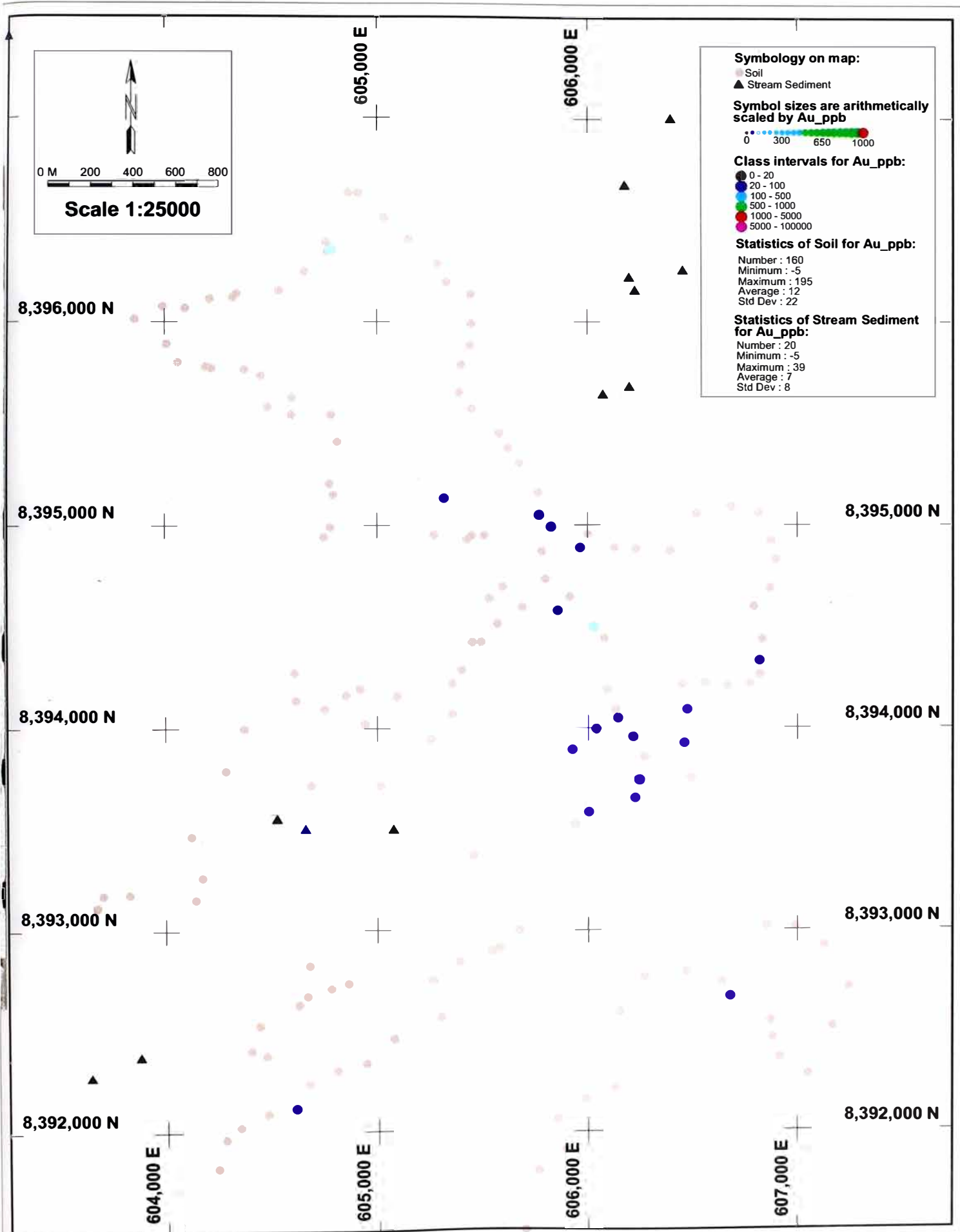


Figura 5.18: Plano Geoquímico de Oro (ppb) en muestras de suelos y sedimentos

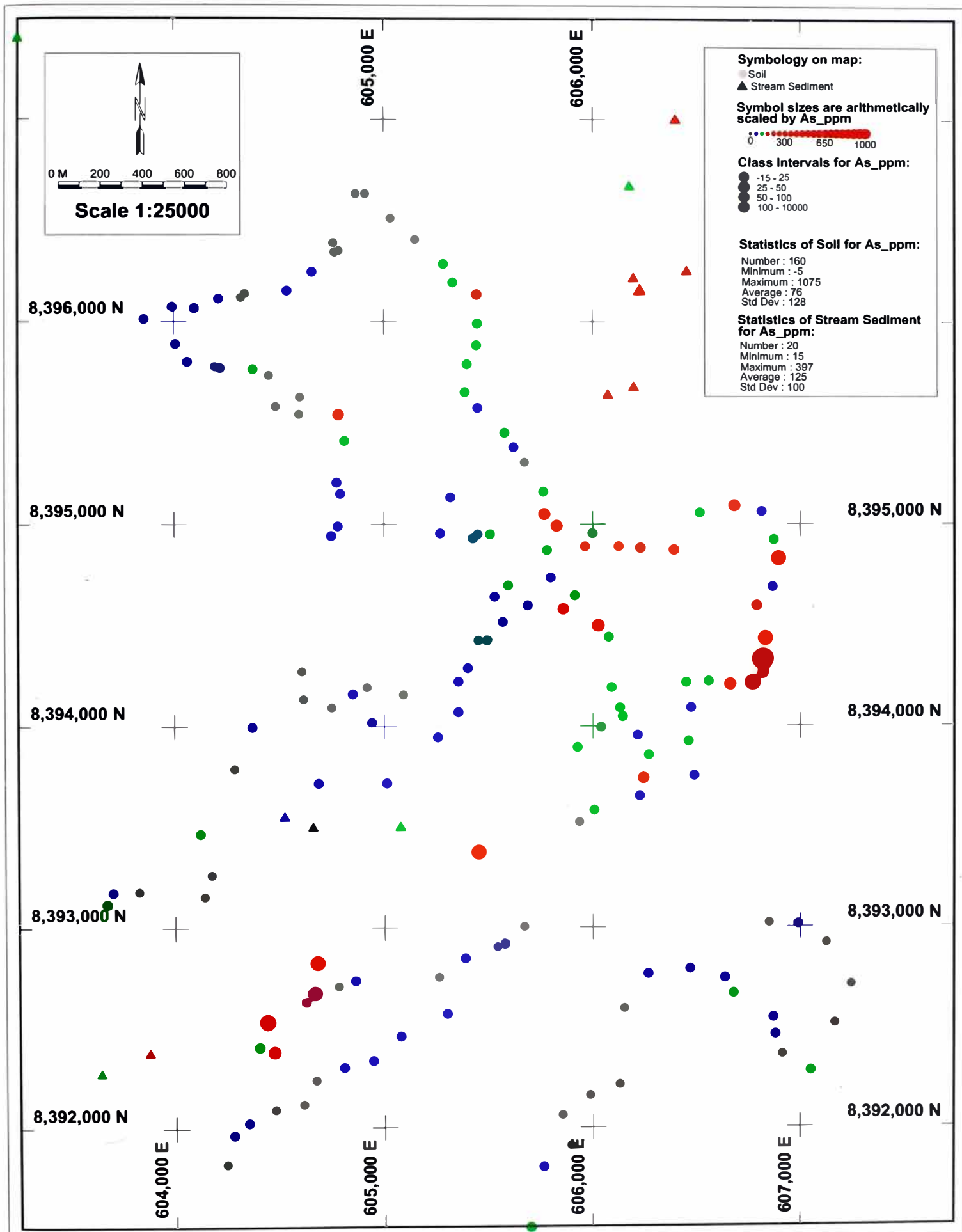


Figura 5.19: Plano Geoquímico de Arsénico (ppm) en muestras de suelos y sedimentos

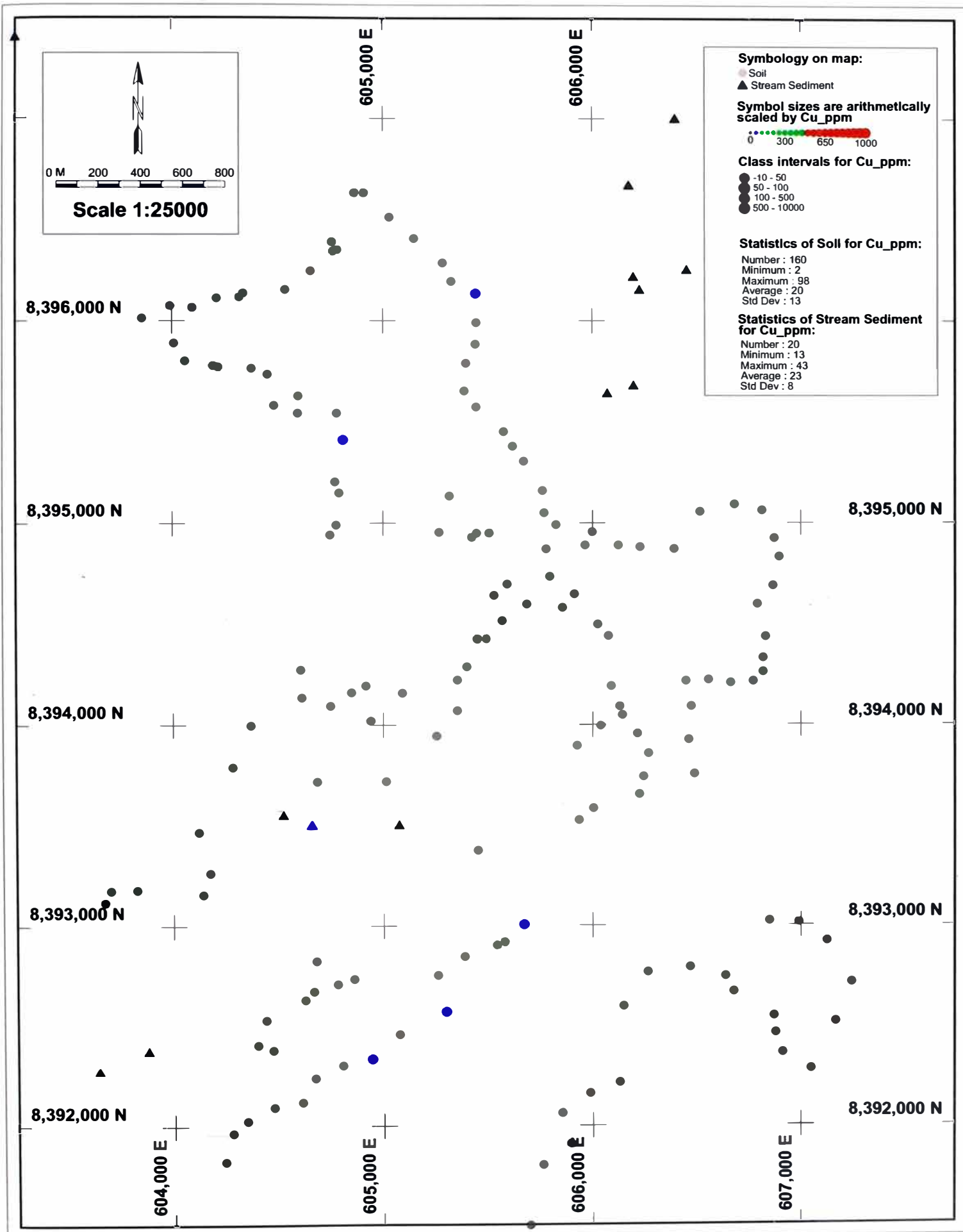


Figura 5.20: Plano Geoquímico de Cobre (ppm) en muestras de suelos y sedimentos

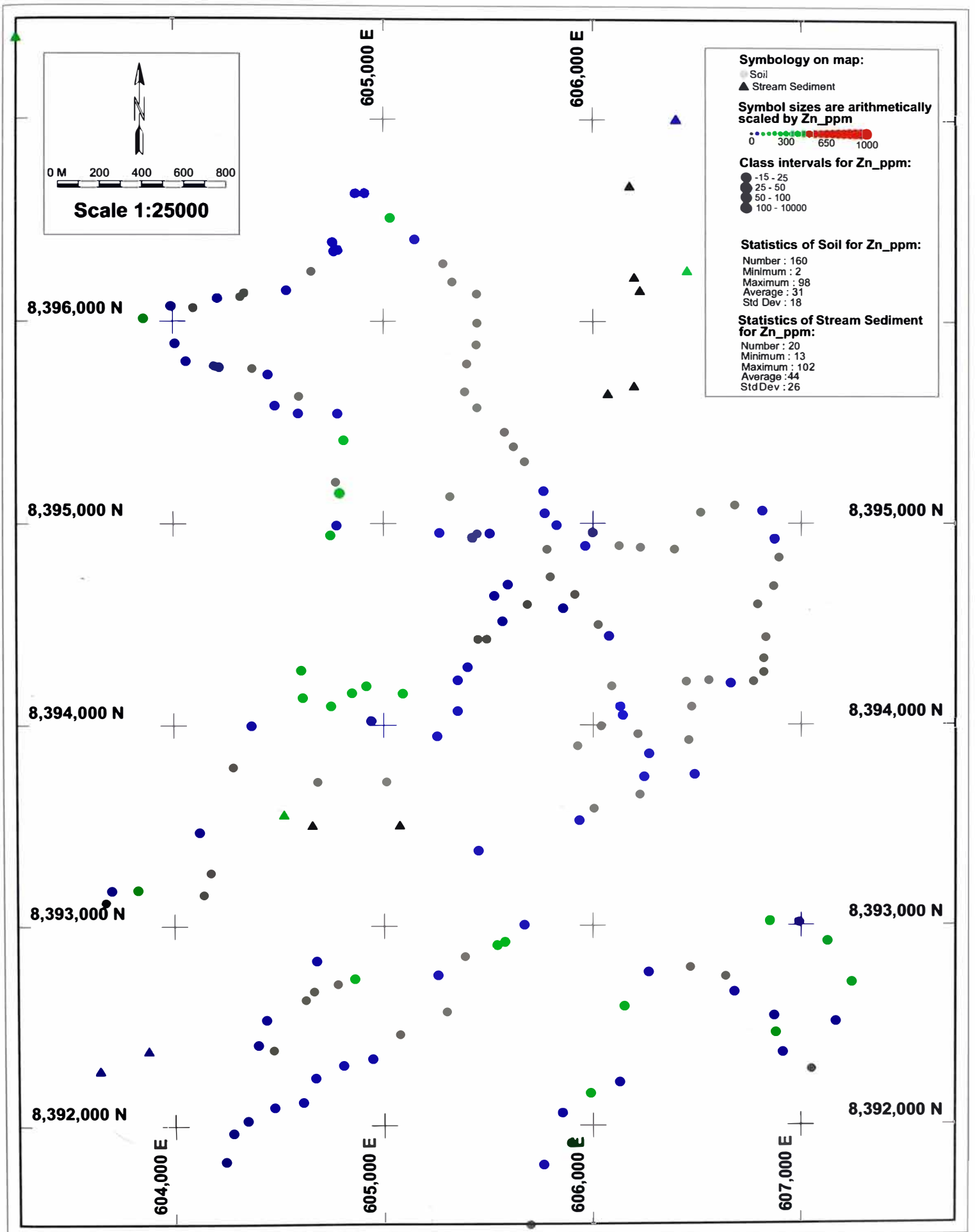


Figura 5.21: Plano Geoquímico de Zinc (ppm) en muestras de suelos y sedimentos

**TABLA 5.3: ESTADISTICA DE VALORES GEOQUIMICOS
PARA MUESTRAS DE SUELOS Y SEDIMENTOS
PROYECTO INCAPACHA**

MUESTRAS DE SUELOS

ELEMENTOS	Au-ppb	As-ppm	Sb-ppm	Hg-ppm	Ag-ppm	Cu-ppm	Pb-ppm	Zn-ppm	Mo-ppm	Bi-ppm
Total de muestras utilizadas	160	160	160	160	160	160	160	160	160	160
Suma total de valores	1917	12205	855	23.853	32	3338	3623	5055	921	894
Valor mínimo	5	5	5	0.017	0.2	2	3	2	1	5
Valor máximo	195	1075	28	2.063	0.2	98	97	98	106	27
Valor promedio (VP)	11.98	76.28	5.34	0.15	0.20	20.86	22.64	31.59	5.76	5.59
Media (m)	11.98	76.28	5.34	0.15	0.20	20.86	22.64	31.59	5.76	5.59
Mediana (Me)	5.50	36.00	5.00	0.07	0.20	17.50	18.50	26.00	3.00	5.00
Moda	5.00	25.00	5.00	0.05	0.20	14.00	13.00	22.00	2.00	5.00
Percentil 25%	5.00	23.00	5.00	0.05	0.20	12.00	13.00	19.00	2.00	5.00
Percentil 50%	5.50	36.00	5.00	0.07	0.20	17.50	18.50	26.00	3.00	5.00
Percentil 75%	10.00	62.50	5.00	0.14	0.20	25.25	26.00	39.00	6.00	5.00
Percentil 90%	21.00	165.50	5.00	0.26	0.20	37.10	38.10	55.20	10.00	5.00
Desviación estándar (DS)	22.232	127.925	2.056	0.261	0.000	13.666	14.966	18.859	9.886	2.634
Background (BG)	11.981	76.281	5.344	0.149	0.200	20.863	22.644	31.594	5.756	5.588
Background + 1 DS	34.213	204.206	7.400	0.410	0.200	34.529	37.610	50.453	15.642	8.221
Background + 2 DS	56.445	332.131	9.456	0.670	0.200	48.195	52.576	69.313	25.528	10.855
Background + 3 DS	78.677	460.056	11.512	0.931	0.200	61.861	67.542	88.172	35.414	13.488
Threshold (TH)	56.445	332.131	9.456	0.670	0.200	48.195	52.576	69.313	25.528	10.855

* Nota: VP=m, BG=Me, TH=BG+2DS

MUESTRAS DE SEDIMENTOS

ELEMENTOS	Au-ppb	As-ppm	Sb-ppm	Hg-ppm	Ag-ppm	Cu-ppm	Pb-ppm	Zn-ppm
Total de muestras utilizadas	20	20	20	20	20	20	20	20
Suma total de valores	148	2507	114.7	3.38	6.9	462	326	891
Valor mínimo	5	15	1.5	0.05	0.3	13	8	13
Valor máximo	39	397	30.6	0.4	1.2	43	33	102
Valor promedio (VP)	7.40	125.35	5.74	0.17	0.35	23.10	16.00	44.55
Media (m)	7.40	125.35	5.74	0.17	0.35	23.10	16.00	44.55
Mediana (Me)	5.00	98.50	3.70	0.15	0.30	20.50	15.50	41.50
Moda	5.00	61.00	2.00	0.17	0.30	17.00	16.00	17.00
Percentil 25%	5.00	60.25	2.45	0.10	0.30	17.00	11.75	21.75
Percentil 50%	5.00	98.50	3.70	0.15	0.30	20.50	15.50	41.50
Percentil 75%	5.00	171.00	5.55	0.22	0.30	25.25	19.50	56.25
Percentil 90%	8.60	248.60	9.59	0.30	0.30	36.60	23.20	84.20
Desviación estándar (DS)	7.728	99.337	6.590	0.099	0.201	8.528	6.140	26.668
Background (BG)	5.00	98.50	3.70	0.15	0.30	20.50	15.50	41.50
Background + 1 DS	12.728	197.837	10.290	0.249	0.501	29.028	21.640	68.168
Background + 2 DS	20.457	297.175	16.880	0.348	0.702	37.556	27.779	94.837
Background + 3 DS	28.185	396.512	23.470	0.447	0.904	46.084	33.919	121.505
Threshold (TH)	20.457	297.175	16.880	0.348	0.702	37.556	27.779	94.837

* Nota: VP=m, BG=Me, TH=BG+2DS

**TABLA 5.4: COEFICIENTES DE CORRELACION
PARA MUESTRAS DE SUELOS Y SEDIMENTOS**

PROYECTO INCAPACHA

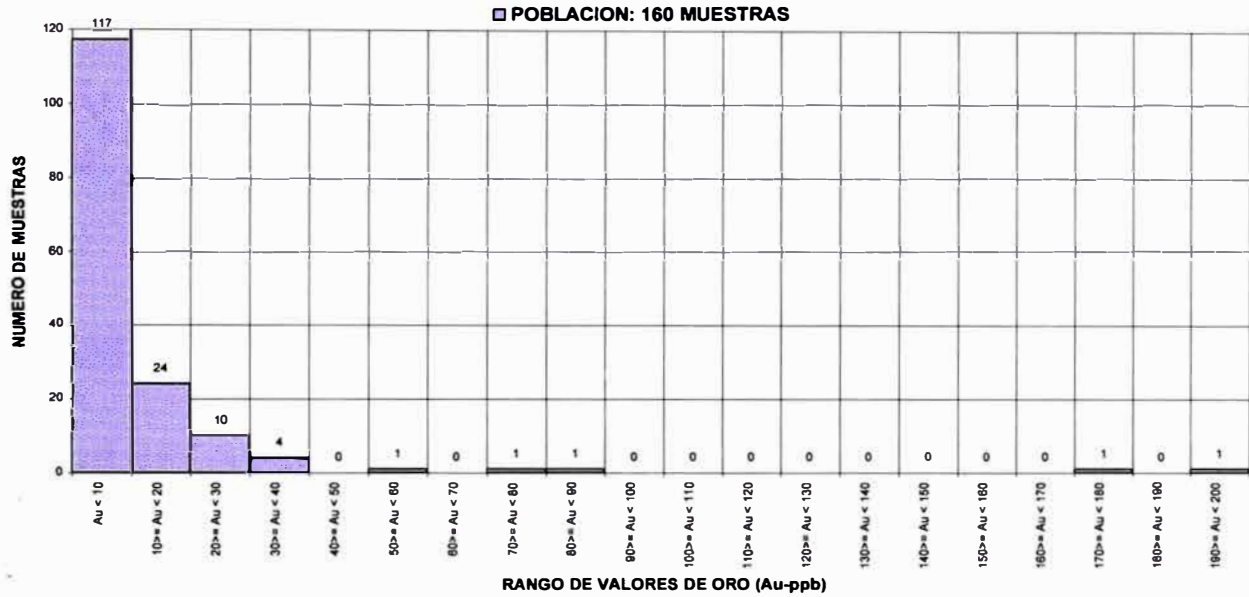
MUESTRAS DE SUELOS

ELEMENTOS	Au-ppb	As-ppm	Sb-ppm	Hg-ppm	Ag-ppm	Cu-ppm	Pb-ppm	Zn-ppm	Mo-ppm	Bi-ppm
Au-ppb		0.175	0.124	-0.070	-2.19E-16	-0.037	0.000	-0.070	0.247	0.122
As-ppm	0.175		0.544	0.005	0.00E+00	-0.094	-0.074	-0.146	0.203	0.049
Sb-ppm	0.124	0.544		0.052	0.00E+00	-0.045	0.132	-0.119	0.093	0.158
Hg-ppm	-0.070	0.005	0.052		-2.56E-17	0.249	-0.059	-0.261	-0.020	0.049
Ag-ppm	9.04E-16	0.00E+00	0.00E+00	-2.56E-17		1.46E-18	1.98E-16	0.00E+00	-3.05E-16	-1.88E-16
Cu-ppm	-0.037	-0.094	-0.045	0.249	1.46E-18		-0.063	0.340	0.074	0.087
Pb-ppm	0.000	-0.074	0.132	-0.059	1.98E-16	-0.063		-0.002	0.254	0.293
Zn-ppm	-0.070	-0.146	-0.119	-0.261	0.00E+00	0.340	-0.002		0.000	-0.150
Mo-ppm	0.247	0.203	0.093	-0.020	-3.05E-16	0.074	0.254	0.000		0.244
Bi-ppm	0.122	0.049	0.158	0.049	-1.88E-16	0.087	0.293	-0.150	0.244	

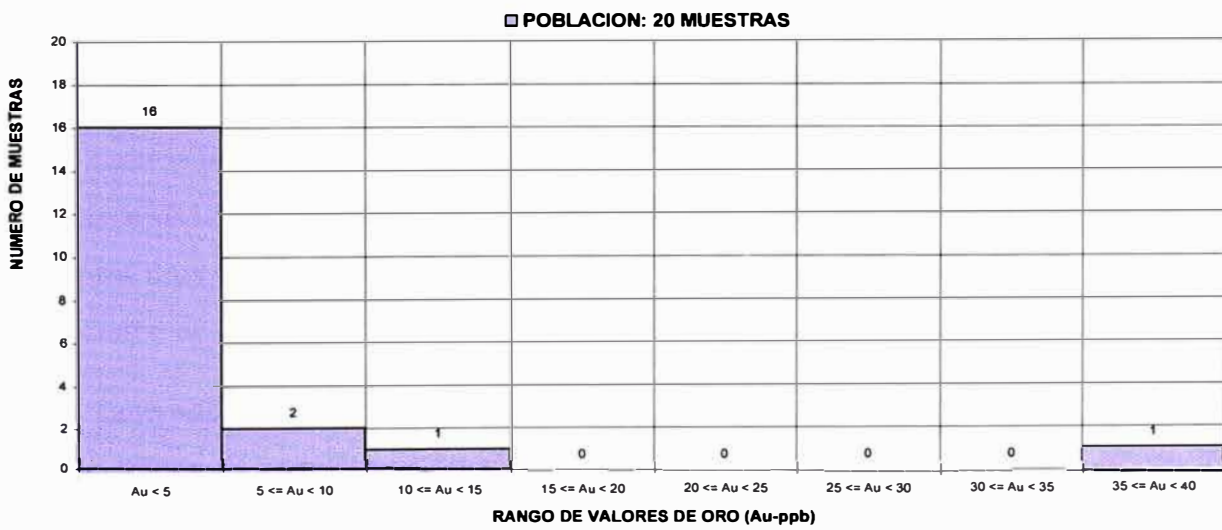
MUESTRAS DE SEDIMENTOS

ELEMENTOS	Au-ppb	As-ppm	Sb-ppm	Hg-ppm	Ag-ppm	Cu-ppm	Pb-ppm	Zn-ppm
Au-ppb		-0.300	-0.187	-0.065	0.018	-0.150	0.698	-0.227
As-ppm	-0.300		0.068	0.564	0.101	-0.076	-0.258	-0.532
Sb-ppm	-0.187	0.068		0.025	-0.076	-0.201	-0.097	0.214
Hg-ppm	-0.065	0.564	0.025		-0.140	0.144	-0.259	-0.626
Ag-ppm	0.018	0.101	-0.076	-0.140		-0.168	0.027	0.013
Cu-ppm	-0.150	-0.076	-0.201	0.144	-0.168		0.165	0.012
Pb-ppm	0.698	-0.258	-0.097	-0.259	0.027	0.165		-0.007
Zn-ppm	-0.227	-0.532	0.214	-0.626	0.013	0.012	-0.007	

**FIGURA 5.22: HISTOGRAMA DEL ORO
PARA MUESTRAS DE SUELOS
PROYECTO INCAPACHA**



**FIGURA 5.23: HISTOGRAMA PARA EL ORO
PARA MUESTRAS DE SEDIMENTOS
PROYECTO INCAPACHA**



El resto de elementos (As, Sb, Hg, Ag, Cu, Pb y Zn) tienen valores bajos y muy bajos. Ver tabla 5.3.

El histograma de frecuencia relativa VALORES DE ORO VS NUMERO DE MUESTRAS, nos indica que se trata de una distribución lognormal sesgada a la derecha y mostrando dos poblaciones, la primera con valores de hasta 15 ppb y la segunda totalmente aislada que corresponde al valor de 39 ppb. Ver figura 5.23.

Los coeficientes de correlación del oro con los demás elementos son bajos, aunque mejores que los coeficientes de correlación de muestras de suelos. Ver tabla 5.4.

5.3 CORRELACIÓN GEOQUÍMICA DEL ORO EN MUESTRAS DE ROCAS, SUELOS Y SEDIMENTOS

Haciendo la comparación de valores altos de oro, obtenidos en el muestreo de rocas con el de suelos, observamos que la zona anómala en oro correspondiente a muestras de roca tomadas in situ y ubicada al S del cerro Señal Incapacha, también presenta anomalías de oro en las muestras de suelos. Esto probablemente se deba a que el oro tiene buena dispersión y movilidad en ambientes superficiales ácidos (ANDREWS-JONES, 1968).

Comparando los valores de oro obtenidos en muestras de roca con los de sedimentos, vemos que no hay correlación alguna, podemos decir entonces que el oro puede estar concentrado en pocas cantidades o se restringe solamente a estructuras, lo que hace difícil que las aguas meteóricas lo lixivien y transporten a las quebradas cercanas, o también debido a que el oro se encuentra muy asociado a los óxidos de hierro no sea posible transportarlo (el Fe tiene baja dispersión en ambientes ácidos, ANDREWS-JONES, 1968).

También sabemos que Ag, Cu, Zn, Mo y Hg tienen buena dispersión y movilidad en ambientes ácidos, mientras que As tiene moderada dispersión y Pb, Bi y Sb tienen baja dispersión en estos ambientes (ANDREWS-JONES, 1968). Para nuestro caso, sólo se cumple en algunos elementos.

Para el caso del ambiente geológico donde se ubica el proyecto Incapacha (epitermal de alta

sulfuración o sulfato-ácido), algunos elementos, sobre todo en muestras de suelos, se comportan de acuerdo a un ambiente un ácido. También las aguas analizadas nos indican que estamos en un ambiente ácido (pH=3, según análisis químico).

Finalmente, correlacionando los valores geoquímicos de todos los elementos analizados con las características geológicas y mineralógicas del yacimiento, podemos decir que el oro debe estar genéticamente relacionada a la ocurrencia de pirita, es decir, puede estar como impurezas microscópicas a submicroscópicas dentro de pirita (pirita aurífera). Con respecto a As, Sb, Hg y otros elementos, podemos relacionarlo también a la ocurrencia de pirita (sabemos que algunas piritas tienen impurezas diversas). Otra posibilidad es que la mayoría de elementos analizados, a excepción del oro, estén relacionados a los cobres grises encontrados en los sondajes, y en caso particular de As, Sb y Hg como son volátiles, fácilmente llegan a la superficie.



FOTO 5.1, mirando al S: Trinchera T3 con rumbo $N20^{\circ}E$ y de aproximadamente 15 m. de largo, ubicada al S del cerro Señal Incapacha y cerca del sondaje IP-08. Se observan estructuras subparalelas ($N70^{\circ}E$) de cuarzo (sílice vuggy-sílice masiva) con gradaciones laterales a cuarzo-alunita y cuarzo-arcillas. Tienen anomalías de oro con valores de hasta 5 grAu/TM, existe anomalía en toda la trinchera.

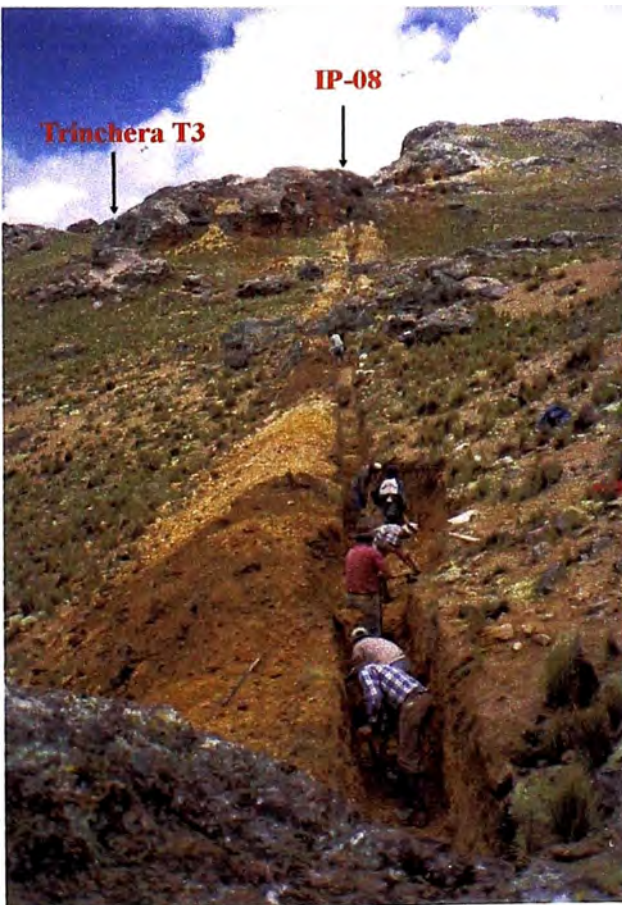


FOTO 5.2, mirando al NW: Trinchera T4 con rumbo $N57^{\circ}W$, ubicada al S del cerro Señal Incapacha. Se aprecia estructuras y crestones compuestos de sílice masiva-sílice vuggy y sílice-alunita, con orientaciones $N40^{\circ}E$ y $N70^{\circ}E$, y con anomalías de oro. Al final de la trinchera se ubica el sondaje IP-08.



FOTO 5.3, mirando al NE: Trinchera T5 con rumbo N50°E ubicada en la base del cerro Incapachita (S del cerro Señal Incapacha). En la escarpa del afloramiento se ubica la estructura silícea con abundantes óxidos (rumbo N40°E), que corresponde a las muestras 51019 (6.6 grAu/TM) y 51020 (17.4 grAu/TM) respectivamente. El afloramiento es de intrusivo pórfido andesítico con alteración argílica avanzada en la base y sílice masiva al tope. Ver mosaicos 4.3 y 4.5.



FOTO 5.4, mirando al NNE: Trinchera T6 con rumbo N34°E, ubicada al SW del cerro Incapachita. Al final de la trinchera se observa un afloramiento escarpado de intrusivo pórfido andesítico con alteración argílica avanzada y cortado por canales de brecha hidrotermal-crackle compuestos por fragmentos de sílice vuggy-sílice masiva y matriz de sílice-alunita-óxidos, tienen orientaciones N40°E, N70°E y N70°W. En este afloramiento se ubican las muestras 51027 (13.5 grAu/TM), 51028 (1.2 grAu/TM) y 51029 (2.7 grAu/TM). Al centro de la foto un pequeño afloramiento de cuarzo-alunita sin valores de oro. Al E del afloramiento escarpado se ubica el sondaje IP-07. Ver mosaico 4.5 (muestra 27).

CAPÍTULO VI: PROSPECCIÓN GEOFÍSICA

El estudio geofísico del proyecto Incapacha se llevó a cabo en dos etapas y se utilizó el método de polarización inducida (IP) y resistividad (R). La primera etapa fue realizada entre octubre y noviembre de 1999, y se levantaron 5 líneas (L1, L2, L3, L4 y L5); la segunda etapa se llevó a cabo en abril del 2000, y también se levantaron 5 líneas (L6, L7, L8, L9 y L10). En el cuadro 6.1 se detallan los datos de rumbo, longitud, cargabilidad y resistividad de cada una de las líneas. Ver figuras del 6.1 al 6.6.

LINEAS	RUMBO	LONGITUD (KM)	CARGABILIDAD	RESISTIVIDAD
L1 (605250E)	N-S	2.7	alta-moderada-baja	alta-moderada-baja
L2 (606275E)	N-S	2.8	alta-moderada-baja	alta-moderada-baja
L3	N83°E	2.3	alta-moderada-baja	alta-moderada-baja
L4	N43°W	3.2	alta-moderada-baja	alta-moderada-baja
L5	N80°E y N70°W	1.43+1.37	alta-moderada-baja	alta-moderada-baja
L6 (604750E)	N-S	3.5	moderada-baja	alta-moderada-baja
L7 (605810E)	N-S	2.7	alta-moderada-baja	alta-moderada-baja
L8 (606750E)	N-S	3.5	alta-moderada-baja	alta-moderada-baja
L9 (8396820N)	E-W	2.5	alta-moderada-baja	moderada-baja
L10 (8395370N)	E-W	2.0	alta-moderada-baja	alta-moderada-baja
TOTAL		28.00 km		

Cuadro 6.1: Líneas geofísicas levantadas en el proyecto Incapacha

Los rangos de cargabilidad y resistividad utilizados son:

Cargabilidad*:

- Baja, < 10 milivoltios-segundos (msec)
 Moderada, 10 - 20 milivoltios-segundos (msec)
 Alta, > 20 milivoltios-segundos (msec)

Resistividad**:

- Baja, < 1000 ohmios-metro (ohm-m)
 Moderada, 1000 - 10000 ohmios-metro (ohm-m)
 Alta, > 10000 ohmios-metro (ohm-m)

* Ver anexos.

** Ver anexos.

6.1 INTERPRETACIÓN DE DATOS GEOFÍSICOS

Analizando los datos obtenidos en las 10 líneas geofísicas levantadas, diremos que existen zonas con alta cargabilidad y zonas con alta resistividad, en el primer caso ocurre mayormente cuando la roca de superficie es fresca o con débil alteración, mientras que en el segundo caso ocurre básicamente cuando la roca de superficie presenta alteración tipo sílice granular, sílice “vuggy”, sílice masiva o sílice-alunita.

Para el caso de las zonas con alta resistividad, observando los perfiles geofísicos se interpreta que existen “cuerpos silíceos” no muy profundos, pero importantes y que pueden ser focos exploratorios para ser considerados en la etapa de perforación diamantina.

Como la geofísica es una herramienta muy importante que se usa con frecuencia en la exploración de yacimientos metálicos y que ha dado buenos resultados en minas y proyectos (por ejemplo Yanacocha), descubriendo cuerpos mineralizados a profundidad en zonas donde la geoquímica arrojaba valores de oro muy bajos (muchas veces < 5 ppb-Au).

Para el caso particular del proyecto Incapacha, la geofísica también jugó un papel importante en el momento de definir los focos exploratorios (“targets”) para la etapa de perforación.

