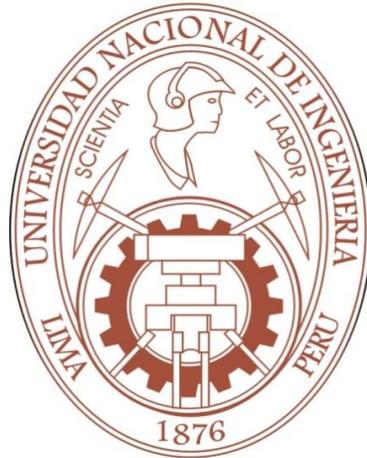


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA
SECCIÓN DE POSGRADO



**“GÉNESIS Y CONTROLES LITOSTRUCTURALES DEL
YACIMIENTO POLIMETÁLICO INVICTA
DISTRITO HUAURA – LIMA”**

TESIS

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS
CON MENCIÓN EN:**

INGENIERÍA GEOLÓGICA

PRESENTADO POR:

ALFONSO EDMUNDO HUAMÁN GUERRERO

LIMA - PERÚ

2010

ÌNDICE

AGRADECIMIENTOS.....	2
RESUMEN.....	7
ABSTRACT.....	9
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1 ANTECEDENTES.....	11
1.2 UBICACIÓN Y ACCESO.....	11
1.3 PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN.....	14
1.3.1 Planteamiento.....	14
1.3.1 Objetivos.....	15
II. METODOLOGÍA.....	16
2.1 REVISIÓN DE ESTUDIOS ANTERIORES.....	16
2.2 TRABAJOS DE CAMPO.....	17
2.2.1 Revisión de mapeos de superficie e interior mina y de logueos de perforación diamantina.....	17
2.2.2 Toma de muestras de rocas y minerales en superficie,interior mina y en testigos de perfración diamantina, para investigaciones de laboratorio.....	17
2.2.3 Revisión de resultados de perforación diamantina actual.....	18
2.3 ANÁLISIS DE LABORATORIO.....	18
III. GEOLOGÍA REGIONAL.....	20
3.1 EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA Y ESTRUCTURAL.....	20
3.1.1 Geomorfología.....	20
3.1.2 Marco estructural.....	22
3.2 ESTRATIGRAFÍA.....	22
3.3 ROCAS ÍGNEAS.....	24
3.4 GEOCRONOLOGÍA Y EVOLUCIÓN TECTÓNICA.....	27
3.4.1 Geocronología.....	27
3.4.2 Evolución tectónica.....	29
IV. GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO INVICTA.....	30
4.1 ROCAS INTRUSIVAS Y VOLCÁNICAS.....	30
4.2 MARCO ESTRUCTURAL.....	32
4.2.1 Plegamiento y fallamiento.....	32

4.2.2 Sistemas estructurales asociados a la mineralización.....	34
4.3 DESCRIPCIÓN DE ESTRUCTURAS MINERALIZADAS.....	39
4.3.1 Veta Atenea.....	39
4.3.2 Veta Danny.....	44
4.3.3 Veta Pucamina.....	46
4.3.4 Veta Ydalia.....	50
4.3.5 Zonas 2, 3, 4 y 7.....	51
4.3.6 Cuerpos silicificados.....	53
4.3.6.1 Cuerpo Silicificado 1.....	54
4.3.6.2 Cuerpo Silicificado 2.....	58
4.3.6.3 Cuerpo Silicificado 3.....	58
4.3.6.4 Cuerpo Silicificado 4.....	60
V. GEOQUÍMICA.....	62
VI. GEOFÍSICA.....	64
VII. INVESTIGACIONES DE LABORATORIO.....	69
7.1 SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE MUESTRAS.....	69
7.2 RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS DE LABORATORIO.....	72
7.2.1 Caracterización petrográfica.....	73
7.2.2 Caracterización minerográfica.....	76
7.2.2.1 Veta Atenea.....	76
7.2.2.2 Veta Danny.....	79
7.2.2.3 Veta Pucamina.....	82
7.2.3 Inclusiones fluidas.....	83
7.2.3.1 Veta Atenea.....	83
7.2.3.2 Veta Danny.....	86
7.2.3.3 Veta Pucamina.....	88
VIII. INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	90
8.1 CONTROLES ESTRUCTURALES.....	90
8.2 ESTUDIOS GEOFÍSICOS.....	90
8.3 PETROGRAFÍA.....	90
8.3.1 Alteraciones hidrotermales y asociación de minerales.....	91
8.4 MINERAGRAFÍA.....	92
8.4.1 Veta Atenea.....	92

8.4.2 Veta Danny.....	93
8.2.3 Veta Pucamina.....	94
8.5 INCLUSIONES FLUIDAS.....	95
8.5.1 Veta Atenea.....	95
8.5.1 Veta Danny.....	99
8.5.3 Veta Pucamina.....	103
IX. GÉNESIS Y MODELO GEOLÓGICO DEL YACIMIENTO.....	106
CONCLUSIONES.....	114
RECOMENDACIONES.....	117
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	118

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1: Mapas de ubicación y accesibilidad.....</i>	13
<i>Figura 2: Señal Yuracpunta.....</i>	21
<i>Figura 3: Estratigrafía regional.....</i>	23
<i>Figura 4: Segmentos del Batolito de la Costa.....</i>	25
<i>Figura 5: Segmento de Lima y Complejos de Santa Rosa y Paccho.....</i>	26
<i>Figura 6: Cuerpos intrusivos fuera del Batolito de la Costa.....</i>	27
<i>Figura 7: Edades radiométricas de la zona de estudio.....</i>	28
<i>Figura 8: Mapa geológico de la mina Invicta.....</i>	31
<i>Figura 9: Mapa estructural (imagen satelital).....</i>	33
<i>Figura 10: Sistemas estructurales asociados a la mineralización.....</i>	35
<i>Figura 11: Brecha de Atenea.....</i>	36
<i>Figura 12: Mapa geológico mostrando fallas.....</i>	38
<i>Figura 13: Veta Atenea.....</i>	40
<i>Figura 14: Sección veta Atenea.....</i>	41
<i>Figura 15: Sección veta Atenea.....</i>	42
<i>Figura 16: Roca caja, veta Atenea.....</i>	43
<i>Figura 17: Stockwork, veta Atenea.....</i>	44
<i>Figura 18: Veta- falla Danny.....</i>	45
<i>Figura 19: Veta Danny.....</i>	46
<i>Figura 20: Veta Pucamina en sector SE.....</i>	47
<i>Figura 21: Sección veta Pucamina.....</i>	48
<i>Figura 22: Estructura Pucamina en sector SE.....</i>	49
<i>Figura 23: Afloramiento veta Pucamina.....</i>	49
<i>Figura 24: Sector de Ydalia.....</i>	50
<i>Figura 25: Sector Ydalia.....</i>	51
<i>Figura 26: Veta Juan en Zona 3.....</i>	52
<i>Figura 27: Mineralización en zona 7.....</i>	53
<i>Figura 28: Afloramientos en cuerpo 1.....</i>	55
<i>Figura 29: Fracturamiento en cuerpo 1.....</i>	56
<i>Figura 30: Generaciones de cuarzo en Cuerpo 1.....</i>	57
<i>Figura 31: Venillas y concentraciones de cuarzo en cuerpo 1.....</i>	58
<i>Figura 32: Sector central del cuerpo 3.....</i>	59

<i>Figura 33: Brecha silicificada en cuerpo 3</i>	60
<i>Figura 34: Cuerpo silicificado 4</i>	61
<i>Figura 35: Mapa geoquímico de sedimentos de quebrada</i>	63
<i>Figura 36: Sector suroeste del yacimiento Invicta</i>	65
<i>Figura 37: Mapas de cargabilidad y resistividad a 100 m. de profundidad</i>	66
<i>Figura 38: Mapas de cargabilidad y resistividad a 200 m. de profundidad</i>	67
<i>Figura 39: Mapa geológico con prospección geofísica</i>	68
<i>Figura 40: Sección longitudinal de las vetas Atenea y Danny</i>	70
<i>Figura 41: Sección longitudinal de veta Pucamina</i>	71
<i>Figura 42: Plano Nivel 3400</i>	72
<i>Figura 43: Muestra Ro 11-112 AT</i>	74
<i>Figura 44: Muestra Ro 1 -SU-IN</i>	74
<i>Figura 45: Muestra Ro 3 -SU-IN</i>	74
<i>Figura 46: Muestra Cpo 3-1</i>	74
<i>Figura 47: Muestra Cpo3-1</i>	75
<i>Figura 48: Fotografía en nivel 3400, veta Atenea</i>	75
<i>Figura 49: Muestra Mi1-112-AT</i>	77
<i>Figura 50: Muestra Mi1-CX 3 NE-AT</i>	77
<i>Figura 51: Muestra Mi 1 -119-AT</i>	77
<i>Figura 52: Muestra Mi 1-IDA-06-DA</i>	80
<i>Figura 53: Muestra Mi 2 -03-Z6 - DA</i>	80
<i>Figura 54: Muestra Mi 2- 37- 4411-DA</i>	80
<i>Figura 55: MuestraMi 1-76-4411-PU</i>	82
<i>Figura 56: Fotomicrografía Muestra Mi – 37A1-AT</i>	84
<i>Figura 57: Fotomicrografía Muestra Mi -80B-AT</i>	84
<i>Figura 58: Fotomicrografías de la Muestra Mi-112-AT</i>	84
<i>Figura 59: Fotomicrografía de la muestra Mi 1-32-AT</i>	85
<i>Figura 60 : Fotomicrografía de la muestra Mi 1 - IDA-06-DA</i>	87
<i>Figura 61: Fotomicrografía de la muestra Mi 2 -03-Z6-DA</i>	87
<i>Figura 62: Fotomicrografía de la muestra Mi-01-Z6-DA7</i>	87
<i>Figura 63: Fotomicrografía de la muestra Mi 1-76-4411-PU</i>	88
<i>Figura 64: Fotomicrografía de la muestra Mi-32-4411-PU</i>	89
<i>Figura 65: Diagramas, temperatura de homogeneización y salinidad, veta Atenea</i>	96
<i>Figura 66: Diagrama de isoterms de veta Atenea</i>	97
<i>Figura 67: Diagrama de isoterms de veta Atenea</i>	98
<i>Figura 68: Diagramas, temperatura de homogeneización y salinidad, veta Danny</i>	100
<i>Figura 69: Diagrama de isoterms de veta Danny</i>	101
<i>Figura 70: Diagrama de isoterms de veta Danny</i>	102
<i>Figura 71: Diagramas, temperatura de homogeneización y salinidad, veta Pucamina</i>	103
<i>Figura 72: Diagrama de isoterms de veta Pucamina</i>	105
<i>Figura 73: Modelo esquemático mostrando ensambles de mineralización y alteración</i>	108
<i>Figura 74: Modelo esquemático propuesto para el yacimiento Invicta</i>	109
<i>Figura 75: Mapa metalogenético del Perú</i>	111
<i>Figura 76: Mapa de unidades Mineras</i>	113

ÌNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1: Relación de muestras para los diversos estudios y análisis</i>	69
--	----

RESUMEN

El área de Invicta, se encuentra al norte de Lima en la cordillera occidental de los andes peruanos, dentro del eugeosinclinal de la cuenca geosinclinal andina del Mesozoico, en el contacto entre las rocas intrusivas del Batolito de la Costa y las rocas volcánicas del grupo Calipuy, localizándose las estructuras mineralizadas en ambas litologías, con metales económicos de Au, Cu, Ag, Pb y Zn de interés económico actual.