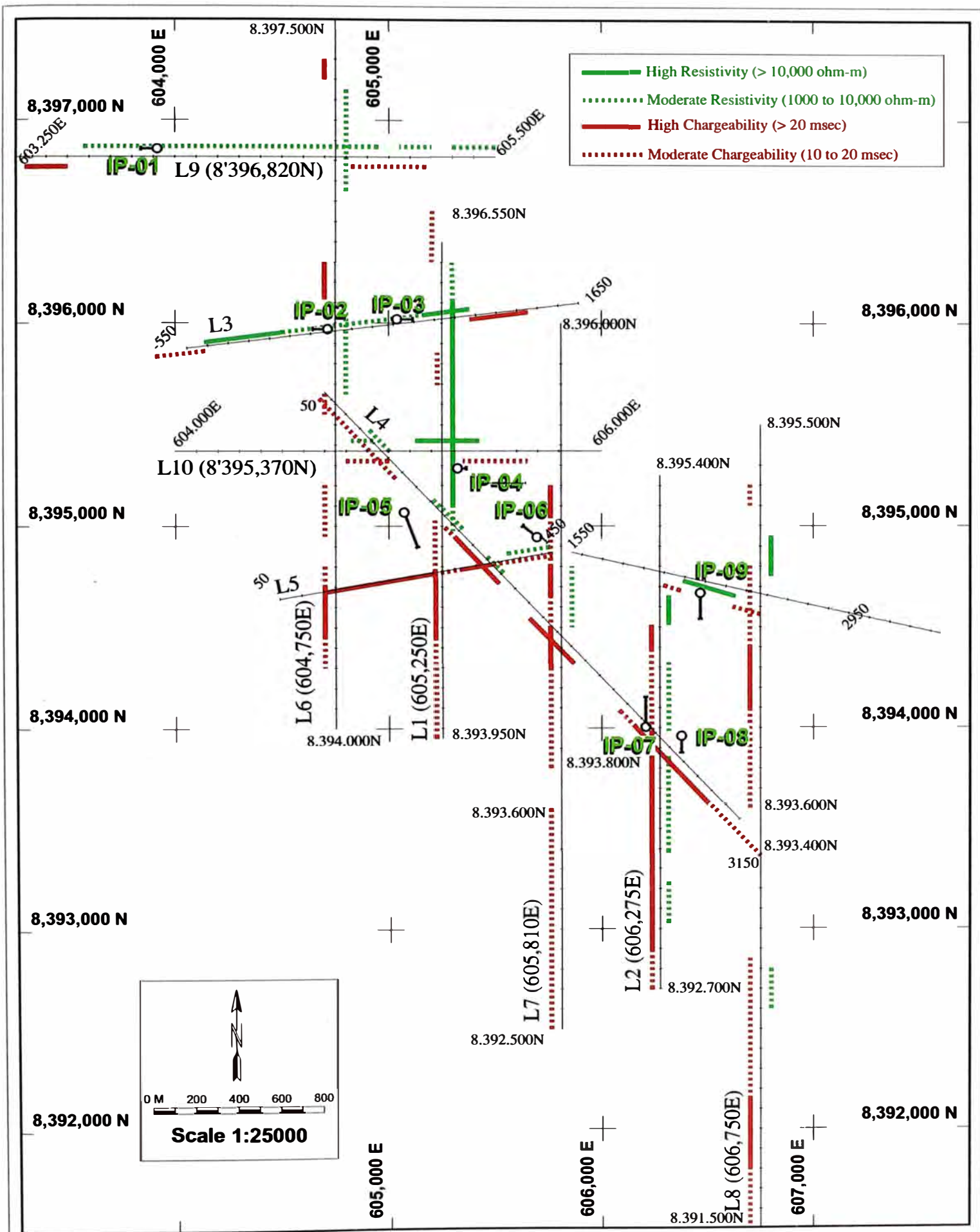


Figura 6.1: Líneas geofísicas del Proyecto Incapacha

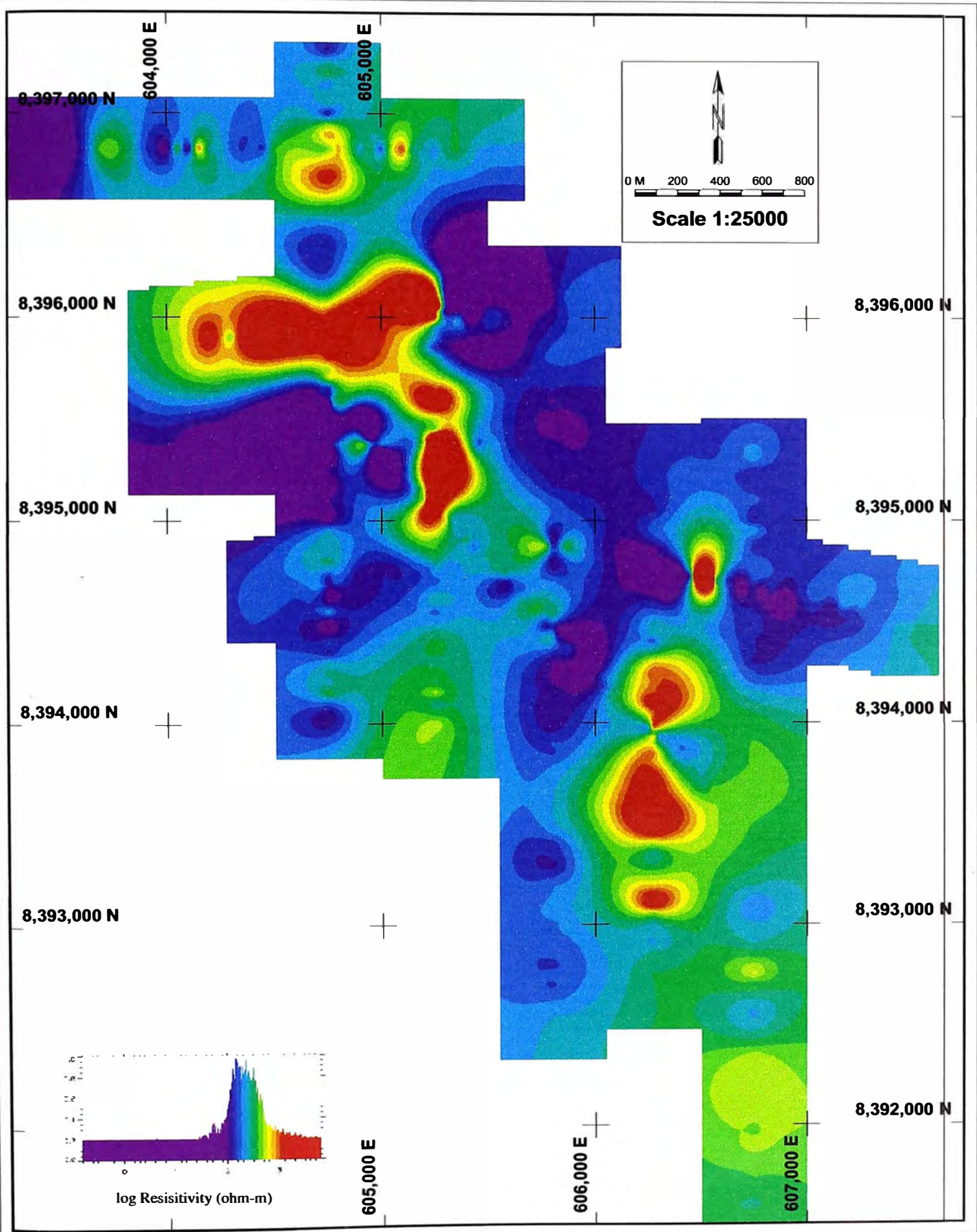


Figura 6.2: Planos de Valores de Resistividad del Proyecto Incapacha

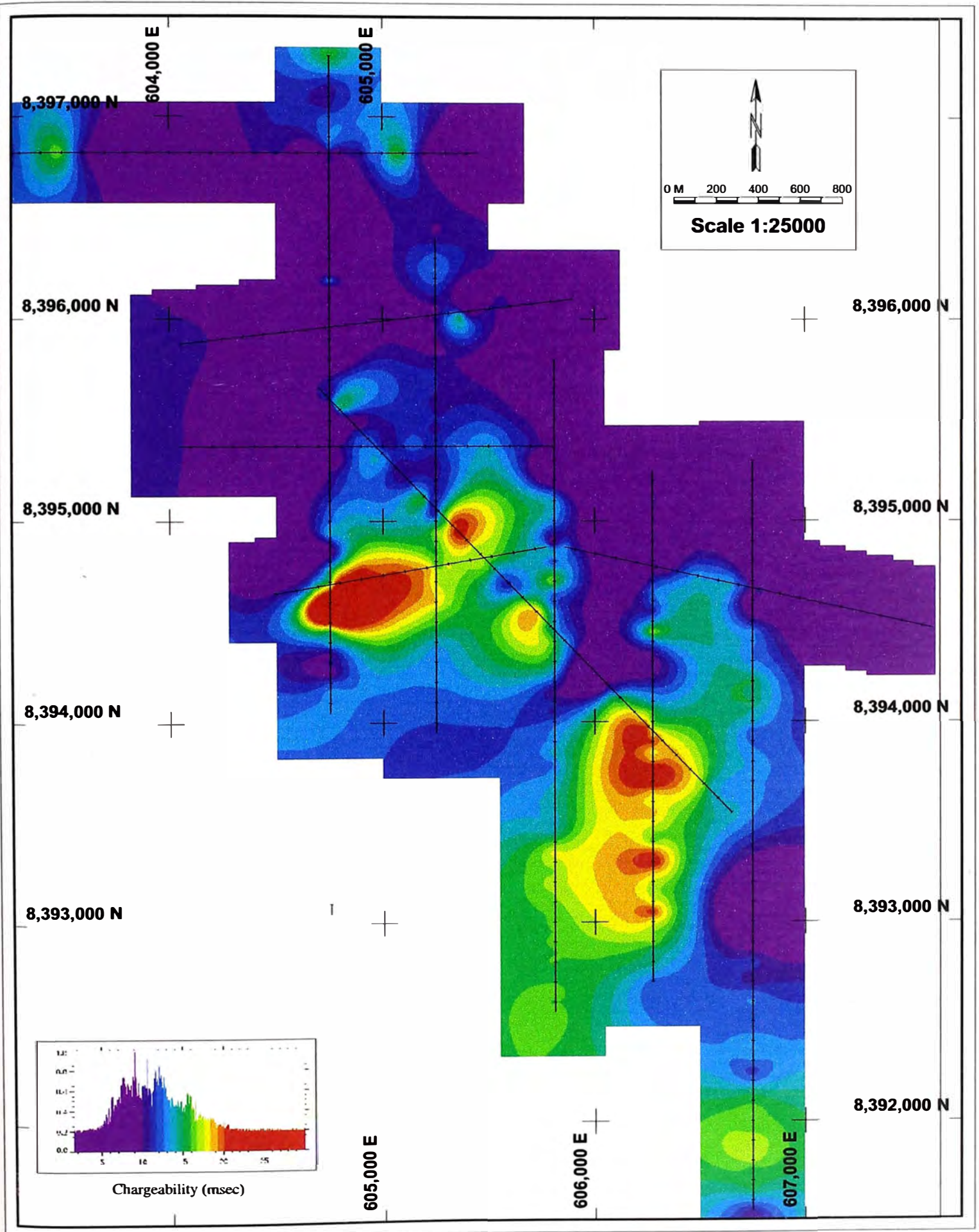
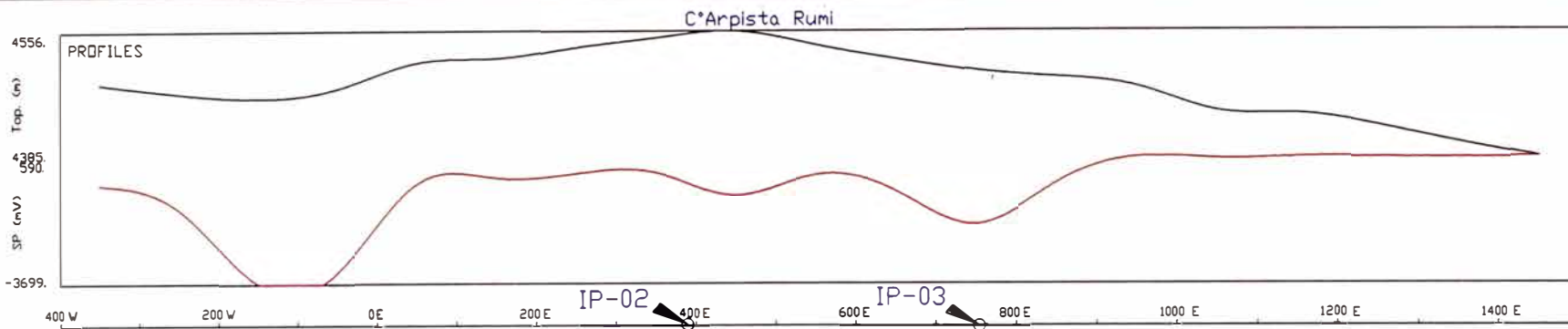
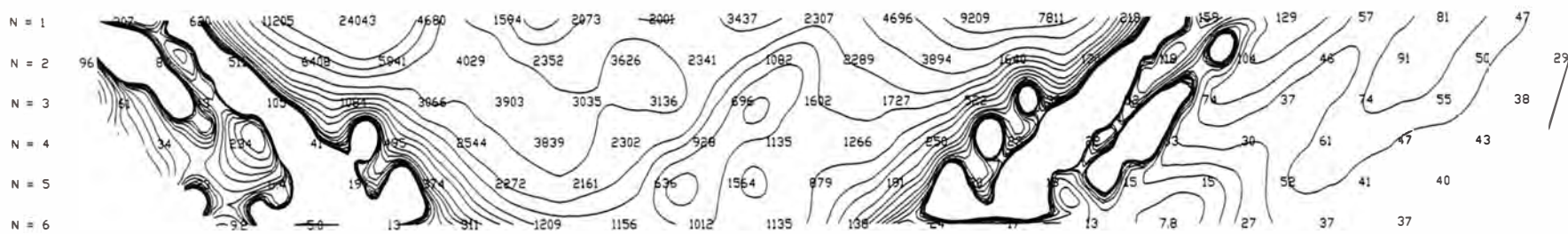
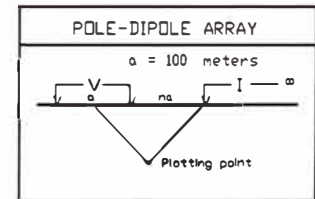


Figura 6.3: Plano de Valores de Cargabilidad del Proyecto Incapacha

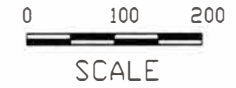
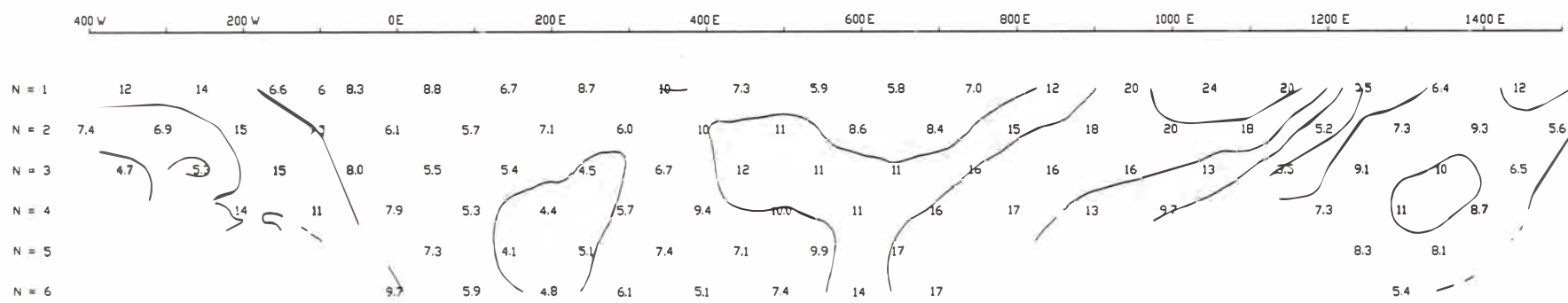


LINE 3



MISCELLANEOUS

Rx: Iris IP-6 Tx: Elliot 4.5 kW
 Gate times: Semi-log mode
 Line azimuth: 80 degrees
 UTM Reference Points (1700):
 606,086E/8,396,122N
 Line length: -600 to 1700



NEWMONT PERU LIMITED
 Ayacucho JV
 Incapacha Project
 PDP IP/Resistivity Survey
 Line 3
 MKG November 1999

Figura 6.4: Perfil de resistividad y cargabilidad de la línea L3

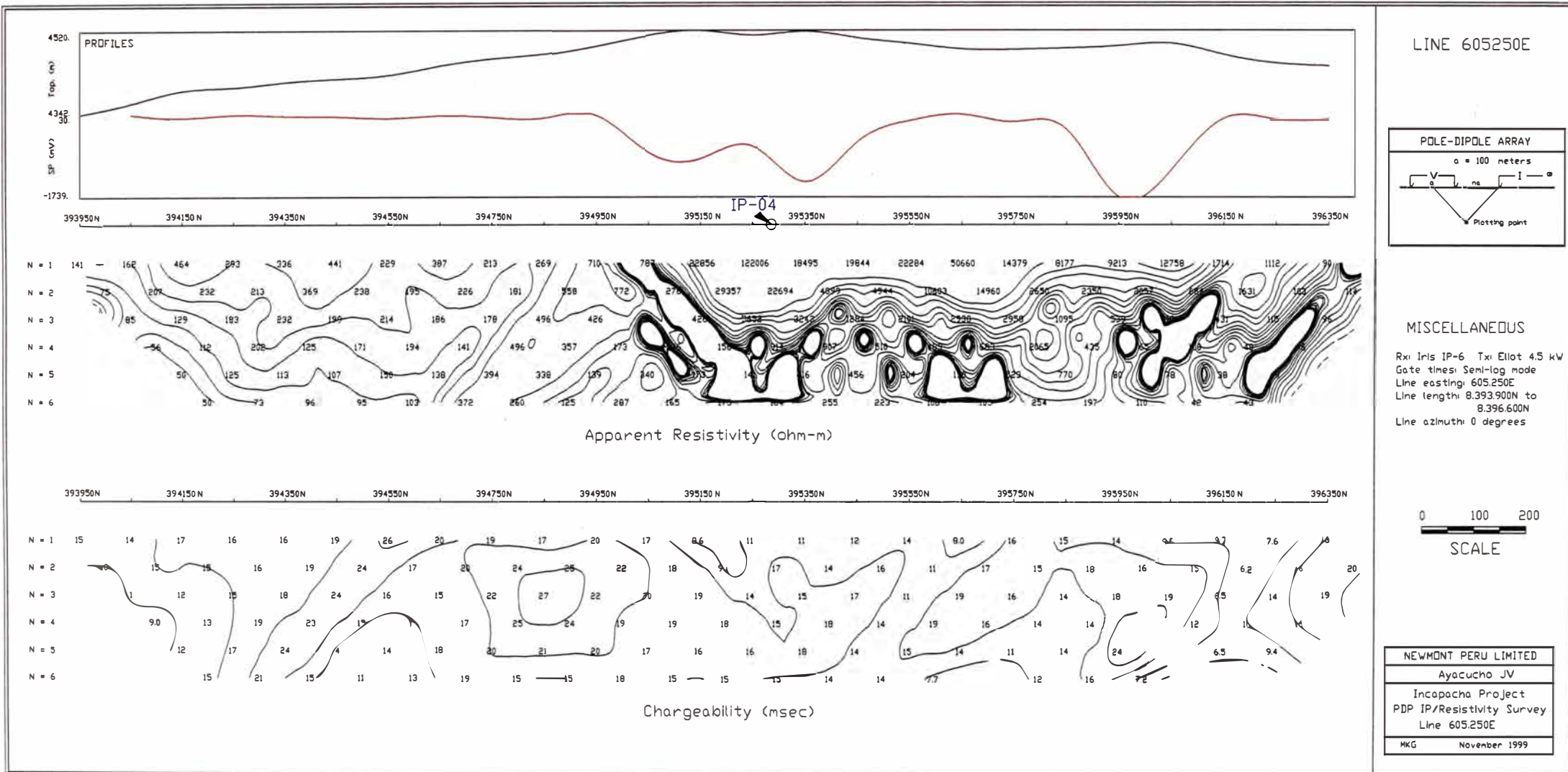


Figura 6.5: Perfil de resistividad y cargabilidad de la línea L1 (605250E)

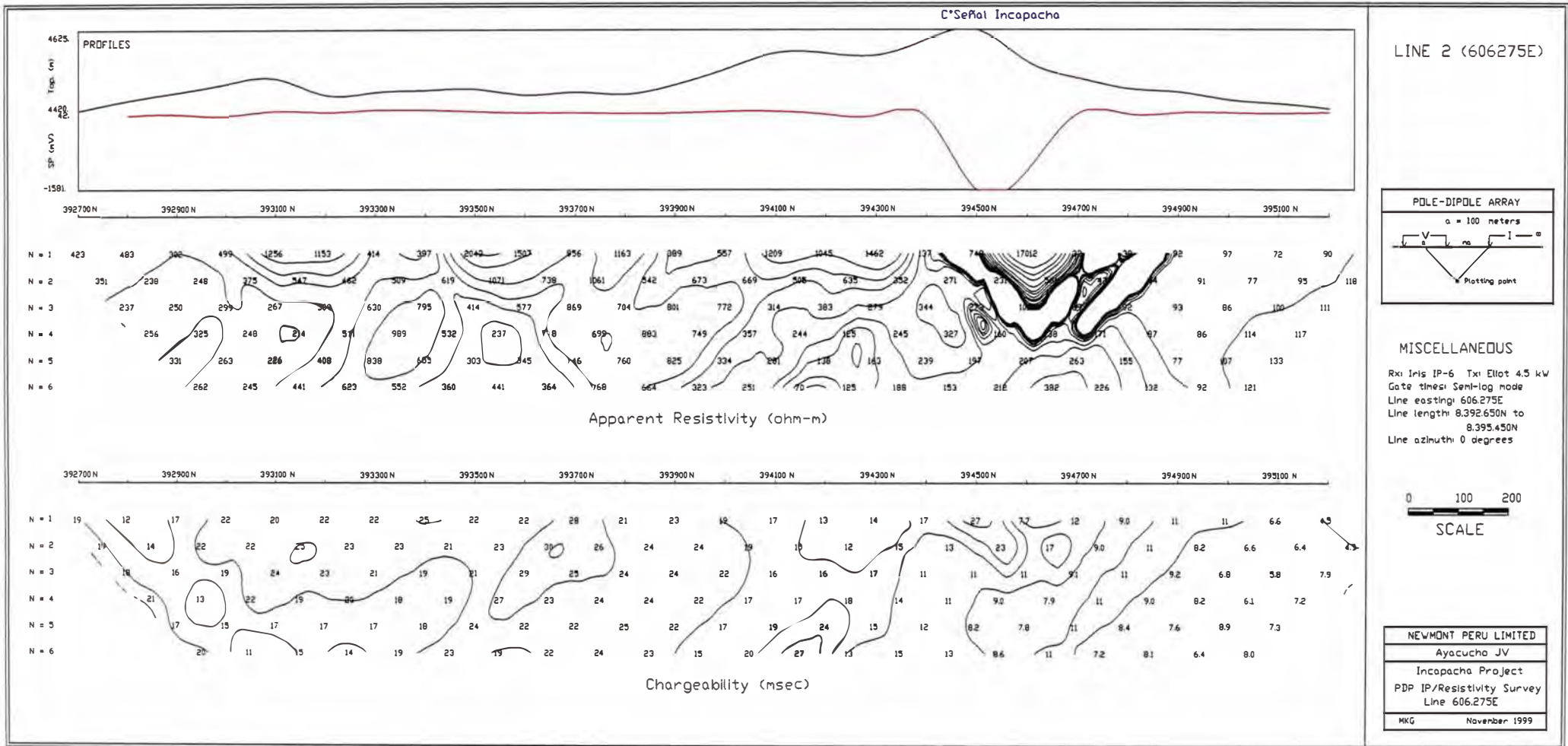


Figura 6.6: Perfil de resistividad y cargabilidad de la línea L2 (606275E)

CAPÍTULO VII: PERFORACIÓN DIAMANTINA

7.1 BLANCOS EXPLORATORIOS (“TARGETS”) Y UBICACIÓN DE SONDAJES DIAMANTINOS

Después de haber culminado la primera etapa de exploración (mapeo de detalle a escala 1/5000, muestreo geoquímico de rocas, suelos y sedimentos y estudio geofísico), la siguiente etapa de estudio en el proyecto Incapacha, era hacer una campaña de perforación diamantina, la cual era decisiva para definir el potencial de mineralización de la zona.

Antes de ubicar los sondeos diamantinos, se debería tener bien en claro los blancos exploratorios (“targets”) del proyecto. Para ubicar éstos se debería tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Geología favorable (alteraciones hidrotermales)
- Anomalías geoquímicas de Au, As, Sb y Hg, y
- Anomalías geofísicas (alta resistividad).

A continuación detallamos las características de cada “target”:

Target 1, ubicado entre los cerros Arpista Rumi y Collaorco, en esta zona se tiene anomalías geoquímicas de As, Sb y Hg, además, se tiene afloramientos con alteración sílice granular, sílice masiva y argílica avanzada, y según el estudio geofísico, buena resistividad. Aquí se ubicaron 5 plataformas, de las cuales 3 fueron perforadas (sondeos IP-01, IP-02 y IP-03). Ver figuras 7.1 y 7.2.

Target 2, ubicado en el cerro Incapallanca, aquí se tiene diferentes tipos de alteración, tales como sílice granular, sílice masiva, sílice-alunita y muchos canales de brecha hidrotermal, además, se tiene algunos valores anómalos de oro que llegan hasta 800 ppb. Asimismo se tiene anomalías de As, Hg y algo de Sb. Por otro lado, la geofísica determinó sectores con alta resistividad. Aquí se ubicaron 4 plataformas, de las cuales 3 fueron perforadas (sondeos IP-04, IP-5 y IP-06). Ver figuras 7.1 y 7.2.

Target 3, ubicado entre los cerros Incapachita, Señal Incapacha y Azufre, en esta zona se tiene alteraciones hidrotermales importantes, tales como sílice granular, sílice “vuggy”,

sílice masiva, sílice-alunita y abundantes canales de brecha. Aquí tenemos la anomalía más importante del proyecto, donde 34 muestras de roca presentan valores de oro mayor a 500 ppb. También tenemos anomalías de As, Sb y Hg. En geofísica se tiene sectores con alta resistividad y otros con moderada resistividad. En este “target” se ubicaron 5 plataformas, de las cuales 3 se perforaron (sondajes IP-07, IP-08 y IP-09). Ver figuras 7.1 y 7.2.

7.2 ETAPA DE PERFORACIÓN DIAMANTINA

Se llevó a cabo desde el 20 de julio del año 2000 hasta el 30 de octubre del mismo año.

En el cuadro 7.1 se detallan los datos para cada sondaje diamantino:

SONDAJE	COORDENADAS		AZIMUT	ANGULO	COTA	PROFUNDIDAD (m)
	E	N				
IP-01	603918	8396860	270°	-60°	4343	104.70
IP-02	604715	8395970	270°	-60°	4542	90.80
IP-03	605039	8396019	90°	-60°	4525	100.65
IP-04	605323	8395285	90°	-80°	4520	101.20
IP-05	605072	8395068	160°	-45°	4440	222.00
IP-06	605685	8394940	310°	-60°	4517	127.20
IP-07	606208	8394005	0°	-45°	4453	175.15
IP-08	606377	8393960	180°	-60°	4493	115.35
IP-09	606466	8394668	180°	-45°	4583	148.10
Total						1185.15 m

Cuadro 7.1: Sondajes diamantinos del proyecto Incapacha

Como se puede ver en el cuadro 7.1, se hicieron 9 sondajes diamantinos que en total suman 1185.15 m perforados.

7.3 ALCANCES Y CONTINUIDAD DE LAS ALTERACIONES

HIDROTERMALES EN SONDAJES DIAMANTINOS

En el capítulo de alteraciones se han detallado los tramos con diversos tipos de alteración que interceptaron cada uno de los sondajes diamantinos. Pero analizando globalmente, vemos que la mayoría de sondajes han cortado tramos con alteración hidrotermal.

Por otro lado, debemos indicar que las alteraciones hidrotermales en 5 sondajes (IP-03, IP-04, IP-06, IP-08 y IP-09) se ubican por encima de los 100 m, mientras que en dos de ellos

(IP-05 y IP-7) llegan a profundidades mayores a 150 m, pero con tramos de roca fresca, asimismo debemos mencionar que en los sondajes IP-01 y IP-02, se cortó roca fresca o con débil alteración. Ver figuras 6.1, 6.2, 6.3 y 7.2 y perfiles 1/10000.

A continuación hacemos un extracto para cada sondaje:

Sondaje IP-01, colocado por presentar alta resistividad y anomalías de As, Sb y Hg en las cercanías. El sondaje cortó tufo lítico andesítico fresco con tramos de alteración argílica y opalina, débil a moderadas. Ver mosaico 7.1 (muestra 28).

Sondaje IP-02, colocado por presentar alta resistividad y tener alteración sílice granular en superficie. Se cortó intrusivo pórfido andesítico con débil alteración y algunos canales de brecha hidrotermal de sílice-óxidos. Ver mosaico 7.1 (muestra 29).

Sondaje IP-03, colocado básicamente por tener alta resistividad y presentar alteración sílice granular en superficie. Se interceptó brecha freática con tufos andesíticos alterados a sílice granular con niveles de argílica avanzada y canales de sílice (masiva-"vuggy")-óxidos. Al final del sondaje el grado de alteración disminuye. Ver mosaico 7.1 (muestras 30 y 31).

Sondaje IP-04, colocado por presentar alta resistividad, anomalías de As y Hg, y tener fuerte alteración en superficie. Se cortó tufo de cristales andesítico intensamente alterado a sílice "vuggy", sílice masiva y sílice granular, y posteriormente afectado por canales de brecha hidrotermal-"crackle" que evidencian múltiples eventos. Además, cavidades y fracturas rellenas por abundantes óxidos (limonitas). En el último tramo la alteración es sílice-arcillas con pirita. Ver mosaico 7.2 (muestras 32 y 33).

Sondaje IP-05, colocado porque en superficie se tiene alteración sílice masiva y sílice-alunita, además, varios canales de brecha hidrotermal de sílice-óxidos y sílice-alunita-óxidos con algunos valores de oro (800 ppb como máximo). También anomalías de As, Sb y Hg. Se interceptó intrusivo pórfido monzodiorítico y tufo de cristales andesítico, ambos alterados por tramos, presentando principalmente alteración argílica avanzada y canales delgados de sílice masiva con óxidos. Entre 140 m y 215 m hay mayor alteración de sílice masiva con tramos de sílice-alunita, pero al final del sondaje la alteración es argílica-pirita. El sondaje no interceptó los canales de brecha hidrotermal identificados en superficie. Ver mosaico 7.2 (muestra 34) y 7.3 (35).

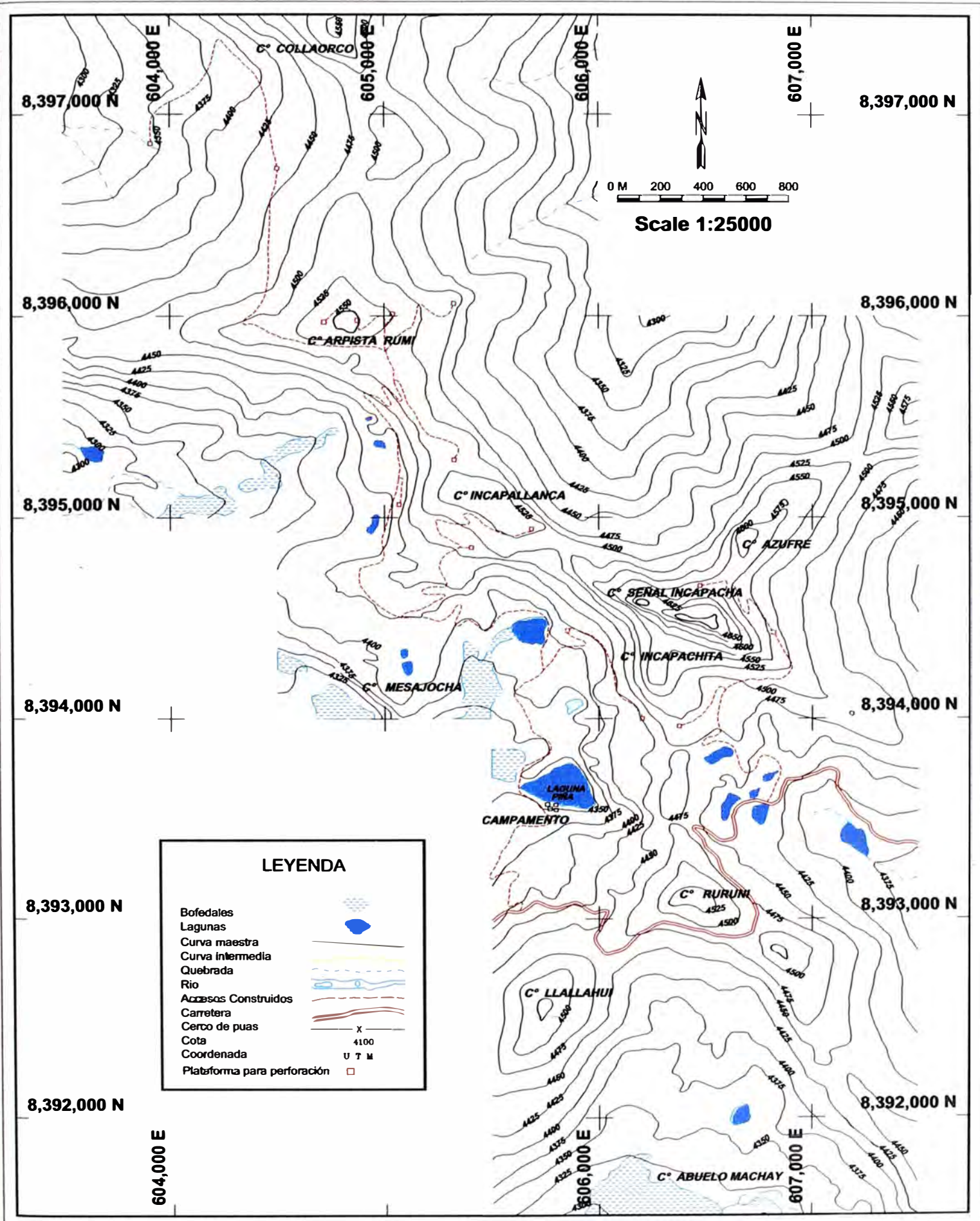


Figura 7.1: Accesos y Ubicación de Plataformas del Proyecto Incapacha

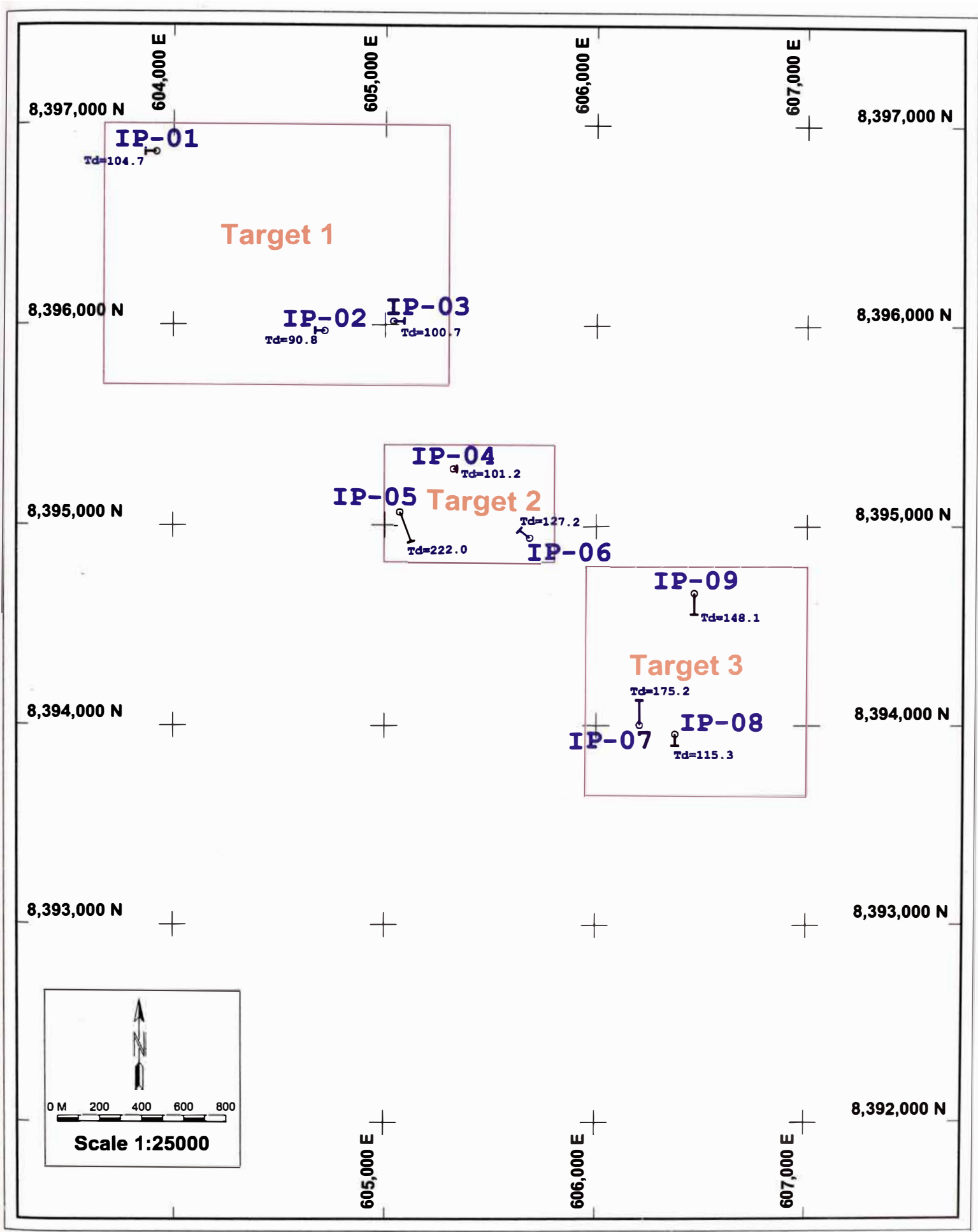


Figura 7.2: Ubicación de Tarjets y Sondajes Diamantinos

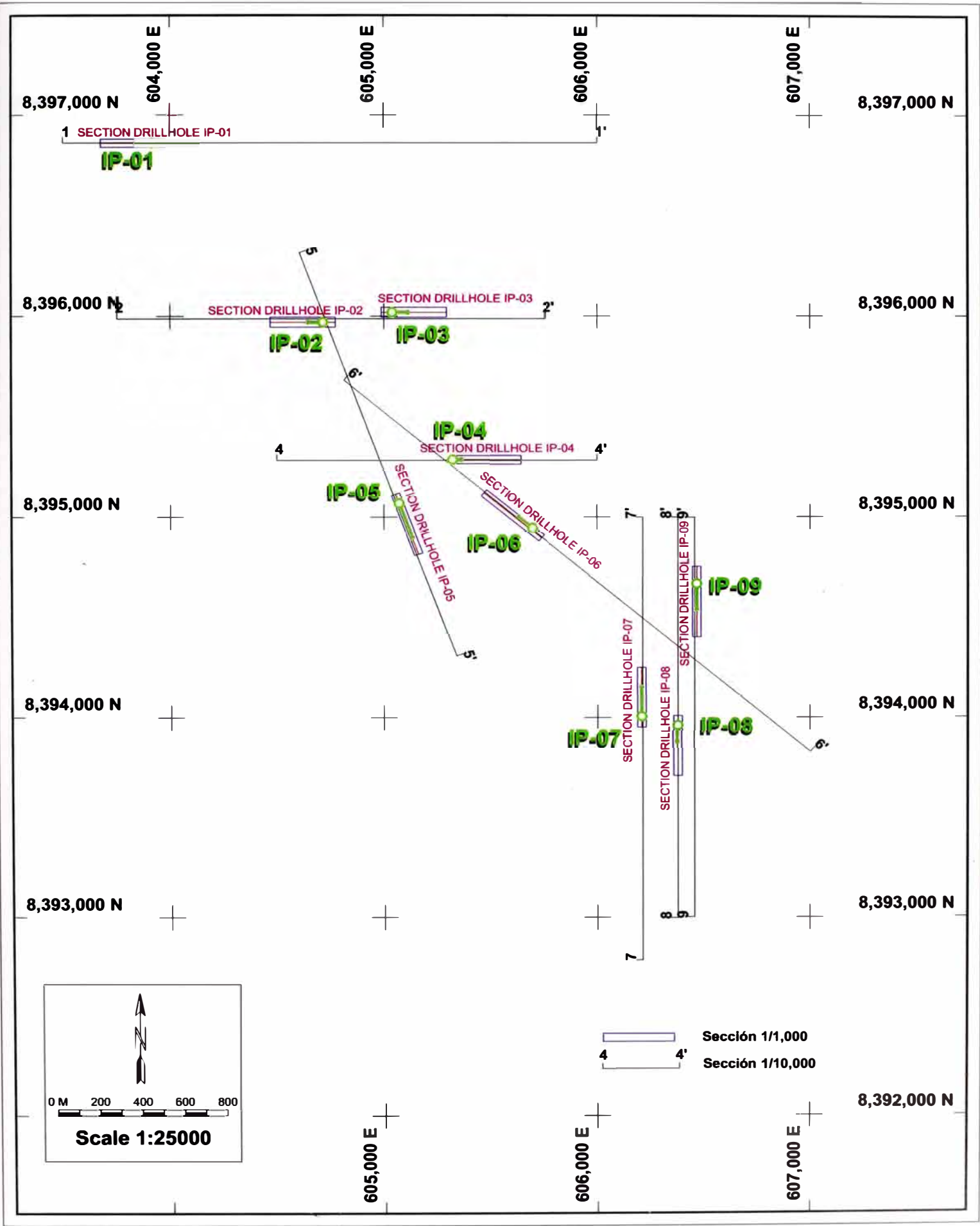


Figura 7.3: Perfiles y Secciones para cada Sondaje Diamantino

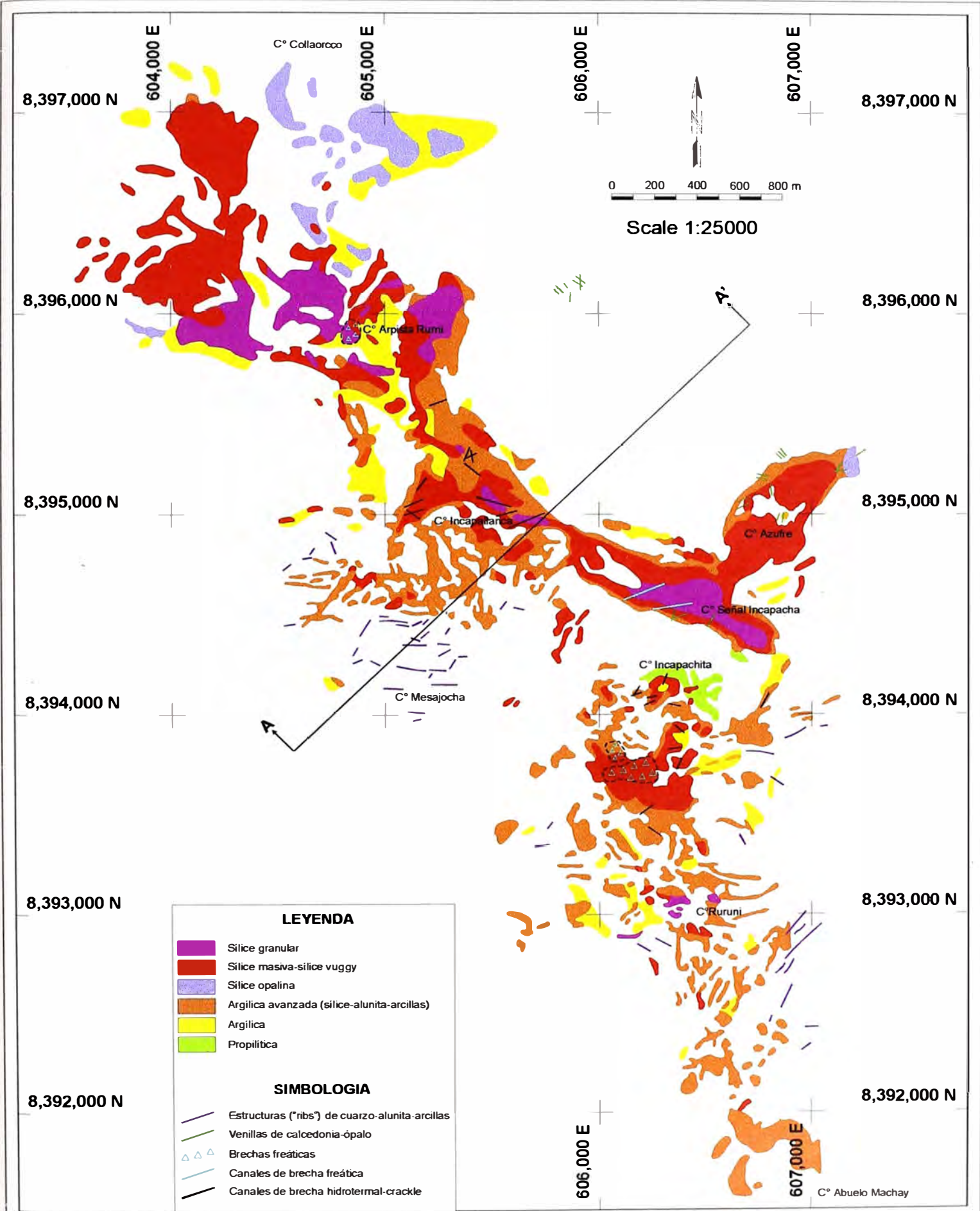


Figura 4.1: Plano de Alteraciones del Proyecto Inca Pacha

Sondaje IP-06, colocado porque en superficie la roca está alterada a sílice granular, sílice masiva, sílice “vuggy” y sílice-alunita, además, se tiene anomalías de As y Hg. Se cortó tufo de cristales andesítico alterado por tramos a sílice masiva, sílice “vuggy”-óxidos, sílice-arcillas y argílico; al final del sondaje la roca es fresca. Ver mosaico 7.3 (muestra 36).

Sondaje IP-07, colocado porque en superficie se tiene varias muestras de roca con valores altos de oro (17 gr Au/TM como máximo), relacionados a estructuras y canales brecha hidrotermal-“crackle” de sílice-óxidos y sílice-alunita-óxidos, también se tiene anomalías de As, Sb y Hg. El sondaje ha cortado intrusivo pórfido monzodiorítico y tufo de cristales andesítico, las alteraciones están controladas por canales delgados de sílice (masiva y “vuggy”) que gradan a los extremos a argílica avanzada, arcillas-pirita y roca fresca. A los 160.75 m y en roca débil a moderadamente propilitizada, se encontró una venilla-fractura rellenada por epidota, zeolitas con morfología radial (natrolita), pirita, cobres grises (tetraedrita) y carbonatos (calcita). Al final del sondaje la roca es fresca. . Al igual que en el sondaje IP-05, aquí no se cortó a los canales de brecha que tenían valores de oro en superficie. Ver mosaico 7.3 (muestras 37 y 38) y 7.4 (39).

Sondaje IP-08, colocado porque en superficie se tiene anomalías de oro (hasta 5 gr Au/TM) que están relacionados a canales de brecha hidrotermal-“crackle” de sílice-óxidos, también anomalías de As, Sb y Hg. Aquí el taladro ha cortado tufo de cristales andesítico, canales de brecha freática-freatomagmática e intrusivo pórfido monzodiorítico. Las alteraciones se presentan en niveles, así tenemos un nivel de sílice masiva en la brecha freatomagmática que varía lateralmente a sílice-arcillas y más a los extremos a argílico. El intrusivo sólo presenta alteración argílica y al final del sondaje la roca es fresca. Ver mosaico 7.4 (muestra 40) y 7.5 (41).

Sondaje IP-09, colocado porque en superficie se tiene alteraciones sílice granular y sílice masiva. Además, los valores de As y Hg son anómalos, y se tiene un tramo con alta resistividad. Se cortó tufo de cristales andesítico alterado por tramos a sílice granular, sílice masiva y por debajo de los 70 m sílice-arcillas, gradando a argílica y propilitica al final del sondaje. Ver mosaico 7.5 (muestra 42).

7.4 CORRELACIÓN PERFORACIÓN DIAMANTINA-GEOFÍSICA

Haciendo la comparación de la resistividad y cargabilidad determinadas por el estudio geofísico con la información geológica obtenida en los sondajes diamantinos, observamos:

Las zonas con alta resistividad corresponden a alteraciones sílice masiva, sílice “vuggy” y sílice granular, de manera continua. Estos tipos de alteración no profundizan más de 100 m, comprobándose de esta manera que la información dada por los perfiles geofísicos es confiable. Ver figuras 6.4, 6.5 y 6.6, sondajes IP-04 y IP-09, perfiles 1/1000 y anexos.

Las zonas con moderada resistividad corresponden a intercalaciones de alteraciones sílice granular, sílice masiva, sílice “vuggy”, argílica avanzada, argílica y propilítica, con roca fresca. A veces la roca fresca es cortada por canales de brecha hidrotermal o cuerpos con diferentes tipos de alteración. Ver sondajes IP-01, IP-02, IP-03, IP-05, IP-06, IP-07 y IP-08, perfiles 1/10000 y anexos.

- Las zonas con moderada y alta cargabilidad corresponden a rocas frescas con diseminaciones de pirita y magnetita (datos de superficie) y a rocas alteradas con diseminaciones de pirita (datos de sondajes). Ver figuras 6.1, 6.2 y 6.3, perfiles 1/10000 y 1/1000 y anexos.

7.5 MUESTREO DE SONDAJES DIAMANTINOS

El muestreo en los cores se hizo cada 2 m, pero considerando excepciones para los tramos que mostraban cambios en: tipos de alteración, concentración de óxidos, canales de brecha, presencia de sulfuros, grado de fracturamiento, etc.

En los 9 sondajes diamantinos se han tomado 552 muestras. La distribución de muestras para cada sondaje se detalla en el cuadro 7.2.

SONDAJE	Nº MUESTRAS
IP-01	60
IP-02	51
IP-03	57
IP-04	67
IP-05	133
IP-06	55
IP-07	56
IP-08	33
IP-09	40
TOTAL	552

Cuadro 7.2: Distribución de muestras para los 9 sondajes

7.6 RESULTADOS GEOQUÍMICOS DE SONDAJES DIAMANTINOS

Las 552 muestras tomadas en los 9 sondajes diamantinos fueron analizadas por Au y Ag, y 318 fueron analizadas adicionalmente por Cu y Mo.

Nº MUESTRAS	RANGO DE ORO EN PPB	PORCENTAJE (%)
277	Au < 10	50.18
226	10 <= Au < 100	40.94
49	100 <= Au < 500	8.88
552		100%

Cuadro 7. 3: Rango de valores de oro

Como se puede ver en el cuadro 7.3, 277 muestras (50.18 %) tienen valores de oro menor a 10 ppb, de las cuales 232 presentan valores por debajo del límite de detección (< 5 ppb). Solamente 49 muestras (8.88 %) tienen valores de oro mayor a 100 ppb. Por otro lado el máximo valor de oro obtenido es de 445 ppb y se encuentra en el tramo 44.6 m-47 m del sondaje IP-08. Ver figura 7.3, perfiles 1/1000 y anexos.

El promedio de valores de oro para cada sondaje se distribuye de acuerdo al cuadro 7.4:

SONDAJE	VALOR PROMEDIO DE ORO EN (PPB)
IP-01	< 5
IP-02	< 5
IP-03	< 5
IP-04	98.14
IP-05	19.79
IP-06	21.27
IP-07	31.18
IP-08	110.36
IP-09	9.60

Cuadro 7.4: Valor promedio de oro para cada sondaje

Además, debemos indicar que los valores de Ag, Cu y Mo son bajos.

7.6.1 Distribución geoquímica del oro en sondajes diamantinos

Haciendo los cálculos estadísticos para las 552 muestras de sondajes, tenemos que el valor promedio (VP) para el oro es de 30.56 ppb, el background (BG) es igual a 9 ppb, el resto de parámetros estadísticos se presentan en tabla 7.1.

Los histogramas de frecuencia relativa de VALORES DE ORO VS NUMERO DE MUESTRAS, nos indican que se trata de una distribución lognormal sesgada a la derecha y solamente con una población. En el histograma logarítmico de VALORES DE ORO VS NUMERO DE MUESTRAS, se sigue manteniendo la distribución lognormal, pero aparece una nueva población para valores de oro mayor a 300 ppb. Ver figuras 7.4, 7.5 y 7.6.

Si solamente se considera las 49 muestras que tienen valores de oro mayor o igual a 100 ppb, en los histogramas de frecuencia relativa y logarítmico de VALORES DE ORO VS NUMERO DE MUESTRAS, vemos que la distribución sigue siendo lognormal y es más evidente la presencia de dos poblaciones, la primera entre 100 y 300 ppb y la segunda con valores mayor a 300 ppb. Ver figuras 7.7, 7.8 y 7.9.

Analizando los coeficientes de correlación de Au con Ag, Cu y Mo, vemos que son muy bajos y similares a los obtenidos en muestras de roca. Ver tabla 7.2.

7.6.2 Anomalías de oro en los sondajes IP-04 y IP-08

A continuación detallamos las características geológicas y anomalías geoquímicas de oro en los sondajes IP-04 y IP-08:

Sondaje IP-4, entre 30.20 m y 82.85 m, tenemos rango de valores altos con promedio ponderado de 180.88 ppb-Au (0.18 gr Au/TM) para los 52.65 m. En todo el tramo se tiene tufo de cristales andesítico intensamente alterado a sílice “vuggy” y sílice masiva, y que tardíamente es cortado por canales de brecha hidrotermal-“crackle” que evidencian múltiples eventos. Abundantes óxidos (limonitas) ocurren en fracturas y matriz de las brechas, las limonitas son masivas y de aspecto foliado. El máximo valor de oro es de 400 ppb, se ubica el tramo 50.58-51.95 m y corresponde a una alteración sílice “vuggy” cortada por canal de brecha hidrotermal-“crackle”, se acompaña de abundantes óxidos. Ver fotos 7.5 y 7.6, mosaico 7.2 (muestra 32), perfiles 1/1000 y 1/10000 y anexos.

Sondaje IP-08, entre 21.20 m y 80.06 m, tenemos rango de valores altos con promedio ponderado de 201.23 ppb-Au (0.2 gr Au/TM) para los 53.70 m. En el tramo 21.20 m - 47 m, tenemos cuerpos de brecha freática-freatomagmática cortando tufo de cristales andesítico, la alteración es sílice masiva cortada por canales delgados de brecha “crackle” de sílice-óxidos. De 47 m a 80.60 m, se tiene intrusivo pórfido monzodiorítico alterado a arcillas-pirita, a veces cortado por venillas de cuarzo-pirita, la matriz de la roca presenta cavidades rellenas por cristales de cuarzo hialino. El porcentaje de óxidos en el último tramo disminuye hasta porcentajes de trazas. El máximo valor de oro es de 445 ppb, se encuentra en el tramo de 44.6-47 m y corresponde a una brecha freatomagmática alterada a sílice masiva cortada por canal de brecha “crackle”. Ver fotos 7.6 y 7.7, mosaico 7.4 (muestra 40), mosaico 7.5 (41), perfiles 1/1000 y 1/10000 y anexos.

**TABLA 7.1: ESTADISTICA DE VALORES GEOQUIMICOS
PARA MUESTRAS DE SONDAJES DIAMANTINOS**

PROYECTO INCAPACHA

POBLACION TOTAL: 552 MUESTRAS

ELEMENTOS	Au-ppb	Ag-ppm	Cu-ppm	Mo-ppm
Total de muestras	552	552	318	318
Suma total de valores	16868	130.4	13235	5655.5
Valor mínimo	2.5	0.05	2	0.5
Valor máximo	445	4.3	514	405
Valor promedio (VP)	30.56	0.24	41.62	17.78
Media (m)	30.56	0.24	41.62	17.78
Mediana (Me)	9.00	0.05	28.00	8.00
Moda	2.50	0.05	15.00	5.00
Percentil 25%	2.50	0.05	15.00	5.00
Percentil 50%	9.00	0.05	28.00	8.00
Percentil 75%	24.00	0.20	46.00	18.75
Percentil 90%	79.70	0.59	91.60	38.30
Desviación estándar (DS)	61.683	0.454	48.523	34.049
Background (BG)	9.00	0.05	28.00	8.00
Background + 1 DS	70.683	0.504	76.523	42.049
Background + 2 DS	132.367	0.958	125.046	76.098
Background + 3 DS	194.050	1.413	173.569	110.147
Threshold (TH)	132.367	0.958	125.046	76.098

* Nota: VP=m, BG=Me, TH=BG+2DS

MUESTRAS CON VALORES DE ORO >= 100 PPB

POBLACION: 49 MUESTRAS

ELEMENTOS	Au-ppb	Ag-ppm	Cu-ppm	Mo-ppm
Total de muestras	49	49	30	30
Suma total de valores	9804	15.7	2399	592
Valor mínimo	102	0.05	10	3
Valor máximo	445	1	371	233
Valor promedio (VP)	200.08	0.32	79.97	19.73
Media (m)	200.08	0.32	79.97	19.73
Mediana (Me)	176.00	0.20	44.00	10.00
Moda	164.00	0.15	15.00	5.00
Percentil 25%	134.00	0.15	25.25	5.25
Percentil 50%	176.00	0.20	44.00	10.00
Percentil 75%	231.00	0.50	132.25	14.75
Percentil 90%	332.20	0.62	151.80	24.80
Desviación estándar (DS)	91.333	0.252	79.071	41.447
Background (BG)	176.00	0.20	44.00	10.00
Background + 1 DS	267.333	0.452	123.071	51.447
Background + 2 DS	358.665	0.704	202.141	92.894
Background + 3 DS	449.998	0.956	281.212	134.341
Threshold (TH)	358.665	0.704	202.141	92.894

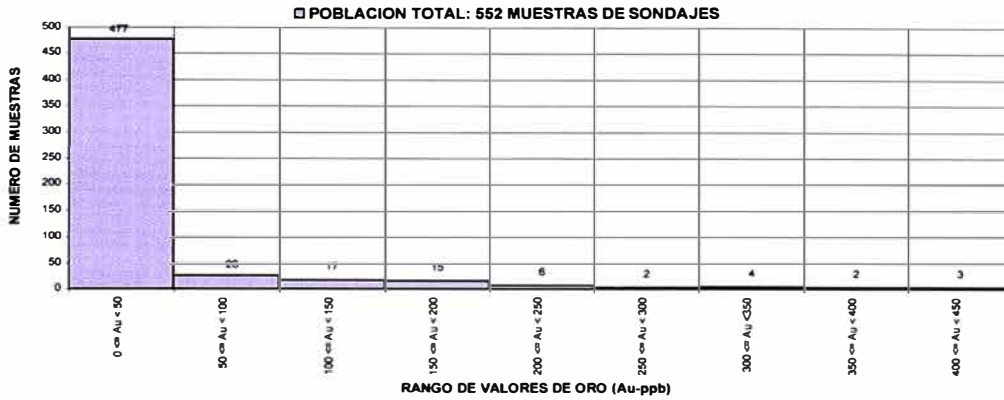
* Nota: VP=m, BG=Me, TH=BG+2DS

**TABLA 7.2: COEFICIENTES DE CORRELACION
PARA MUESTRAS DE SONDAJES DIAMANTINOS**

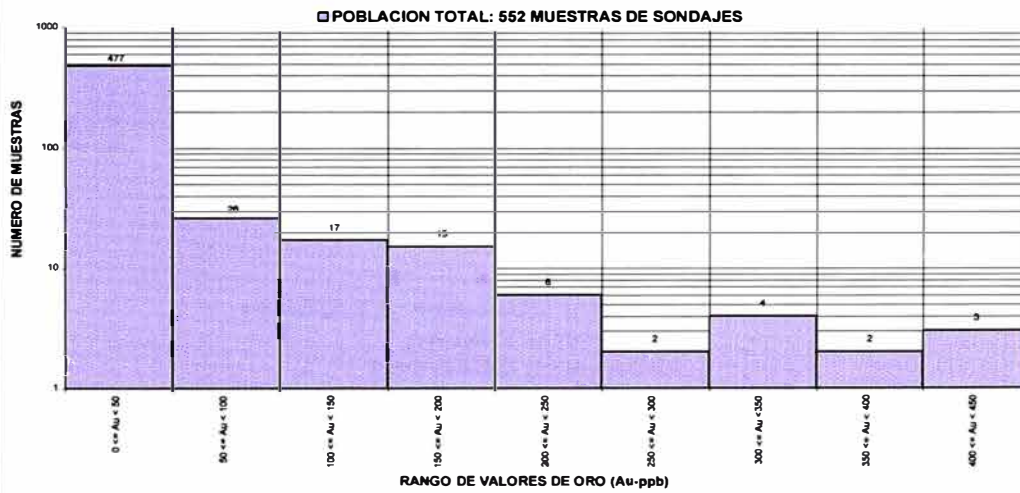
POBLACION: 318 MUESTRAS

ELEMENTOS	Au-ppb	Ag-ppm	Cu-ppm	Mo-ppm
Au-ppb		0.142	0.264	0.057
Ag-ppm	0.142		0.243	0.024
Cu-ppm	0.264	0.243		0.075
Mo-ppm	0.057	0.024	0.075	

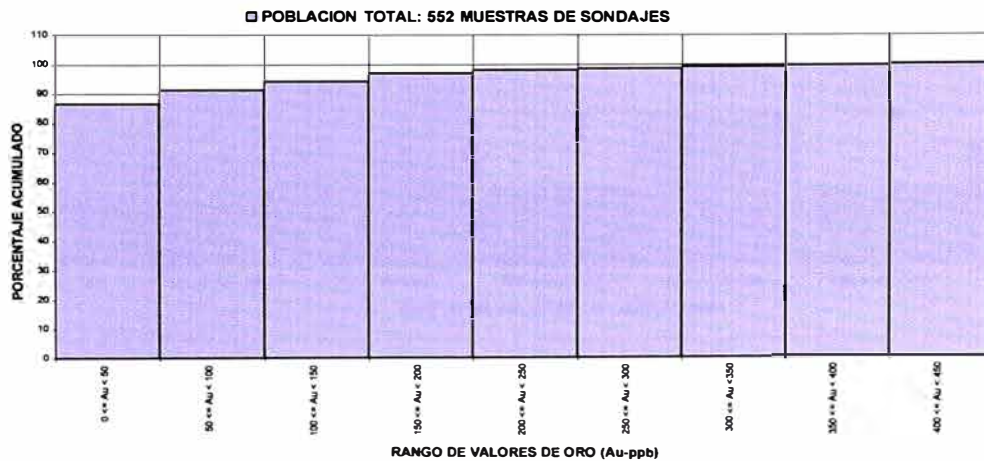
**FIGURA 7.4: HISTOGRAMA DEL ORO
PROYECTO INCAPACHA**



**FIGURA 7.5: HISTOGRAMA LOGARITMICO DEL ORO
PROYECTO INCAPACHA**

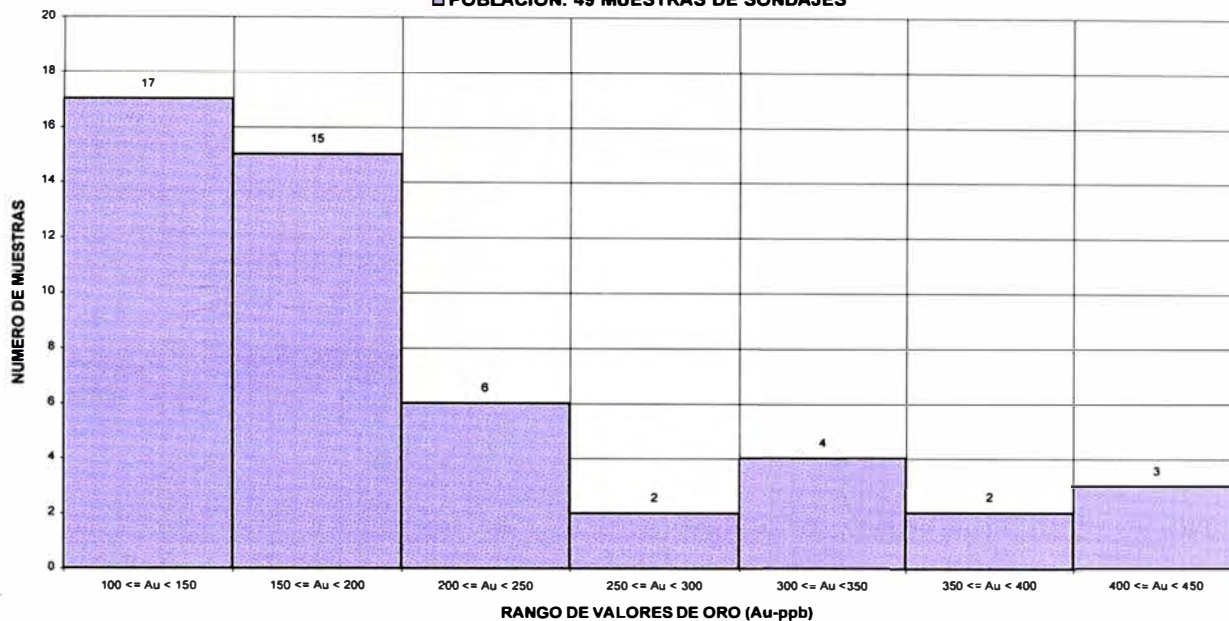


**FIGURA 7.6: HISTOGRAMA DE FRECUENCIA
ACUMULADA DEL ORO
PROYECTO INCAPACHA**



**FIGURA 7.7: HISTOGRAMA DEL ORO (VALORES ≥ 100 PPB)
PROYECTO INCAPACHA**

POBLACION: 49 MUESTRAS DE SONDAJES



**FIGURA 7.8: HISTOGRAMA LOGARITMICO DEL ORO
(VALORES ≥ 100 PPB)
PROYECTO INCAPACHA**

POBLACION: 49 MUESTRAS DE SONDAJES

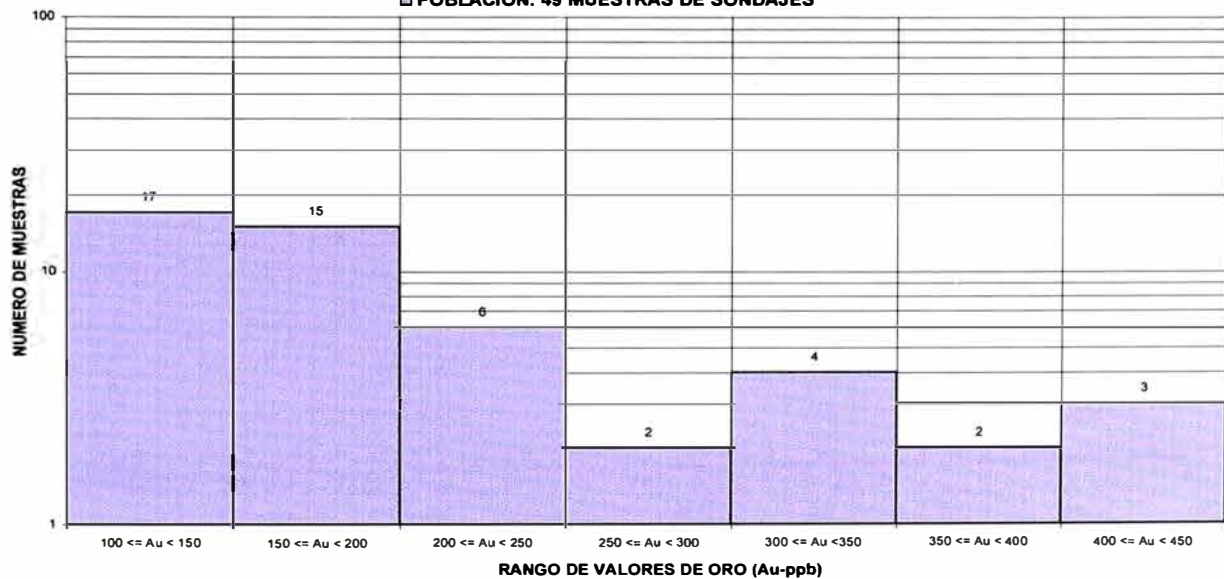


FIGURA 7.9: HISTOGRAMA DE FRECUENCIA ACUMULADA DEL ORO (VALORES >= 100 PPB) PROYECTO INCAPACHA

POBLACION: 49 MUESTRAS DE SONDAJES

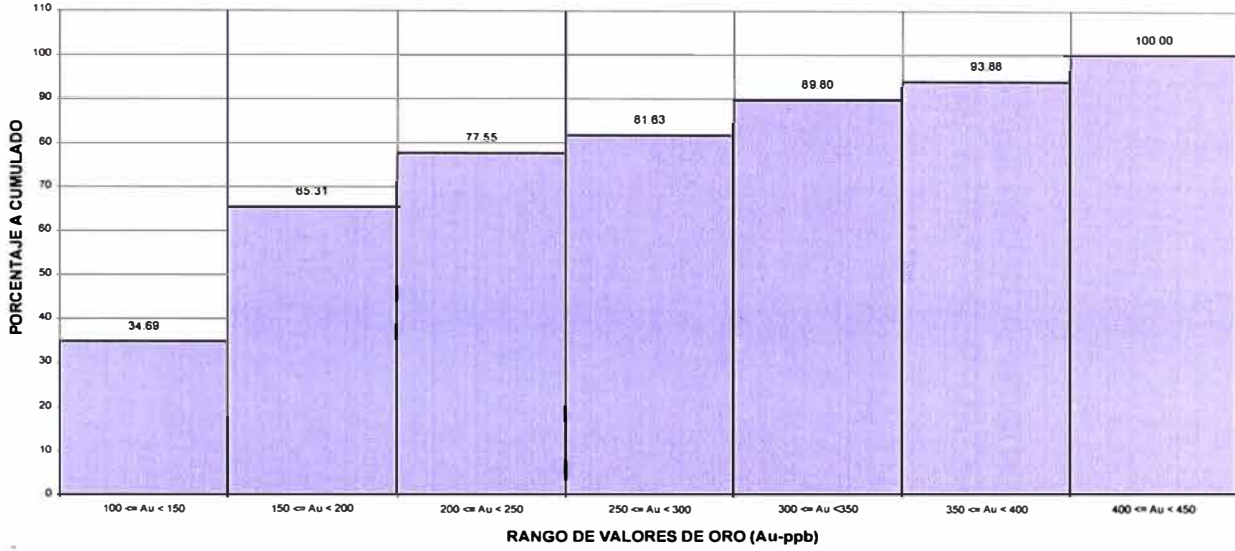


FIGURA 7.10: CORRELACION ORO - PLATA PROYECTO INCAPACHA

POBLACION TOTAL: 552 MUESTRAS DE SONDAJES COEF. CORREL.: 0.061

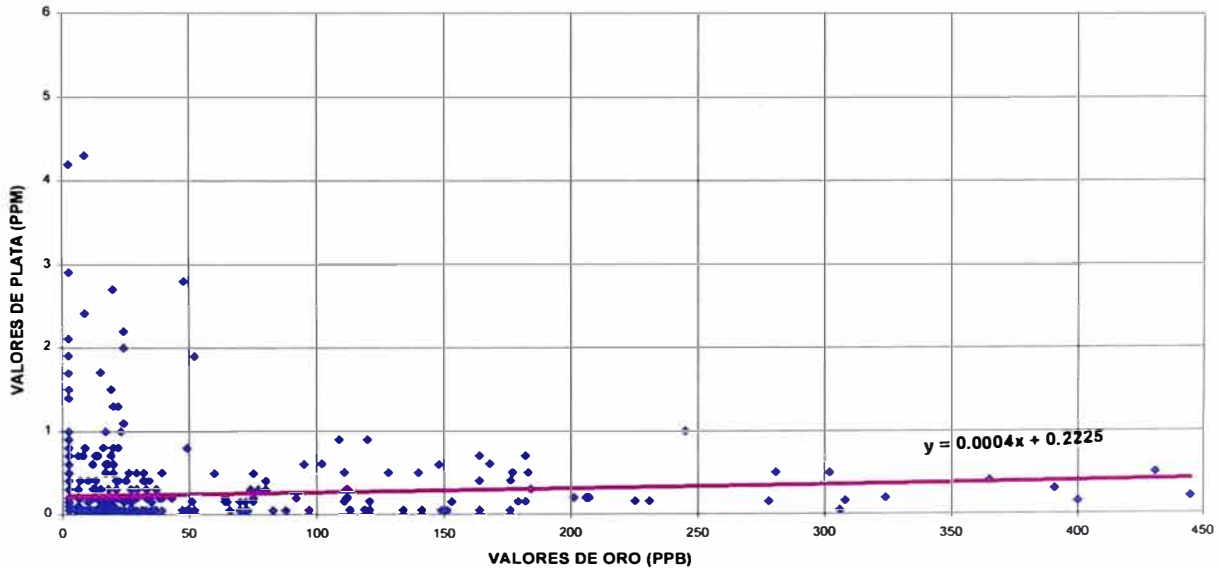




FOTO 7.1, mirando al N: Se tiene al cerro Arpista Rumi conformado por tufos de cristales andesítico alterado a sílice granular y al cerro Collaorco conformado por lavas andesíticas y andesítico basálticas. En el cerro Arpsita Rumi se ubican los sondajes IP-02 y IP-03, y hacia el N se ubica el sondaje IP-01. Al centro de la foto se ubica el sondaje IP-04 (observar maquinaria).



FOTO 7.2, mirando al NE: Cerro Arpista Rumi (sondajes IP-02 y IP-03), cerro Incapallanca (sondajes IP-04, IP-05 y IP-06). Se componen de secuencias lávicas andesíticas en la base, parcialmente alteradas, y tufo de cristales andesítico hacia el tope, con fuerte alteración. Stocks de intrusivos (andesítico y monzodiorítico) cortan a la secuencia.

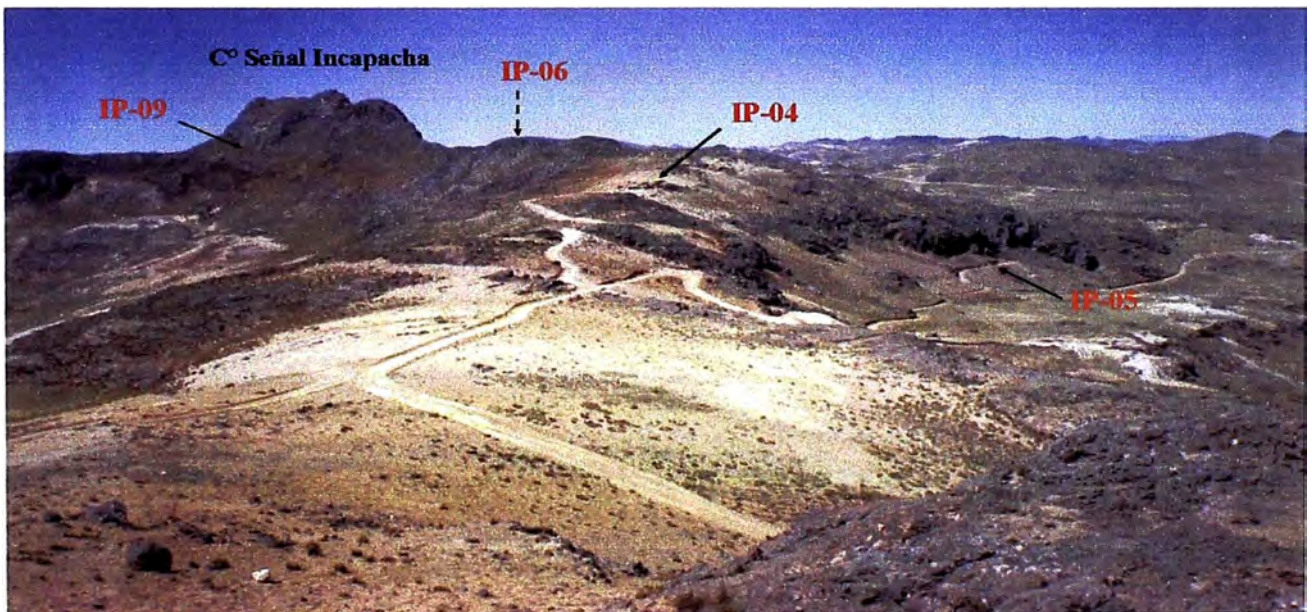


FOTO 7.3, mirando al SE: Cerro Azufre conformado por ignimbrita riolítica silicificada, cerros Señal Incapacha (sondaje IP-09) e Incapallanca (sondajes IP-04 y IP-05) compuestos por tufo de cristales andesítico con alteración silíceo y argílica avanzada. En la base E de los cerros (extremo izquierdo de la foto) tenemos ignimbritas riolíticas frescas.

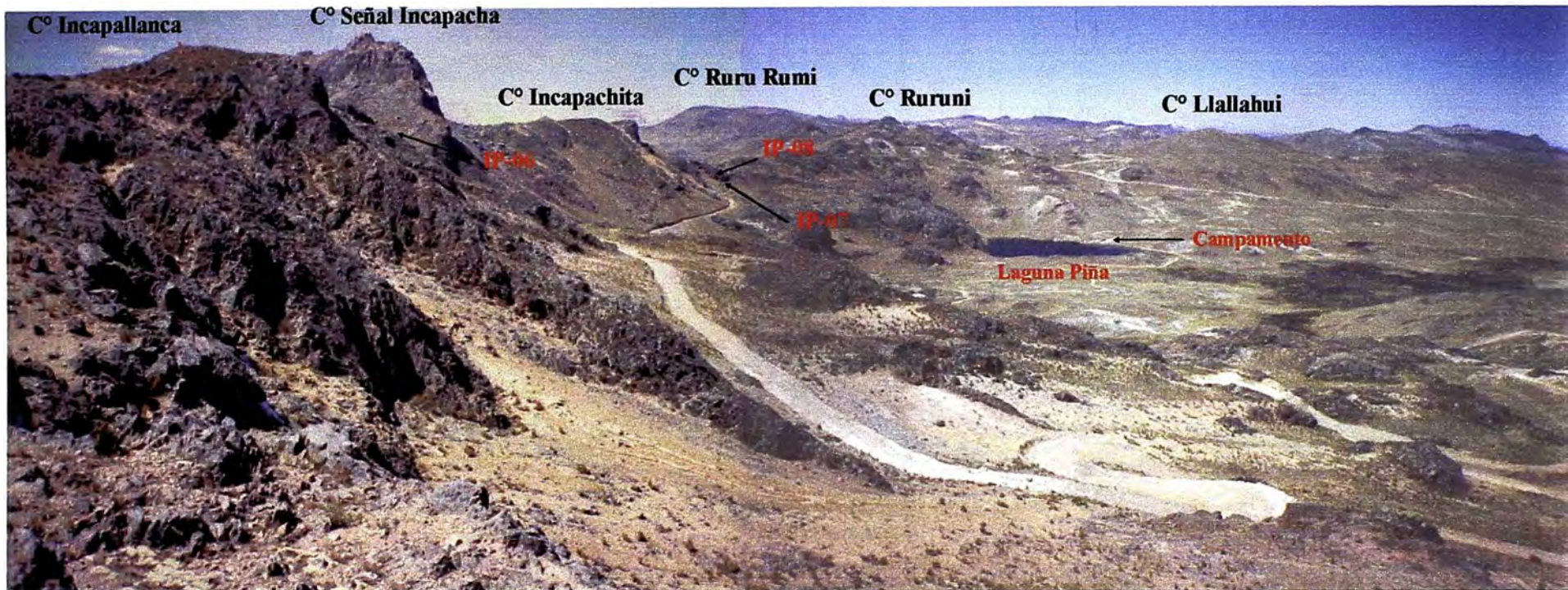


FOTO 7.4, mirando al S: Se tiene a los cerros Incapallanca (sondaje IP-06) y Señal Incapacha compuestos por tufo de cristales andesítico con alteración sílice granular, masiva, vuggy y argílica avanzada. Cerro Incapachita (sondajes IP-07 y IP-08) conformado por intrusivo pórfido andesítico parcialmente con alteración argílica avanzada, cerros Ruruni conformado por intrusivo pórfido monzodiorítico y lavas andesíticas, parcialmente con alteración silícea y argílica avanzada. Hacia el W (cerro Llallahui) tenemos lavas andesíticas parcialmente alteradas.



FOTO 7.5: Sondaje IP-04 (cajas 9-18), desde 28.65 m. hasta 62.50 m. Cores de tufo de cristales andesítico con intensa alteración (sílice masiva-sílice vuggy), así mismo canales de brecha hidrotermal-crackle con múltiples eventos y con abundantes limonitas en fracturas y poros. A partir de los 30.20 m. (caja 9) se tiene anomalías de oro con valores máximos de 400 ppb. Ver mosaico 7.2 (muestra 32).

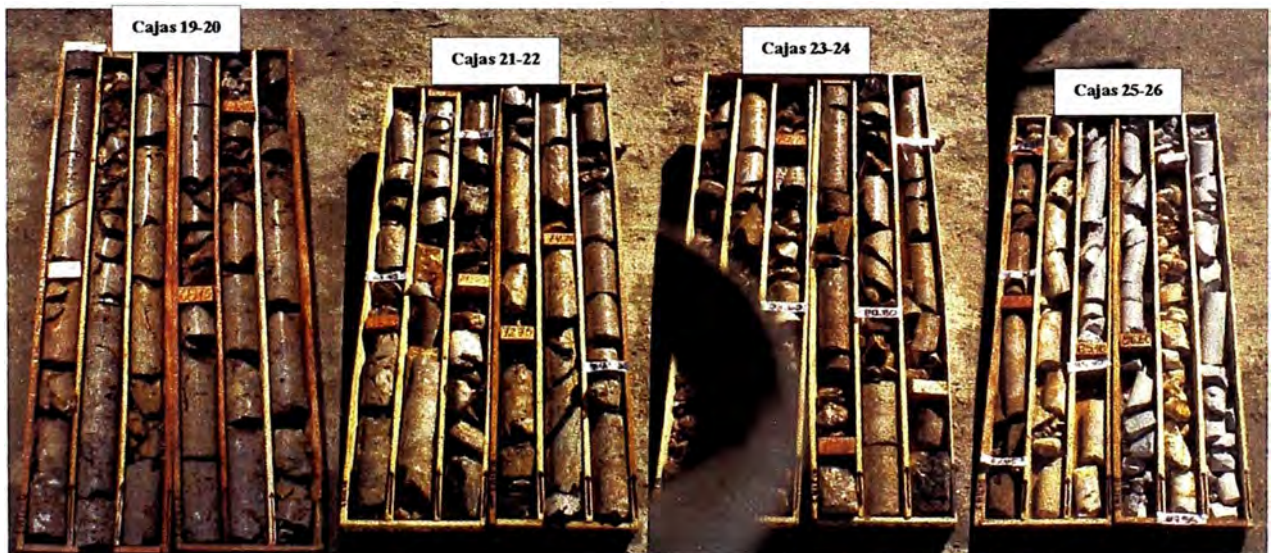


FOTO 7.6: Sondaje IP-04 (cajas 19-26), desde 62.50 m. hasta 89.60 m. Cores de tufo de cristales andesítico con intensa alteración (sílice masiva-sílice vuggy), así mismo canales de brecha hidrotermal-crackle con múltiples eventos y con limonitas en fracturas y poros. El último tramo cambia a una alteración arcillas-sílice-pirita y el porcentaje de óxidos disminuye. Hasta los 82.85 m. se tiene anomalías de oro con valores máximos de 365 ppb. Ver mosaico 7.2 (muestra 33).