En esta área el yacimiento Invicta, comprende i) la generación de las últimas pulsaciones de los intrusivos calcoalcalinos del Batolito de la Costa, con edades de alrededor de los 30 millones de años. La etapa inicial generativa del magmatismo del batolito, se remonta y relaciona con los movimientos compresivos orogénicos de la fase peruana ocurridos en el Cretácico superior con edades de aproximadamente de 100 millones de años. ii) la generación de las rocas volcánicas de la formación Calipuy, con edades algo menores a los pulsos de las soluciones hidrotermales generadas por los intrusivos. Aparentemente los pulsos magmáticos finales del batolito y de los volcánicos Calipuy, fueron impulsados por los movimientos de deformación compresiva de la fase Incaica durante el Terciario inferior a medio; iii) finalmente la generación de los fluidos hidrotermales a partir de las soluciones residuales ricas en iones metálicos y sílice, originadas en los últimos pulsos intrusivos del batolito, produjeron la mineralización del yacimiento Invicta.

El estudio de inclusiones fluidas, muestra tres poblaciones de fluidos mineralizantes reconocidas por los distintos grados de temperatura que van desde los 150 a 450 °C y salinidades que van de 0 a 21 % eq. peso NaCl, lo cual ha permitido una superposición de eventos con mineral de interés. Este hecho unido a la litología ígnea huesped favorable y a los sistemas de fallamiento como canales recolectores en la depositación de los fluidos mineralizantes, han favorecido la formación de este depósito mineral.

Tentativamente se clasifica a Invicta, como un yacimiento de tipo Cordillerano, de origen epigenético fundamentalmente de rango mesotermal a epitermal. De acuerdo al diagrama de Wilkinson de homogeneización vs salinidad, muestra una compleja

distribución de la mineralización de este yacimiento, que cae principalmente en el campo mesotermal con gradación al campo epitermal.

La columna reconocida hasta ahora con mineralización económica en la veta Atenea, es de unos 600 m, con un paleorelieve que estaría a unos 400 m por encima de la superficie actual, que hacen una columna total de 1000 m. en la vertical. Este hecho y las diferentes fases de mineralización superpuestas con diferentes grados de temperatura y salinidad, abren importantes posibilidades exploratorias en profundidad en la veta Atenea principalmente hacia el sector suroeste, así como en las demás vetas, lo cual se irá precisando con la continuidad de las investigaciones de detalle en laboratorio y confirmando mediante la exploración con perforación diamantina y otros estudios complementarios.

ABSTRACT

Invicta area is located north of Lima in the western cordillera of the Peruvian Andes, within the eugeosyncline of the geosyncline Andean Mesozoic basin in the contact between the intrusive rocks of the Coastal Batholith and the volcanic rocks of Calipuy group, locating mineralized structures in both lithologies, with economic metals Au, Cu, Ag, Pb and Zn of current economic interest.

In this area the mineral deposit of Invicta comprises i) the generation of the last pulse of calc-alkaline intrusions of the Coastal Batholith with ages around 30 million years. The initial phase of the batholith magmatism generative dates and related to compressive orogenic movements of the Peruvian phase occurred in upper Cretaceous with ages approximately 100 million years. ii) Generation of the volcanic rocks of Calipuy formation with ages somewhat lower than the pulses of hydrothermal solutions generated by the intrusive. Apparently the final pulses of the Batholith and the Calipuy volcanic was driven by movements of compressive deformation of the Inca phase during the lower to middle tertiary. iii) Finally the generation of hydrothermal fluids from the residual solutions rich in silica and metal ions, originated in the last intrusional pulses of the Batholith, and they originated the mineralization in mineral deposit of Invicta.

The fluid inclusion study shows three populations of mineralizing fluids recognized by different temperature ranging from 150 to 450 °C and salinities ranging from 0 to 21% eq. NaCl, which has allowed an overlay of events with mineral interest. This fact, together with favorable host igneous lithology and faulting systems as channels gatherer for the deposition of mineralizing fluids, have encouraged the formation of this mineral deposit.

Invicta is tentatively classified as a Cordillerano mineral deposit type, of epigenetic origin mainly mesothermal to epithermal range. The Wilkinson diagram of salinity vs. homogenization shows a complex distribution of mineralization in this mineral deposit, which falls mainly in the mesothermal field with gradations to epithermal field.

The column previously recognized with economic mineralization in Atenea Vein is 600 m; with a paleorelief would be about 400 m above the present surface, making a total column of 1000 m. in the vertical. This fact and the different phase of mineralization superimposed with different degrees of temperature and salinity, open up important exploratory opportunities in depth, in Atenea vein mainly towards the southwest as well as in other veins, which will be pointing to the continuation of detailed investigations in the laboratory and confirmed by exploration with diamond drilling and other complementary studies.

I. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES

La realización del presente trabajo resultó de la necesidad por parte de la empresa INVICTA MINING CORP. S.A.C., de conocer con mayor detalle las características mineralógicas y estructurales del yacimiento Invicta, que permitieran dilucidar la génesis del yacimiento, y a partir de este conocimiento, orientar la exploración y explotación del mismo y la exploración de los yacimientos aledaños a Invicta ubicados dentro de las concesiones mineras de esta empresa.

De este modo se hace una primera interpretación para comprender el origen de este depósito mineral y que sirva de base preliminar para continuar las investigaciones científicas sobre su formación y posibilidades de su mineralización.

1.2 UBICACIÓN Y ACCESO

Geográficamente el yacimiento Invicta se localiza entre los distritos de Paccho y Leoncio Prado, en la provincia de Huaura del departamento de Lima. Como referencia se indica el punto central de la bocamina del Nivel 3400, cuyas coordenadas UTM son: 8 779 453 N y 280 028 E. (Fig.1)

La accesibilidad desde Lima, es por la panamericana norte llegando hasta Huacho de donde se continúa por carretera asfaltada hasta la localidad de Sayán, siguiendo luego la carretera afirmada que va hacia Churín, en esta ruta a 21 y 27 Km de Sayán, hay dos desvíos que llegan hasta la mina, el primero que pasa por los pueblos de Huambo y Parán y el segundo por el pueblo de Lagsanga. (Fig. 1)

También hay un desvío pasando Chancay a la altura de Río Seco en la panamericana, que sale cerca a Sayán, acortando un poco más la ruta.

Por la ruta mas corta Lima- Sayán-Huambo-Parán-mina, dista 248 Km que se hace en 5 horas en vehículo ligero.

En el cuadro adjunto, se dan las distancias y el tiempo de recorrido:

Itinerario	Distancia (KM)	Tiempo	Tipo de vía
Lima – Huacho	156	2 horas	Pavimentado Panamericana norte
Huacho - Sayán	44	45 minutos	Pavimentado
Sayán – Desvio Huambo	21	40 minutos	Afirmado
Desvio Huambo – Parán-mina	27	1 hora 30 minutos	Trocha carrozable
Sayán - Desvio Lagsanga	27	55 minutos	Trocha carrozable
Desvio Lagsanga- Lagsanga	21	1 hora 25 minutos	Trocha carrozable
Lagsanga - Mina	7	20 minutos	Trocha carrozable

Por la ruta Lima-Huacho-Sayán- desvio Lagsanga- Lagsanga- mina, hay un recorrido total de 255 Km y se realiza en 6 horas en vehículo ligero.

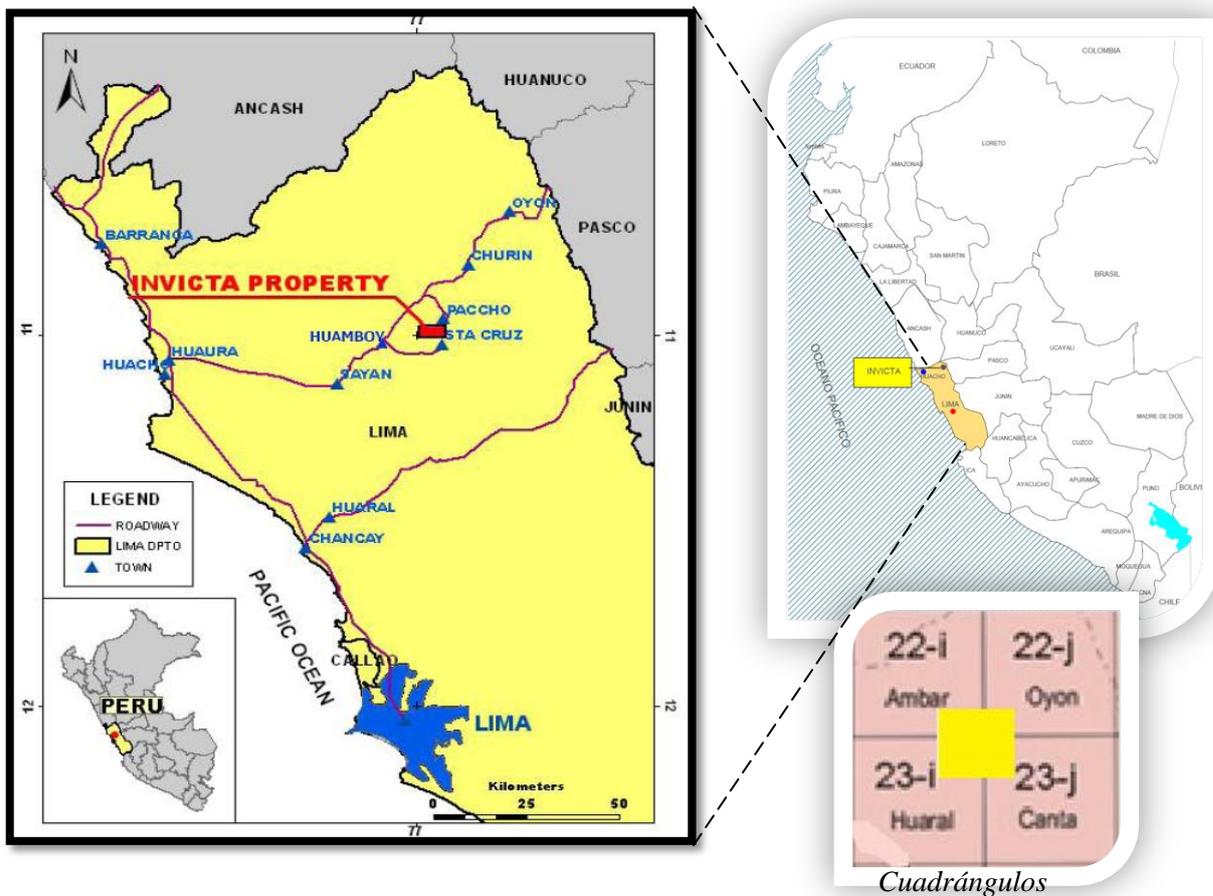


Figura 1: Mapas de ubicación y accesibilidad.

1.3 PLANTEAMIENTO Y OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.3.1 Planteamiento

La finalidad del estudio es determinar el origen de la mineralización polimetálica Au, Cu (Ag, Pb, Zn) del yacimiento, mediante investigaciones geológicas de campo y laboratorio, que permita orientar mejor las exploraciones y operaciones mineras de la empresa en la zona.

EN CAMPO:

Se complementará la información geológica existente, mediante:

- a) Estudio macroscópico de rocas, etapas de mineralización, alteraciones hidrotermales, estructuras mineralizadas, control estructural, apartir de los “testigos” de la perforación diamantina y de nuevas muestras tomadas en labores subterráneas y afloramientos.
- b) En base a los estudios macroscópicos, se seleccionará las muestras necesarias para caracterización microscópica mediante investigación petrográfica, mineragráfica, espectrometría y difracción de rayos x, temperaturas de formación mediante el estudio de inclusiones fluidas; y también para análisis por fluorescencia de rayos x, en laboratorios especializados de Lima y del extranjero.
- c) Estudio de imágenes satelitales.
- d) Revisión de controles estructurales.

EN GABINETE:

- a) Revisión de información geológica y bibliográfica existente en Lima y en Mina.
- b) Selección y envío de muestras a laboratorios
- c) Revisión de planos de geología regional, local, estructural, muestreo de superficie, de labores subterráneas y de logueo de perforación diamantina.
- d) Adquisición y procesamiento de fotos aéreas e imágenes satelitales del sector relacionado al yacimiento y a los prospectos de la empresa.
- e) Ordenamiento y procesamiento de datos de campo y laboratorio.
- f) Revisión de anomalías geoquímicas.

- g) Interpretación de los resultados geológicos, geoquímicos, geofísicos, imágenes satelitales y de laboratorio (petrográficos, mineragráficos e inclusiones fluidas)
- h) Redacción de la tesis.

1.3.2 Objetivos

- Investigar la génesis de la mineralización de Invicta mediante estudios de campo y laboratorio, así como sus controles litoestructurales.
- En base a estos resultados, orientar la exploración del yacimiento Invicta en la búsqueda de nuevos recursos minerales, así como de los “targets” dentro de la propiedad minera, que en conjunto permitan prolongar sustancialmente la vida de la mina.

II. METODOLOGÍA

2.1 REVISIÓN DE ESTUDIOS ANTERIORES

Entre 1968 y 1969, se desarrollaron las dos primeras labores subterráneas importantes que son el Nivel superior (3609) y el Nivel inferior (3550) con galerías de 39 y 162 m de longitud respectivamente, con las cuales se reconoció la estructura mineralizada de Atenea. En 1990, el señor Sr. Leopoldo Livschitz denunció 900 hectáreas, caducando la propiedad en 1994.

En 1994, Pangea Perú S.A visitó la propiedad denunciando 8000 Ha de interés. En 1996, Pangea Perú S.A. inicia la exploración con trabajos de reconocimiento geológico de 12,500 hectáreas, efectuando muestreos de canales en trincheras en las vetas Atenea, Pucamina, Juan (zona 3), Dany (zona 4) y zonas 5, 6 y 7, determinando con los análisis químicos la presencia de oro. Este mismo año Vald'or geofísica realizó estudios geofísicos de polarización inducida y magnetometría.

Entre 1997 y 1998, Pangea ejecutó el primer programa de perforación diamantina con un total de 83 perforaciones acumulando 12,476 m de longitud, además de cartografiado geológico detallado, muestreo geoquímico de sedimentos de quebrada y el primer cálculo de recursos minerales. También en este tiempo, Spiteri Geological Consultants Inc, revisó la información técnica con fines a actualizar y estimar nuevos recursos. Lakefield Research efectuó pruebas metalúrgicas.

En el año 2000, Barrick Gold adquiere a Pangea Perú S.A, emitiendo un reporte de la propiedad.

El 09 de setiembre de 2005, Andean Explorations S.A.C (subsidiaria de Andean American Mining Corporation), firmó un contrato de opción con Minera ABX Exploraciones S.A (subsidiaria de Barrick Gold Inc. en Perú) para adquirir el 100 % de la propiedad.

En julio del año 2007, los accionistas de Andean Explorations S.A.C decidieron el cambio de nombre a Invicta Mining Corporation S.A.C, empresa que apartir de esa fecha ejecuta trabajos evaluativos y acuerdos socioeconómicos con las comunidades de influencia directa en el proyecto, teniendo como programa iniciar la construcción del

proyecto a mediados del año 2011, con un objetivo de producción de 3000 t/d el primer año, 4000 t/d el segundo y 5000 t/d a partir del tercer año y durante la vida de la mina. Este mismo año, Geofísica Consultores S.A.C. realiza un Estudio Geofísico de Polarización Inducida, Resistividad y Magnetometría.

En setiembre del año 2008 Discover Geological Consultants Inc. emitió el reporte técnico NI43-101.

2.2 TRABAJOS DE CAMPO

2.2.1 Revisión de mapeos de superficie e interior mina y de logeos de perforación diamantina.

Para llegar a un mejor entendimiento de la génesis de Invicta, se ha revisado los diferentes estudios realizados hasta ahora para este proyecto, como son la cartografía existente, geoquímica, geofísica, microscopía y sondajes diamantinos. En base a la cual se ha reinterpretado los resultados de la geoquímica regional y local, la geofísica del yacimiento y se planificó de manera sistemática y estratégica la toma de muestras para los estudios de inclusiones fluidas, mineragrafía y petrografía.

Igualmente se ha hecho un reconocimiento semidetallado del área que abarca el yacimiento Invicta, reinterpretando la influencia de los diferentes sistemas de fallas y tipos de litología en la formación del yacimiento.

En interior mina se efectuó el cartografiado estructural necesario para interpretar la influencia de los sistemas de fallamiento como controles de la mineralización.

Asimismo se realizó estudios de imágenes satelitales en gran parte del área que abarca la propiedad minera de la empresa, con resultados de interés que deberán ser revisados oportunamente en campo.

2.2.2 Toma de muestras de rocas y minerales en superficie, interior mina y en “testigos” de perforación diamantina, para investigaciones de laboratorio

Se revisó 21 taladros de perforación diamantina, correspondientes a la exploración de las estructuras mineralizadas, obteniéndose un total de 36 muestras de minerales y

rocas, además de 8 muestras de rocas de superficie y 4 muestras de afloramiento de los cuerpos silicificados, que en total suman 48 muestras que fueron utilizadas en estudios de caracterización microscópica en BISA, para 16 determinaciones petrográficas, 23 mineragráficas, 4 determinaciones de minerales arcillosos por DRX, 4 determinaciones por fluorescencia y 29 para estudios de inclusiones fluidas. De este total de 48 muestras, 16 se detallan en el presente estudio.

2.2.3 Revisión de resultados de perforación diamantina actual.

Se realizó un logueo conjunto con el geólogo de mina, de los testigos de perforación diamantina efectuada con una maquina pack sack, para control de leyes y de la extensión de la mineralización en la estructura Atenea en el nivel 3400.

2.3 ANÁLISIS DE LABORATORIO

Todos los estudios de laboratorio se efectuaron en BUENAVENTURA INGENIEROS S.A (BISA) por ARANDA, A. e YPARRAGUIRRE, J. (2010). Los resultados fueron discutidos y concensados con A. Huamán de Invicta.

Para estos estudios BISA utilizó los siguientes equipos:

- Microscopio de polarización marca Olympus modelo BX51;
- Platina de calentamiento y enfriamiento marca LINKAN modelo THMSG600
- Microscopio electrónico de barrido marca Tescan modelo Vega II XMU.

Para los estudios petrográficos, se realizó la preparación de láminas delgadas con un espesor de 0.05 mm. Luego mediante el microscopio óptico petrográfico – mineragráfico o de polarización se procedió a la observación de cada lámina, describiendo el tamaño de granos, texturas, asociaciones mineralógicas, alteraciones hidrotermales, clasificando finalmente la roca, tomando además microfotografías.

Para los estudios mineragráficos se realizó la preparación de briquetas de 1 cm de espesor, luego mediante el microscopio de polarización, se procedió a la observación de cada lámina, describiendo el tamaño de granos, texturas, asociaciones mineralógicas, reemplazamientos o sustituciones, secuencias paragenéticas, concluyendo con la toma de fotomicrografías.

Para los estudios de inclusiones fluidas se preparó láminas de secciones delgadas doblemente pulidas con un espesor aproximado de 100 μm . Estas láminas fueron estudiadas a través del microscopio de polarización para conocer la distribución y características físicas de las inclusiones atrapadas, adhiriendo luego una platina de calentamiento – enfriamiento. Estos estudios permitieron describir las características de las inclusiones de acuerdo a su composición y densidad, determinándose las temperaturas de homogeneización, calculando la salinidad, presión y profundidad del yacimiento, tomando finalmente microfotografías. También con el microscopio electrónico de barrido, se identificó y estudió los minerales no observados con el microscopio óptico.

III. GEOLOGÍA REGIONAL

3.1 EVOLUCIÓN GEOMORFOLÓGICA Y ESTRUCTURAL

3.1.1 Geomorfología

Las formas de los terrenos en la región de Invicta son generalmente abruptas, con valles juveniles estrechos controlados por fallas regionales y distritales, siendo en la región el valle de Huaura el más prominente y extenso a partir del cual se han formado valles menores y que corresponden a la etapa de erosión "Valle". La fuerte erosión ocurrida en esta etapa ha modelado los terrenos produciendo en general una morfología de gradientes moderadas, quedando sectores con fuertes pendientes relacionadas a los contactos litológicos y a escarpas por fallamientos. Los sedimentos erosionados fueron transportados y acumulados principalmente en la cuenca del río Huaura y en mucha menor proporción al valle de Auquimarca.