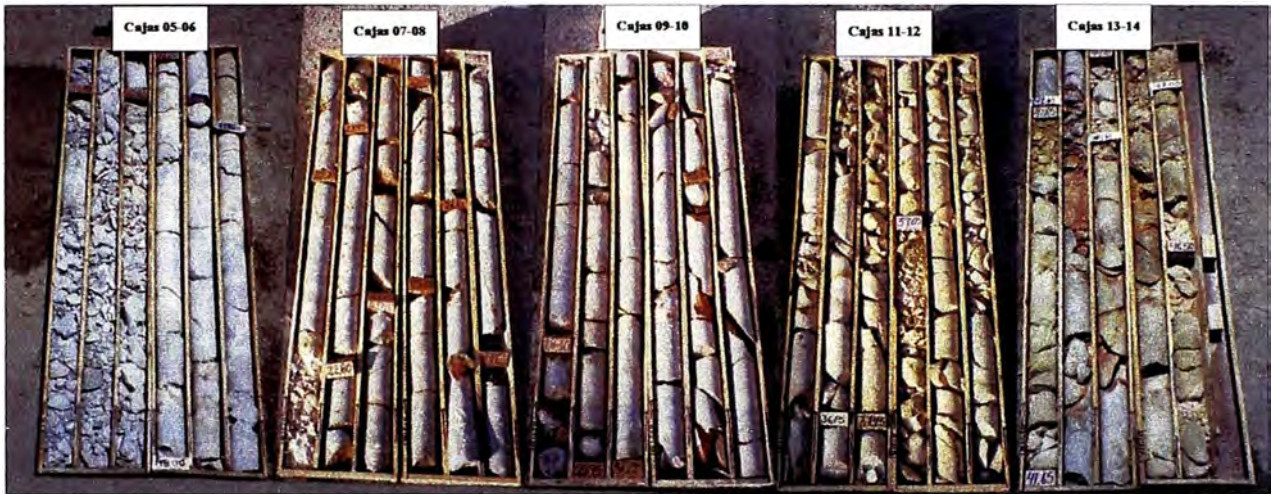


FOTO 7.7: Sondaje IP-08 (cajas 5-14), desde 15.10 m. hasta 47.10 m. Tufo de cristales andesítico con alteración argílica, argílica avanzada (sílice-alunita-arcillas), sílice masiva-óxidos y sílice vuggy. La sílice masiva al parecer corresponde a una brecha freática. Pequeños canales de brecha crackle y limonitas en fracturas, ocurren en todo el tramo. A partir de los 21.20 m. los valores de oro son mayores a 100 ppb y menores a 445 ppb. Ver mosaico 7.4 (muestra 40).



FOTO 7.8: Sondaje IP-08 (cajas 15-24), desde 47.10 m. hasta 80.75 m. Intrusivo pórfido monzodiorítico con alteración argílica-pirita, fracturas rellenas con limonitas. Hasta los 80.60 m. se tiene valores anómalos de oro (entre 100 y 176 ppb). Ver mosaico 7.5 (muestra 41).

MOSAICO 7.1: Macrofotografías y fotomicrografías de las muestras 28, 29, 30 y 31.**MUESTRA 28: IP-01, 102 m**

28A: Tufo lítico andesítico de color pardo claro. Contiene fragmentos porfíricos y afaníticos de color pardo oscuro y fragmentos afaníticos de colores claros. El tamaño de los fragmentos varía desde milimétricos a centimétricos y se hallan principalmente orientados en una dirección (textura de flujo). También existen fragmentos de cristales y cristales de feldespatos, cuarzo y biotita, dentro la matriz afanítica. La roca está argilizada. Valor de oro < 5 ppb.

28B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Tufo lítico andesítico mostrando fragmento lítico (F) de color pardo oscuro y alterado a arcillas-leucoxeno, fragmentos de cuarzo (cz) y abundantes fragmentos de pómez (p) alterados a arcillas (esmeclita)-sílice amorfa. La matriz originalmente vítrea, está alterada a sílice criptocristalina-arcillas-leucoxeno.

MUESTRA 29: IP-02, 70 m

29A: Brecha hidrotermal-crackle compuesta por fragmentos angulosos y subangulosos de sílice vuggy y sílice masiva y escasa matriz de sílice granular compactada. Posteriormente crackelamiento y cementación de óxidos (limonitas y hematita) a manera de matriz junto con sílice triturada. Valor de oro 29 ppb.

29B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Brecha hidrotermal-crackle constituida por fragmentos (F) de cuarzo granular alotriomórfico con bordes angulosos y subangulosos de tamaños variados, dentro de matriz compuesta por cuarzo microgranular a microcristalino. Posteriormente crackelamiento de la brecha y cementación de limonitas- hematita (L-H) en fracturas.

MUESTRA 30: IP-03, 15 m

30A: Brecha hidrotermal constituida por pequeños fragmentos angulosos y subangulosos de sílice masiva, englobados por abundante matriz de sílice granular moderadamente compactada. Fracturas teñidas con óxidos. Valor de oro < 5 ppb.

30B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Brecha hidrotermal conformada por fragmentos (F) angulosos y subangulosos de cuarzo criptocristalino a microgranular (sílice masiva) y abundante matriz compuesta por cuarzo microgranular (grano de mayor tamaño que el cuarzo de fragmentos) y escasa alunita microcristalina. Diseminaciones finas de opacos y rutilo en la matriz y fragmentos, los opacos se alteran a limonitas y el rutilo a leucoxeno.

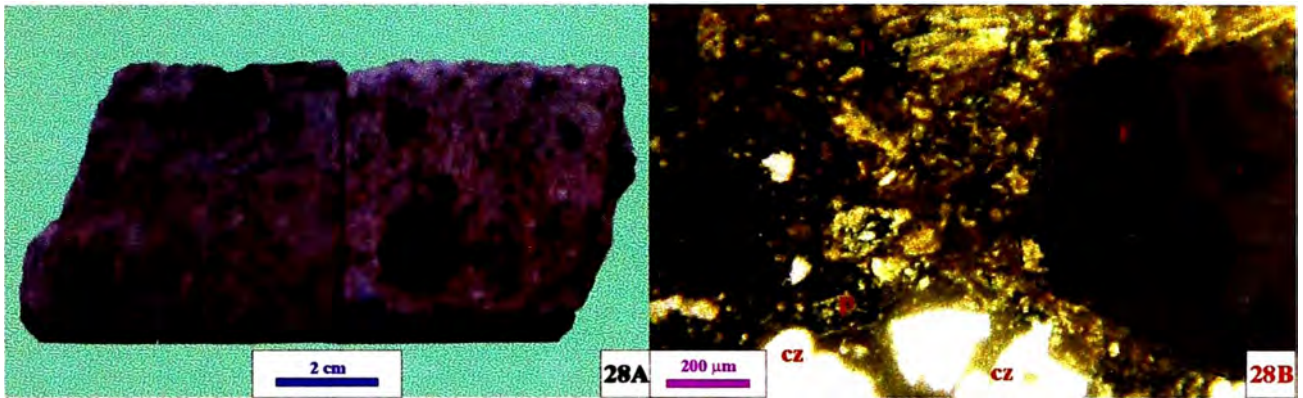
MUESTRA 31: IP-03, 92 m

31A: Tufo de cenizas finamente estratificado y alterado a sílice granular fina, alunita y arcillas. Contiene pequeños fragmentos líticos blanquecinos. Escasos pigmentos de óxidos en cavidades y fracturas. Valor de oro < 5 ppb.

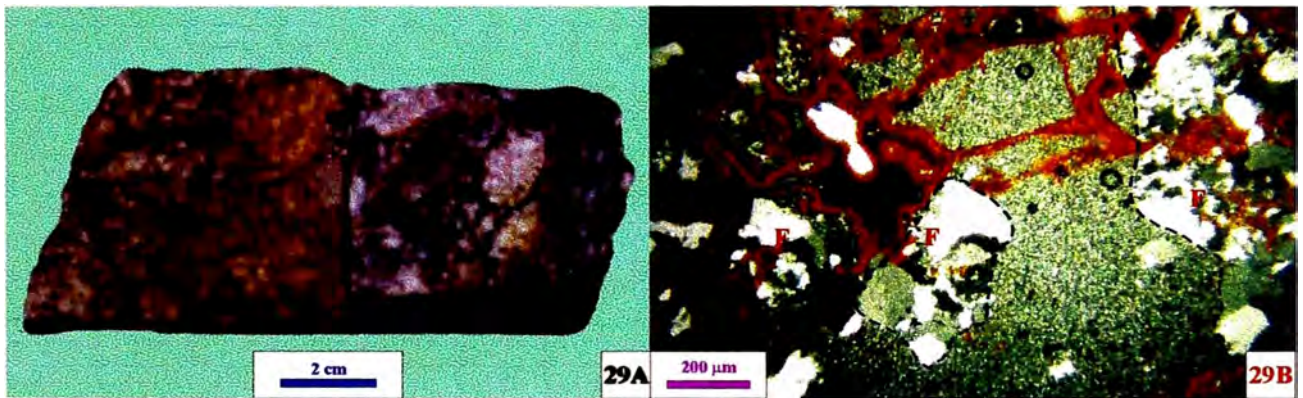
31B: Sección delgada, nicoles cruzados, x158.

Tufo de cenizas con fragmentos de cuarzo (F). Está alterado a cuarzo micro-criptocristalino mezclado con alunita de grano fino y arcillas. Dentro de la matriz, abundantes y finas diseminaciones de rutilo y opacos, alterados a leucoxeno y limonitas respectivamente.

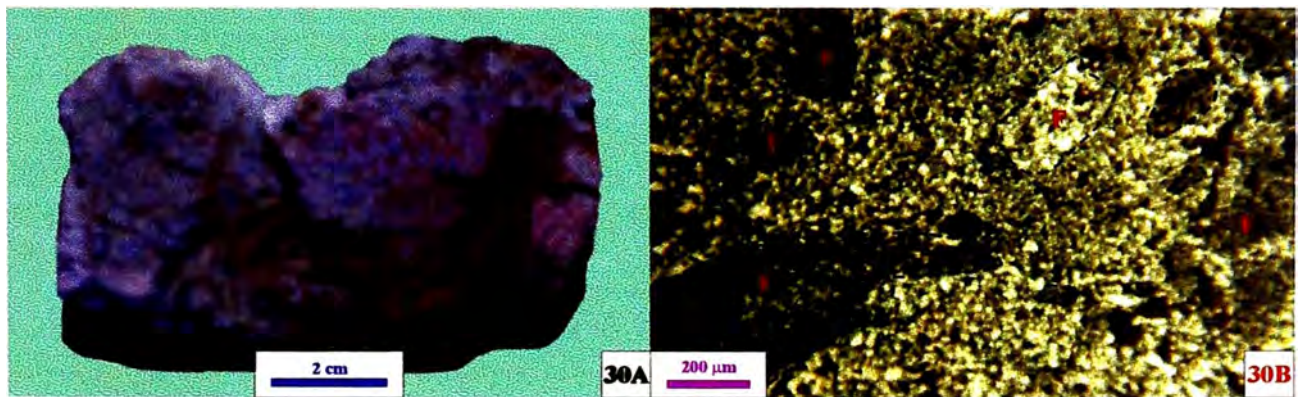
MUESTRA 28



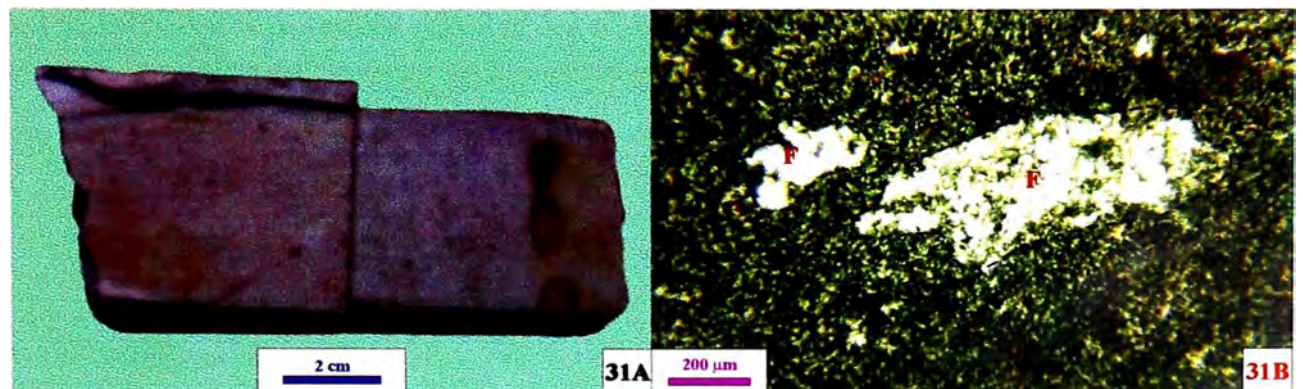
MUESTRA 29



MUESTRA 30



MUESTRA 31



MOSAICO 7.2: Macrofotografías y fotomicrografías de las muestras 32, 33 y 34.**MUESTRA 32: IP-04, 50 m**

32A: Brecha hidrotermal-crackle compuesta por fragmentos angulosos y subangulosos de sílice masiva, de tamaños variados y matriz de sílice masiva-sílice vuggy. Posteriormente crackelamiento de la brecha, rellena por sílice triturada, cuarzo hialino (a veces formando drusas en cavidades) y baritina. Finalmente fracturamiento y subsecuente cementación de limonitas masivas y foliadas. También limonitas tapizando porosidad de los fragmentos. Valor de oro 400 ppb.

32B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Brecha hidrotermal-crackle mostrando el primer evento de brechamiento. Conformada por fragmentos (F) angulosos y subangulosos de cuarzo micro-criptocristalino (sílice masiva) con disseminaciones de rutilo y opacos y matriz de cuarzo microgranular alotriomórfico (sílice masiva-sílice vuggy) con algunas disseminaciones de rutilo y opacos. Zonas negras en matriz, son porosidades.

32C: Sección pulida, nicoles paralelos, x315.

Oro nativo (Au) esquelético y grano relicto de pirita (py) bordeados por limonitas masivas (L), dentro de cavidades de brecha hidrotermal crackelada.

FOTO 32D: Sección pulida, nicoles paralelos, x496.

Misma foto anterior, pero con mayor aumento.

MUESTRA 33: IP-04, 100 m

33A: Tufo de cristales andesítico de color gris claro, compuesto por fragmentos de cristales y cristales de feldespatos y máficos, dentro de matriz afanítica. La roca se halla alterada a arcillas-cuarzo y presenta disseminaciones de pirita. Valor de oro < 5 ppb.

33B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Tufo de cristales andesítico mostrando molde de feldespato (FP) reemplazado por arcillas-cuarzo, matriz de tonalidad parda, al parecer originalmente vítrea, alterada a arcillas y cuarzo (cz). Disseminaciones de opacos (pirita) en molde y matriz.

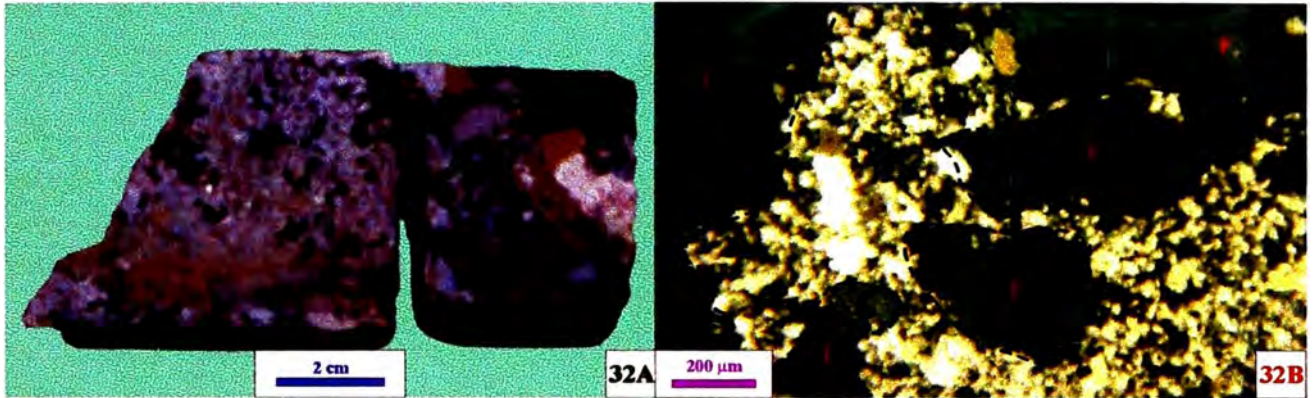
MUESTRA 34: IP-05, 52.05 m

34A: Tufo de cristales andesítico alterado a cuarzo-arcillas y cortado por canal de brecha hidrotermal-crackle constituida por fragmentos de sílice masiva y matriz de alunita-arcillas-cuarzo. Posteriormente venillas finas de cuarzo hialino y alunita cortan a la brecha. Finalmente fracturamiento y cementación de limonitas. Escasas disseminaciones de pirita en la roca y canal de brecha. Valor de oro 21 ppb.

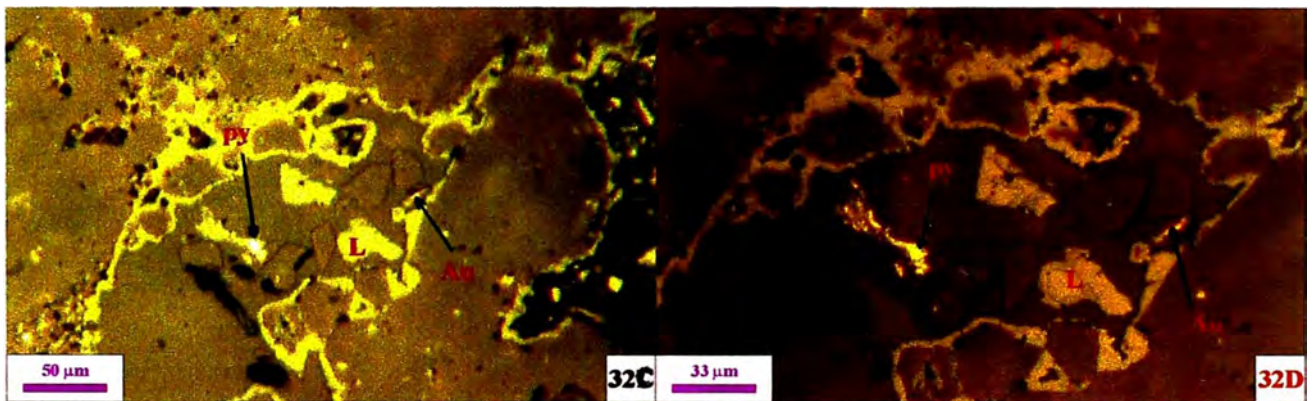
34B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Canal de brecha hidrotermal-crackle constituida por fragmentos (F) subangulosos de cuarzo microgranular (sílice masiva) y matriz de alunita-cuarzo-arcillas con disseminaciones de opacos y rutilo (rt). Posteriormente venilla (v) de alunita-cuarzo hialino corta a fragmentos y matriz. Además, cavidades (c) y rutilo (rt) alterándose a leucoxeno.

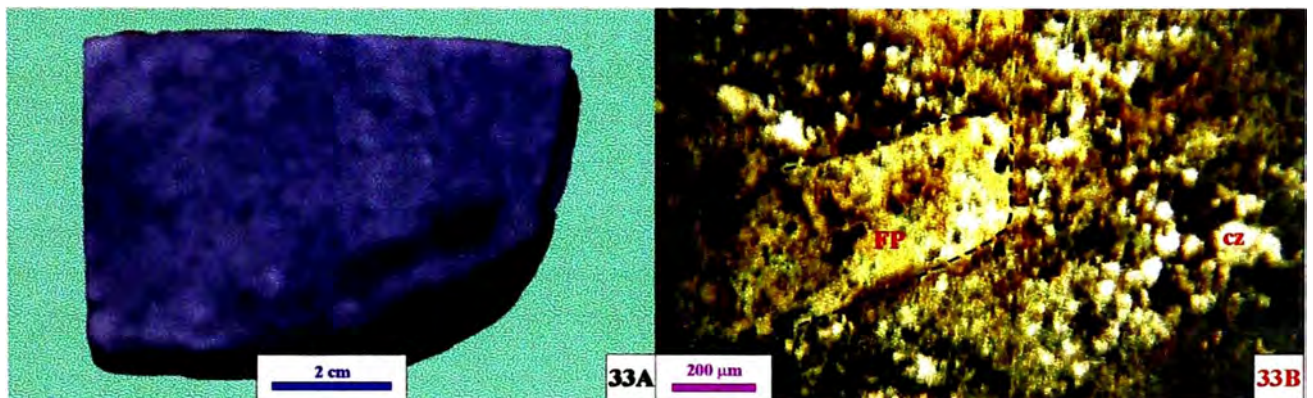
MUESTRA 32



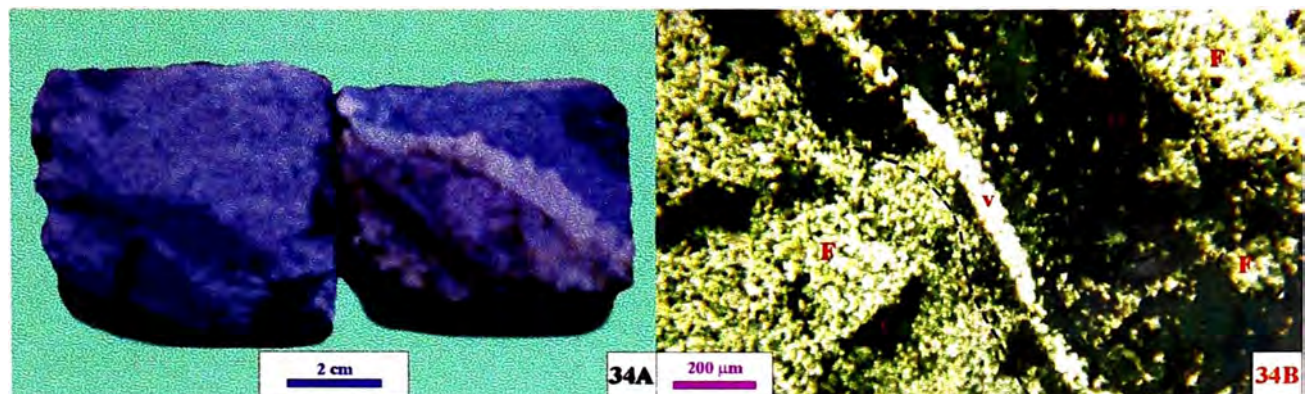
MUESTRA 32



MUESTRA 33



MUESTRA 34



MOSAICO 7.3: Macrofotografías y fotomicrografías de las muestras 35, 36, 37 y 38.**MUESTRA 35: IP-05, 207.40 m**

35A: Brecha hidrotermal mostrando colores gris y gris blanquecino, compuesta por fragmentos de sílice masiva conteniendo venillas finas e irregulares de pirita-cuarzo, matriz de cuarzo con disseminaciones de pirita. Posteriormente venillas finas de cuarzo-alunita y cavidades rellenas por cristales de alunita y cuarzo hialino. Puntos de azufre en algunos fragmentos. Valor de oro 20 ppb.

35B: Sección delgada, nicols cruzados, x79.

Brecha hidrotermal mostrando fragmentos (F) de cuarzo microgranular alotriomórfico con disseminaciones de opacos (pirita) y rutilo, matriz de cuarzo micro-criptocristalino con abundantes disseminaciones de opacos y rutilo. Posteriormente venilla (v) de alunita-cuarzo atraviesa fragmentos y matriz. Cavidades rellenas por agregados de cristales listonados subradiales de alunita (a).

MUESTRA 36: IP-06, 95 m

36A: Tufo de cristales andesítico de color gris claro, compuesto por fragmentos de cristales y cristales de feldespatos y escasos máficos, en matriz afanítica. La roca está alterada a arcillas-cuarzo y presenta disseminaciones de pirita. Valor de oro < 5 ppb.

36B: Sección delgada, nicols cruzados, x79.

Tufo de cristales andesítico mostrando matriz vítrea alterada a arcillas intercrecida con cuarzo. Venilla (v) de cuarzo corta a la matriz de la roca. Disseminaciones de pirita (py) en matriz y venilla.

MUESTRA 37: IP-07, 58 m

37A: Brecha hidrotermal compuesta por pequeños fragmentos angulosos de sílice masiva y matriz también de sílice masiva (en partes presenta algo de porosidad). Disseminaciones de pirita en fragmentos y matriz, fracturas rellenas por óxidos pardos. Valor de oro 70 ppb.

37B: Sección delgada, nicols cruzados, x79.

Brecha hidrotermal constituida por fragmentos (F) angulosos de cuarzo granular (sílice masiva) con escasas disseminaciones de rutilo y opacos, y matriz de cuarzo microgranular con disseminaciones de opacos y rutilo. El rutilo (rt) es alterado a leucóxeno. Las zonas oscuras, son cavidades (c) de la matriz.

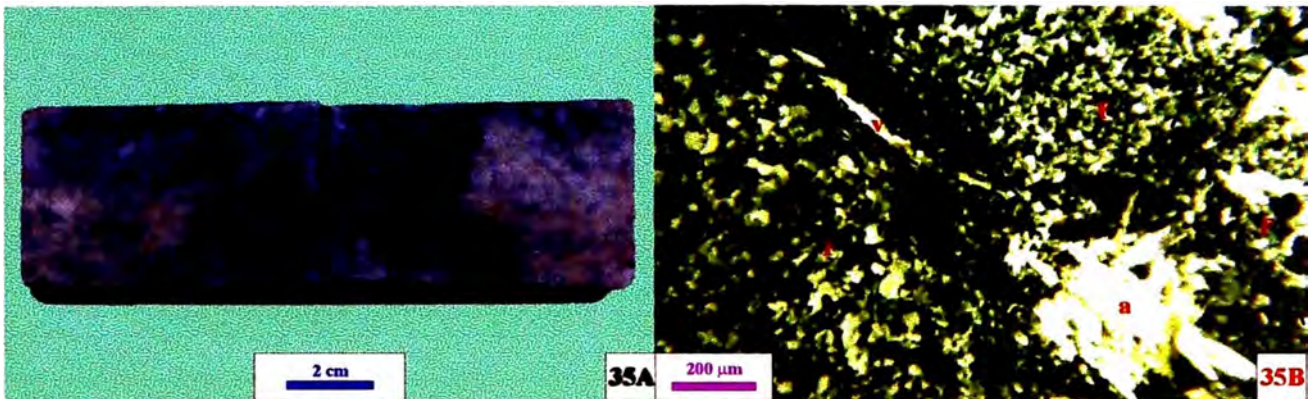
MUESTRA 38: IP-07, 130 m

38A: Contacto entre pórfido monzodiorítico con tufo de cristales andesítico. Roca de color gris claro con aparente textura porfírica, compuesta por fenos de feldespatos y matriz afanítica. Se halla alterada a arcillas-cuarzo y escasa alunita, además, tiene disseminaciones de pirita. También presenta cavidades irregulares, algunas de las cuales tienen cristales de pirita. Valor de oro < 5 ppb.

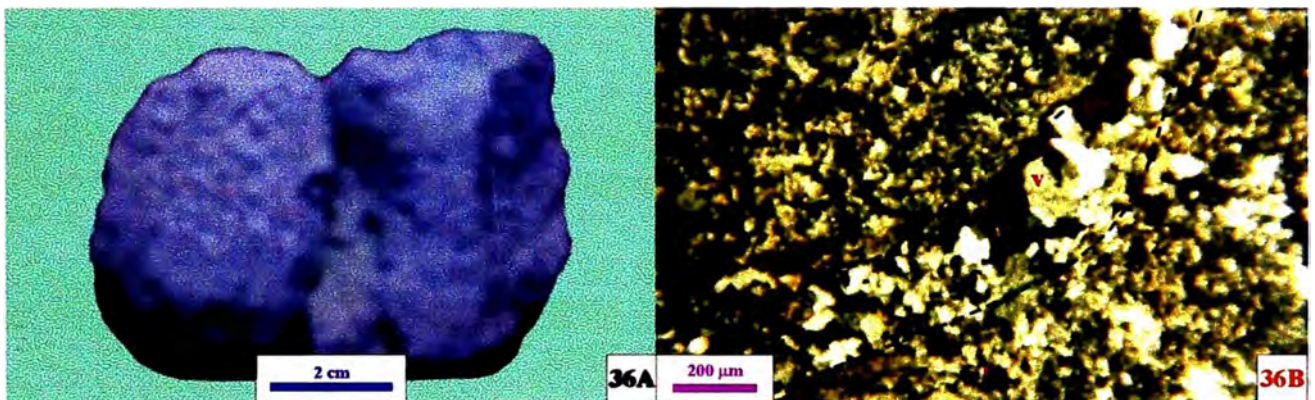
38B: Sección delgada, nicols cruzados, x79.

Contacto entre pórfido monzodiorítico con tufo de cristales andesítico. Fenos de plagioclasas (PGL) alterados a arcillas pardas, cuarzo microgranular y trazas de alunita. La matriz microgranular se compone de cuarzo-feldespatos (cz-FPs) con aparente textura poiquilitica (cristales de feldespatos dentro de cuarzo), está alterada a arcillas, cuarzo y trazas de alunita. Las zonas oscuras, son cavidades (c).

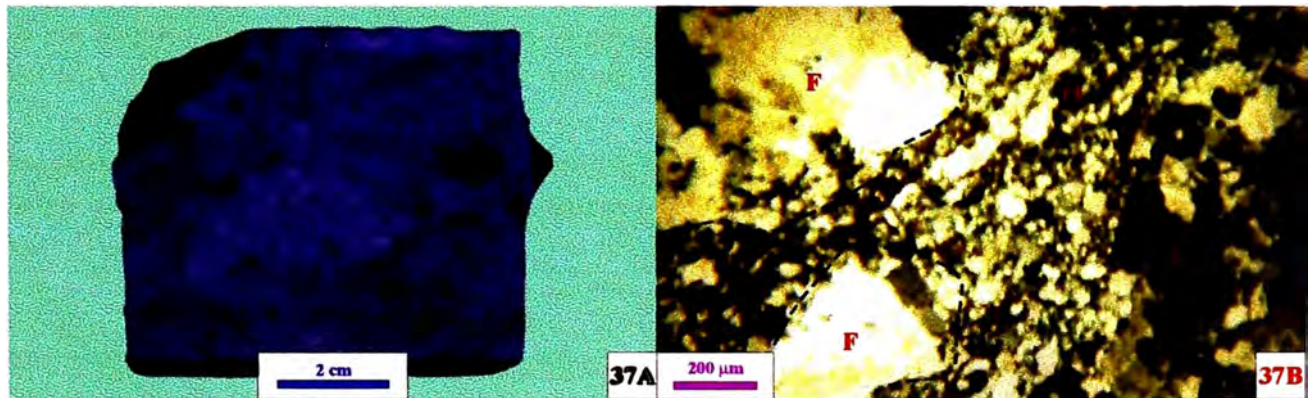
MUESTRA 35



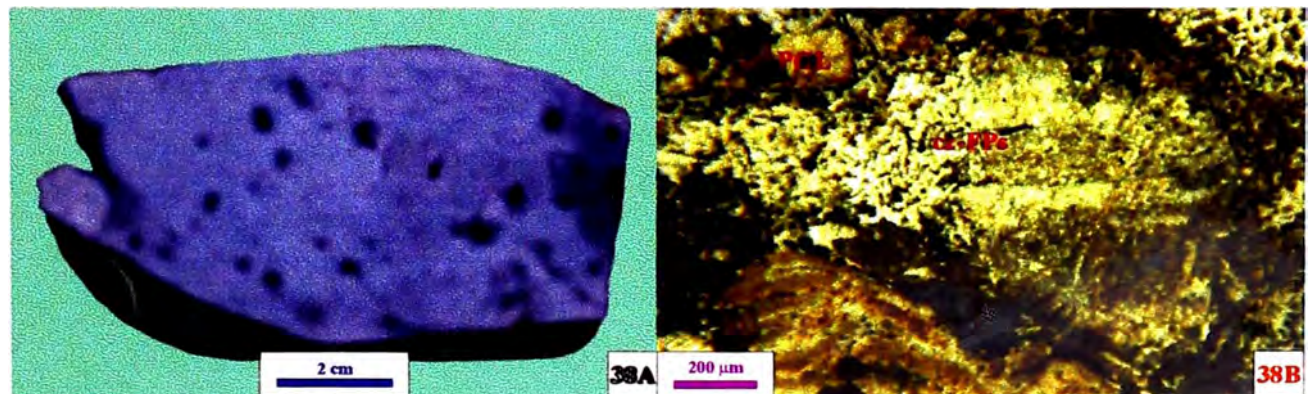
MUESTRA 36



MUESTRA 37



MUESTRA 38



MOSAICO 7.4: Macrofotografías y fotomicrografías de las muestras 39 y 40.**MUESTRA 39: IP-07, 160.80 m**

39A: Tufo de cristales andesítico de color gris verdoso, compuesto por fragmentos de cristales y cristales de feldespatos, algunos fragmentos líticos y matriz afanítica. Presenta disseminaciones de pirita y es cortado por venillas de epidota acompañada de zeolitas radiales (natrolita), cobres grises (tetraedrita), pirita y carbonatos. Valor de oro 50 ppb.

39B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Venilla formada por epidota (ep), natrolita (na) y carbonatos (CBs), corta tufo de cristales andesítico. La epidota se presenta en cristales prismáticos, la natrolita en agregados radiales y los carbonatos se hallan alterando epidota y zeolitas. Las zonas oscuras son cavidades. Aquí no se observa opacos.

39C: Sección pulida, nicoles paralelos, x315.

Magnetita (mt) formada a partir de anfíbol (hornblenda), obsérvese las dos direcciones de clivaje. Grano de pirita (py) dentro de matriz del tufo de cristales andesítico.

MUESTRA 40: IP-08, 30.50 m

40A: Brecha freática-hidrotermal compuesta por pequeños fragmentos blanquecinos de sílice masiva y sílice vuggy, matriz de sílice masiva (en partes porosa) de color gris. Cavidades rellenas por sílice granular, alunita y drusas de cuarzo hialino. Fracturas pigmentadas por óxidos (limonitas y leucoxeno). Valor de oro 306 ppb.

40B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Brecha freática-hidrotermal constituida por fragmentos (F) subangulosos de cuarzo granular (sílice masiva y sílice vuggy) con escasas disseminaciones de rutilo y opacos, matriz de cuarzo microgranular (sílice masiva) con mayor contenido de opacos y rutilo, finamente disseminados; los opacos se alteran a limonitas y el rutilo a leucoxeno. Las zonas oscuras son cavidades (c).

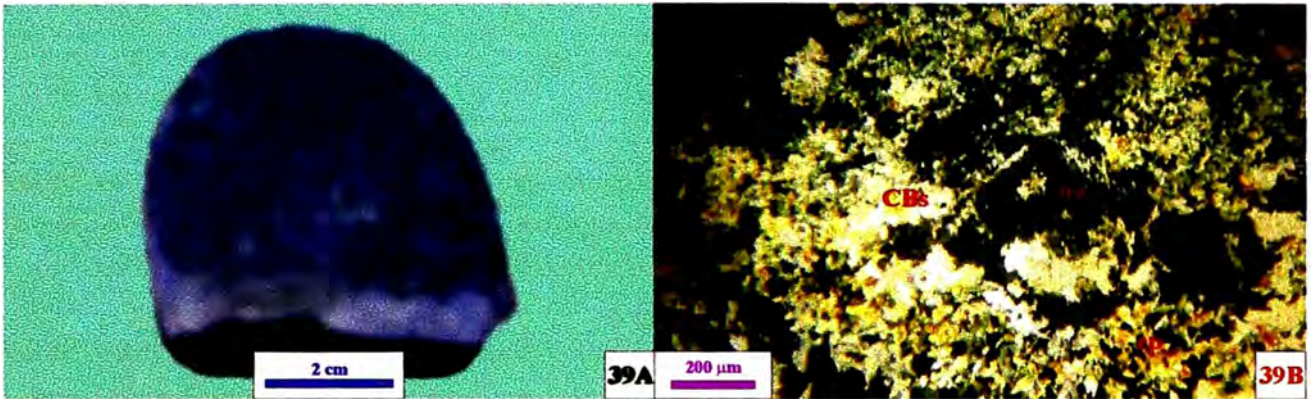
40C: Sección pulida, nicoles paralelos, x496.

Grano irregular de Oro nativo (Au) y cristales de rutilo (rt) alterado a leucoxeno, dentro de cavidades de brecha freática-hidrotermal silícea.

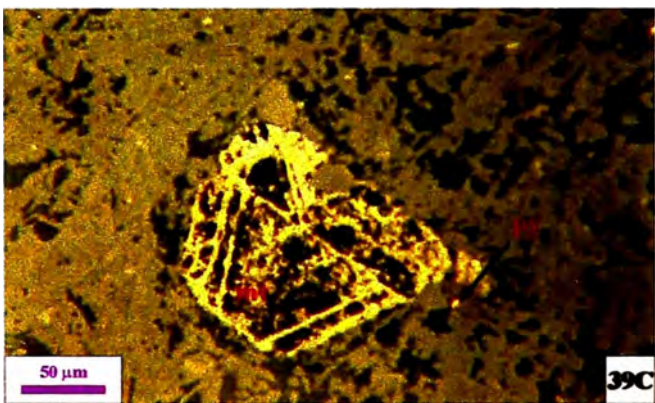
40D: Sección pulida, nicoles paralelos, x496.

Grano de oro nativo (Au) y pequeño cristal de rutilo (rt) alterado a leucoxeno, en cavidades de brecha freática-hidrotermal silícea.

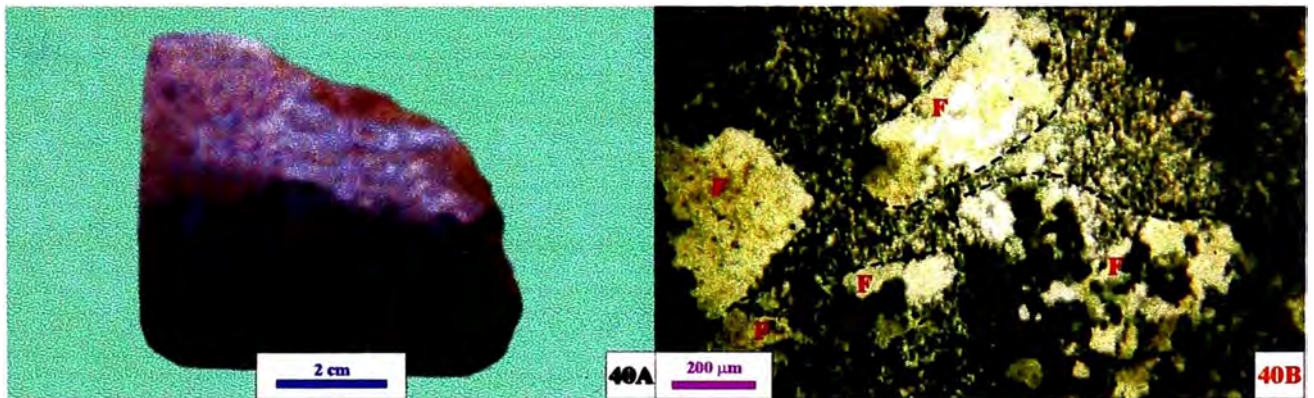
MUESTRA 39



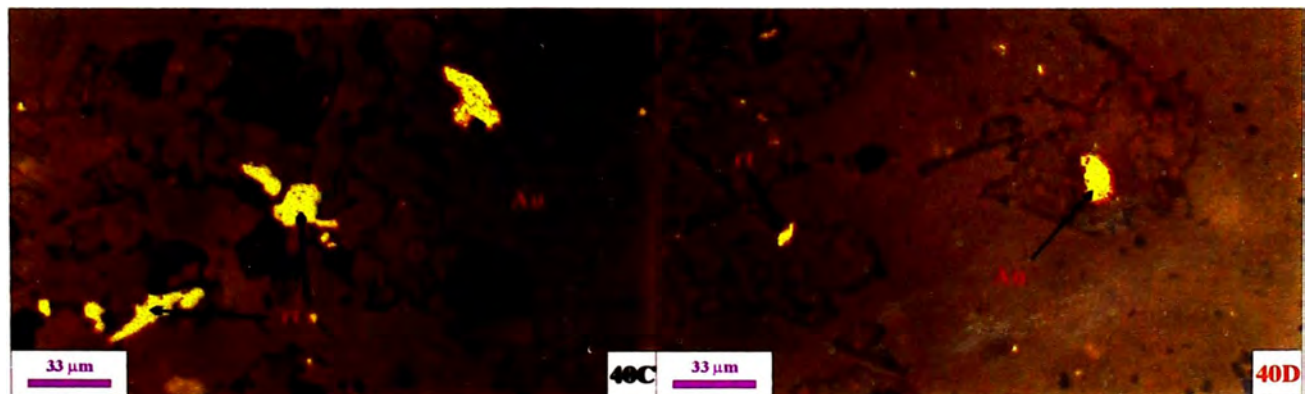
MUESTRA 39



MUESTRA 40



MUESTRA 40



MOSAICO 7.5: Macrofotografías y fotomicrografías de las muestras 41 y 42.**MUESTRA 41: IP-08, 84.60 m**

41A: Intrusivo pórfido monzodiorítico de color gris verdoso, compuesto por fenocristales prismáticos de plagioclasas y sanidina (ambos con puntos de epidota y cloritas), fenocristales de máficos (biotita, anfíboles) con piritita y magnetita. Matriz afanítica cortada por venillas de cuarzo, además, cavidades con drusas de cuarzo. Impregnaciones de carbonatos en fenos y matriz y fracturas pigmentadas por limonitas. Valor de oro 6 ppb.