El drenaje hacia el oeste y noroeste de Invicta que corresponde a la zona del Batolito de la Costa, es de tipo dendrítico, mientras que al este y noreste de Invicta en zonas de rocas volcánicas, el drenaje es radial controlado a partir de dos posibles centros volcánicos, uno al este de Invicta en el Cerro San Cristobal y el otro al noreste de Invicta ubicado entre los cerros Huitama y Aculay.

El yacimiento Invicta se encuentra entre los 3400 y 3800 m.s.n.m y sus prospectos aledaños tienen alturas similares siendo el cerro más alto el de Yuracpunta que está sobre los 4989 m.s.n.m (señal Yuracpunta, Fig. 2). Estas alturas corresponden a la región Jalca o Suni (Pulgar J.1972), sin embargo en las partes más altas de la zona Yuracpunta se aprecia los rasgos iniciales que caracterizan a una superficie Puna. El clima es templado en el día a ligeramente frío por las noches en la parte alta del yacimiento (zona de campamentos) y templado a calido en el sector donde esta proyectada la construcción la planta de beneficio (zona de Parán). Las lluvias normales ocurren entre los meses de noviembre a abril, y en el resto de los meses son de sequía.

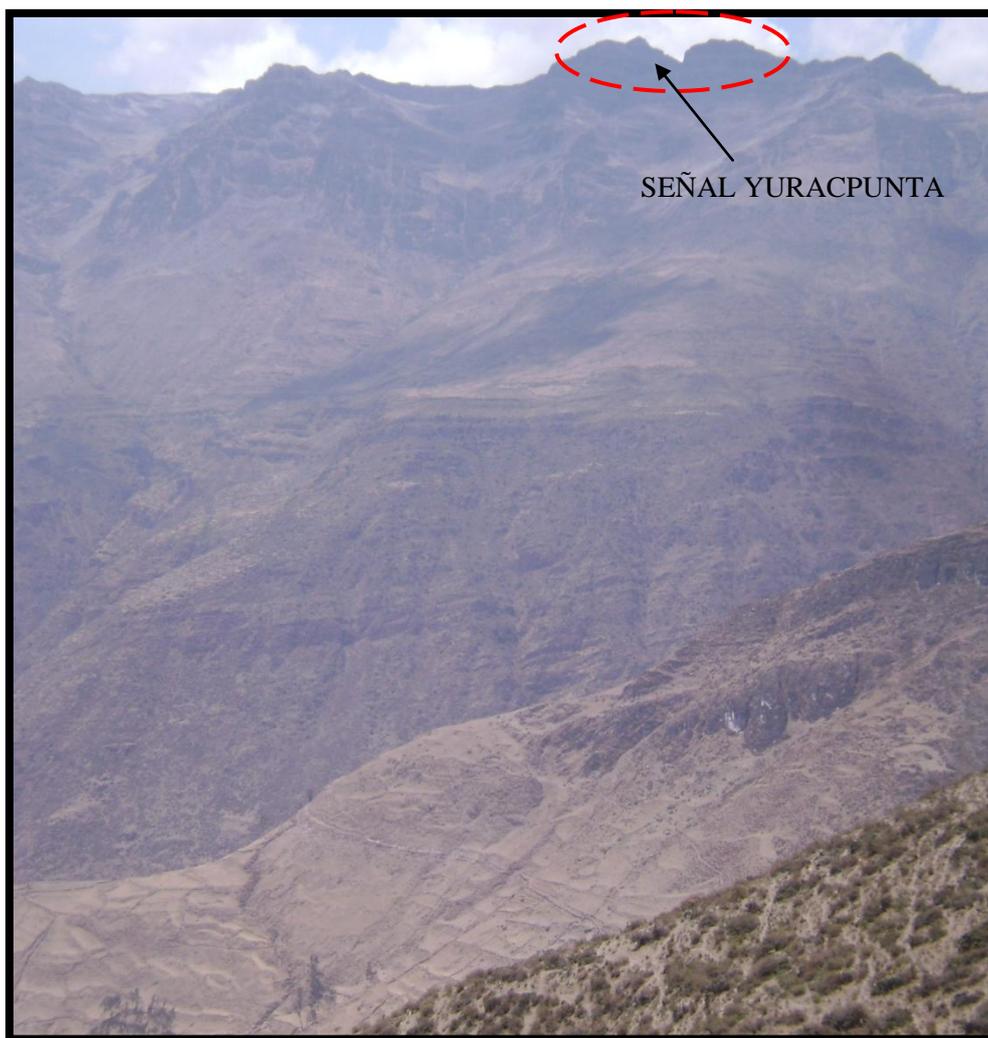


Figura 2: Señal Yuracpunta.

El prospecto de Yuracpunta se ubica inmediatamente hacia la zona posterior.

El área del proyecto Invicta se ubica en las zonas altas entre las cuencas hidrográficas del río Huaura y del río Auquimarca, por lo que los escasos recursos hidrográficos de las zonas más elevadas de este sector, discurren hacia los valles principales de estas cuencas.

Es necesario estudiar con detalle las características litológicas y estructurales de las rocas volcánicas que predominan y ocupan la mayor parte de las zonas altas, y de este modo determinar sus posibilidades acuíferas en búsqueda del líquido elemento en este sector. Actualmente la fuente más segura de abastecimiento de agua para uso industrial en el proyecto Invicta, son los importantes acuíferos más cercanos que ocurren en el río Huaura. También se podría aprovechar aunque en mucho menor grado, los de los ríos

Huanangue - Auquimarca, que son parte del sistema hidrográfico del río Huaura, para los prospectos ubicados cerca a sus cuencas. Sin embargo, otra fuente importante a futuro de abastecimiento de este elemento a futuro, puede ser el represamiento de las aguas de lluvia que ocurren cada año, en las zonas altas.

3.1.2 Marco estructural

Regionalmente, (i) Hacia el norte ocurren en litología volcánica predominantemente Terciaria, dos sistemas de fallas principales, una en dirección NW y otra NE con predominio de este último y otro E - W de menor frecuencia. (ii) Hacia el NE empieza el dominio de la litología sedimentaria Cretácica donde igualmente se aprecia dos sistemas de fallamiento, uno en dirección NW ligado a la dirección del plegamiento Andino que es también NW y otro sistema de dirección NE de menor densidad. (iii) Hacia el S y el W se aprecian en las rocas intrusivas del Batolito de la Costa, lineamientos de dirección NW, N – S y NE, con predominio del primero. (iiii) Hacia el E y SE predomina ampliamente el sistema NE y otro menor de dirección E – W.

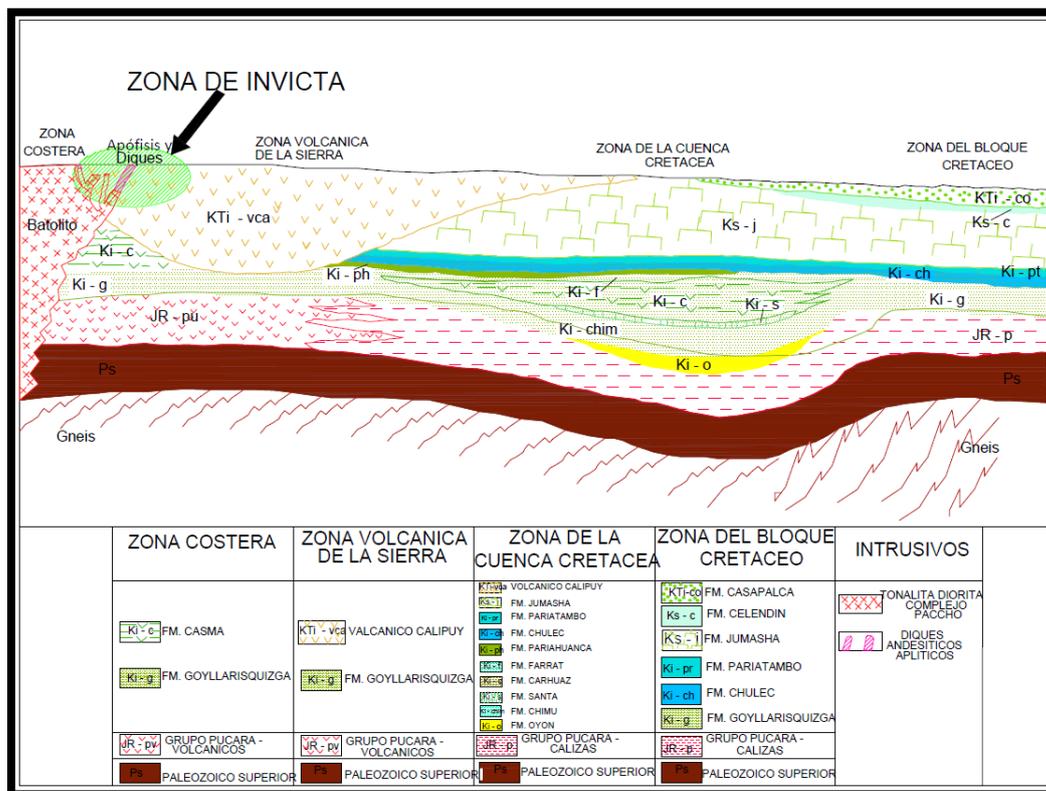
Los sistemas predominantes de fallamiento NE y E-W en las rocas volcánicas de la región, difieren del sistema de fallamiento NW – SE que aparecen cartografiadas en la franja sedimentaria del Cretáceo al NE de la zona de estudio. Esto en razón a que pertenecen a diferentes épocas, el tectonismo en los volcánicos ocurrió en la fase Quechua y las formaciones sedimentarias se tectonizaron en las fases Peruana e Inca. El tectonismo en este último caso, se observa a unos 25 Km al NE de Invicta. Sin embargo al SE de este último sector, el sistema de fallamiento NW de las rocas sedimentarias, afecta también al volcánico Terciario probablemente por reactivación del fallamiento del basamento Cretácico.

3.2 ESTRATIGRAFÍA

La estratigrafía regional corresponde a la franja de rocas volcánicas Cretácicas y Terciarias de la cordillera occidental, clasificada por Jhon Cobbing (1973) como la Zona Volcánica de la Sierra (Fig. 3), la cual incluye las rocas volcánicas de la formación Casma del Cretáceo medio. Así mismo se observa la franja de rocas sedimentarias que comprende el grupo Goyllarisquizga del Cretáceo inferior y las formaciones calcáreas del Cretáceo medio y superior.

Regionalmente, de oeste a este la zona de Invicta se encuentra entre dos zonas:

1. Batolito de la Costa (Zona costanera).
2. Cordillera Occidental (Zona volcánica de la Sierra).



Cordillera Occidental :		
Terciario Inferior	GRUPO CALIPUY	Principalmente piroclásticos gruesos, algo de tufos finos y derrames de andesita pura
	<i>Discordancia</i>	
Cretáceo Inferior	Formación Casma Fm. Goyllarisquizga	Piroclásticos y derrames de andesita. Arenisca y lutitas. No visto en la zona de Invicta.
	<i>Discordancia</i>	
Triásico	Formación Pucará	No visto en la zona de Invicta
	<i>Discordancia</i>	
Paleozoico Superior		No visto en la zona de Invicta

Figura 3: Estratigrafía regional.

La estratigrafía regional clasificada por J. Cobbing (1973), modificada por

A. Huamán (2010).

La zona se encuentra ubicada en el eugeosinclinal, como parte de la cuenca geosinclinal andina.

El volcánico Calipuy esta en contacto con intrusivos del Batolito de la Costa, que en algunas partes es visible y en otras esta cubierto por sedimentos detríticos coluviales. Este contacto se encuentra en la zona entre Huambo y la mina, apreciándose en muchos cortes de la carretera. Las últimas fases del Batolito serían posteriores a los volcánicos Calipuy. Los diques andesíticos y riolíticos estarían asociados a fases subvolcánicas del Calipuy.

3.3 ROCAS ÍGNEAS

Al oeste del yacimiento aflora el Batolito de la Costa, que ha sido estudiado desde el siglo pasado hasta el presente, el cual se ha definido como una intrusión múltiple de gabro, tonalita y granito de edad Mesozoica – Cenozoica, cuyo emplazamiento fue controlado por grandes fracturas de subsidencia donde los magmas ascendieron cristalizándose y dando origen a los diferentes tipos de intrusivos. Su relación de estos intrusivos con los centros volcánicos que originan los diferentes tipos de rocas volcánicas, debe ser materia de mayor investigación.

Esto ocurrió de acuerdo a las dataciones radiométricas, alrededor de los 100 ma., en los que se formaron rocas de distinta composición debido a la diferenciación magmática a través del tiempo. Pitcher et al. (1985), propuso la segmentación estructural y metalogenética del batolito, en los segmentos de Trujillo, Lima y Arequipa, tal como se muestran en la figura 4, la zona de Invicta se ubica en el límite oriental del Segmento de Lima.

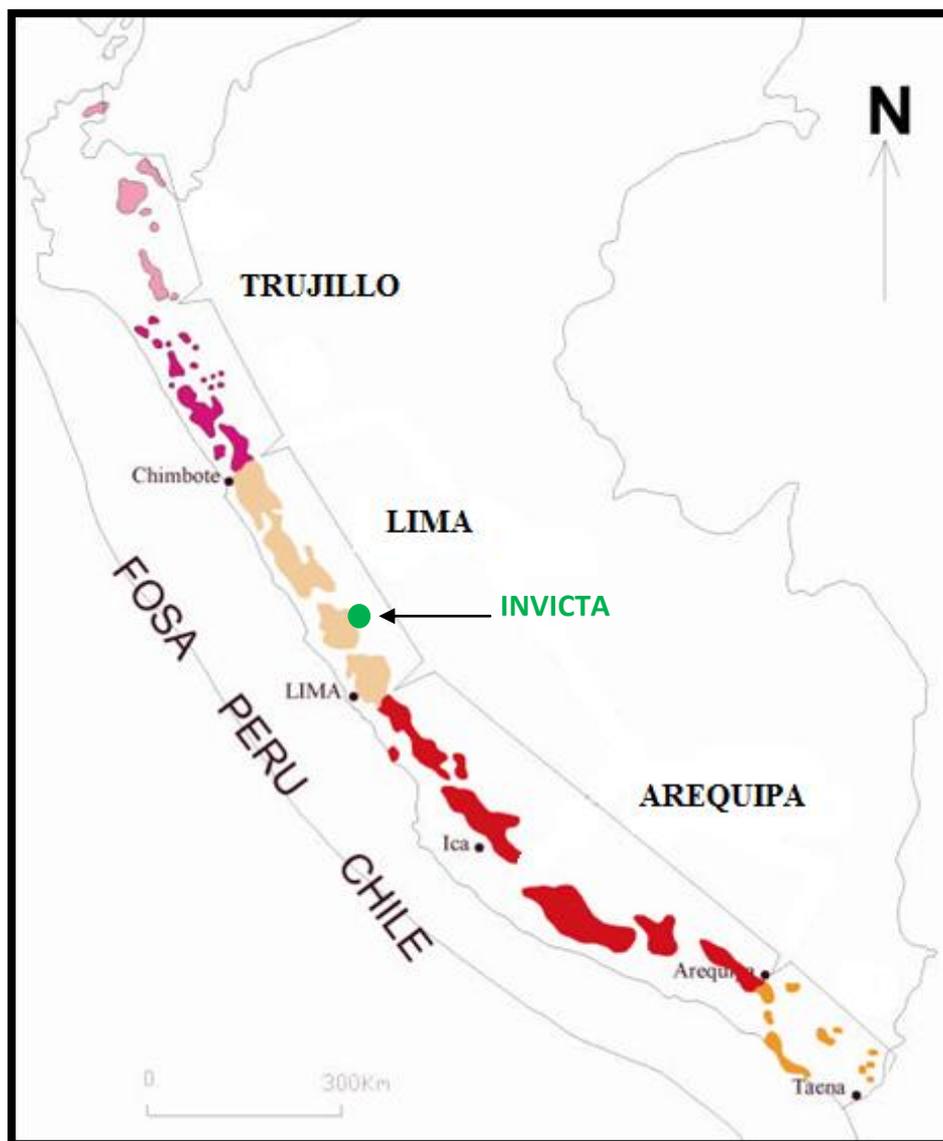


Figura 4: Segmentos del Batolito de la Costa.

Distribución y límites de los segmentos del Batolito de la Costa realizada por Pitcher et al. (1985).

Asimismo la complejidad composicional del batolito ha permitido agrupar los intrusivos en superunidades de rocas plutónicas principalmente de acuerdo a la similitud de su composición. Así el segmento de Lima, se ha dividido en el Complejo Plutónico de Casma (norte y sur de Casma), el Complejo Plutónico Fortaleza (de la zona de Casma hasta la zona de Supe) y el Complejo Plutónico de Huaura (abarca la zona norte de Huacho extendiéndose mas ampliamente al sur de éste).

El complejo plutónico de Huaura está compuesto por los complejos plutónicos de Santa Rosa y de Paccho que parece ser la parte marginal del batolito, cuya composición de este último varía de diorita cuarcífera a una tonalita máfica. En el sector oriental de este último complejo plutónico, se encuentra la zona de Invicta (Fig. 5).

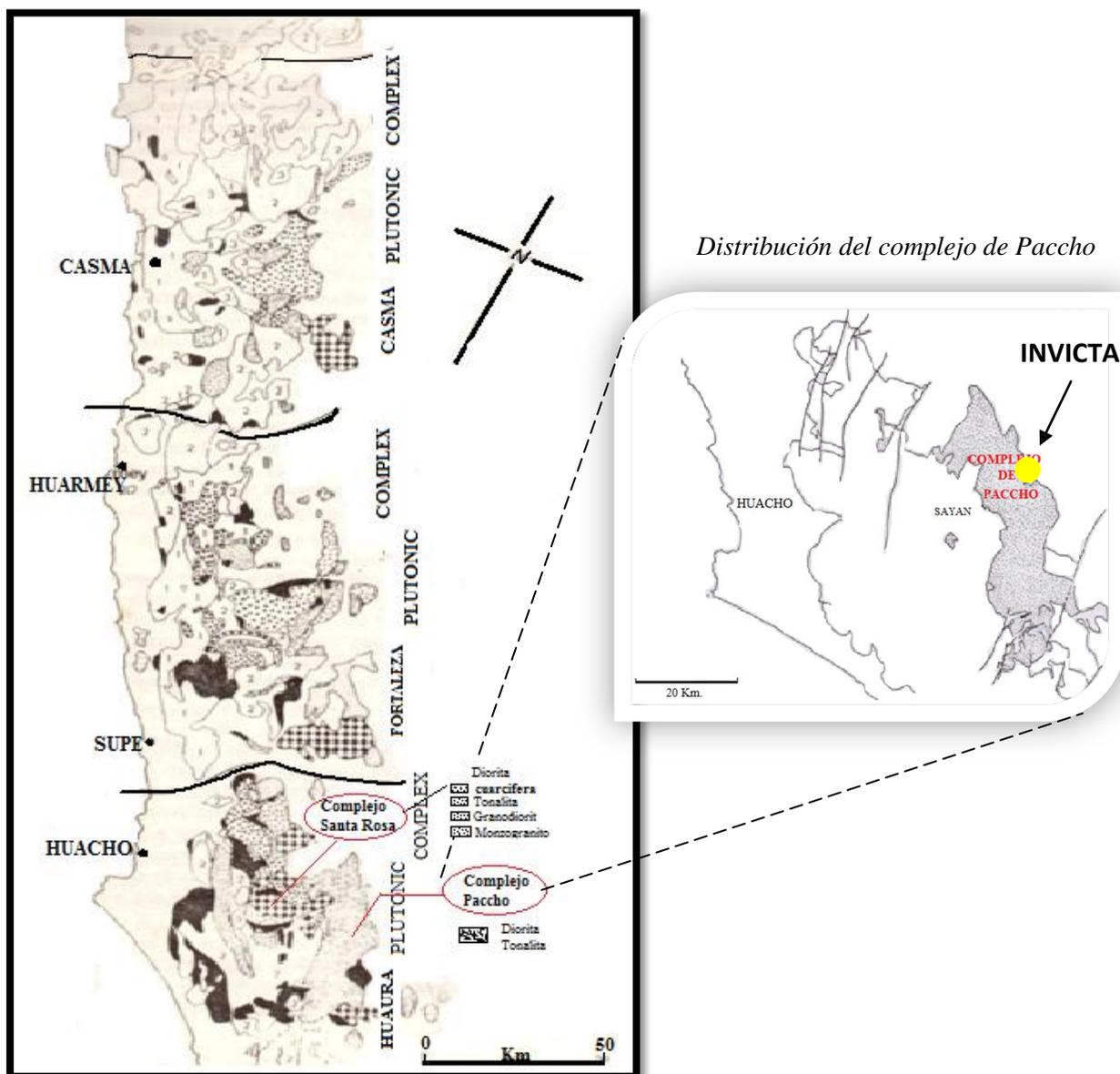


Figura 5: Segmento de Lima y Complejos de Santa Rosa y Paccho.