41B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Intrusivo pórfido monzodiorítico mostrando fenocristal prismático de plagioclasa (PGL) ligeramente reemplazado por carbonatos, arcillas, epidota y cloritas y cristal de biotita primaria (bt-p) alterado por biotita secundaria (bt-s), en matriz holocristalina microgranular hipidiomórfica compuesta por plagioclasas, feldespatos potásicos, cuarzo y en trazas minerales máficos. La matriz es alterada por carbonatos, arcillas y cloritas, presenta cavidades rellenas por cuarzo (cz) y disseminaciones de opacos.

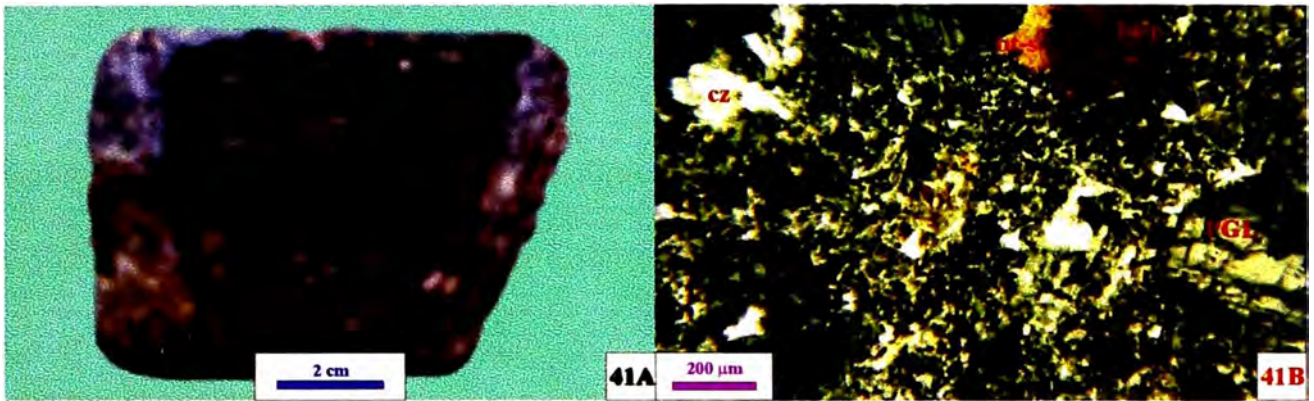
MUESTRA 42: IP-09, 73.20 m

42A: Brecha hidrotermal-crackle compuesta por fragmentos angulosos de sílice masiva y matriz de sílice granular compactada. Cavidades rellenas por cristales de cuarzo y baritina. Finalmente fracturamiento de la brecha, percolación y cementación de óxidos, en matriz y fracturas. Valor de oro < 5 ppb.

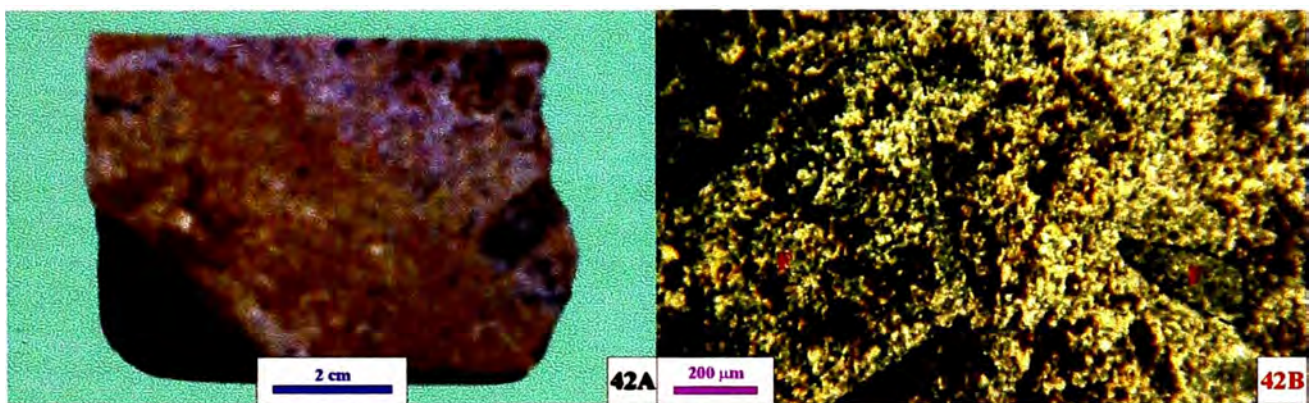
42B: Sección delgada, nicoles cruzados, x79.

Brecha hidrotermal-crackle constituida por fragmentos (F) angulosos de cuarzo micro-criptocristalino (sílice masiva) mostrando moldes prismáticos de máficos reemplazados por leucóxeno, matriz de cuarzo microcristalino con disseminaciones de opacos y rutilo. El color pardo oscuro corresponde a limonitas que tapizan poros, cavidades y fracturas.

MUESTRA 41



MUESTRA 42



CUARTA PARTE:
INTERPRETACIÓN GEOLÓGICA

CAPÍTULO VIII: MODELO GEOLÓGICO PRELIMINAR DEL YACIMIENTO INCAPACHA

8.1 ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA CALDERA INCAPACHA- YAURIHUIRI

En el segundo capítulo se menciona que en la zona existen estructuras de carácter regional, entre las que tenemos un corredor estructural NW-SE relacionado a fallas profundas de deformación cortical, probablemente originadas en el Cretáceo superior (Fase Peruana, ± 80 m.a.*), más adelante retomadas por otras fases tectónicas.

Después de la Fase Inca (Eoceno inferior-Oligoceno medio, ± 36 m.a.) se origina un intenso vulcanismo explosivo y efusivo prácticamente en toda la Cordillera Occidental (DALMAYRAC & ET. AL., 1988), que da lugar secuencias piroclásticas y niveles lávicos. En la zona de estudio estas secuencias corresponden a las formaciones San Pedro, Puquio y Castrovirreyna, y el grupo Nazca. En este vulcanismo se originó la caldera Lucanas que se ubica en el extremo W de la zona de estudio. Ver figuras 2.1 y 2.3.

Posteriormente se produce otro evento tectónico que corresponde a la Fase Quechua 1 (Oligoceno-Mioceno, ± 25 m.a.). Ésta fase se caracteriza por presentar acortamiento en la dirección NE-SW. Además, suponemos que esta fase tectónica fue la causante de un fuerte fracturamiento radial concéntrico y que después del período compresivo se produce un período distensivo o de relajamiento que origina fallas normales con dirección NW-SE, paralelo a las fallas corticales. Y por subducción de la corteza continental se forma un graben de grandes dimensiones que origina la CALDERA INCAPACHA-YAURIHUIRI.

A continuación enumeramos los posibles estadios de evolución que originaron la caldera Incapacha-Yaurihuri (modificado a partir de FISHER & SCHMINCKE, 1994) y el emplazamiento de las unidades litológicas reconocidas en el proyecto Incapacha**:

* m.a.: Millones de años

** Para todos los estadios se toma como base las unidades litológicas del proyecto Incapacha.

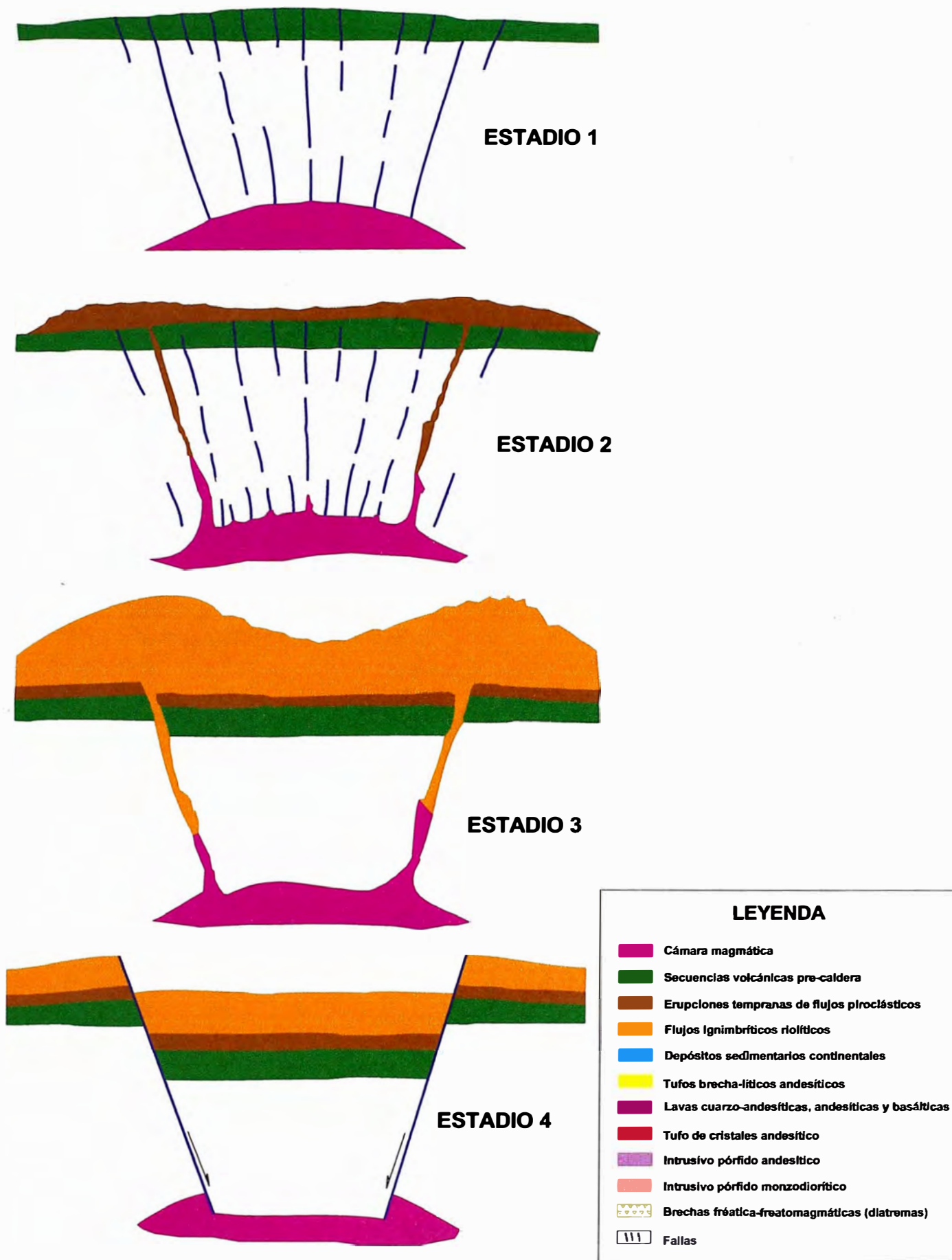
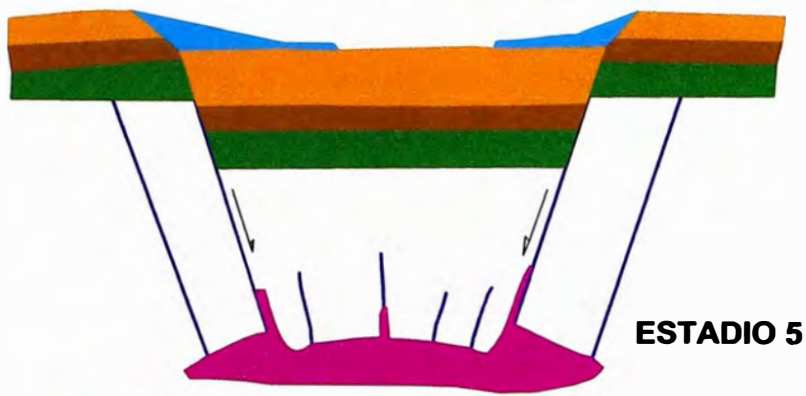
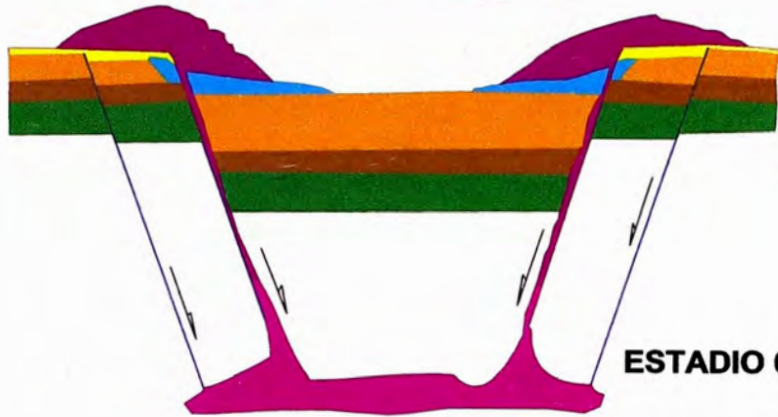


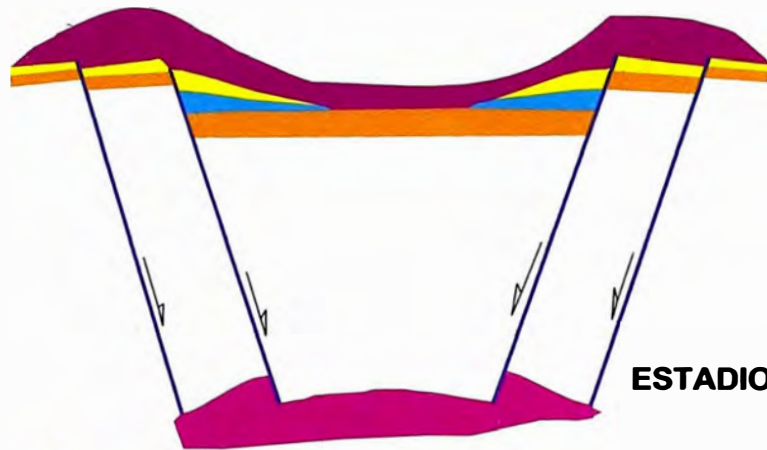
Figura 8.1: Evolución de la Caldera Incapacha-Yaurihiri (estadios 1, 2, 3 y 4)



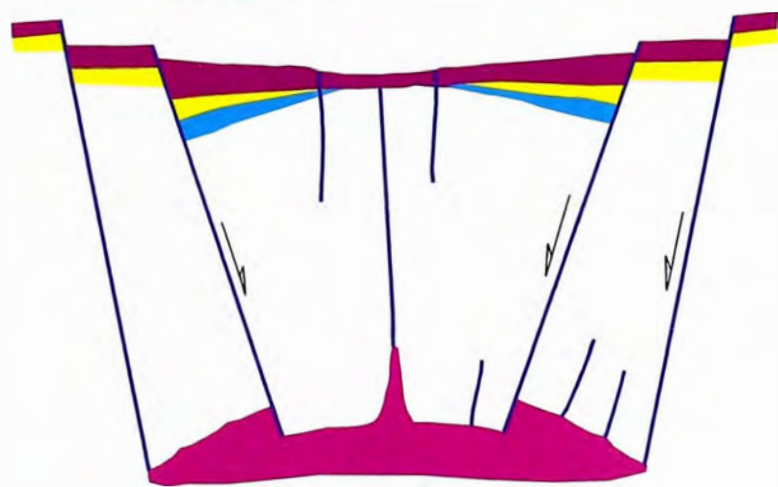
ESTADIO 5



ESTADIO 6



ESTADIO 7



ESTADIO 8

LEYENDA

- Cámara magmática
- Secuencias volcánicas pre-caldera
- Erupciones tempranas de flujos piroclásticos
- Flujos Ignimbríticos riolíticos
- Depósitos sedimentarios continentales
- Tufos brecha-líticos andesíticos
- Lavas cuarzo-andesíticas, andesíticas y basálticas
- Tufo de cristales andesítico
- Intrusivo pórfido andesítico
- Intrusivo pórfido monzodiorítico
- Brechas frática-freatomagmáticas (diatremas)
- Fallas

Figura 8.2: Evolución de la caldera Incapacha-Yaurihuiri (estadios 5, 6, 7 y 8)

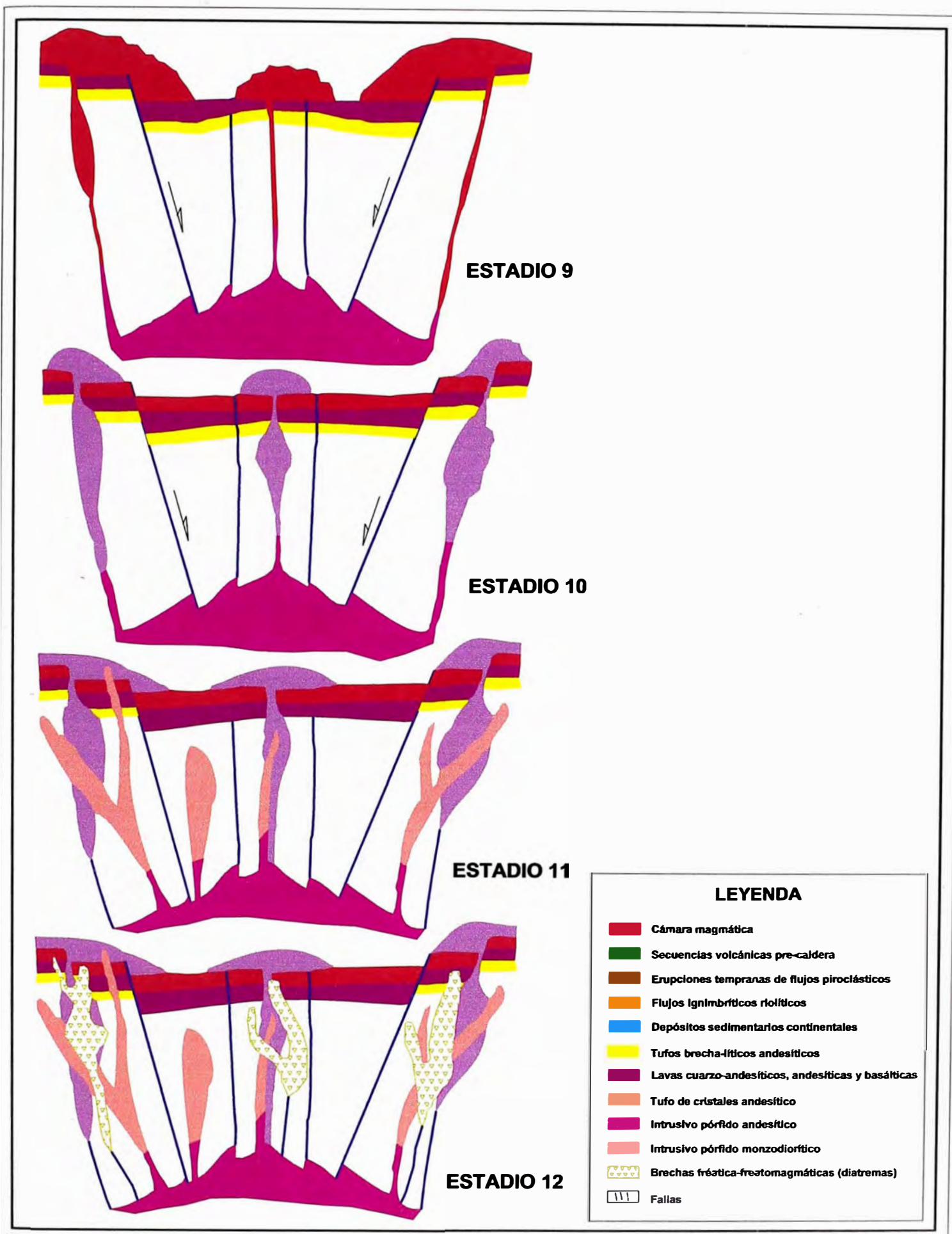


Figura 8.3: Evolución de la caldera Incapacha-Yaurihuirí (estadios 9, 10, 11 y 12)

ESTADIO 1, propagación de fracturas radiales y concéntricas con posible subsidencia en graben, causados por efectos tectónicos y por acción de la cámara magmática. Erosión de las rocas preexistentes (Fm Puquio y Gpo Castrovirreyna).

ESTADIO 2, pequeñas emanaciones de flujos piroclásticos a través de fracturas.

ESTADIO 3, erupción violenta originando flujos ignimbríticos riolíticos del formación Caudalosa. Tienen gran extensión en el área.

ESTADIO 4, colapso de la cámara magmática origina subsidencia de la parte central, produciéndose un graben de grandes dimensiones que origina la formación de la caldera Incapacha-Yaurihuri. Los flujos ignimbríticos forman parte de la fase intracaldera.

ESTADIO 5, período de reposo prolongado, erosión de las altas montañas y deposición de sedimentos en zonas depresivas. Mientras tanto se produce fracturamiento interno, causado por la cámara magmática.

ESTADIO 6, aumenta el fracturamiento y se produce resurgimiento de la cámara magmática, originando inicialmente una corta erupción piroclástica con tufos brecha/líticos andesíticos de la formación Caudalosa y posteriormente flujos lávicos andesíticos en una etapa prolongada. En este evento se depositaron lavas cuarzo-andesíticas (posible flows domes), lavas andesíticas y andesítico-basálticas con autobrechas hacia el tope. Estas secuencias pertenecen al grupo Barroso.

ESTADIO 7, período de reposo de la cámara magmática.

ESTADIO 8, etapa distensiva y fracturamiento radial causada por la reactivación de la cámara magmática. Se produce fallamiento y colapso de la caldera.

ESTADIO 9, erupciones laterales y centrales origina flujos piroclásticos rico en cristales que da lugar al tufo de cristales andesítico con frentes de autobrecha.

ESTADIO 10, emplazamiento de intrusivos pórfido andesíticos, formando domos en superficie y criptodomas a profundidad. Posterior al emplazamiento de los intrusivos posiblemente se produce la primera actividad hidrotermal del yacimiento Incapacha.

ESTADIO 11, emplazamiento de intrusivos pórfido monzodioríticos rico en volátiles, cortando a todas las secuencias anteriores. Posterior al emplazamiento de los intrusivos se origina la segunda actividad hidrotermal del yacimiento Incapacha.

ESTADIO 12, concentración de fluidos hidrotermales con alto contenido de volátiles en la periferie de la cámara magmática, origina fracturamiento de las rocas encajonantes. Los líquidos residuales migran hacia la superficie a través de fracturas, originando diatremas y canales de brecha magmática. Posterior a la formación de las brechas, se origina la actividad hidrotermal más importante del yacimiento Incapacha.

8.1.1 Observaciones sobre el origen de las unidades litológicas reconocidas en el proyecto Incapacha

Ignimbritas riolíticas, corresponden a flujos piroclásticos depositados dentro de la caldera Incapacha-Yaurihuri (ignimbritas intracaldera) y originados o emplazados desde el extremo W de dicha caldera (posible foco principal de aporte, el cerro Señal Incapacha). Esta hipótesis es respaldada por el buzamiento al NW y W de las capas de ignimbrita. También existen remanentes de ignimbritas extra-caldera, afloran al NW del proyecto y las capas son subhorizontales. Ver figura 2.1.

Lavas andesíticas, se emplazaron por fracturas desde el mismo centro volcánico que las ignimbritas riolíticas. El primer flujo fue de cuarzo-andesita, el segundo de andesita con muchos máficos y frentes de autobrecha posiblemente originadas por la saturación de agua en el material volcánico y el tercer y último flujo fue de andesita y andesita basáltica con niveles de brecha.

Tufo de cristales andesítico, su origen está directamente relacionado al borde W de la caldera Incapacha-Yaurihuri y fueron generados por focos volcánicos ubicados en los cerros Señal Incapacha, Incapallanca y Arpista Rumi. Es posible que los mecanismos por los cuales se originaron los flujos piroclásticos, estén relacionados a una explosión discreta inicialmente interrumpida por el colapso de la columna piroclástica y tardíamente interrumpida por el emplazamiento de domos y criptodomas resurgentes que dio lugar a los **intrusivos pórfido andesíticos** (CAS & WRIGHT, 1998). Asimismo, por la topografía actual abrupta del cerro Señal Incapacha y por un aparente bandeamiento subvertical (“flow banding”) que se observa en la zona escarpada de dicho cerro, suponemos que ésta zona es el remanente de un cuello volcánico.

Intrusivos pórfido monzodioríticos, se emplazaron a través de fracturas ubicadas en el borde W de la caldera Incapacha-Yaurihuri. Los afloramientos de dichos intrusivos se alinean en las direcciones N-S y NW-SE, a las que hemos denominado “*corredor de intrusivos*”. Por la presencia de fragmentos líticos de diferentes rocas tanto frescas como alteradas, en la periferie de los stocks, por las brechas primarias originadas en el contacto de intrusivo pórfido monzodiorítico con el tufo de cristales andesítico y por la presencia de vesículas dentro del intrusivo, postulamos que el magma que dio lugar a éstos intrusivos, ha tenido buena concentración de volátiles y soluciones hidrotermales que originaron fracturamiento y alteración de las rocas encajonantes.

Diatrema (brechas freática-freatomagmáticas), originada por la concentración de fluidos acuosos rico en elementos volátiles, en la periferie de la cámara magmática, los que posteriormente se infiltraron o migraron a través de fracturas y provocaron la explosión y brechamiento de las rocas circundantes. Más tarde cuando los fluidos se ponen en contacto con las aguas superficiales se producen una descompensación que termina con la ebullición de aguas meteóricas provocando alteración y lixiviación de las rocas preexistentes. Los canales de brecha magmática y freatomagmática son ramificaciones de los cuerpos principales, o bien se originaron por la migración de fluidos magmáticos con poca concentración de volátiles o por la rápida neutralización de dichos fluidos cuando se pusieron en contacto con las rocas encajonantes.

8.2 ORIGEN DE LAS ALTERACIONES HIDROTERMALES Y MINERALIZACIÓN DEL YACIMIENTO INCAPACHA

8.2.1 INTRODUCCIÓN-GENERACIÓN DE YACIMIENTOS EPITERMALES

Los yacimientos epitermales de oro se encuentran principalmente en arcos volcano-plutónicos (arcos de islas y arcos continentales) asociados a zonas de subducción. Los yacimientos epitermales se encuentran generalmente en el lado posterior del arco y distanciados hasta 100 km del frente volcánico activo. En varios arcos, el magmatismo originado por la subducción y la actividad hidrotermal asociada, tienden a desplazarse con

el tiempo hacia la trinchera. Por otro lado, la actividad hidrotermal y la mineralización comienzan aproximadamente medio millón de años (0.5 m.a.) después que inician su actividad los centros volcánicos (HEDENQUIST & ET. AL., 1996). También se sabe que las erupciones explosivas de volcanes se caracterizan por tener altas concentraciones de volátiles, principalmente H₂O, CO₂, SO₂, H₂S, H₂, HCl y acumulaciones de otras especies en menor cantidad, incluyendo iones metálicos (SYMONDS & ET. AL., 1994). Ver figuras 8.4 y 8.5.

Según HEDENQUIST & LOWENSTERN (1994), los yacimientos epitermales de alta sulfuración se ubican encima de intrusiones y se relacionan genéticamente a éstos. Se originan a temperaturas menores a 300° C y a profundidades que oscilan entre cerca de la superficie y 2 km como máximo. Los fluidos tienen condensación ácida temprana y presentan concentraciones de salinidad moderadas (10-20% en peso) a bajas (<5% en peso), principalmente de cloruros de Na y K. Los elementos asociados comúnmente son Au-Cu y Ag-Pb. Ver figura 8.4 y 8.5.











8.2.2 YACIMIENTO INCAPACHA

Tal como se mencionó en capítulos anteriores, las alteraciones hidrotermales de la zona de estudio y alrededores se relacionan genéticamente a la actividad vulcano-plutónica generada dentro de centros volcánicos (calderas y estratovolcanes). Así tenemos que la caldera Incapacha-Yaurihuirí presenta zonas con alteración hidrotermal importante, sobre todo en el borde W, lugar donde se sitúa el yacimiento Incapacha. Ver figuras 2.4 y 4.1

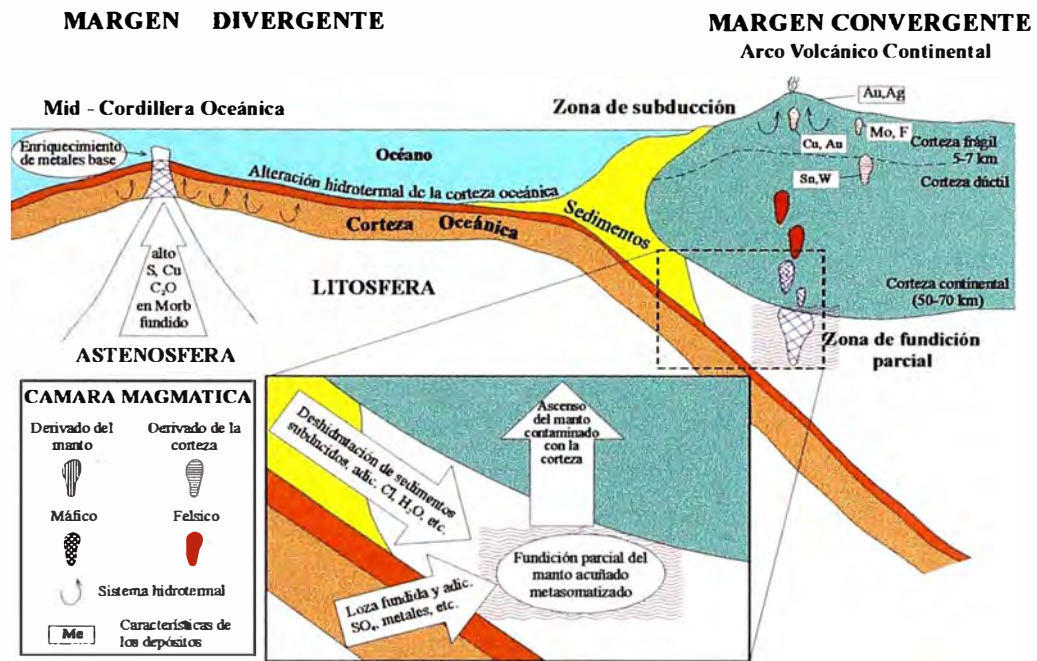
La actividad volcánica relacionada a la caldera Incapacha-Yaurihuirí, desde su inicio ha proseguido por un largo periodo (estadio 1 hasta estadio 9). Después de 0.5 m.a. sigue la actividad volcánica (estadio 10) y recién comienza la primera actividad hidrotermal y mineralización (HEDENQUIST & ET. AL., 1996). Entonces suponemos que en el borde de la cámara magmática se acumuló vapor de agua con elementos volátiles y algunos iones metálicos, que originaron aumento de presión y temperatura, y más tarde produjeron fracturamiento de las rocas circundantes. Las soluciones ascendieron a través de fracturas y cuando se ponen en contacto aguas meteóricas, es decir, cuando llegan al nivel freático, producen un desequilibrio térmico, originando ebullición, lixiviación y alteración de las rocas circundantes. Ver figuras 8.1, 8.2, 8.3, 8.4, 8.5, 8.6, 8.7 y 8.8.

Imaginamos que la actividad hidrotermal ha continuado durante el tiempo que la cámara magmática estuvo activa, prueba de ello es que todas las rocas que afloran en la zona presentan alteración hidrotermal. También suponemos que solo algunos eventos hidrotermales han tenido altas concentraciones de oro y otros iones metálicos.

De acuerdo con las observaciones de campo, con las evidencias encontradas en los sondajes diamantinos y después de haber hecho el estudio petrográfico y minerográfico. Podemos decir que en el yacimiento Incapacha existen varios eventos de actividad hidrotermal y mineralización. En el cuadro 8.1 hacemos una reseña tentativa de eventos geológicos, actividad hidrotermal y mineralización del yacimiento Incapacha.

EVENTOS	TIEMPO
Lixiviación de pirita y otros sulfuros, por agentes supérgenos (oxidación) y reconcentración del oro	
Fallamiento y fracturamiento y E-W, N60-80°W, N30-40°E, N-S, N70-80°W y N30-40°W	
Tercera actividad hidrotermal (silicificación y argílica avanzada), formación de canales de brecha hidrotermal, “crackle” y freática. Alta concentración de elementos volátiles y metales (pirita, otros sulfuros, Au y sulfosales?). El oro se concentra en los canales de brecha.	
Fracturamiento y emplazamiento de las diatremas, brechas freáticas y freatomagmáticas	
Segunda actividad hidrotermal (argílica avanzada y algo de silicificación), formación de algunos canales de brecha hidrotermal. Mayor concentración de elementos volátiles y algo de metales (pirita, otros sulfuros, Au)	
Emplazamiento de intrusivos pórfido monzodioríticos	
Fallamiento local N-S y NW-SE	
Primera actividad hidrotermal (silicificación, algo de argílica avanzada ?)	
Emplazamiento de intrusivos pórfido andesíticos	
Fracturamiento regional NW-SE y local NE-SE y N-S	

Cuadro 8.1: Probables eventos de alteración y mineralización del yacimiento Incapacha



FUENTES DE METALES Y VOLATILES EN ARCOS MAGMATICOS

Figura 8.4: Sección esquemática que muestra los componentes principales para la génesis de magmas, flujo de fluidos y metalogénesis en ambientes de margen divergente y convergente (HEDENQUIST & LOWENSTERN, 1994).

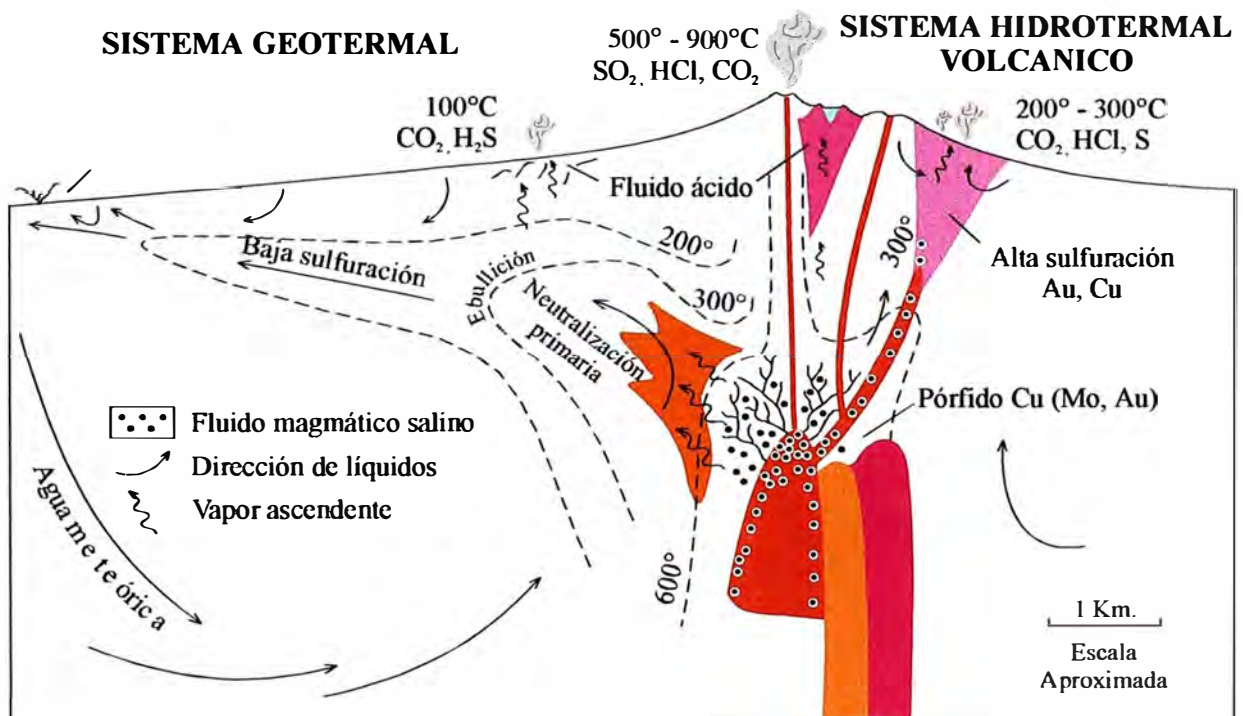


Figura 8.5: Sección esquemática que muestra intrusiones subvolcánicas poco profundas con un estratovolcan asociado y los supuestos ambientes para la formación de pórfidos de Cu, depósitos epitermales de alta y baja sulfuración (HEDENQUIST & LOWENSTERN, 1994). Los sistemas volcánicos activos se extienden desde magmas en degasificación hasta fumarolas y fuentes ácidas, y luego incorporan a pórfidos y/o ambientes de alta sulfuración, mientras que los depósitos de baja sulfuración se forman de sistemas geotermales caracterizados por fuentes termales con pH neutro y geysers.