Mapa geológico esquemático del segmento Lima, Batolito de la Costa, mostrando los complejos de Santa Rosa y Paccho según Cobbing & Pitcher (1972), Cobbing (1973,1977) y la ubicación de Invicta.

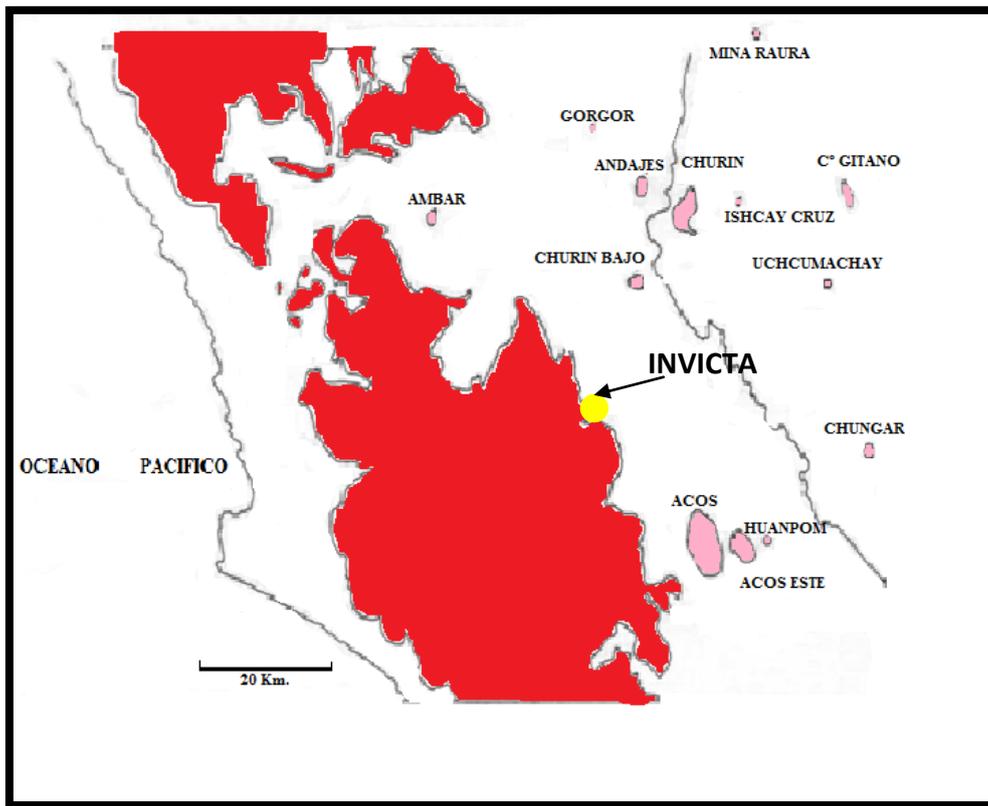


Figura 6: Cuerpos intrusivos fuera del Batolito de la Costa.

Batolito de la costa (en color rojo), con intrusivos posteriores relacionados al Este (en color rosado) según J.Cobbing (1973).

3.4 GEOCRONOLOGÍA Y EVOLUCIÓN TECTÓNICA

3.4.1 Geocronología

Si bien existen determinaciones de edades radiométricas en el Complejo Paccho, obtenidas del mapa de edades radiométricas del INGEMMET (2010), éstas se encuentran distantes del sector de estudio, aproximadamente entre 4 y 10 Km. al NW, W y SE de Invicta.

De las 6 edades radiométricas encontradas, 3 están en el rango de 33 a 34 Ma y 3 en el rango de 61 a 71.7 Ma, lo que implica dos pulsos magmáticos superpuestos. La composición de las rocas de esta zona varía de silíceas a intermedias entre monzonitas cuarcíferas y diorita.

Es probable que los intrusivos del Batolito en la zona de Invicta, que comprenden edades de alrededor de los 30 Ma y que se habrían originado en la fase orogénica Quechua, sean los responsables de la mineralización de Invicta. (Fig. 7)

Se seleccionó un buen número de muestras de intrusivos, tanto de superficie como de perforaciones diamantinas, que fueron enviadas al laboratorio para estudios petrográficos a fin de definir sus condiciones para dataciones radiométricas.

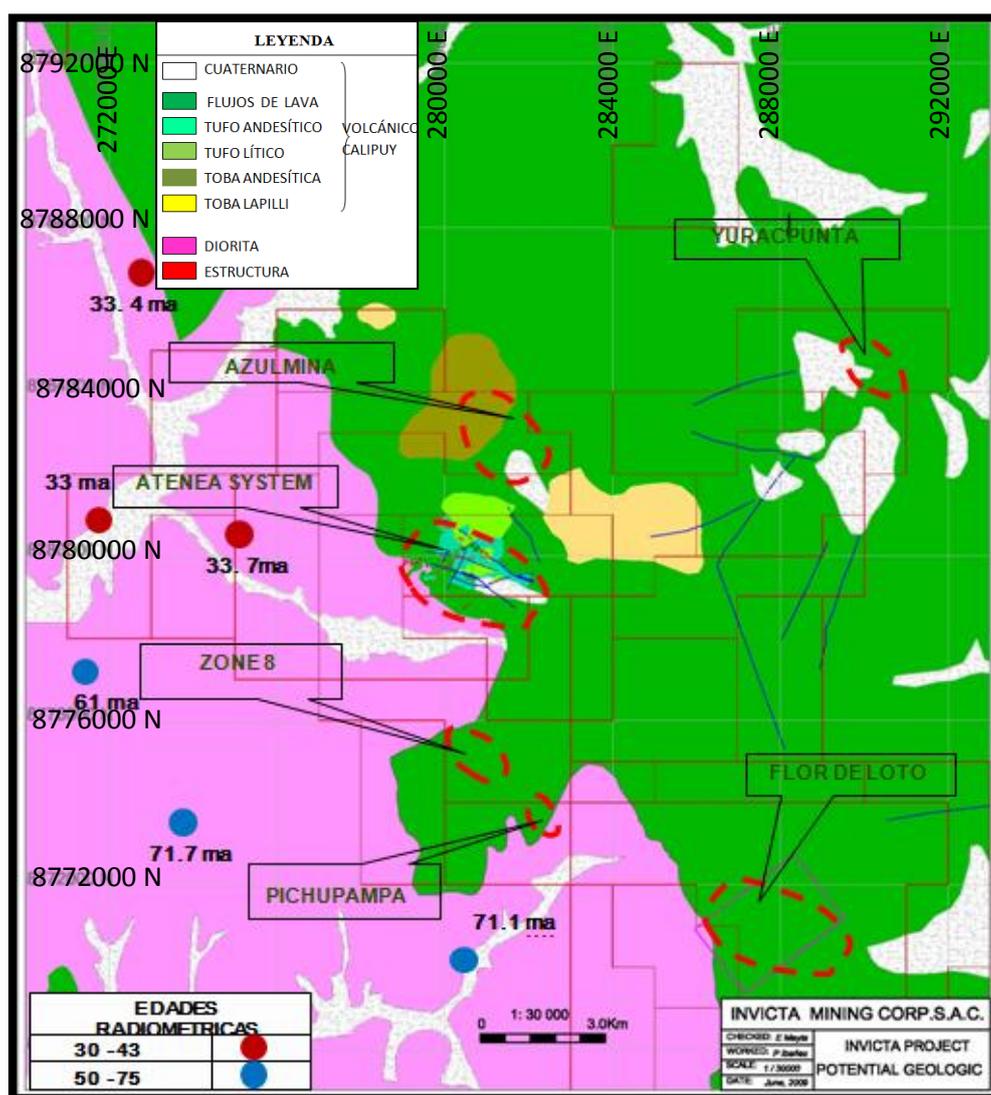


Figura 7: Edades radiométricas de la zona de estudio. (Stewart & Snelling, 1974).

3.4.2 Evolución tectónica

La zona de estudio se encuentra ubicada en la cordillera Occidental, muy cerca a la zona de contacto entre la margen oriental del Batolito de la Costa y la margen occidental del volcánico Calipuy. La franja de rocas sedimentarias del Cretáceo se ubica a unos 20 Km al NE de Invicta y a unos 10 Km al NE del prospecto de Yuracpunta que también pertenece a la misma Empresa. Esta franja de rocas sedimentarias corresponde al eugeosinclinal de la sedimentación Mesozoica.

El sector se ubica dentro de la zona de volcánicos plegados considerada por John Cobbing (1973) con plegamientos extensos y sencillos como de anticlinales y sinclinales, cercana a la zona sedimentaria con pliegues y sobreescurrecimiento de mayor intensidad ubicadas al Este, lo que indicaría que un periodo de compresión, afectó a los volcánicos del Calipuy después del plegamiento principal de los sedimentos Cretáceos.

IV. GEOLOGÍA DEL YACIMIENTO INVICTA

4.1 ROCAS INTRUSIVAS Y VOLCÁNICAS

Las rocas ígneas de la zona de Invicta tuvieron su origen con el ascenso del magmatismo del Mioceno, en las últimas pulsaciones del Batolito de la Costa, formándose en el interior de la cámara las rocas intrusivas representadas por las rocas más jóvenes del complejo Paccho (alrededor de 30 Ma en la fase orogénica Quechua) y al exterior de ésta o de otra cámara se formaron las rocas volcánicas representadas por las rocas del grupo Calipuy, probablemente ligadas en algunos casos a estas fuentes magmáticas.

Los intrusivos circundantes a la zona mineralizada, corresponden a monzonitas cuarcíferas, dioritas, monzodioritas, tonalitas; y en la parte más baja y alejada en el sector de Parán, se encuentra granodioritas y dioritas.

Las rocas volcánicas del Calipuy representada por un vulcanismo subaéreo emplazado entre el Eoceno y Mioceno, probablemente ligado a estas fases finales del complejo Paccho, en esta zona están representadas por tobas andesíticas a traquiandesitas de colores marrón, violáceo hasta verduzco y lavas andesíticas de color grisáceo a verde. Aunque también es probable un espaciamiento en el tiempo y que la formación de los volcánicos hubiese estado ligada a otra fuente magmática indirecta que migro del Batolito hacia el Este.

4.2 MARCO ESTRUCTURAL

4.2.1 Plegamiento y fallamiento

Localmente los volcánicos están disturbados principalmente por los intensos fallamientos, apreciándose hacia las zonas altas de Invicta, una tendencia general de los ejes de plegamiento en dirección NE. Tendencia que distritalmente en la zona de Yuracpunta ubicada al NE de Invicta, es de dirección NNO y NNE y en menor grado NEE.