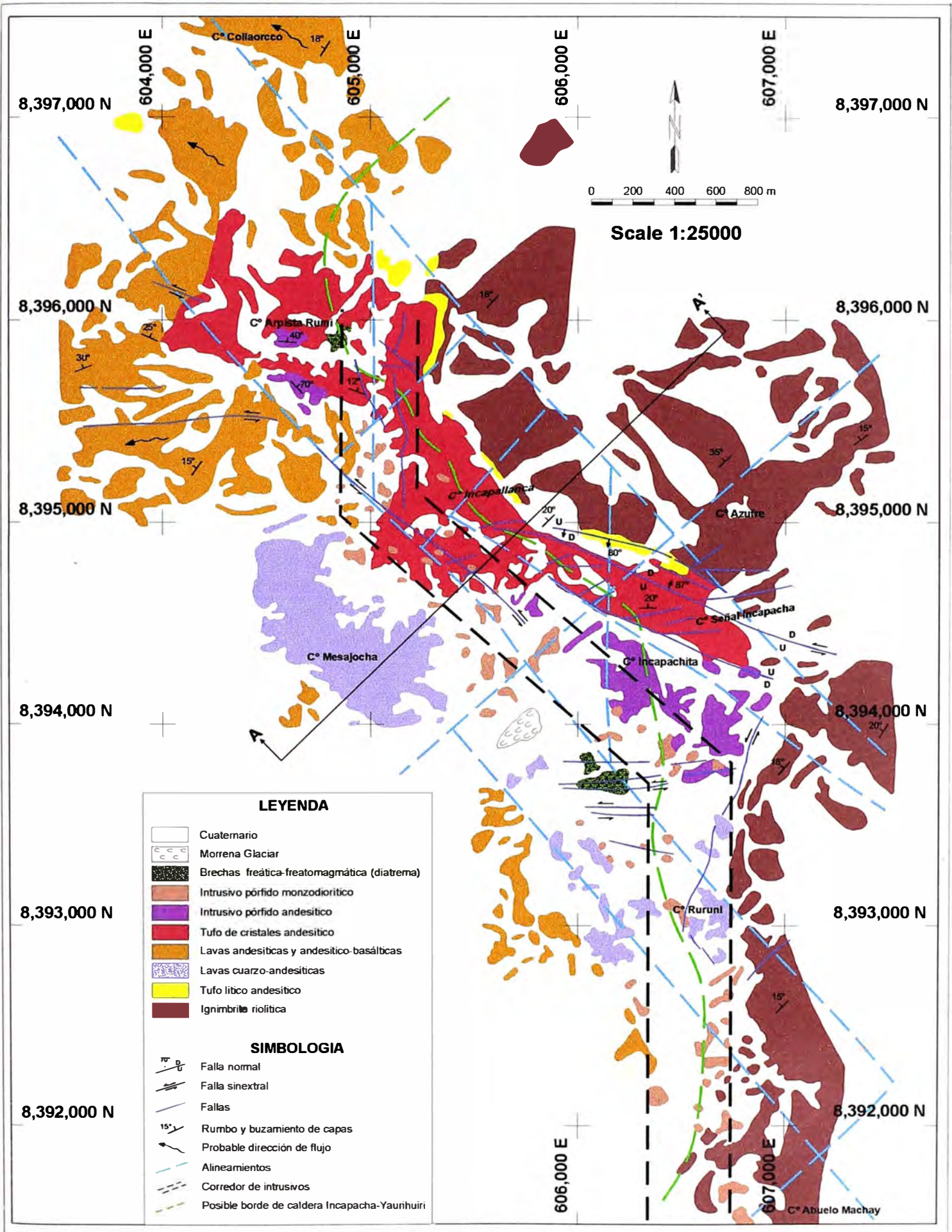


Figura 3.2: Plano Geológico del Proyecto Incapacha

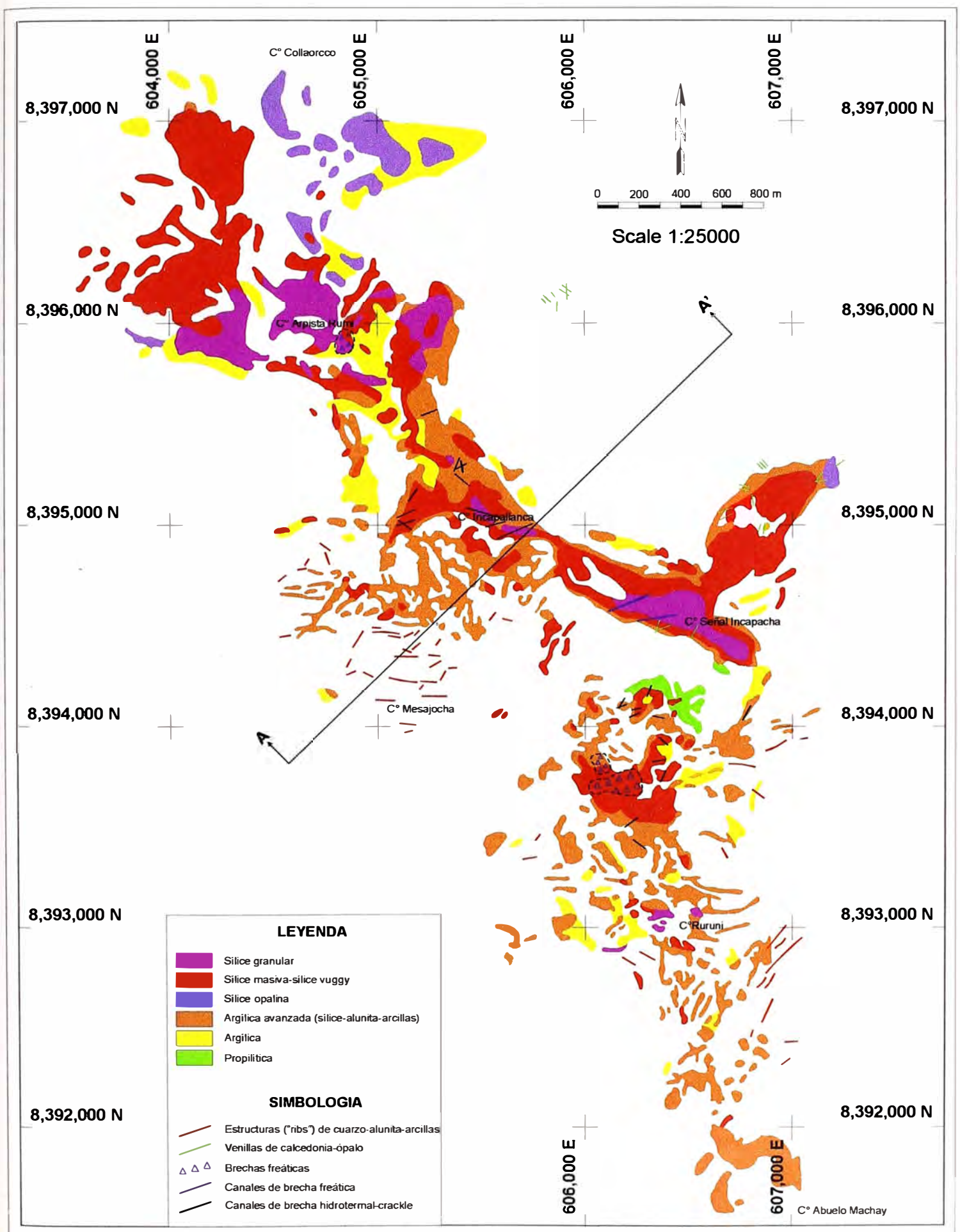
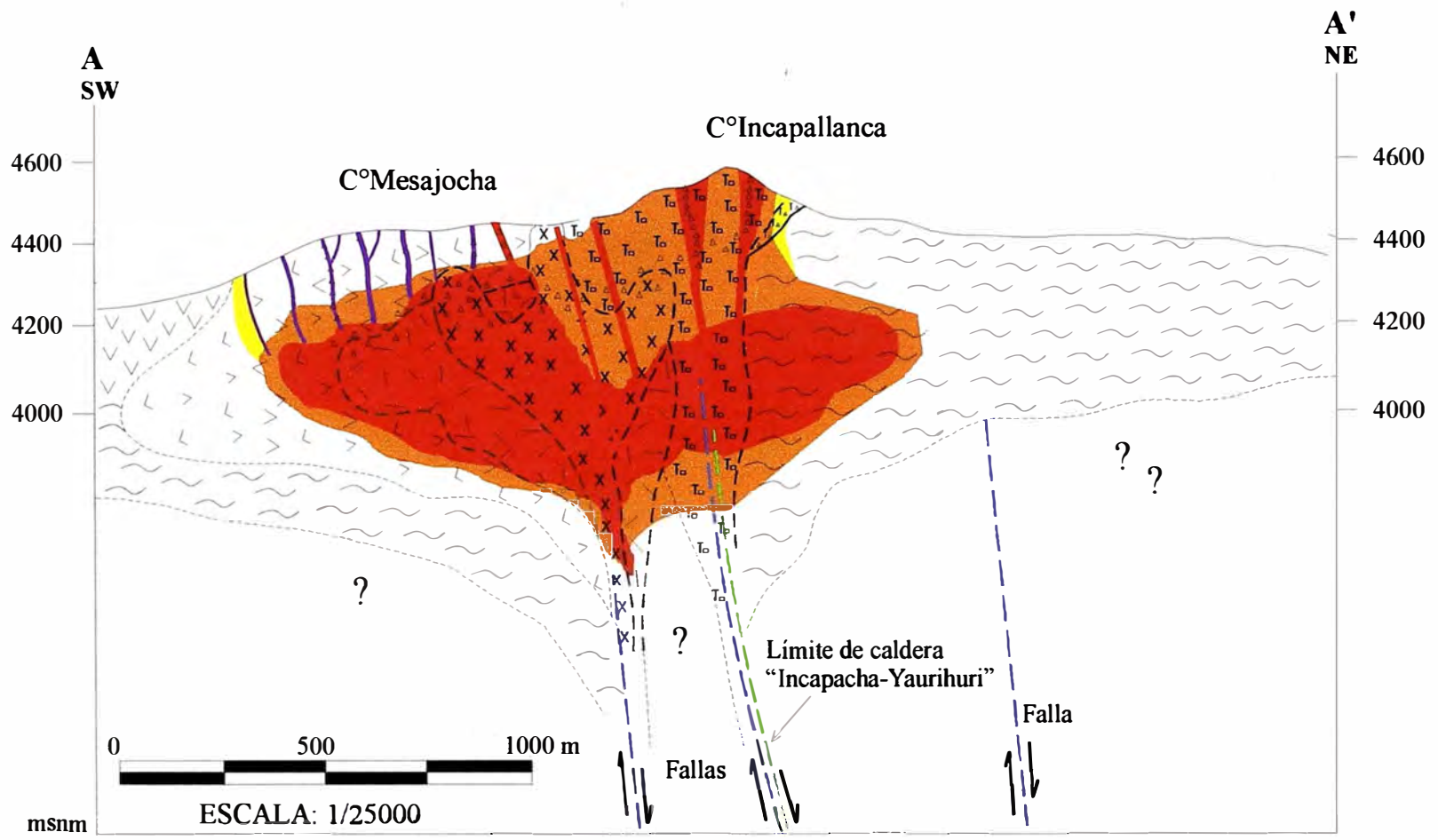


Figura 4.1: Plano de Alteraciones del Proyecto Incapacha



LITOLOGIA		ALTERACIONES	
	Intrusivo pórfido monzodiorítico		Argílico
	Intrusivo pórfido andesítico		Argílico avanzado (silice-alunita-arcillas)
	Tufo de cristales andesítico		Silíce masiva-silíce vuggy
	Lava andesítica y andesítico - basáltica		Brecha hidrotermal
	Lava cuarzo - andesita		Estructuras ("ribs") de cuarzo-alunita-arcillas
	Tufo lítico andesítico		
	Ignimbrita riolítica		

Figura 8.6: Sección A-A', mirando al NW. Perfil geológico interpretativo del proyecto Incapacha donde se muestra la litología, alteraciones hidrotermales, fallas y límite de la caldera "Incapacha-Yaurihuri". A profundidad se postula un cuerpo de sílice. Ver figuras 3.2, 3.3, 4.1 y 7.3

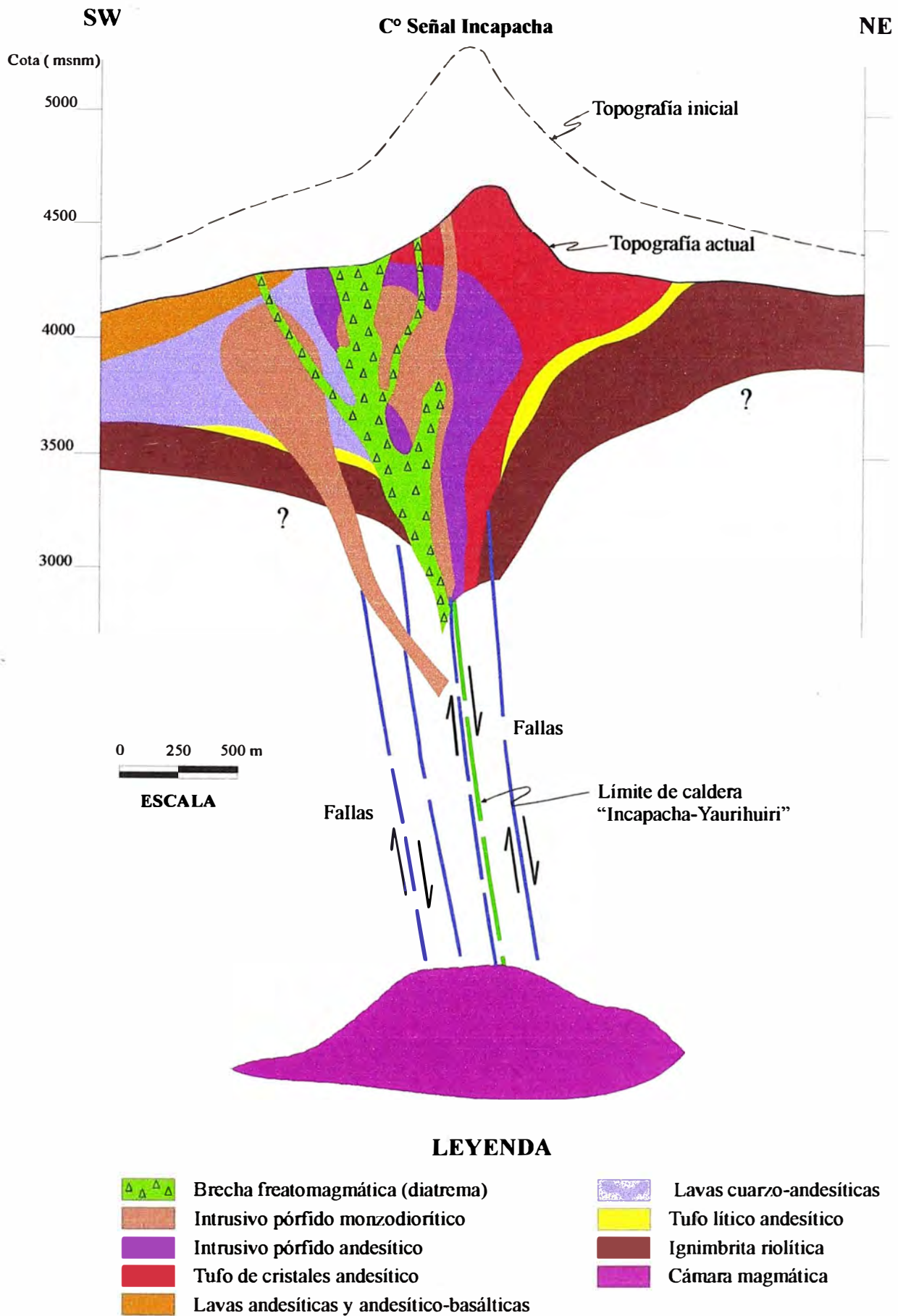
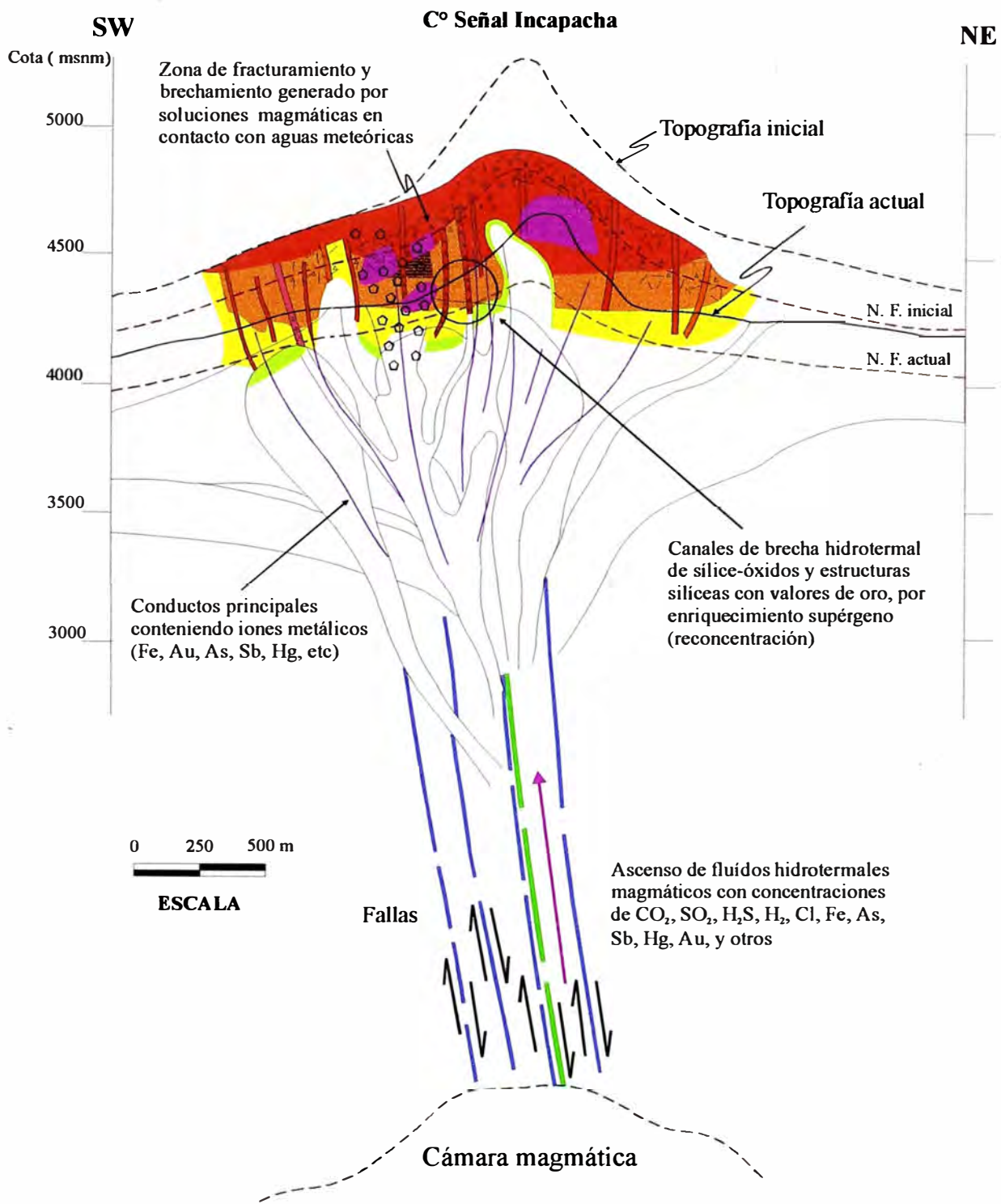


Figura 8.7: Sección esquemática mostrando el emplazamiento de las unidades vulcano-plutónicas reconocidas en el proyecto Incapacha.



LEYENDA


- | | | | |
|---|---|---|-------------------------------|
|  | Sílice granular |  | Brechas hidrotermales/crackle |
|  | Sílice masiva-sílice vuggy |  | Brecha freática |
|  | Argílica avanzada (sílice-alunita-arcillas) | | |
|  | Argílica | | |
|  | Propilítica | | |

Figura 8.8: Sección esquemática que muestra el ascenso de fluidos magmáticos con concentraciones de volátiles y iones metálicos. Dichas soluciones originaron las alteraciones hidrotermales y mineralización del proyecto Incapacha.

La evolución y concentración de los fluidos hidrotermales ácidos de origen magmático que originaron el yacimiento Incapacha, podemos resumirlo en 6 etapas:

PRIMERA ETAPA, fracturamiento y crackelamiento causado por la migración de fluidos hidrotermales ácidos con alta concentración de elementos volátiles, provenientes de un magma ascendente favorecido probablemente por una actividad tectónica.

SEGUNDA ETAPA, cuando los fluidos magmáticos entraron en contacto con las aguas meteóricas se produjo un desequilibrio térmico generando condensación, concentración y mezcla de fluidos. Posteriormente se origina una ebullición y vaporización de las aguas meteóricas ahora enriquecidas en CO₂, HCl, SO₂, HF, S y bajo H₂S, produciendo lixiviación de las rocas circundantes, formándose con un pH < 2, sílice granular, sílice masiva y sílice “vuggy”, y con un pH entre 2 y 3, alunita y arcillas. Suponemos que éstas soluciones fueron pobres en iones metálicos.

TERCERA ETAPA, continua el ascenso de fluidos magmáticos, produciendo fracturamiento, brechamiento y alteración. Por otro lado, el nivel de las aguas meteóricas posiblemente descendió y la concentración de componentes ácidos en los fluidos hidrotermales disminuye (pH entre 2 y 3), generando principalmente alteración argílica avanzada (sílice-alunita-arcillas). En esta etapa encontramos canales de brecha de sílice-alunita con pirita diseminada, que cortan a las alteraciones silíceas. Éstas soluciones hidrotermales han tenido pequeñas concentraciones de iones metálicos (Au, Fe, Cu, etc.). Es muy probable que las brechas freáticas y freatomagmáticas se hayan formado en esta etapa.

CUARTA ETAPA, desciende el nivel freático y sigue la actividad hidrotermal que produce alteración, fracturamiento y crackelamiento de las rocas circundantes, algunas de ellas alteradas con los eventos anteriores y retomadas por este. En este episodio se genera abundantes canales y cuerpos de brecha (hidrotermal, “crackle”, “crackle”-hidrotermal). Las soluciones hidrotermales contienen concentraciones de iones metálicos (Au, Fe, As, Sb, Hg, entre otros). Al final de este episodio se produce un vetilleo de sílice masiva blanquecina y sílice calcedónica-opalina, sin sulfuros. Según el estudio microscópico, esta etapa es el más importante porque tiene alta concentración de oro. Sobre todo en canales de brecha hidrotermal, hidrotermal-”crackle” y estructuras silíceas, lugares donde se ha encontrado oro nativo, electrum y telururos de oro, tanto en muestras de superficie como de sondajes.

QUINTA ETAPA, prosigue la actividad hidrotermal, con fluidos ácidos ($\text{pH} < 3$) que provienen de magmas ascendentes. Aquí se forman venillas y brechas de alunita que corta a los eventos anteriores. La alunita se presenta bien cristalizada y se acompaña de baritina y pirita (con oro?). En este episodio se forman venillas y drusas de cuarzo hialino, se origina alteración propilítica de algunas rocas (presencia de epidota, cloritas, zeolitas y carbonatos). También se forma cobres grises (tetraedrita).

SEXTA ETAPA, después que cesa la actividad hidrotermal, las rocas son expuestas al medio ambiente y se genera una fuerte erosión por aguas meteóricas ayudado por la actividad glaciaria. Las aguas meteóricas que son relativamente ácidas, oxidan y lixivian los sulfuros ($\text{Sulfuros} + 2\text{O}_2 = \text{Óxidos Fe} + \text{H}_2\text{SO}_4$). Los iones liberados son transportados a zonas más profundas y depositados cuando las aguas se neutralizan o se hacen básicas y reductoras. El oro que ocurre dentro de sulfuros es liberado, ligeramente transportado y reconcentrado por los óxidos en estado coloidal, y depositado junto con óxidos de Fe (limonitas) en cavidades y fracturas, cuando las aguas meteóricas se neutralizan.

8.2.3 PERFILES INTERPRETATIVOS DEL YACIMIENTO INCAPACHA

En la figura 8. 6 se tiene el perfil geológico A-A', donde se muestra las unidades litológicas y las alteraciones del proyecto Incapacha. Debajo del cerro Mesajocha se postula que puede existir un cuerpo con alteración y mineralización. Según la geofísica, en esta zona se tiene un sector con alta cargabilidad y que por información de superficie se sabe que la roca presenta diseminaciones de sulfuros (pirita) y magnetita; pero del subsuelo, no se tiene información geológica.

En las figuras 8.7 y 8.8 se tiene secciones transversales interpretativas del yacimiento Incapacha. En la primera se muestra el emplazamiento de las unidades litológicas y en la segunda la actividad hidrotermal relacionada a fluidos magmáticos que originaron la mineralización. Desde nuestro punto de vista, la actividad hidrotermal se produjo por la migración de soluciones magmáticas con alto contenido de volátiles y elementos metálicos. Dichas soluciones cuando se pusieron en contacto con el nivel freático originaron soluciones ácidas que alteraron las rocas encajonantes y concentraron el oro sólo en los conductos principales.

CONCLUSIONES

Y

RECOMENDACIONES

El proyecto Incapacha es un yacimiento epitermal de oro de alta sulfuración alojado en rocas piroclásticas y lávicos pertenecientes a la formación Caudalosa (Mioceno-Pleistoceno) y Grupo Barroso (Plioceno-Pleistoceno) y cuerpos intrusivos hipabisales del Plioceno-Pleistoceno.

El área de estudio se ubica en una zona muy favorable formado por la intersección de alineamientos estructurales NW-SE de extensión regional (fallas transcurrentes de deformación cortical), alineamientos locales NE-SW y el borde de una estructura volcánica circular (caldera “Incapacha-Yaurihuri”).

Las áreas con actividad hidrotermal que existen en la zona de estudio y alrededores, están genéticamente relacionadas a centros volcánicos (calderas y estratovolcanes).

La actividad hidrotermal que origina las alteraciones y mineralización del yacimiento Incapacha, desde el punto de vista genético, están relacionadas al emplazamiento de magmas que originaron las rocas volcánicas e intrusivas que afloran en la zona. Dichos magmas favorecidos por fallas profundas ascendieron por el borde W de la caldera Incapacha-Yaurihuri.

Las alteraciones reconocidas y diferenciadas en el proyecto Incapacha son sílice granular, sílice masiva, sílice “vuggy”, argílica avanzada, argílica y propilítica. Afectan en mayor o menor grado, a todas las unidades litológicas que afloran en la zona.

La mineralización del yacimiento Incapacha está controlado por los alineamientos estructurales, por el borde de la caldera Incapacha-Yaurihuri y principalmente por el corredor de intrusivos.

Litológicamente las zonas mineralizadas están controladas por el intrusivo pórfido monzodiorítico y las brechas freáticas y freatomagmáticas.

Las zonas mineralizadas del yacimiento Incapacha se restringen únicamente a estructuras y canales de brecha (freática, hidrotermal, “crackle”). Es decir, Incapacha es un yacimiento de oro “*tipo vetas*” o “*estructuras*”.

Las estructuras y canales de brecha se componen mayormente de sílice y óxidos (limonitas), y en menor porcentaje de alunita, baritina, pirita, oro nativo, electrum, calaverita, petzita, rutilo y leucoxeno.

De acuerdo al estudio geofísico y confirmado por los sondajes diamantinos, las alteraciones hidrotermales del proyecto Incapacha profundizan por debajo de 100 m en algunos lugares, mientras que en otros sólo son superficiales.

Las estructuras y brechas que contienen leyes importantes de oro en superficie, según información obtenida de los sondajes diamantinos, no profundizan. Y posiblemente se debe a que se formaron en un nivel freático bastante alto (cerca al nivel topográfico actual). Por este motivo el potencial de oro en el yacimiento Incapacha es muy limitado.

La zona con altos valores de oro denominado “Incapachita”, ha sido afectada por soluciones hidrotermales con alta concentración de volátiles. La evidenciada esta en que el tufo de cristales andesítico y el intrusivo pórfido mozodiorítico presentan abundantes vesículas rellenas por cuarzo, zeolitas, calcita y sulfuros (pirita y trazas de cobres grises). Estos fluidos hidrotermales ricos en elementos volátiles, han sido los que transportaron iones metálicos (oro y otros), a través de conductos (fracturas y canales de brecha).

Por la información geológica que se tiene y por los estudios realizados, podemos decir que el oro ha sido “reconcentrado” por procesos supérgenos.

Por las anomalías de arsénico, antimonio y mercurio que se tiene en superficie, inferimos que estamos en la parte alta de un yacimiento epitermal de alta sulfuración.

Resumiendo respecto al yacimiento Incapacha, podemos decir que la cantidad de fluidos hidrotermales de origen magmático que circularon y originaron alteración y mineralización ha sido insuficiente para concentrar oro en grandes cantidades. Otro motivo puede ser la mayoría de fluidos magmáticos que ascendieron y originaron alteración hidrotermal han sido pobres en iones metálicos.

En la zona estudio y alrededores existen ambientes favorables para la ocurrencia de yacimientos epitermales de alta y baja sulfuración y yacimientos tipo pórfido. La razón principal es que tenemos corredores estructurales importantes, rocas favorables y centros volcánicos (calderas y estratovolcanes). Sin embargo, comparando la zona de estudio con yacimientos epitermales importantes (por ejemplo Yanacocha y Pierina), concluimos que es muy importante el basamento rocoso. Es decir, en Yanacocha y Pierina tenemos como basamento a rocas sedimentarias de origen químico y detríticas; mientras que en la zona estudiada tenemos como basamento a potentes secuencias

volcánicas piroclásticas y lávicas. Sabemos que algunas rocas sedimentarias son favorables para concentrar y entrapar acuíferos, dichos acuíferos pueden abastecer a la cámara magmática.

Para el yacimiento Incapacha recomendamos hacer un estudio geofísico mediante malla, de tal manera que la separación entre líneas sea mínima. Esto con la finalidad de encontrar cuerpos con alta cargabilidad y/o resistividad.

También se recomienda hacer por lo menos dos sondajes profundos, uno de los sondajes puede estar orientado a cortar el cuerpo de brecha freática “Laguna Piña” y el otro puede ubicarse en el cerro Mesajocha.

Y si el estudio geofísico es favorable necesariamente hacer campaña agresiva de perforación con la finalidad de encontrar cuerpos o vetas a profundidad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREWS-JONES, D. A. (1968) The Application of Geochemical Techniques to Mineral Exploration. Colorado School of Mines, Mineral Industry Bulletin II, N° 6, p.1-31.
- AMAMBAL, J. & ALVA, T. (2000) Informe Final del Proyecto Incapacha, Puquio, Ayacucho. Informe Técnico NPL, para Newmont-Buenaventura JV., Lima.
- ASOCIACIÓN LAGESA-C.F.G.S. (1996) Geología de los Cuadrángulos de Huancapi, Chincheros, Querobamba y Chaviña. Boletín INGEMMET, **70 Serie A**, 185 p.
- BATES, R. & JACKSON, L. (1979) Glossary Geology. 2nd Ed. American Geologist Institute, Virginia, U. S. A., 749 p.
- BENNING, L. G. & SEWARD, T. M. (1996) Hydrosulfide complexing of Au (I) in hydrothermal solutions from 150-400°C and 500-1500 bar. **In:** Geochimica et Cosmochimica Acta. Volume 60, p.1849-1871.
- BERMÚDEZ, C. & PALACIOS, C. (1997) Informe Geológico Preliminar Área Incapacha-Yaurihuri, Puquio, Ayacucho, Escala 1/10,000. Informe BISA para Newmont-Buenaventura JV, Lima.
- BERMÚDEZ, C. & PALACIOS, C. (1998) Levantamiento Geológico del Área Incapacha-Yaurihuri, Puquio, Ayacucho, Escala 1/10,000. Informe BISA para Newmont-Buenaventura JV, Lima.
- BERNY, O. (1995) Estadística Aplicada a la Exploración Minera. Curso para Newmont Peru Limited, Lima-Perú. No publicado.
- BLYTH, F. G. H. & DE FREITAS, M. H. (1994) Geología Para Ingenieros. 2da Reimpresión, Ed. Compañía Editorial Continental, México, 440 p.
- BURGA, J. (1995) Diccionario Geológico. 2da Edición, Lima, 846 p.
- CAS, R. A. F. & WRIGTH, J. V. (1993) Volcanic Successions. Ed. Chapman & Hall, London, New York, Tokyo, 528 p.
- CASTILLO, J., BARREDA, J. & VELA, C. (1993) Geología de los Cuadrángulos de Laramate y Santa Ana. Boletín INGEMMET, Lima, **45 Serie A**, 66 p.
- CASTRO, A. (1988) Petrografía Básica. Ed. Paraninfo, Madrid, España, 143 p.
- CHRISTENSON, B. W. & WOOD, C. P. (1993) Evolution of a vent-hosted hydrothermal system beneath Ruapehu Crater Lake. **In:** Bulletin of Vulcanology. Volume 55, p.547-567.
- COOPE, J. A., LAVIN, O. P. & WEILAND, E. F. (1993) Exploration Geochemistry.

Short Course for Newmont Exploration Limited. No publicado.

- DALMAYRAC, B., LAUBACHER, G. & MAROCCO, R. (1988) Caracteres Generales de la Evolución Geológica de los Andes Peruanos. Boletín INGEMMET, **12 Serie D**, Lima, 313 p.
- DELMELLE, P. & BERNARD, A. (1994) Geochemistry, mineralogy and chemical modeling of the acid crater lake of Kawah Ijen volcano, Indonesia. **In:** Geochimica et Cosmochimica Acta. Volume 58, p.2445-2460.
- FISHER, R. V. & SCHMINCKE, H. U. (1984) Pyroclastic Rocks, Ed. Verlag, Berlin, Heidelberg, 472 p.
- FRANCIS, P. (1993) Volcanoes A Planetary Perspective. Ed. Oxford University Press, U. S. A., 443 p.
- GASPARRINI, C. (1993) Gold and Other Precious Metals. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, London, París, Tokyo, Hong Kong, Barcelona, Budapest, 336 p.
- GEOLOGICAL ASSOCIATION OF CANADA (1994) Alteration and Alteration Processes Associated with Ore-Forming Systems. Volume 11, Waterloo, Ontario, Canada, 467 p.
- GIGGENBACH, W. F. (1992) Isotopic shifts in waters from geothermal and volcanic systems along convergent plate boundaries and their origen. **In:** Earth and Planetary Sciences. Volume 113, p.495-510.
- GUEVARA, T. & MORCHE, W. (2000) Tipos de Brechas y Contexto Volcánico-Hidrotermal en el Prospecto Iñahuato, Tambillos, Ayacucho: Implicaciones para la Exploración de Sistemas epitermales Auríferos. **En:** X Congreso Peruano de Geología. Resúmenes. Soc. Geol. del Perú, Lima, p. 79.
- HALE, M. & PLANT, J. A. (1994) Drainage Geochemistry. Volume 6, Ed. Elsevier, Amsterdam, Lausanne, New York, Oxford, 766 p.
- HEDENQUIST, J. W. & LOWENSTERN, J. B. (1994) Nature. Volume 370, N° 6490. Ed. International Weekly Journale of Science.
- HEDENQUIST, J. W. (1995) The ascent of magmatic fluid: Descharge versus mineralization. **In:** Thompson, J. F. H., Ed; Magmas, fluids and ore deposits: Mineralogical Association of Canada Shortcourse Series. Volume 26, p.263-289.
- HEDENQUIST, J. W., IZAWA, E., ARRIBAS, A. & WHITE, N. C.(1996) Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration. Ed Society Resource Geology, Tokyo, Japan, 36 p.

- HENLEY, R. W. (1985) The geothermal framework of epithermal deposits. **In:** Berger, B. R. & Bethke, P. M., Ed.; Geology and geochemistry of epithermal systems: Reviews in Economic Geology. Volume 2, p.1.24.
- HEINRICH, E. W. (1960) Petrografía Microscópica. Ed. Omega, Barcelona, 320 p.
- HEINRICH, E. W. (1970) Identificación Microscópica de los Minerales. Ed. Urmo, Bilbao, España, 456 p.
- HOBBS, B. E., MEANS, W. D. & WILLIAMS, P. F. (1981) Geología Estructural. Ed. Omega, Barcelona, España, 518 p.
- INCA, P. & CAYO, E. (2000) Geología y Mineralización del Yacimiento Epitermal Palla Palla, Ayacucho-Perú. **En:** X Congreso Peruano de Geología. Resúmenes. Soc. Geol. del Perú, Lima, p. 81.
- KEARY, P. & VINE, F. J. (1996) Global Tectonics. 2nd. Ed., Blackwell Science, London, 333 p.
- KERR, P. F. (1965) Mineralogía Óptica. Ed. Castilla, Madrid, España, 433 p.
- LIONEL FIDEL S., WOLFGANG MORCHE & SEGUNDO NÚÑEZ J.(1997) Inventario de Volcanes del Perú. Boletín INGEMMET, Lima, **15 Serie C**, 80 p.
- MACKENZIE, W. S., DONALSON, C. H. & C. GUILFORD (1984) Atlas of Igneous Rocks and their Textures. 2nd Ed. Longman Group Limited, England, 148 p.
- MC LAUGHLIN, D. H. (1924) Geology and Physiography of the Peruvian Cordillera Department of Junin and Lima. Bulletin 35, Geological Society of American.
- MCPHIE, J., DOYLE, M. & ALLEN, R. (1993) Volcanic Textures. Ed. June Pongratz, Tasmanian, Australian, 197 p.
- MONTOYA, M., GARCÍA, W. & CALDAS, J. (1994) Geología de los Cuadrángulos de Lomitas, Palpa, Nazca y Puquio. Boletín INGEMMET, Lima, **53 Serie A**, 100 p.
- PARK, C. F. & MAC DIARMID, R. F. (1981) Yacimientos Minerales. Ed. Omega, Barcelona, España, 512 p.
- PAZ, J., MIRANDA, M. & VIDAL, C. (2000) Geología y Mineralización del Yacimiento Epitermal Ccarahuaraso, Ayacucho-Perú. **En:** X Congreso Peruano de Geología. Resúmenes. Soc. Geol. del Perú, Lima, p. 87.
- PRIMER VOLUMEN DE MONOGRAFÍAS DE YACIMIENTOS MINERALES PERUANOS (1999) Historia, Exploración y Geología. ProEXPLO'99. Volumen L. Hoschild P., Ed. Instituto de Ingenieros de Minas del Perú, Lima, 365 p.

- ROBERTS, R. G. & SHEAHAN, P. (1994) Ore Deposits Models. Ed. Geological Association, Canada, 194 p.
- RODRIGUEZ, J. & MONTOYA, C. (1995) Reconocimiento Geológico del Sector Geronta-Incapacha-Yaurihuri, Puquio, Ayacucho, Escala 1/25,000. Informe BISA para Newmont-Buenaventura JV, Lima.
- RODRIGUEZ, J. & MONTOYA, C. (1996) Reconocimiento Geológico del Área Incapacha-Yaurihuri, Puquio, Ayacucho, Escalas 1/25000 y 1/10,000. Informe BISA para Newmont-Buenaventura JV, Lima.
- RYE, R. O., BETHKE, P. M. & WASSERMAN, M. D. (1992) The stable isotope geochemistry of acid-sulfate alteration. **In:** Economic Geology. Volume 87, p.225-267.
- SEWARD, T. M. (1989) The hydrothermal chemistry of gold and its implications for ore formation: boiling and conductive cooling as examples. **In:** Economic Geology Monograph 6, p.398-404.
- SILLITOE, R. H. (1999) Styles of high-sulphidation gold, silver and copper mineralization in the porphyry and epithermal environments. PACRIM Congress 1999. Australian Institute of Mining and Metallurgy.
- SMITH, R. E. & HALBERG, J. A. (1982) Element Associations in Mineral Deposits, Same Host and Background Rocks. **In:** Geochemical Weathering in Deeply Weathered Terrain. R. E. Smith, Ed. CSIRO, p. 3-8.
- SOCIETY ECONOMIC GEOLOGISTS, INC. (1999) Geology and Ore Deposits of the Central Andes. Special Publication Number 7, U. S. A., 351 p.
- SYMONDS, R. B., ROSE, W. I., BLUTH, G. J. S. & GERLACH, T. M. (1994) Reviews in Mineralogy 30, p.1-66.
- U. S. GEOLOGICAL SURVEY (1985) Geologic Characteristics of Sediment and Volcanic-Hosted Disseminated Gold Deposits – Search for an Occurrence Model. Bulletin 1646, Washington, D. C., U. S. A., 150 p.
- WILLIAMS, H., TURNER, F. J. & GILBERT, C. M. (1968) Petrografía. Ed. Continental S. A., México, 430 p.
- WILSON, M. (1991) IGNEOUS PETROGENESIS. 2nd Ed. Harper Collins Academic, London, 466 p.
- YANACOCCHA DISTRICT, CAJAMARCA-PERÚ (1997) Peruvian Geological Congress IX: Fieldtrip. August 3-10, Cajamarca-Perú.

ANEXOS

DEFINICIONES

Pyroclastic surges deposits, se define como un transporte en oleaje (“surge”) de piroclastos a lo largo de la superficie como una expansión turbulenta y con poca concentración de partículas sólido-gas. Tienden a acumularse en depresiones y presentan estratificación planar y cruzada. Se asocian a erupciones freáticas, freatomagmáticas y piroclásticas.

Diatrema, es un conducto cilíndrico (“pipe”) relleno por brecha volcánica formada por explosión gaseosa. La columna de una diatrema puede estar formada por brechas freáticas al tope, brechas freatomagmáticas al centro y brechas magmáticas en la base.

Tufisitas, vienen a ser pequeñas segregaciones cilíndricas (“pipes”) ricas en gas. Su origen se relaciona con brechas freáticas, freatomagmáticas, diatremas, etc.

Brecha primaria, constituidas por fragmentos porfiríticos y monolíticos en matriz también porfirítica.

Brecha freatomagmática, constituidas por fragmentos comúnmente heterolíticos de origen magmático (porfiríticos) en matriz magmática porfirítica. Puede ocurrir debajo de una brecha freática como parte de una diatrema compleja.

Brecha freática, compuesta de fragmentos líticos (puede incluir fragmentos de pórfido) subangulosos y subredondeados en una matriz de polvo de roca. Es subvertical y puede ser la porción alta de una diatrema compleja. Puede formarse por actividad volcánica o hidrotermal.

Brecha hidrotermal, formada por explosión de agua caliente, normalmente se compone de clastos heterolíticos subredondeados y abundante matriz de sílice (soportada), se presenta a manera de diques. Hay excepciones para la definición.

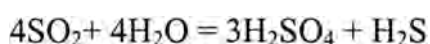
Brecha “crackle”, formada por explosión de agua caliente, tiene abundantes fragmentos angulosos (como rompecabezas) y poca matriz (clastos soportados). Puede estar a lado o encima de una brecha hidrotermal.

Brecha mecánica, formada por tectonismo, falla o colapso. Los clastos son angulosos y monolíticos, comúnmente presenta “guoge” de arcillas.

SISTEMAS HIDROTERMALES DE ORIGEN VOLCÁNICO

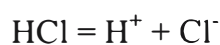
Grandes sistemas hidrotermales están comúnmente en flancos de volcanes activos. Características superficiales asociados con sistemas hidrotermales incluye cumbres y flancos de fumarolas y manantiales de agua caliente (“hot springs”) con una variedad de componentes (pH ácido y básico). Las fuentes pueden descargar por encima de 10 km del conducto volcánico en regiones de altorrelieve. Manantiales de agua caliente extremadamente ácidos (pH 1 a 1.5), ricos en Cl y SO₄, son reconocidos comúnmente en áreas cercanas a fumarolas de temperatura alta, entorno a 1 km en áreas de bajorrelieve. La composición isotópica de las fuentes indica que se forman por condensación de vapor magmático en contacto con aguas meteóricas (GIGGENBACH, 1992B; HEDENQUIST, 1995). Tal condensación es un proceso fundamental en degasificación magmática y conlleva a la formación de aguas ácidas, las cuales lixivian las rocas circundantes y forman alteración argílica avanzada, comúnmente en los yacimientos tipo pórfido y ambientes epitermales de alta sulfuración. Los vapores que son descargados por fumarolas, son asociados genéticamente a la densidad y la hipersalinidad de los líquidos, los cuales son considerados como remanente a profundidad.

La alta acidez de las aguas formadas inicialmente y cargadas de gases ácidos tales como SO₂, HCl y HF, son absorbidos por aguas meteóricas en ambiente terrestre o por aguas de mar en ambientes marinos. La extrema acidez formada por el ácido sulfúrico, considerando la descomposición de SO₂ a temperaturas < 350-400°, es:



Evidencia para esta reacción viene de la composición isotópica de azufre como resultado de la descomposición de sulfuros y sulfatos (RYE ET. AL., 1992). Incluso en un ambiente oxidante, también será producido H₂S.

El HCl contribuye a la acidez de la condensación en disociación, porque el HCl esta presente virtualmente en todas las descargas de gases volcánicos en concentraciones de moles, similar al SO₂ (HEDENQUIST, 1995).



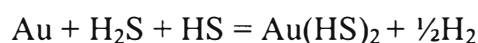
Así la condensación de vapores volcánicos forma una mezcla de ácido sulfúrico y ácido clorhídrico, resultando un pH tan bajo como 1, a temperaturas superficiales.

Lugar donde la topografía y la hidrología favorecen la carga de agua terrestre, por ejemplo la cumbre de un cráter, ahí se tendrá alteración hidrotermal asociada a lagos (“maares”) ácidos formados por procesos de absorción de aguas meteóricas con vapor magmático rico en HCl y SO₂. Un conducto cilíndrico (agujero) caliente es responsable del transporte de vapor y calor desde un magma degasificado poco profundo, hasta el lago (CHRISTENSON & WOOD, 1993). Las aguas de lagos formados en los cráteres, tienen alta concentración de Cl y SO₄ superior a varias unidades de porcentaje en peso cada uno, causados por evaporación y ayudado por la relativa restricción de aguas terrestres diluidas (DELMELLE & BERNAD, 1994).

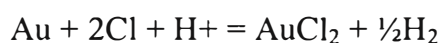
Esta es mucha altura para que las fuentes sean ácidas y tengan un pH entre 0 y 1. Sin embargo, la concentración de cationes incluyendo trazas de metales, no es significativamente diferente entre los dos estilos de aguas ácidas.

PROCESOS RELATIVOS PARA EL TRANSPORTE Y DEPOSICIÓN DEL ORO

La profundización de los fluidos hidrotermales en ambientes de baja sulfuración es reducido y tiene un pH próximo al neutro, presenta baja salinidad y relativamente alta concentración de H₂S. Así, el Au puede estar en solución como un bisulfuro complejo (HENLEY, 1985). En ésta situación, ebullición y pérdida de gas H₂S, causaran saturación de Au y precipitación según la siguiente reacción química (SEWARD, 1989):



Sólo en alta salinidad y/o bajo pH, puede el Au ser transportado como un cloruro complejo:

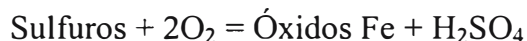


Donde la concentración de cloruro es alta, el Au tendrá que asociarse con altas concentraciones de Ag y metales base, entonces estos metales forman cloruros complejos.

Bajo relativa oxidación y condiciones ácidas típicas de sistemas de alta sulfuración, el Au tampoco puede ser transportado como un cloruro complejo, si la salinidad es alta y los fluidos son oxidantes, o como H_{Au}(HS)₂ en un estado redox intermedio (BENING & SEWARD, 1996). Sin embargo, nuestro entendimiento del transporte del metal y deposición en ambientes de alta sulfuración, está muy por detrás de los de baja sulfuración.

OXIDACIÓN SUPÉRGENA: INTEMPERISMO POST-HIDROTERMAL

El tercer ambiente en la cual las soluciones ácidas se forman de manera natural, es durante la oxidación de sulfuros:



La alteración supérgena tiene muchos controles, como aquellos de oxidación con vapor caliente, que ocurre sólo dentro de la zona vadosa y es controlado por la posición del nivel freático. La temperatura está limitada a un máximo de 30-40°C y en suma para la formación de caolinita secundaria y/o haloisita y alunita, la jarosita es común y los óxidos de Fe son obicuos (dominantes).

Desde la perspectiva de la geología económica, este proceso post-hidrotermal es importante, sobre todo si ello puede afectar positivamente la recuperación de Au. Este aspecto es particularmente importante en gran escala, ocurre en bajo grado en depósitos de alta sulfuración como Yanacocha y Pierina. En esta consideración, los ambientes tectónicos y climáticos en el oeste de las Américas es más apropiado que el sur oeste del Pacífico, para generar oxidación supérgena económicamente favorable (SILLITOE, 1999).

MUESTRAS DE ROCA FRESCA DE SUPERFICIE CON ESTUDIO PETROGRAFICO

ODIG	COORDENADAS		UBICACIÓN	DENOMINACIÓN	MINERALOGÍA/FRAGMENTOS	ORO (PPB)
	ESTE	NORTE				
1	606950	8393750	SE C° Señal Incapacha	Ignimbrita noilitica	PGLs(ab-olg), cz, FPKs(san), bt, ANFs, PXs, vd, CLOs, CBs, ARCs, OPs, LCX, frag.pz, frag.lit	
2	606270	8394320	C° Incapachita	Intrusivo pórfido andesítico	PGLs(ánd), FPKs(san), cz, ANFs, bt, PXs, CLOs, ep, ap, CBs, OPs	
3	606630	8394290	Cumbre SE C° Señal Incapacha	Intrusivo pórfido andesítico	PGLs, FPKs(san), cz, ANFs, bt, PXs, S, ARCs, CLOs, CBs, OPs	
4	605000	8394180	C° Mesajochá	Lava cuarzo-andesita	PGLs(olg-ánd), FPKs(san), cz, bt, PXs, CLOs, CBs, ep, OPs, LCX, ab, ap	
5	604450	8394425	Abra C° Mesajochá y Huamanrip	Lava andesítica	PGLs(ánd), FPKs(san), cz, ANFs, CLOs, ep, ap, CBs, OPs	
6	604775	8397425	C° Collaorco	Andesita basáltica	PGLs(olg-ánd), PXs(aug), o-bt, ANFs, FPKs, MAFs, vd, CLOs, ARCs, zc	
7	603750	8395740	W C° Arpista Rumi	Lava andesítica	PGLs(ánd), FPKs, ANFs, bt, PXs, MAFs, CLOs, OPs, m.c.(vd), td, zc, ap	
8	602250	8394150	C° Huamanpirca	Lava dacítica porfírica	PGLs(olg-ánd), cz, FPKs, ANFs(o-hnb), o-bt, OPs, CLOs	
9	606290	8393975	S C° Señal Incapachita	Intrusivo pórfido monzodiorítico	PGLs(olg-ánd), FPKs(san), cz, PXs, bt-p, PXs(aug), CLOs, ep, OPs, efn, ZEOs, bt-s	
10	604650	8395920	C° Arpista Rumi	Intrusivo pórfido andesítico	PGLs(ánd), FPKs(san), cz-I, ANFs, bt-p, PXs, CLOs, OPs, mt, m.c., MAFs, bt-s, FP-s, cz-III	

MUESTRAS DE ROCA ALTERADA DE SUPERFICIE CON ESTUDIO PETROGRAFICO Y MINERAGRAFICO

ODIG	COORDENADAS		UBICACIÓN	DENOMINACIÓN	MINERALOGÍA/FRAGMENTOS	ORO (PPB)
	ESTE	NORTE				
11	606000	8394660	C° Señal Incapacha	Silice masiva	cz-I, cz-II, bar, LIMs, MAFs, LCX	< 5
12	606330	8394475	C° Señal Incapacha	Silice masiva	cz-I, cz-II, cz-III, bar, LIMs, rt, LCX	< 5
13	604760	8395970	C° Arpista Rumi	Tufo de Xs andesítico alt. silice granular	cz-p, cz-I, ARCs, aln, vd, MAFs, LCX, rt, OPs, LIMs, frag.lit., frag.vd, frag.Xs	< 5
14	605450	8394859	Muestra de roca N° 45504	Silice vuggy	cz-I, cz-II, aln, S, MAFs, LCX, rt	61
15	606320	8393110	C° Ruruni	Lava andesítica con alt. silice-alunita	cz-I, cz-II, aln, MAFs, rt, LCX	< 5
16	606585	8393873	Muestra de roca N° 42033	Brecha hidrotermal silice-alunita-arcillas	cz-I, aln, ARCs, cz-p, cz-II, LIMs, frag.lit., frag.Xs	51
17	605060	8396840	S C° Collaorco	Lv And. alt. silice opalina y cortada por canal de Bx hidr	cz-cp, opl, aln(n-aln), cz-II, MAFs, LCX, cz-p, frag.lit	< 5
18	605220	8396040	E C° Arpista Rumi	Tufo lítico andesítico alt. silice-arcillas	s.cp., opl, ARCs, aln, cz-I, cz-III, cz-p, OPs, rt, LCX, vd, LIMs, frag.lit., frag.Xs, frag.vd	< 5
19	606500	8394450	C° Señal Incapacha	Brecha freática-hidrotermal silice	cz-I, cz-II, cz-III, OPs, rt, LIMs, LCX, bar, zc, frag.	< 5
20	606289	8394154	Muestra de roca N° 51019	Silice masiva porosa con limonitas	cz-I, cz-II, cz-III, LIMs, hm, rt, zc	6573
21	606379	8393901	Muestra de roca N° 53606	Brecha hidrotermal de silice-óxidos	cz-I, cz-II, cz-III, rt, LIMs, hm, LCX, zc, frag.	5656
22	605535	8394755	Muestra de roca N° 52265	And. porf. alt. cz-aln y cortada por canal de Bx crackle	cz-I, aln, aln-I, cz-p, rt, OPs, LIMs, hm, LCX, frag.	45
23	605992	8394080	Muestra de roca N° 33749	Brecha crackle-hidrotermal silice-baritina-óxidos	cz-p, cz-I, cz-II, bar, LIMs, ARCs, OPs, rt, zc, frag.	142
24	606193	8394052	Muestra de roca N° 51037	Brecha hidrotermal-crackle silice-óxidos	cz-I, cz-II, cz-III, cz-IV, LIMs, rt, OPs, frag.	2004
25	606010	8393705	E Laguna Piña	Brecha freática silice pigmentos de limonitas	cz-I, cz-II, rt, OPs, LIMs, frag.	< 5
26	606289	8394154	Muestra de roca N° 51020	Silice masiva porosa con limonitas	cz-I, cz-II, cz-III, Au, el, clv, ptz, py, rt, S, LIMs(goe)	17390
27	606130	8394112	Muestra de roca N° 51027	Brecha hidrotermal-crackle silice-alunita-óxidos	cz-I, cz-II, aln, aln-I, Au, ptz, py, LIMs(goe), S, rt, zc, frag.	13540

MUESTRAS DE CORES CON ESTUDIO PETROGRAFICO Y MINERAGRAFICO

ODIG	COORDENADAS		UBICACIÓN	DENOMINACIÓN	MINERALOGÍA/FRAGMENTOS	ORO (PPB)
	ESTE	NORTE				
28	603918	8396860	IP-01, 102 m	Tufo lítico andesítico argilizado	ARCs(esm), s.a., cz-p, bt, s.cp., MAFs, CLOs, LIMs, frag.lit., frag.Xs, frag.pz	<5
29	604715	8395970	IP-02, 70 m	Brecha hidrotermal-crackle silice-óxidos	cz-I, cz-II, LIMs, hm, zc, frag.	29
30	605039	8396019	IP-03, 15 m	Brecha hidrotermal silice-óxidos	cz-I, cz-II, aln, rt, LCX, LIMs, frag.lit.	<5
31	605039	8396019	IP-03, 92 m	Tufo de cenizas alt. silice-alunita-arcillas	cz-I, aln, cz-p, rt, OPs, LCX, LIMs, frag.lit.	<5
32	605323	8395285	IP-04, 50 m	Brecha hidrotermal-crackle silice-baritina-óxidos	cz-I, cz-II, cz-III, bar, Au, py, S, rt, LCX, LIMs(goe), frag.	400
33	605323	8395285	IP-04, 100 m	Tufo de Xs And. alt. ARCs-cz con pinta diss	FPs, cz-I, ARCs, rt, MAFs, OPs(py), LCX, LIMs, frag.Xs, frag.lit	<5
34	605072	8395068	IP-05, 52.05 m	Tufo de Xs And. alt. cz-ARCs, canal Bx hidrot-crackle	cz-I, ARCs, cz-II, aln, cz-III, cz-IV, aln-I, OPs, rt, zc, LIMs, frag.Xs, frag.	21
35	605072	8395068	IP-05, 207.40 m	Brecha hidrotermal cz-aln con pinta diss	cz-I, cz-II, cz-III, aln, OPs(py), rt, frag.	26
36	605685	8394940	IP-06, 95 m	Tufo de Xs And. alt. ARCs-cz con pinta diss	ARCs, cz-I, cz-III, aln, MAFs, LCX, OPs(py), frag.Xs, frag.lit	<5
37	606208	8394005	IP-07, 58 m	Brecha hidrotermal silice-óxidos con pinta diss	cz-I, cz-II, cz-III, OPs, rt, zc, LCX, LIMs, frag.	70
38	606208	8394005	IP-07, 130 m	Cto porf. monzodiorítico-tufo de Xs And. alt. ARCs-cz-p	FPs, cz-p, m.a., MAFs, cz-III, ARCs, s.cp., aln, ser?, OPs(LIMs)	<5
39	606208	8394005	IP-07, 160.80 m	Tufo de Xs And. prop. con venilla de ep-tdt-py-nat	PGLs, ANFs, bt, FPKs, MAFs, m.c., ARCs, CLOs, CBs, ep, ZEOs(nat), CGRs(tdt), mt, po, hm	50
40	606377	8393960	IP-08, 30.50 m	Brecha freática-hidrotermal silice-alunita-óxidos	cz-I, cz-II, cz-III, aln, Au, el, py, rt, LCX, LIMs, frag.	306
41	606377	8393960	IP-08, 84.60 m	Intrusivo pórfido monzodiorítico propilitizado	PGLs(olg-ánd), FPKs(san), cz, bt-p, ANFs, PXs, CLOs, bt-s, CBs, OPs, ARCs, cz-III	6
42	606466	8394668	IP-09, 73.20 m	Brecha hidrotermal-crackle silice-baritina-óxidos	cz-I, cz-II, aln, cz-III, bar, ARCs, OPs, rt, LCX, LIMs	<5

CUADRO : Muestras del Proyecto Incapacha con Estudio Petrográfico y Minerográfico

ABREVIATURAS

GRUPO DE MINERALES

Anfiboles	: ANFs	Feldespatos potásicos secundarios	: FPKs-s
Arcillas	: ARCs	Leucoxeno	: LCX
Carbonatos	: CBs	Limonitas	: LIMs
Cobres Grises	: CGRs	Máficos	: MAFs
Cloritas	: CLOs	Opacos	: OPs
Feldespatos	: FPs	Piroxenos	: PXs
Feldespatos secundarios	: FPs-s	Plagioclasas	: PGLs
Feldespatos potásicos	: FPKs	Zeolitas	: ZEOs

MINERALES

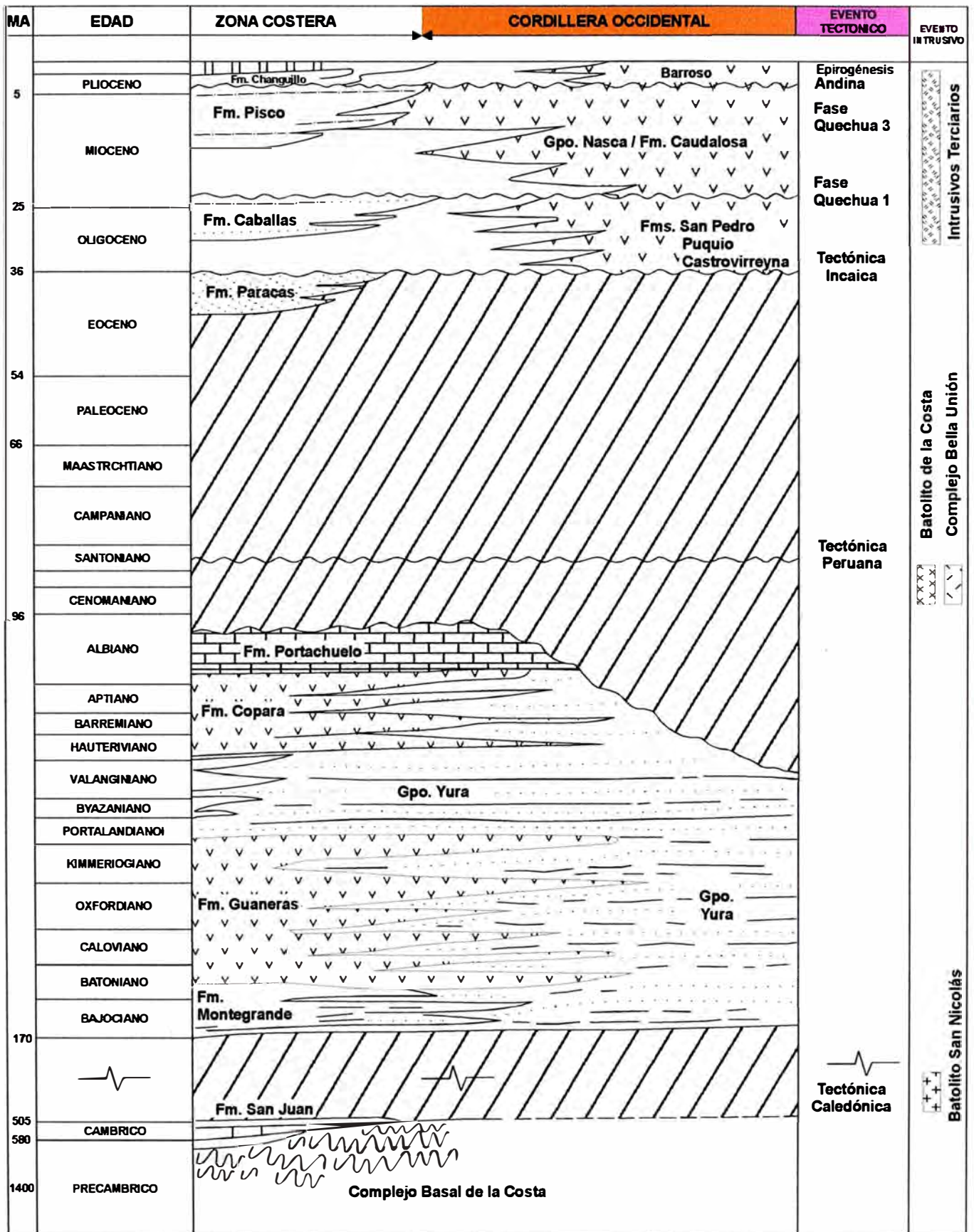
Adularia	: adl	Fluorita	: flr
Albita	: ab	Galena	: gn
Alunita de venillas	: aln-I	Goetita	: goe
Alunita	: aln	Hematita	: hm
Andesina	: and	Hornblenda	: hnb
Apatito	: ap	Illita	: ill
Arsenopirita	: apy	Ilmenita	: il
Augita	: aug	Jarosita	: jar
Azufre	: S	Magnetita	: mt
Baritina	: bar	Material criptocristalino	: m.c.
Biotita	: bt	Microclina	: mcl
Biotita primaria	: bt-p	Muscovita	: mus
Biotita secundaria	: bt-s	Natro-alunita	: n-aln
Bornita	: bn	Natrolita	: nat
Calaverita	: clv	Oro	: Au
Calcita	: cac	Ortosa	: or
Calcopirita	: cp	Oligoclasa	: olg
Calcocita	: cc	Oxibiotita	: o-bt
Covelita	: cv	Oxihornblenda	: o-hnb
Caoliníta	: cao	Petzita	: ptz
Crisocola	: crc	Pirita	: py
Cuarzo	: cz	Pirrotita	: po
Cuarzo criptocristalino	: cz-cp	Rutilo	: rt
Cuarzo de grano fino en matriz	: cz-I	Sanidina	: san
Cuarzo de grano medio en cavidades	: cz-II	Sericita	: ser
Cuarzo de venillas	: cz-III	Sílice amorfa	: s.a.
Cuarzo de drusas	: cz-IV	Sílice criptocristalina	: s.cp.
Cuarzo primario	: cz-p	Tetraedrita	: tdt
Electrum	: el	Tridimita	: trd
Epídota	: ep	Vidrio	: vd
Esfalerita	: ef	Yeso	: ys
Esfena	: efn	Zircón	: zc
Esmectita	: esm		

OTROS

Alteración / alterado	: alt.	Fragmento (s)	: frag.
Andesita / andesítica	: And.	Fragmentos líticos	: frag.lit.
Brecha (s)	: Bx	Fragmentos de vidrio	: frag.vd
Cavidad (es)	: cav	Fragmentos de cristales	: frag.Xs
Contacto	: Cto	Fragmentos de pómez	: frag.pz
Cristal (es)	: Xs	Hidrotermal	: hidrot.
Fenocristal (es) / Feno (s)	: fen	Pómez	: pz
Matriz	: mx	Pórfido / porfirítico	: porf.
Lava (s)	: Lv	Venilla (s)	: vlls

ERATEMA		GENOZOICO					ZONA COSTERA Y FRENTE ANDINO		CORRIERA OCCIDENTAL		FORMACION O GRUPO																		
SISTEMA	SERIE	PISO	FORMACION O GRUPO	ESPESOR (m)	COLUMNA	DESCRIPCION LITOLOGICA	DESCRIPCION LITOLOGICA	COLUMNA	ESPESOR (m)	FORMACION O GRUPO																			
											CUA.	PLIOC.	MIOCENO	ECENO SU.	ECENO I.	ALUVIAL	DESCRIPCION LITOLOGICA	COLUMNA											
MESOZOICO	CRETACICO	INFERIOR	ALBIANO	± 800	PORTA-CHUELO	Areniscas calcáreas conglomer. isb. Ang.	Calizas, Margas y Lutitas Calcáreas	[Diagrama]	[Diagrama]	± 1500	YURA																		
												EOCENO SU.	PARACAS	100-300	Areniscas calcáreas, Calzas Arendeas coquimíferas	[Diagrama]	[Diagrama]												
																		EOCENO I.	CABALLAS	100-100	Limolitas y Areniscas Areniscas calcáreas	[Diagrama]	[Diagrama]						
																								MIOCENO	PISCO	300-400	Lutitas y Limonitas Diatomíticas, Lutitas Berntoníticas, Areniscas Cal cáreas.	[Diagrama]	[Diagrama]
	JURASICO	SUPERIOR	CALOVIANO-ORFORDIANO	GUANEROS	± 2000	[Diagrama]	Derrames. Piroclásticos Andesíticos intercalados con chert, Calizas, Areniscas piroclásticas y Cuarcitas	Areniscas y Cuarcitas intercaladas con Lutitas	[Diagrama]	± 1500	YURA																		
												MEDI	MONTE GRANDE	± 300	Derrames y piroclásticos andesíticos interc. Con Calizas arenosas, Areniscas y margas	[Diagrama]	[Diagrama]												
																		VAL-HAUTER	YURA	± 500	Areniscas cuarcíticas intercaladas con Limolitas y Lutitas	[Diagrama]	[Diagrama]						
																								BARR-APTIA.	COPARA	± 700	Derrames y piroclásticos andesíticos intercalados con Areniscas, Calizas y brechas	[Diagrama]	[Diagrama]
PALEOZOICO	CAMBRI.	COMPLEJO BASAL DE LA COSTA	SAN JUAN	± 300	[Diagrama]	Disc. Ang. Esquistos Mármoles dolomíticos Esquistos y Paragneis	[Diagrama]	[Diagrama]	± 300	SAN PEDRO																			
											MIOCENO	NASCAS	± 300	Tobas Dacíticas, ignimbritas Tobas sueltas Conglomerados	[Diagrama]	[Diagrama]													
																	PLIOC.	CAUD BARR ALDOSA	± 100	Tobas dacíticas, brechas y derrames	[Diagrama]	[Diagrama]							
																							EOCENO SU.	SAN PEDRO	± 100	Tobas dacíticas, derrames andesíticos y sedimentos piroclásticos	[Diagrama]	[Diagrama]	
																													EOCENO I.

Columna Estratigráfica Generalizada de los Cuadrángulos Lomitas, Palpa, Nasca y Puquio. * Incluye al Area de Estudio Tomada del Boletín N°53, Serie A: INGEMMET, 1994

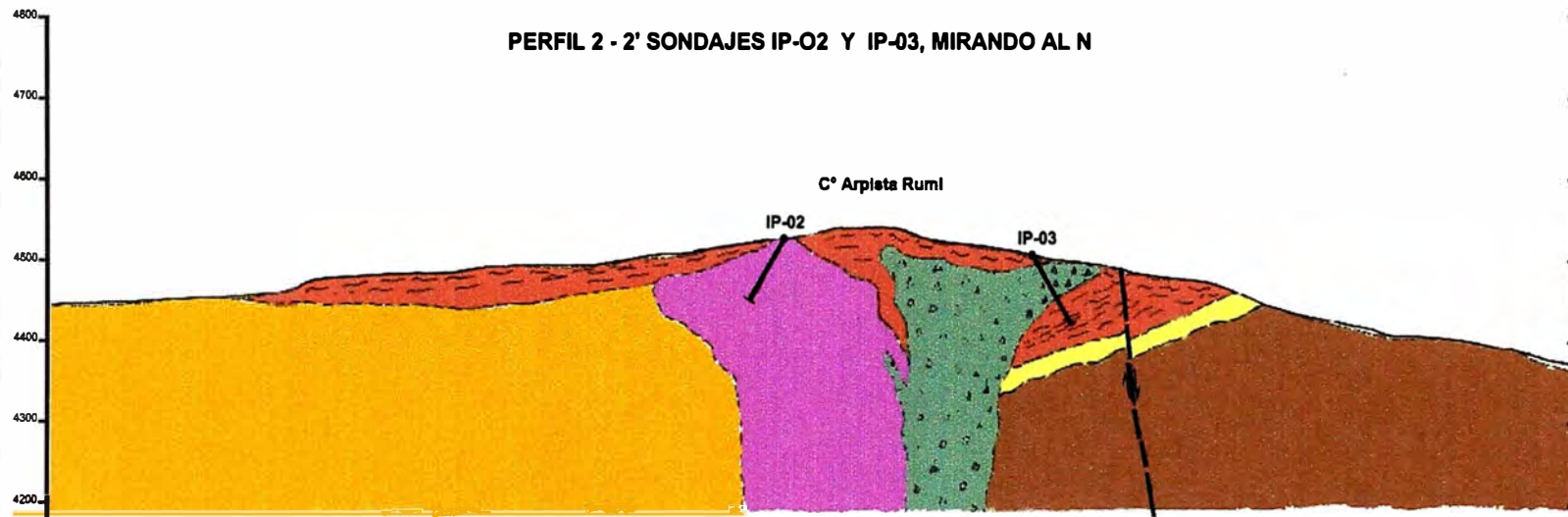


Cronoestratigrafía y Eventos Geológicos de los Cuadrángulos Lomitas, Palpa, Nasca y Puquio. * Incluye al Area de Estudio Tomada del Boletín N°53, Serie A: INGEMMET, 1994

2

2'

PERFIL 2 - 2' SONDAJES IP-02 Y IP-03, MIRANDO AL N



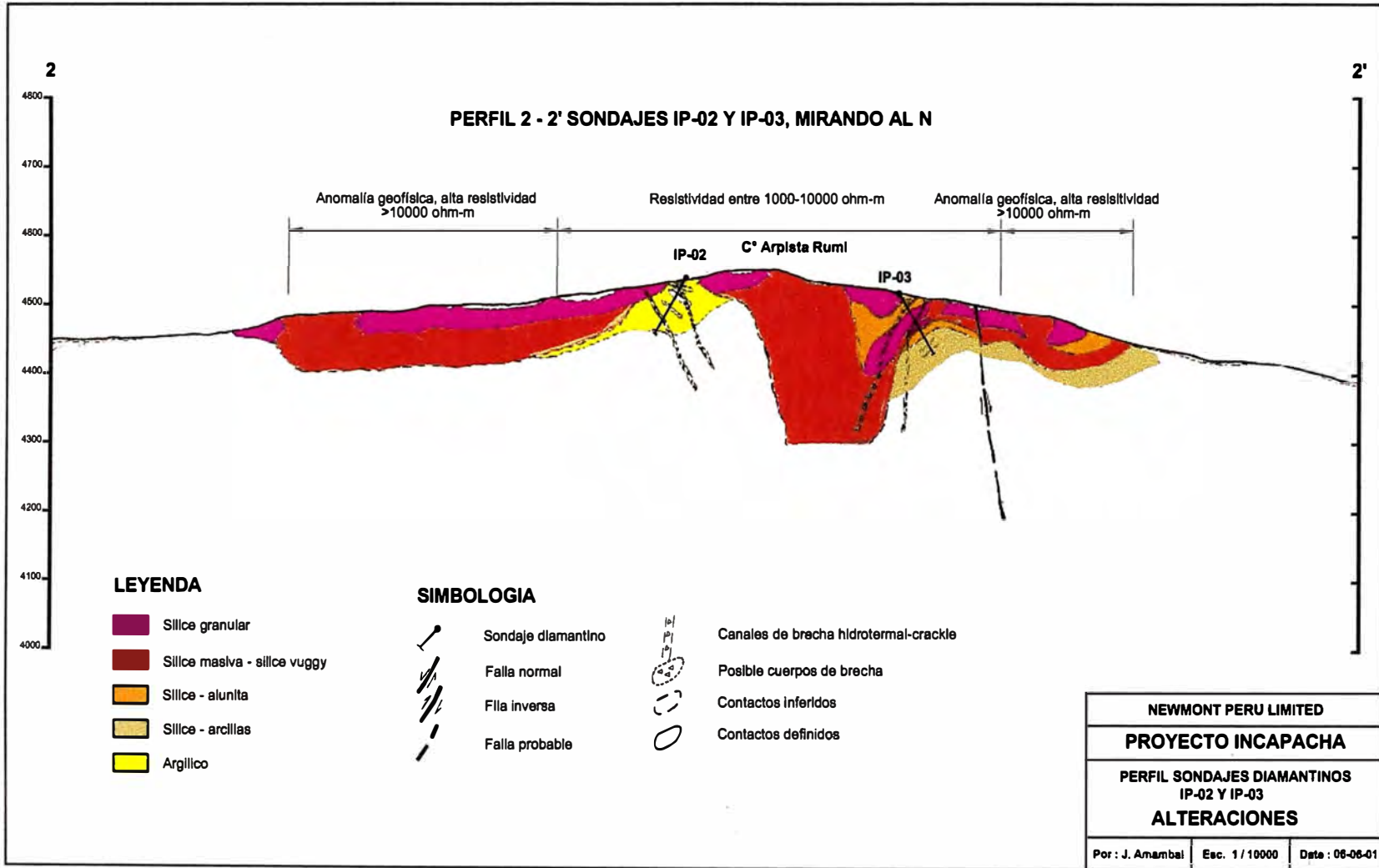
LEYENDA

- Cobertura
- Diatrema (brecha freática-freatomagmática)
- Intrusivo pórfito andesítico
- Tufo de cristales andesítico
- Lavas andesíticas y andesítico-basálticas
- Tufo lítico andesítico
- Ignimbrita riolítica

SIMBOLOGIA

- Sondaje diamantino
- Falla normal
- Falla inversa
- Falla probable
- Fragmentos líticos en periferia de intrusivo
- Brecha freática-freatomagmática
- Flujo bandeado (laminado)
- Contactos inferidos
- Contactos definidos

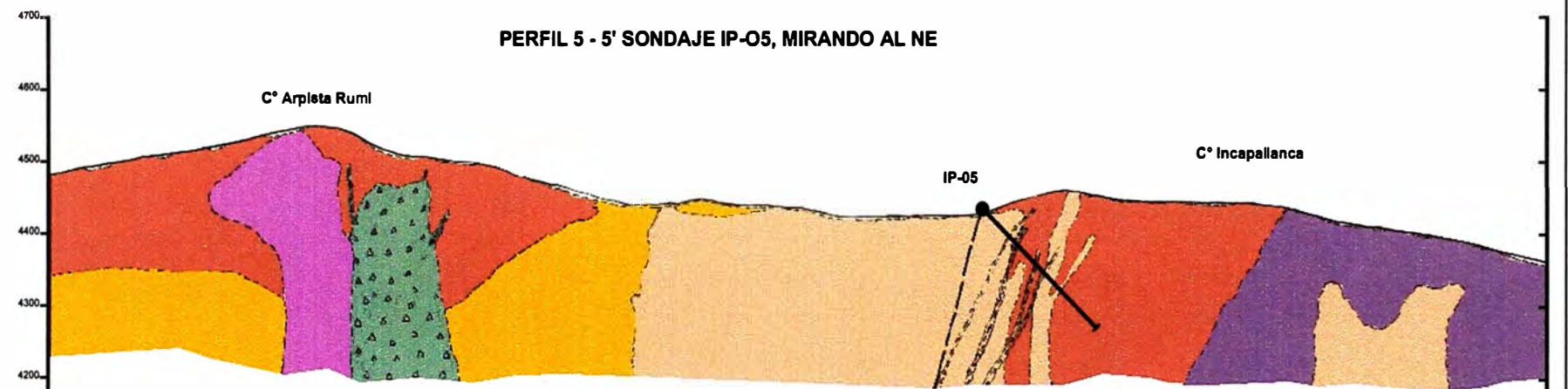
NEWMONT PERU LIMITED		
PROYECTO INCAPACHA		
PERFIL SONDAJES DIAMANTINOS IP-02 Y IP-03		
LITOLÓGICO		
Por : J. Amambal	Esc. 1 / 10000	Date : 06-06-01



5
N20°W

5'
S20°E

PERFIL 5 - 5' SONDAJE IP-05, MIRANDO AL NE



LEYENDA

- Cobertura
- Brecha freática-freatomagmática
- Intrusivo pórfido monzodiorítico
- Intrusivo pórfido andesítico
- Tufo de cristales andesítico
- Lavas andesíticas y andesítico-basálticas
- Lavas cuarzo-andesíticas

SIMBOLOGIA

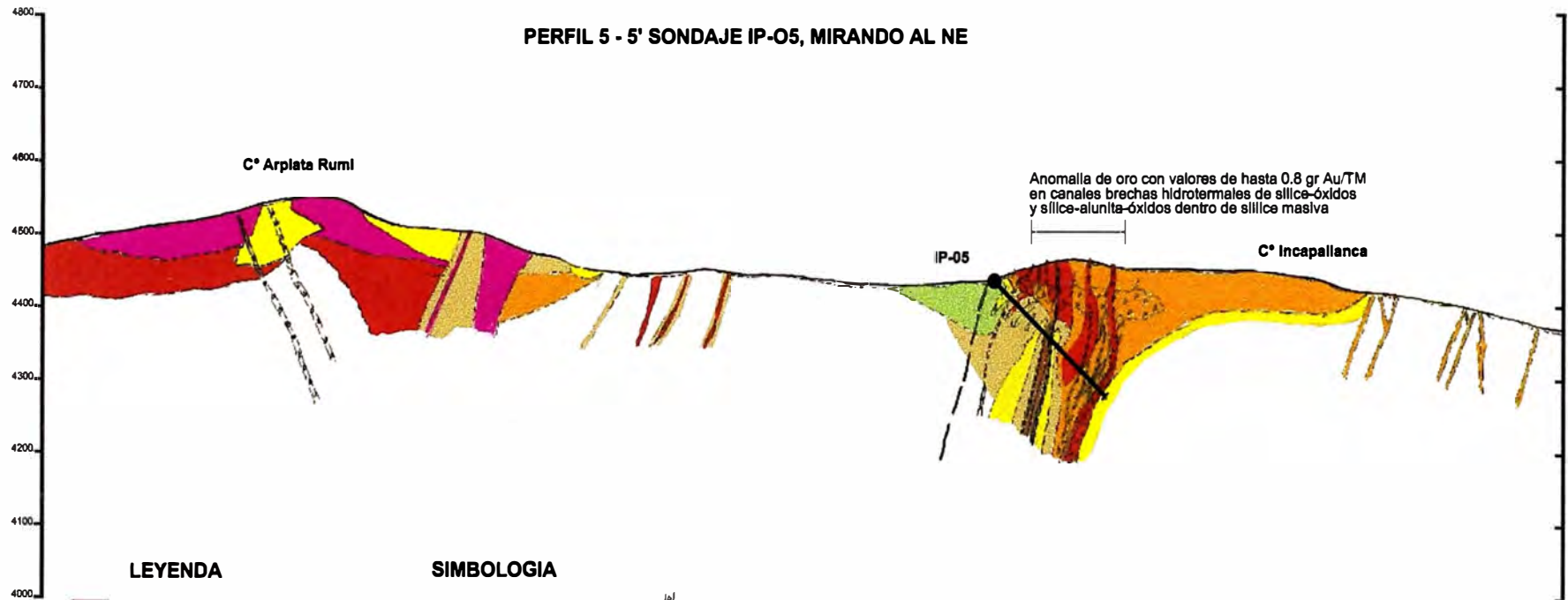
- Sondaje diamantino
- Falla normal
- Falla inversa
- Falla probable
- Fragmentos líticos en periferie de intrusivo
- Brecha freática-freatomagmática
- Flujo bandeado (laminado)
- Contactos inferidos
- Contactos definidos

NEWMONT PERU LIMITED
PROYECTO INCAPACHA
PERFIL SONDAJE DIAMANTINO IP-05
LITOLOGICO
Por : J. Amambal Esc. 1 / 10000 Date : 06-06-01

5
N20°W

5'
S20°E

PERFIL 5 - 5' SONDAJE IP-05, MIRANDO AL NE



C° Arplata Rumi

Anomalia de oro con valores de hasta 0.8 gr Au/TM en canales brechas hidrotermales de sílice-óxidos y sílice-alunita-óxidos dentro de sílice masiva