Los lineamientos del fallamiento a nivel distrital se presentan en cuatro sistemas: NW-SE, NE-SW, N-S y E-W, siendo las trazas del sistema NW-SE las de mayor frecuencia y las mas persistentes llegando a longitudes de hasta 30 Km., siguiendo en importancia la tendencia NE-SW, en menor grado la tendencia E-W y finalmente la tendencia N-S cuyas trazas tienen longitudes de hasta 2 a 3 Km. (Fig. 9).

La mayor persistencia de las trazas de fallas de los sistemas NW-SE y NE-SW, sugieren controles regionales posiblemente ligados a la subducción de la corteza oceánica vinculada con el magmatismo y vulcanismo de la zona. Se necesitan mayores estudios para determinar si es que existen corredores estructurales ligados a estos fallamientos.

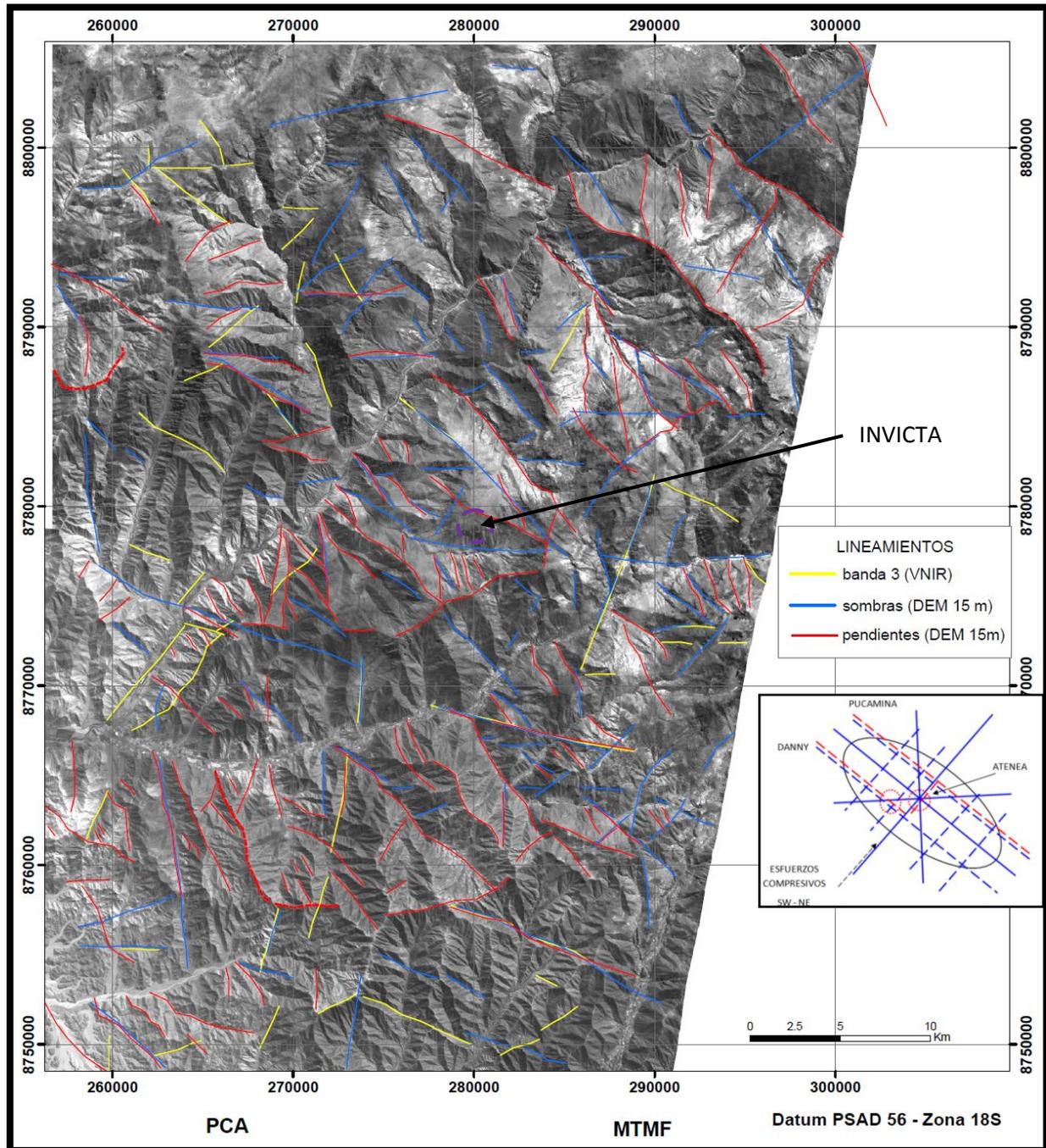


Figura 9: Mapa estructural (imagen satelital).

Sistemas de fallamiento en imagen satelital, con elipsoide de deformación.

4.2.2 Sistemas estructurales asociados a la mineralización

En el yacimiento Invicta son dos los sistemas estructurales mas importantes: el sistema NW donde se aloja la mineralización de Pucamina y que corresponden a un movimiento sinistral de un sistema de fallas tensionales; el sistema NE en parte con tendencia al E-W también es sinistral de cizalla que origina la veta Atenea seguido de una reactivación dextral del sistema Pucamina postmineralización que genera las estructuras N20°E de naturaleza sinistral asi como una reactivación dextral de la veta Atenea (Cisneros, J. 2010) (Fig.12).

En la zona de Invicta, con el estudio de imágenes satelitales utilizando diferentes técnicas para detectar áreas de alteración hidrotermal y usando también distintos patrones para obtener los lineamientos estructurales, se determinó 15 zonas potenciales para la exploración, la mayor parte de estas ubicadas dentro de la propiedad minera de Invicta. En estas zonas potenciales, los lineamientos estructurales principales tienen dirección NW-SE y NE-SW y en algunos casos E-W y N-S (Navarro, P., 2010) (Fig. 9).

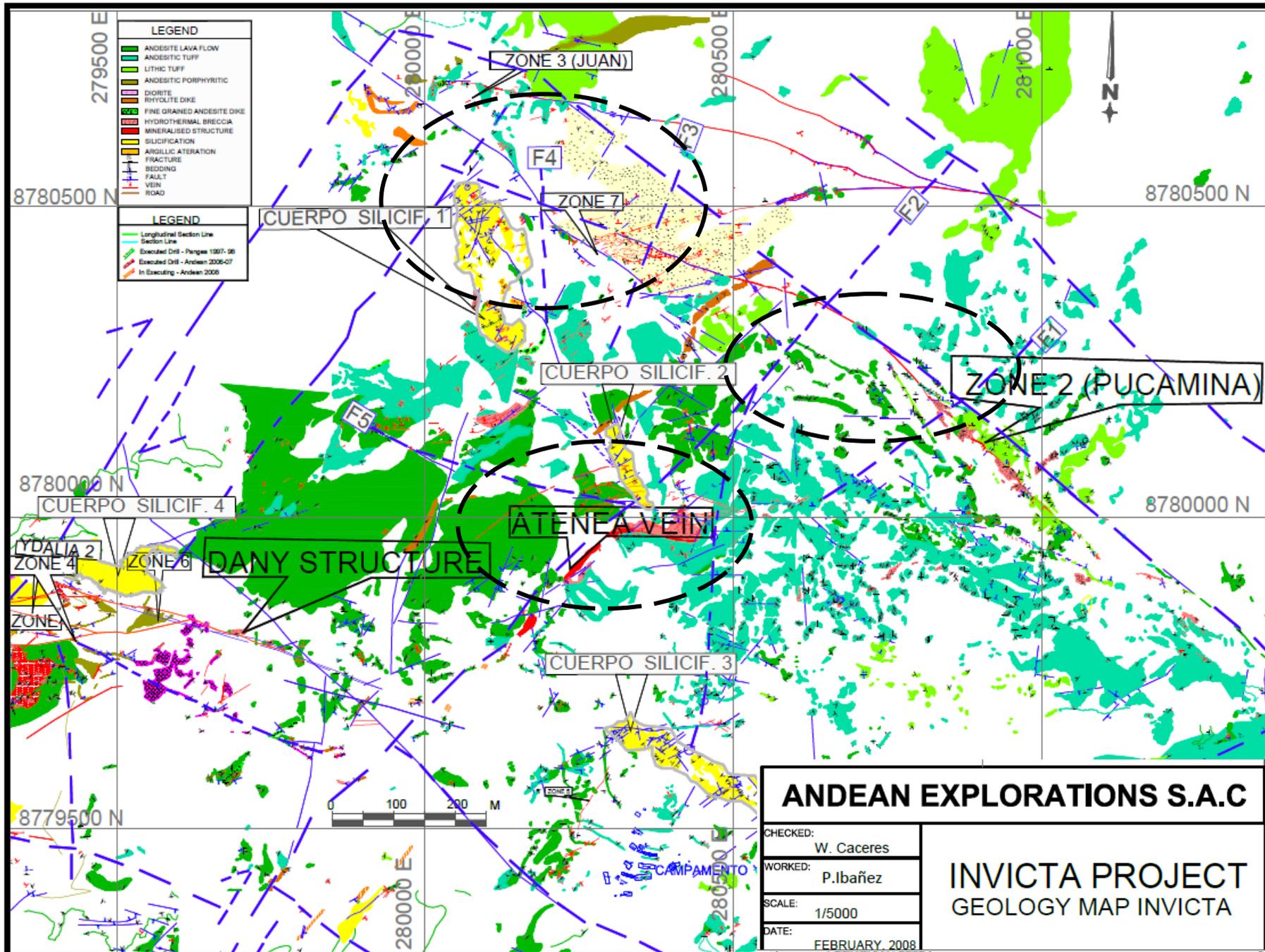


Figura 10: Sistemas estructurales asociados a la mineralización.

Fallas asociadas a la mineralización, los círculos muestran concentración de mineralización en la intersección de fallas. Modificado A. Huamán (2010).



Figura 11: Brecha de Atenea.

Brecha Atenea se formó en la intersección de varias fallas.

Las fallas de dirección $N40^{\circ}-50^{\circ}W$ y $N60^{\circ}-70^{\circ}W$ principalmente y también E-W y $N20^{\circ}-30^{\circ}E$ en menor grado (F1, F2, F3, F4 y F5, registradas por A. Huamán, 2010), son los sistemas de fallamiento principal preminerales que al interceptar las fallas-veta, han originado los cuerpos-brecha (brecha hidrotermal de falla) principalmente en las estructuras Atenea (Fig. 11) explorado con el Nivel 3400 y Pucamina en las zonas 2 y 7 principalmente (Fig.10). El dique riódacítico se emplazó a lo largo de una falla del

sistema N20°- 30°E siendo premineral y anterior a los cuerpos silicificados, habiendo sido desplazado por fallas del sistema NW.