IP-05

C° Incapallanca

LEYENDA

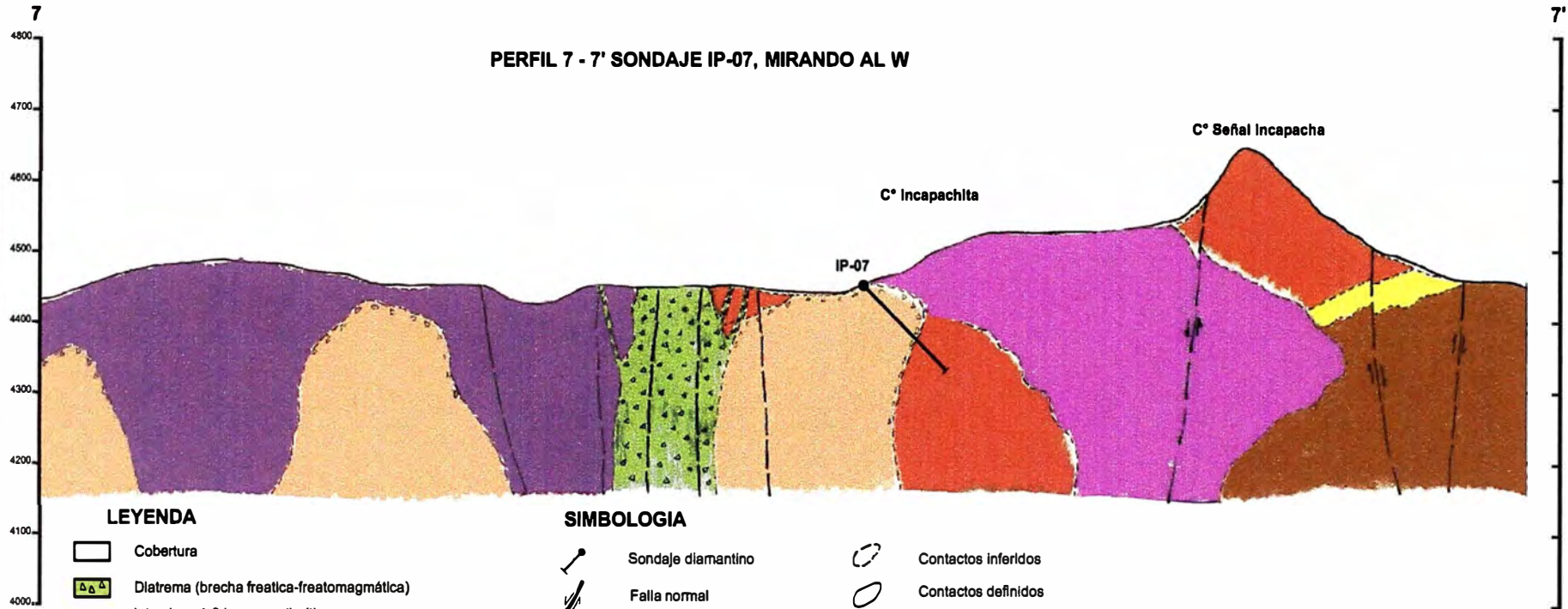
- Sílice granular
- Sílice masiva - sílice vuggy
- Sílice - alunita
- Sílice - arcillas
- Argílico
- Propilítico

SIMBOLOGIA

- Sondeaje diamantino
- Falla normal
- Falla inversa
- Falla probable
- Canales de brecha hidrotermal-crackle
- Posible cuerpos de brecha
- Contactos inferidos
- Contactos definidos

NEWMONT PERU LIMITED		
PROYECTO INCAPACHA		
PERFIL SONDAJE DIAMANTINO IP-05		
ALTERACIONES		
Por : J. Amambal	Esc. 1 / 10000	Date : 06-06-01

PERFIL 7 - 7' SONDAJE IP-07, MIRANDO AL W



LEYENDA

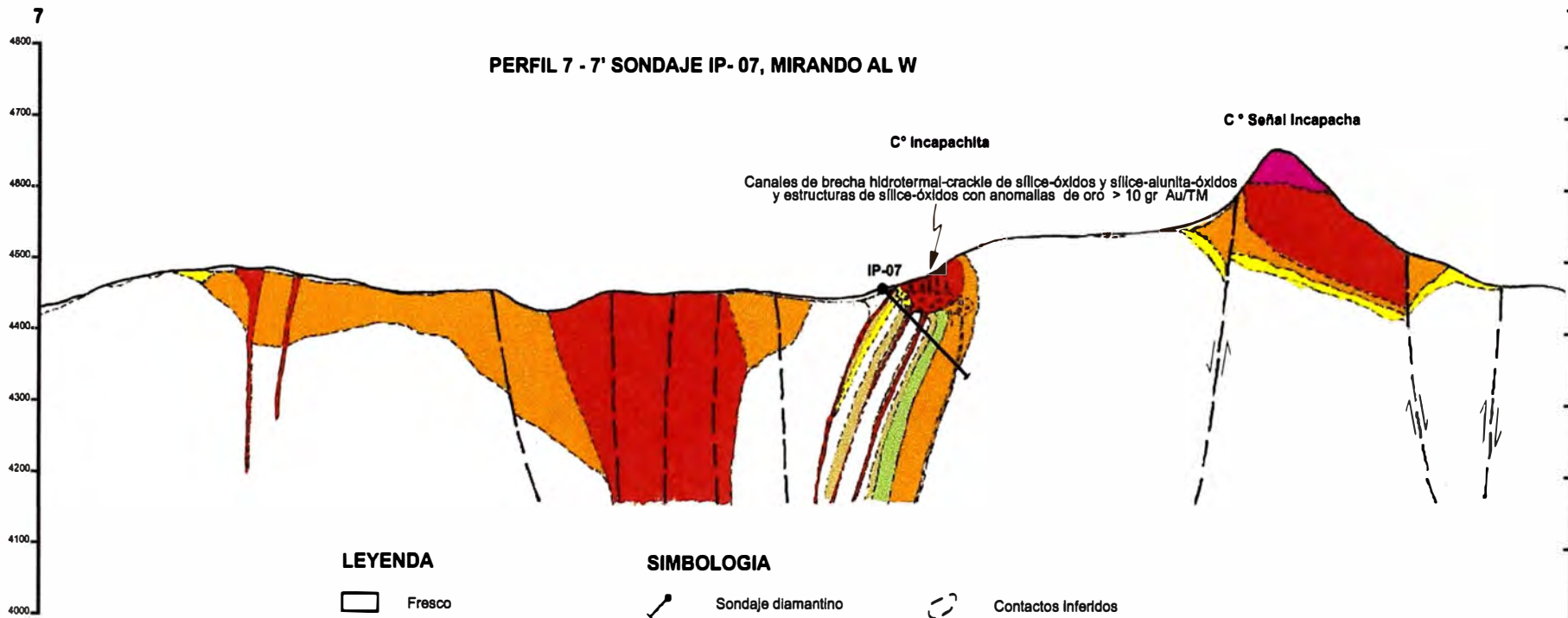
- Cobertura
- Diatrema (brecha freática-freatomagmática)
- Intrusivo pórfido monzodiorítico
- Intrusivo pórfido andesítico
- Tufo de cristales andesítico
- Lavas cuarzo-andesíticas
- Tufo lítico andesítico
- Ignimbrita ríoltica

SIMBOLOGIA

- Sondaje diamantino
- Falla normal
- Falla inversa
- Falla probable
- Fragmentos líticos en periferie de Intrusivo
- Brecha freática-freatomagmática
- Flujo bandeado (laminado)
- Contactos inferidos
- Contactos definidos

NEWMONT PERU LIMITED		
PROYECTO INCAPACHA		
PERFIL SONDAJE DIAMANTINO IP-07		
LITOLOGICO		
Por : J. Amambal	Esc. 1 / 10000	Date : 06-08-01









PERFIL 7 - 7' SONDAJE IP-07, MIRANDO AL W



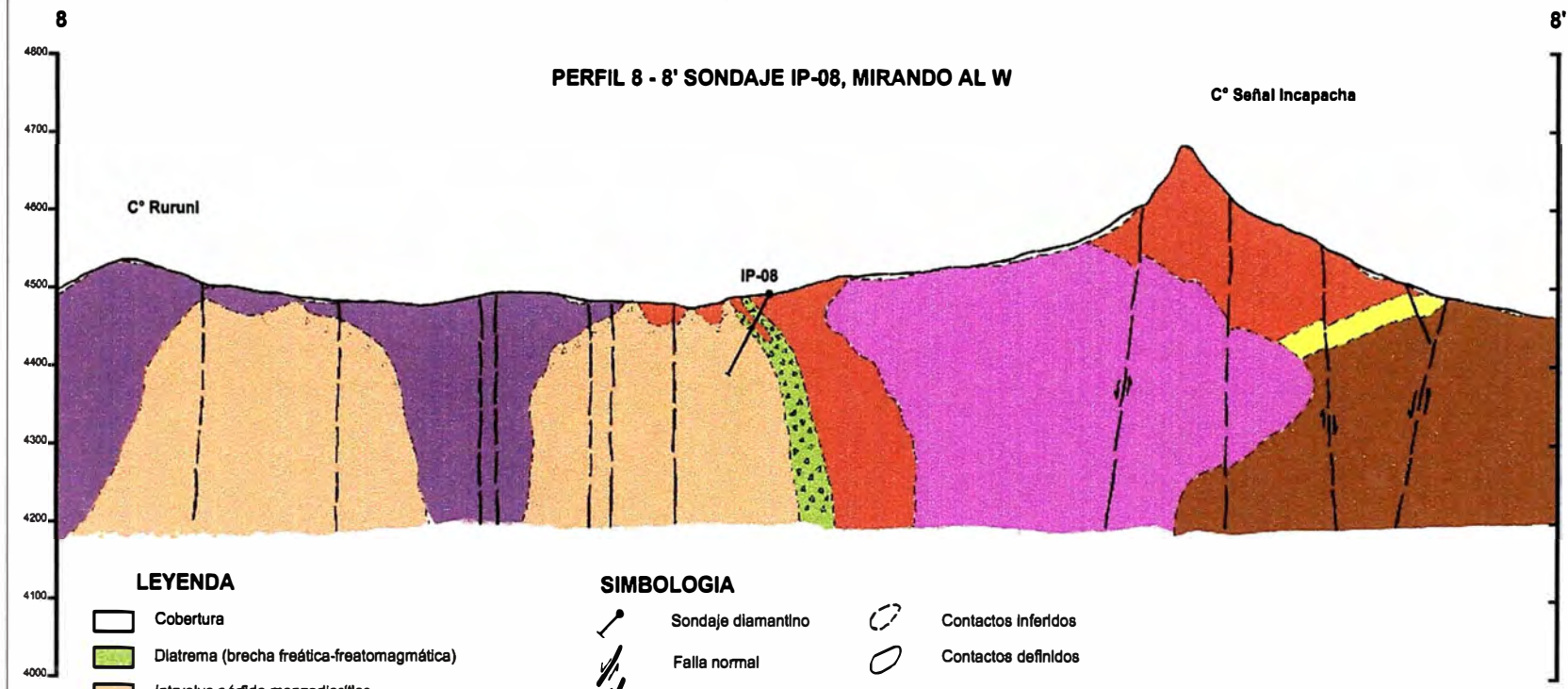
LEYENDA

- Fresco
- Propilítico
- Argílico
- Silíce - arcillas
- Silíce - alunita
- Silíce granular
- Silíce masiva - silíce vuggy

SIMBOLOGIA

-  Sondaje diamantino
-  Falla normal
-  Falla inversa
-  Falla probable
-  Canales de brecha hidrotermal-crackle
-  Posible cuerpos de brecha
-  Contactos inferidos
-  Contactos definidos

NEWMONT PERU LIMITED		
PROYECTO INCAPACHA		
PERFIL SONDAJE DIAMANTINO IP-07		
ALTERACIONES		
Por : J. Amambal	Esc. 1 / 10000	Date : 06-08-01



PERFIL 8 - 8' SONDAJE IP-08, MIRANDO AL W

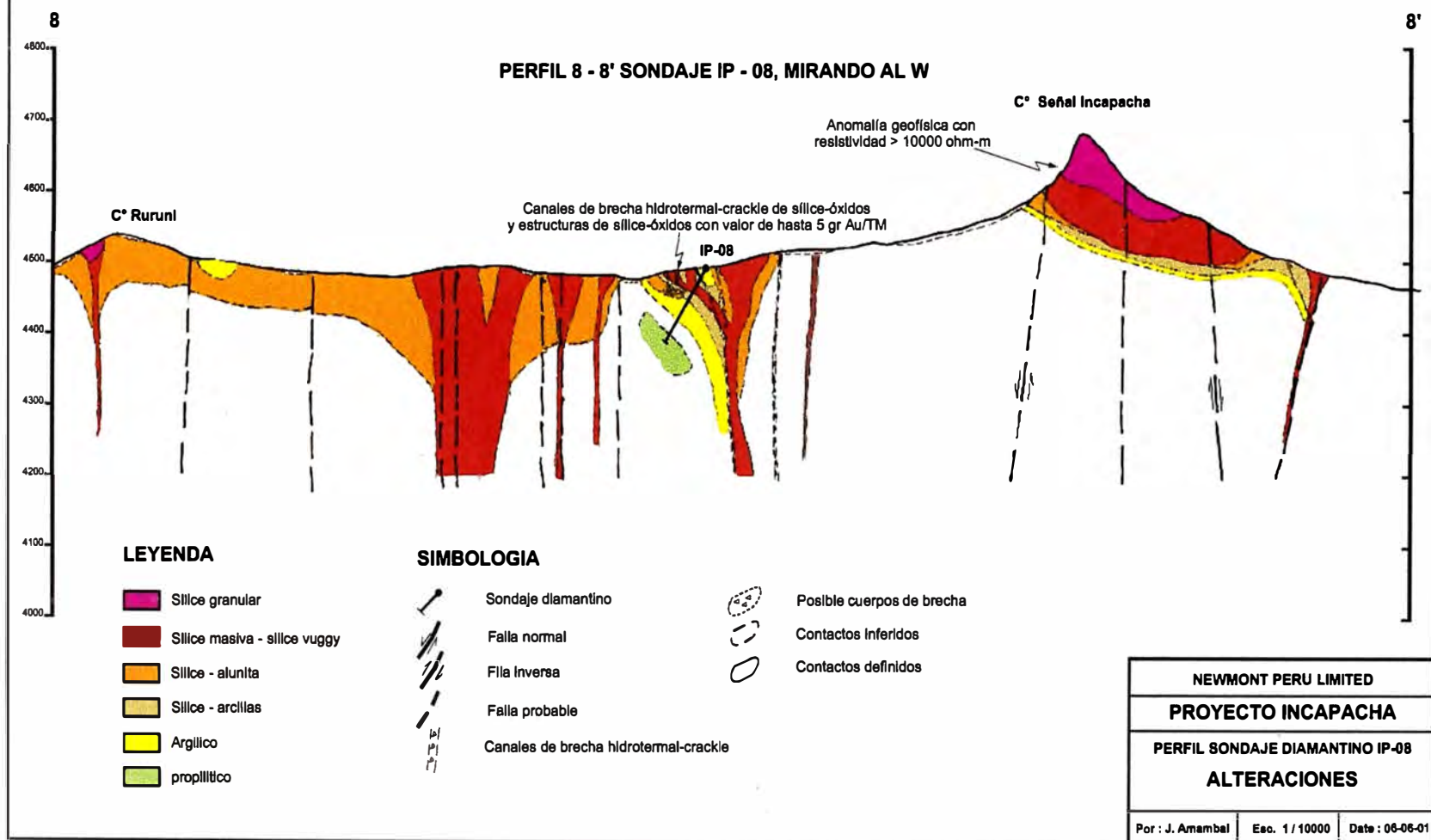
LEYENDA

	Cobertura
	Diatrema (brecha freática-freatomagmática)
	Intrusivo pórfido monzodiorítico
	Intrusivo pórfido andesítico
	Tufo de cristales andesítico
	Lavas cuarzo-andesíticas
	Tufo lítico andesítico
	Ignimbrita riolítica

SIMBOLOGIA

	Sondaje diamantino		Contactos inferidos
	Falla normal		Contactos definidos
	Falla inversa		
	Falla probable		
	Fragmentos líticos en periferie de intrusivo		
	Brecha freática-freatomagmática		
	Flujo bandeado (laminado)		

NEWMONT PERU LIMITED		
PROYECTO INCAPACHA		
PERFIL SONDAJE DIAMANTINO IP-08		
LITOLOGICO		
Por : J. Amambal	Esc. 1 / 10000	Data : 08-08-01



PERFIL 8 - 8' SONDAJE IP - 08, MIRANDO AL W

8
4800
4700
4600
4500
4400
4300
4200
4100
4000

8'

LEYENDA

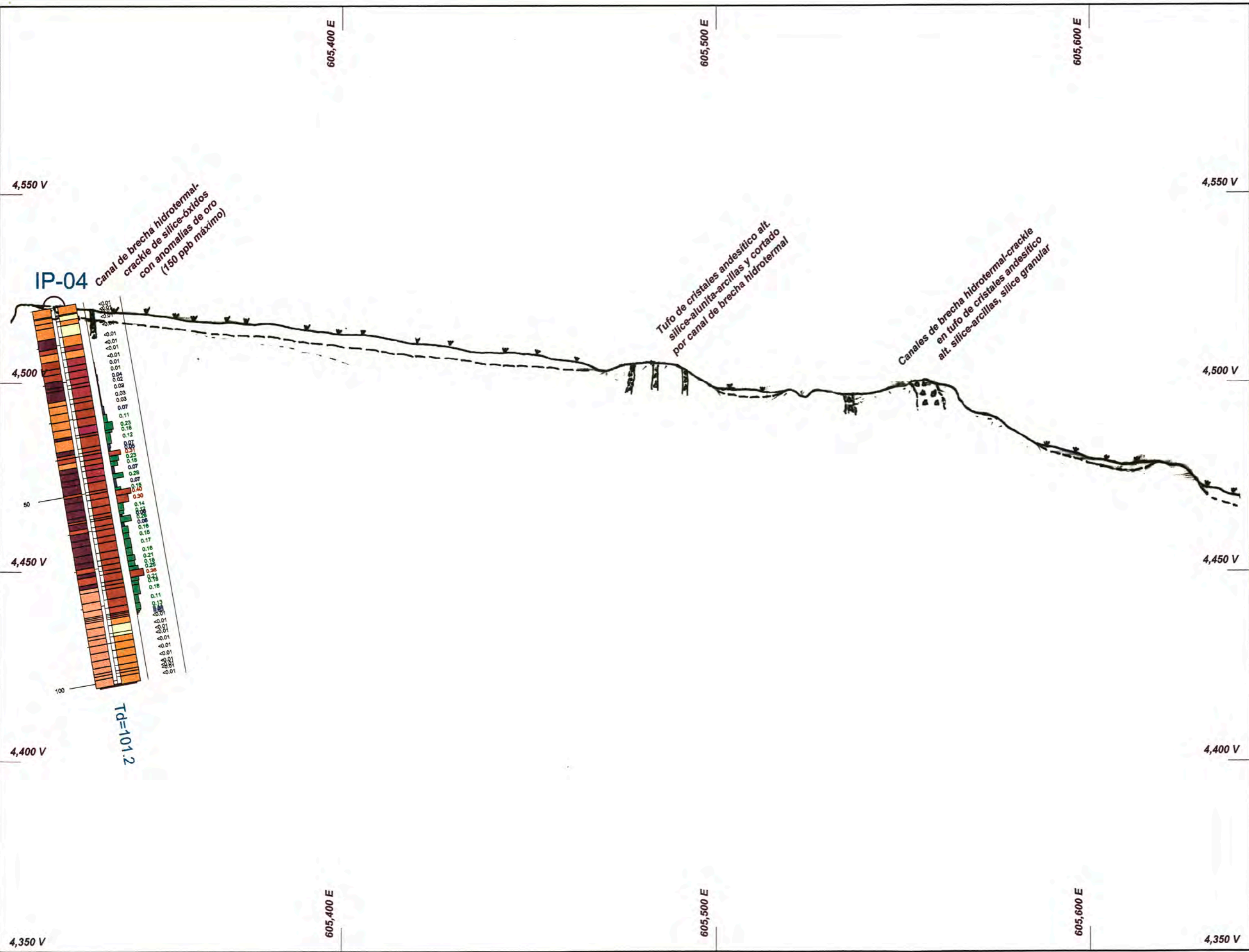
- Silice granular
- Silice masiva - silice vuggy
- Silice - alunita
- Silice - arcillas
- Argilico
- propilítico

SIMBOLOGIA

- Sondaje diamantino
- Falla normal
- Falla inversa
- Falla probable
- Canales de brecha hidrotermal-crackle
- Posible cuerpos de brecha
- Contactos inferidos
- Contactos definidos

NEWMONT PERU LIMITED		
PROYECTO INCAPACHA		
PERFIL SONDAJE DIAMANTINO IP-08		
ALTERACIONES		
Por : J. Amambal	Esc. 1/10000	Date : 06-06-01

PLANO 01



EXPLANATION

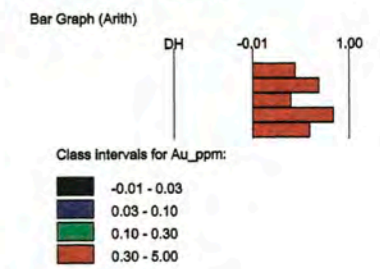
DOWNHOLE LITHOLOGY

- Pattern graph from -6 to 6 meters from drillhole trace.
Width of pattern graph is constant.
Class intervals for Lithology:
- BPI, BRECHA PRIMARIA
 - BXC, BRECHA CRACKLE
 - BXF, BRECHA FREÁTICA
 - BXFM, BRECHA FREATOMAGMÁTICA
 - BXH, BRECHA HIDROTÉRMAL
 - BXM, BRECHA MECÁNICA
 - COB, COBERTURA
 - FPL, LAVA PORFIRÍTICA O ROCA FRAGMENTAL
 - PYX, BRECHA PIROCLÁSTICA
 - PI, INTRUSIVO PORFIDO MONZODIORÍTICO
 - TF, TUFO FINO ANDESÍTICO
 - TFX, TUFO DE CRISTALES ANDESÍTICO

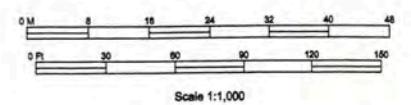
DOWNHOLE ALTERATION

- Pattern graph from 1 to 6 meters from drillhole trace.
Width of pattern graph is constant.
Class intervals for Alteration:
- C, ARGÍLICA
 - FR, ROCA FRESCA
 - OP, OPALINA
 - PRO, PROPILÍTICA
 - SA, SILICE ALUNITA
 - SC, SILICE ARCILLAS
 - SG, SILICE GRANULAR
 - SM, SILICE MASIVA
 - SO, SILICE OXIDOS
 - SV, SILICE VUGGY

DOWNHOLE AU-PPM

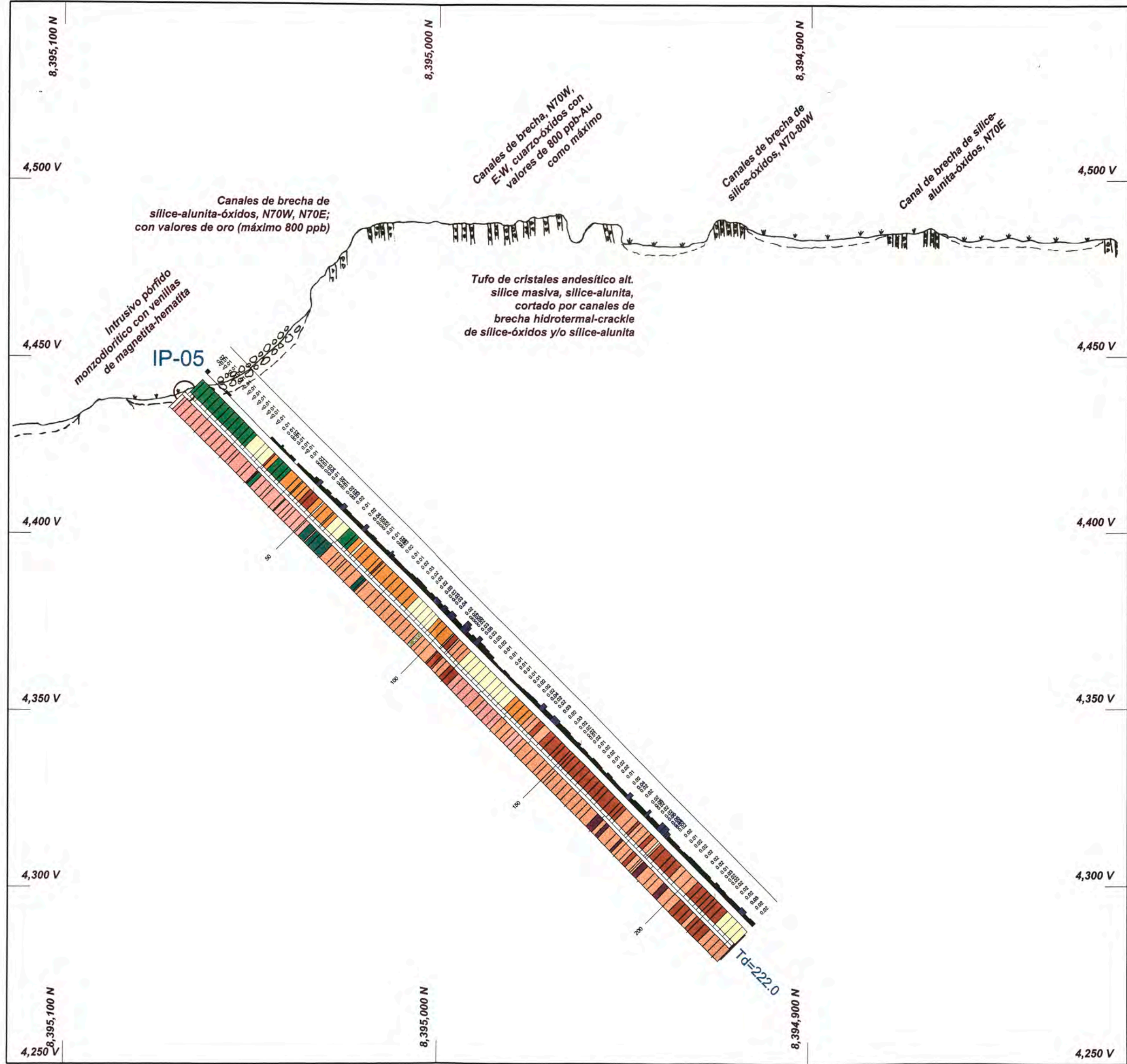


SECTION PLANE:
Origin X/Y/Z: 605,308 / 8,395,285 / 4,350
Azmlnc: 90 / 90
Length: 335
Height: 250
Thickness: 20 (on each side)
Units are meters.



NEWMONT PERU LIMITED	
INCAPACHA PROJECT	
SECTION DRILLHOLE IP-04 LITHOLOGY AND ALTERATION GOLD VALUES (PPM)	
By: J. Amambal	Scale: 1/1000

PLANO 02



EXPLANATION

DOWNHOLE LITHOLOGY

Pattern graph from -6 to 5 meters from drillhole trace.
Width of pattern graph is constant.

Class intervals for Lithology:

- BPI, BRECHA PRIMARIA
- BXC, BRECHA CRACKLE
- BXF, BRECHA FREATICA
- BXFM, BRECHA FREATOMAGMATICA
- BXH, BRECHA HIDROTHERMAL
- BXM, BRECHA MECANICA
- COB, COBERTURA
- FPL, LAVA PORFIRITICA O ROCA FRAGMENTAL
- PYX, BRECHA PROCLASTICA
- PI, INTRUSIVO PORFIDO MONZODIORITICO
- TF, TUFO FINO ANDESITICO
- TFX, TUFO DE CRISTALES ANDESITICO

DOWNHOLE ALTERATION

Pattern graph from 1 to 5 meters from drillhole trace.
Width of pattern graph is constant.

Class intervals for Alteration:

- C, ARGILICA
- FR, ROCA FRESCA
- OP, OPALINA
- PRO, PROPILITICA
- SA, SILICE ALUNITA
- SC, SILICE ARCILLAS
- SG, SILICE GRANULAR
- SM, SILICE MASIVA
- SO, SILICE OXIDOS
- SV, SILICE VUGGY

DOWNHOLE AU-PPM

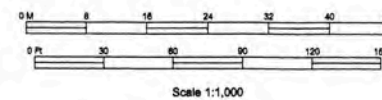
Bar Graph (Arith)



Class intervals for Au_ppm:

- 0.01 - 0.03
- 0.03 - 0.10
- 0.10 - 0.30
- 0.30 - 5.00

SECTION PLANE:
Origin X/Y/Z: 605,054 / 8,395,115 / 4,250
Azim/Inc: 160 / 90
Length: 320
Height: 300
Thickness: 20 (on each side)
Units are meters.



NEWMONT PERU LIMITED

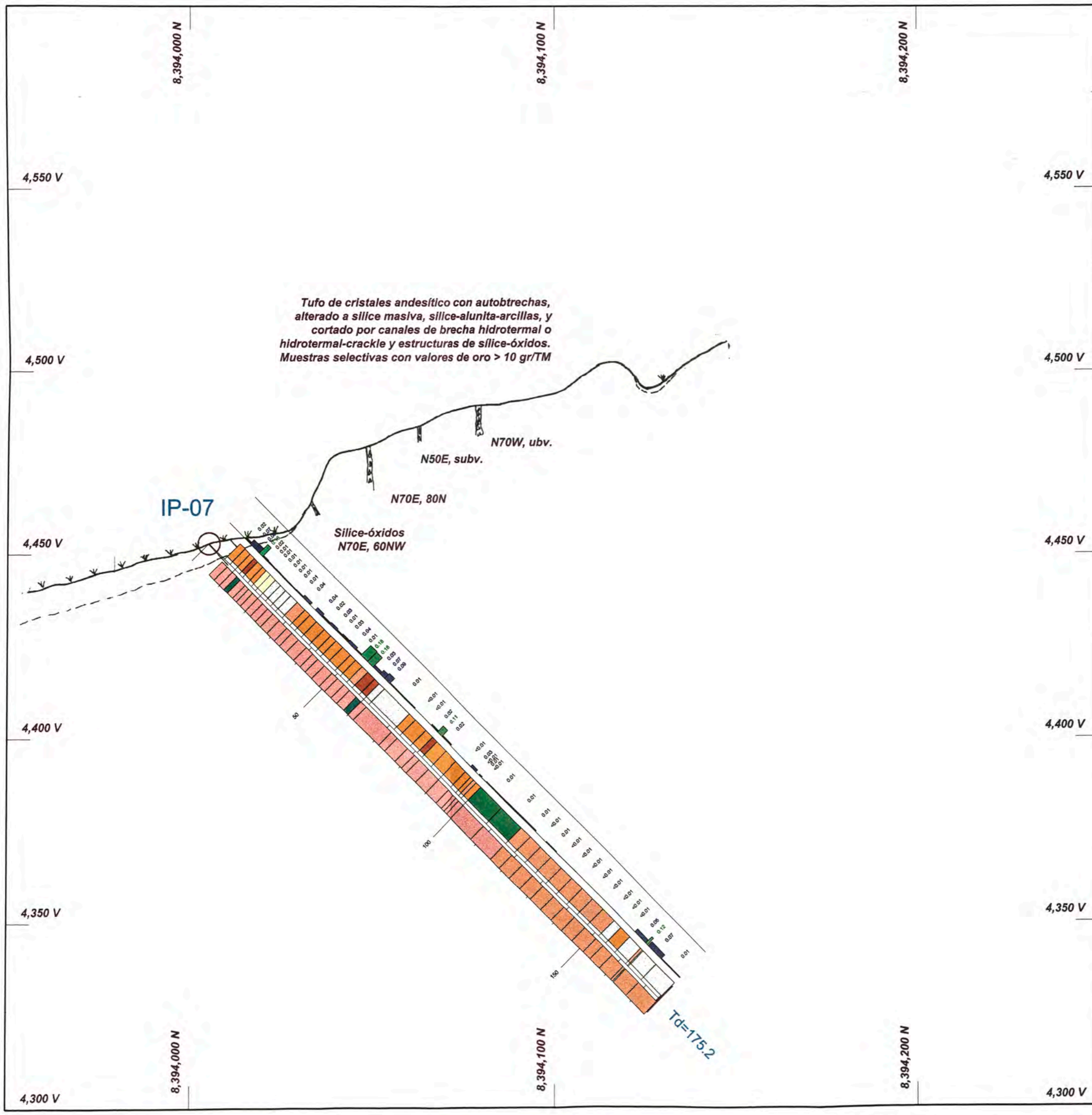
INCAPACHA PROJECT

SECTION DRILLHOLE IP-05
LITHOLOGY AND ALTERATION
GOLD VALUES (PPM)

By: J. Amambal

Scale: 1/1000

PLANO 03



EXPLANATION

DOWNHOLE LITHOLOGY

Pattern graph from -8 to 5 meters from drillhole trace.
Width of pattern graph is constant.

Class intervals for Lithology:

- BPI, BRECHA PRIMARIA
- BXC, BRECHA CRACKLE
- BXF, BRECHA FREATICA
- BXFM, BRECHA FREATOMAGMATICA
- BXH, BRECHA HIDROTHERMAL
- BXM, BRECHA MECANICA
- COB, COBERTURA
- FPL, LAVA PORFIRITICA O ROCA FRAGMENTAL
- PYX, BRECHA PIROCLASTICA
- PI, INTRUSIVO PORFIDO MONZODIORITICO
- TF, TUFO FINO ANDESITICO
- TFX, TUFO DE CRISTALES ANDESITICO

DOWNHOLE ALTERATION

Pattern graph from 1 to 5 meters from drillhole trace.
Width of pattern graph is constant.

Class intervals for Alteration:

- C, ARGILICA
- FR, ROCA FRESCA
- OP, OPALINA
- PRO, PROPLITICA
- SA, SILICE ALUNITA
- SC, SILICE ARCILLAS
- SG, SILICE GRANULAR
- SM, SILICE MASIVA
- SO, SILICE OXIDOS
- SV, SILICE VUGGY

DOWNHOLE AU-PPM

Bar Graph (Arith)



Class intervals for Au_ppm:

- 0.01 - 0.03
- 0.03 - 0.10
- 0.10 - 0.30
- 0.30 - 5.00

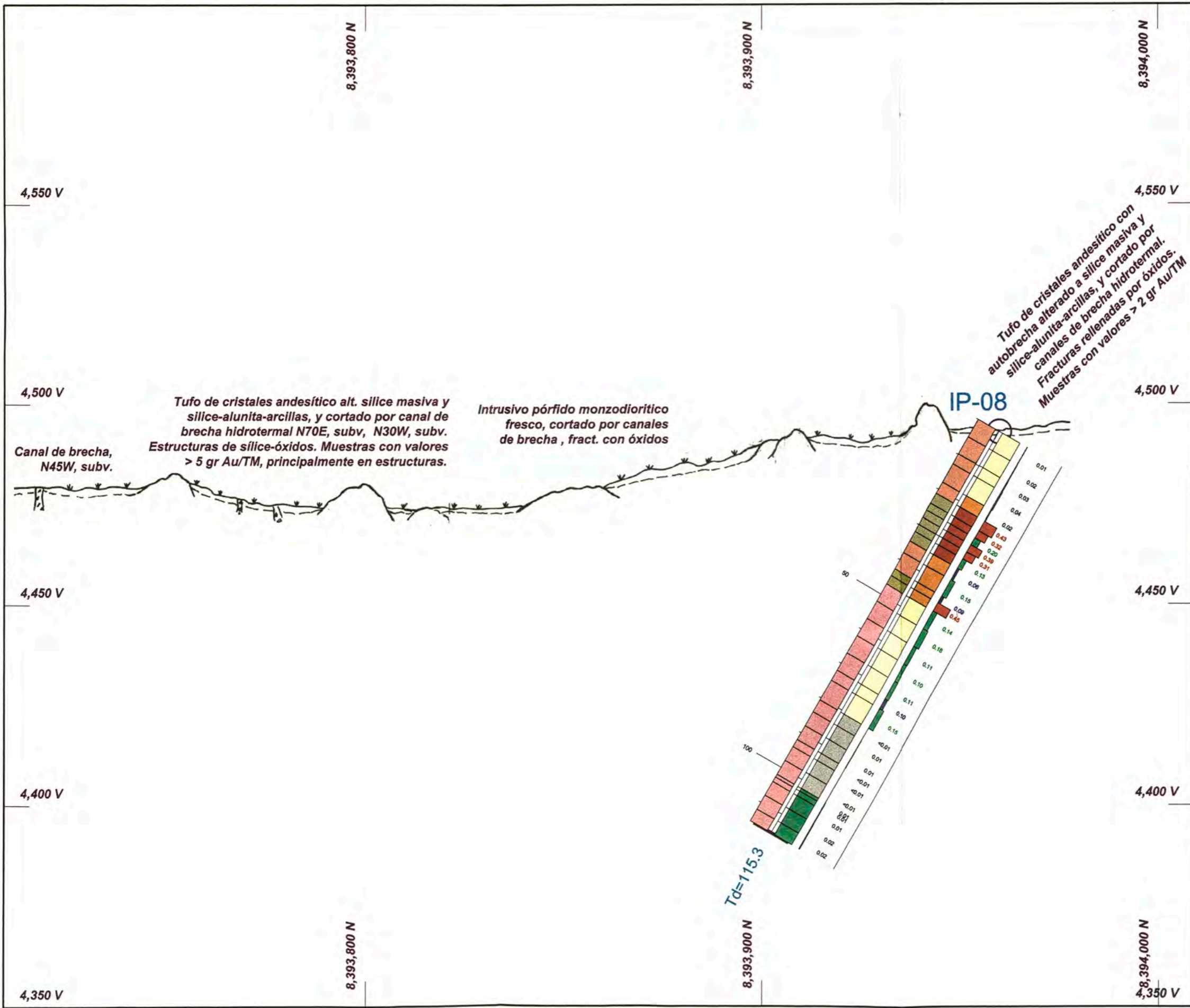
SECTION PLANE:

Origin X/Y/Z: 608,208 / 8,393,950 / 4,300
Azmlnc: 0 / 90
Length: 300
Height: 300
Thickness: 20 (on each side)
Units are meters.



NEWMONT PERU LIMITED	
INCAPACHA PROJECT	
SECTION DRILLHOLE IP-07 LITHOLOGY AND ALTERATION GOLD VALUES (PPM)	
By: J. Amambal	Scale: 1/1000

PLANO 04



EXPLANATION

DOWNHOLE LITHOLOGY

Pattern graph from -6 to 5 meters from drillhole trace.
Width of pattern graph is constant.

- Class Intervals for Lithology:
- BPI, BRECHA PRIMARIA
 - BXC, BRECHA CRACKLE
 - BXF, BRECHA FREÁTICA
 - BXFM, BRECHA FREATOMAGMÁTICA
 - BXH, BRECHA HIDROTÉRMAL
 - BXM, BRECHA MECÁNICA
 - COB, COBERTURA
 - FPL, LAVA PORFIRÍTICA O ROCA FRAGMENTAL
 - PYX, BRECHA PIROCLÁSTICA
 - PI, INTRUSIVO PORFIDO MONZODIORÍTICO
 - TF, TUFO FINO ANDESÍTICO
 - TFX, TUFO DE CRISTALES ANDESÍTICO

DOWNHOLE ALTERATION

Pattern graph from 1 to 5 meters from drillhole trace.
Width of pattern graph is constant.

- Class Intervals for Alteration:
- C, ARGÍLICA
 - FR, ROCA FRESCA
 - OP, OPALINA
 - PRO, PROPILÍTICA
 - SA, SILICE ALUNITA
 - SC, SILICE ARCILLAS
 - SG, SILICE GRANULAR
 - SM, SILICE MASIVA
 - SO, SILICE OXIDOS
 - SV, SILICE VUGGY

DOWNHOLE AU-PPM

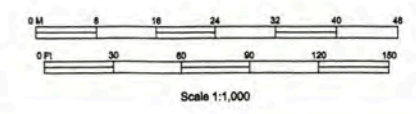
Bar Graph (Arith)



Class Intervals for Au_ppm:

- 0.01 - 0.03
- 0.03 - 0.10
- 0.10 - 0.30
- 0.30 - 5.00

SECTION PLANE:
Origin XYZ: 606,377 / 8,393,709 / 4,350
Azim/Inc: 360 / 90
Length: 300
Height: 250
Thickness: 20 (on each side)
Units are meters.



NEWMONT PERU LIMITED	
INCAPACHA PROJECT	
SECTION DRILLHOLE IP-08	
LITHOLOGY AND ALTERATION	
GOLD VALUES (PPM)	
By: J. Amambal	Scale: 1/1000