Estos sistemas estructurales asociados a la mineralización en el yacimiento de Invicta, tienen la misma orientación que los sistemas estructurales de dirección NW, NE y E – W, que se han encontrado con los estudios de imágenes satelitales a nivel distrital y que aparentemente también habrían intervenido como control estructural en la formación de otras ocurrencias mineralizadas que se encuentran en la zona de Invicta.

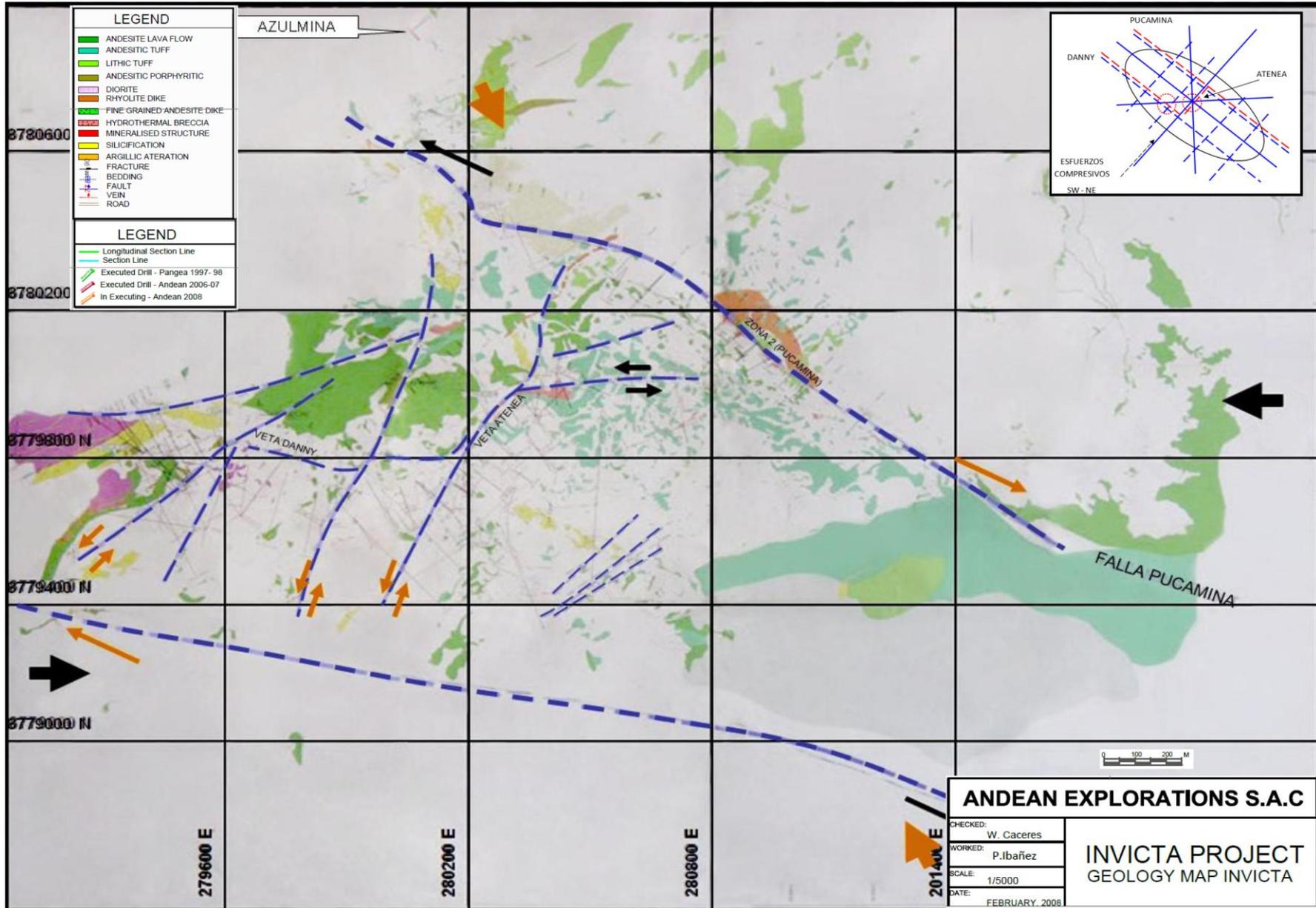


Figura 12: Mapa geológico mostrando fallas.

Mapa geológico mostrando fallas relacionadas con las vetas Atenea, Pucamina y Danny - Ydalia, con elipsoide de deformación ensayando la direccionalidad de esfuerzos.

4.3 DESCRIPCIÓN DE ESTRUCTURAS MINERALIZADAS

4.3.1 Veta Atenea

La veta Atenea (Fig. 13), se ubica en el sector central de Invicta con una longitud total de 950 m, de los cuales 520 m corresponden a la sumatoria de afloramientos discontinuos y el resto a la veta oculta, con potencias entre 2 y 30 m, la persistencia de su longitud y potencia, ha sido comprobada en profundidad mediante taladros de diamantina (Figs.14 y 15). Entre los afloramientos discontinuos, existe un tramo de brecha (Figs. 16 y 17) de 110 m de longitud con potencias reales entre 10 a 30 m aproximadamente que incluye la mineralización de veta, la misma que ha sido reconocida en el nivel 3400 que esta a unos 100 a 150 m por debajo de la superficie, con 5 a 20 m de ancho. Esta estructura posee en el sector SE un rumbo de N40°- 65°E, con buzamiento 65° - 70° SE; en el sector central N80°- 85°E con buzamiento de 50°- 85° SE y hacia el sector NE los escasos afloramientos presentan rumbo N60°- 65°E (Fig. 10)

En los taladros IND 38 e INF 111 que son los mas bajos en cota, la veta tiende a ramificarse en un ancho de hasta 50 metros (IND 38), alcanzando como relleno masivo entre 2 a 5 m de ancho, con tendencia a una mejor potencia en los volcánicos que en los intrusivos.

La mineralización observada en esta veta tanto en las labores subterráneas como en las perforaciones diamantinas, evidencia varios eventos de mineralización: (i) galena – esfalerita marrón – calcopirita – pirita (Au) – cuarzo - hematita; (ii) cuarzo pirita – calcopirita; (iii) cuarzo- pirita – calcopirita- hematita; que han quedado mejor definidos con los estudios de microscopia.

Macroscópicamente se aprecia como alteraciones hidrotermales, una intensa cloritización correspondientes a varias generaciones y localmente una fuerte epidotización; la silicificación y una menor sericitización estan mayormente restringidas a la cercanía de la mineralización; la argilización esta un poco mas extendida hacia las cajas. Las alteraciones hidrotermales se tratan con detalle en el capitulo de caracterización microscópica.

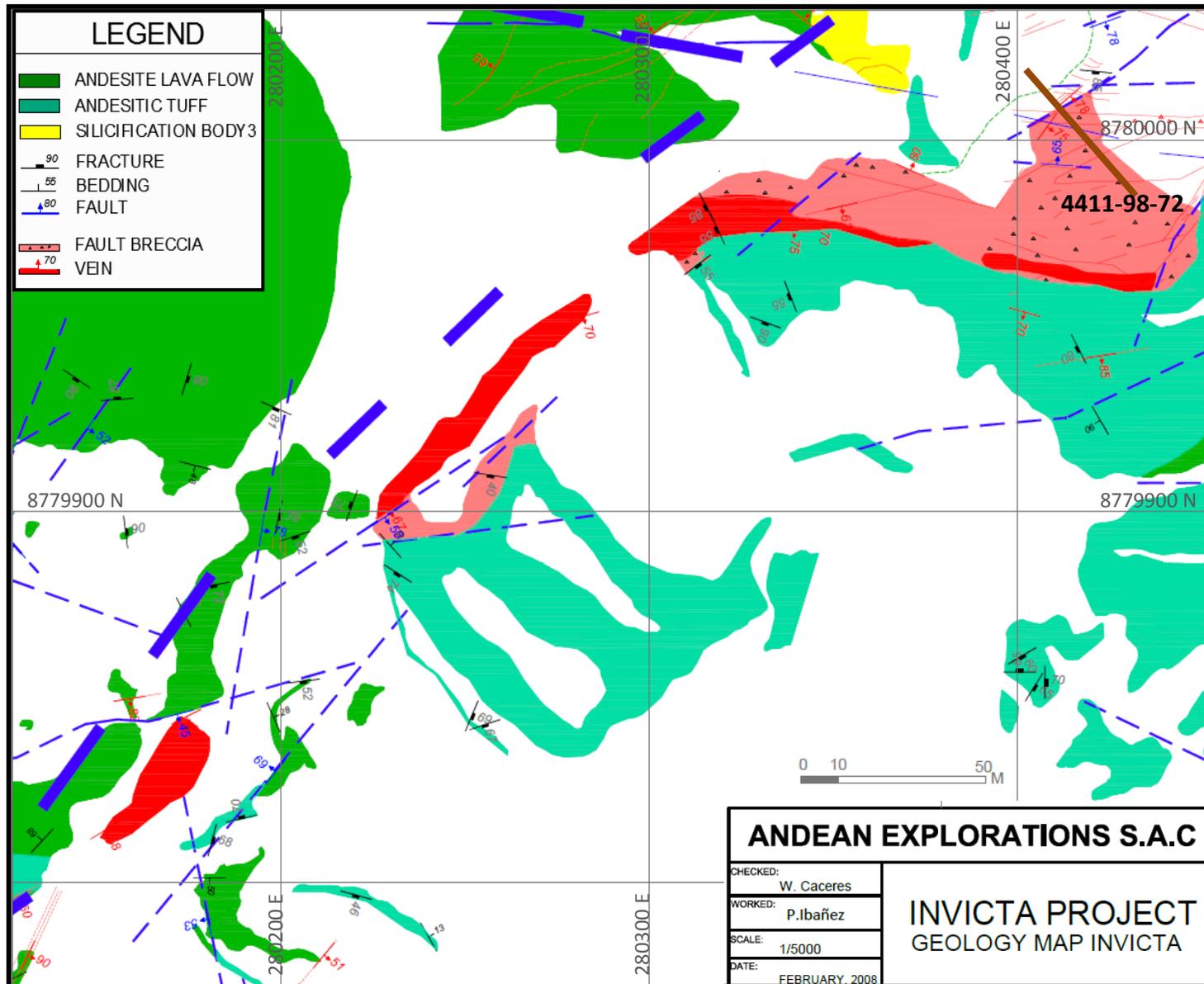


Figura 13: Veta Atenea.

Veta Atenea con relleno de fractura (veta) y de brecha con diseminación y vetillas por el fracturamiento – craquelamiento (brecha hidrotermal controlada por fallas). En color café se muestra un taladro diamantino.

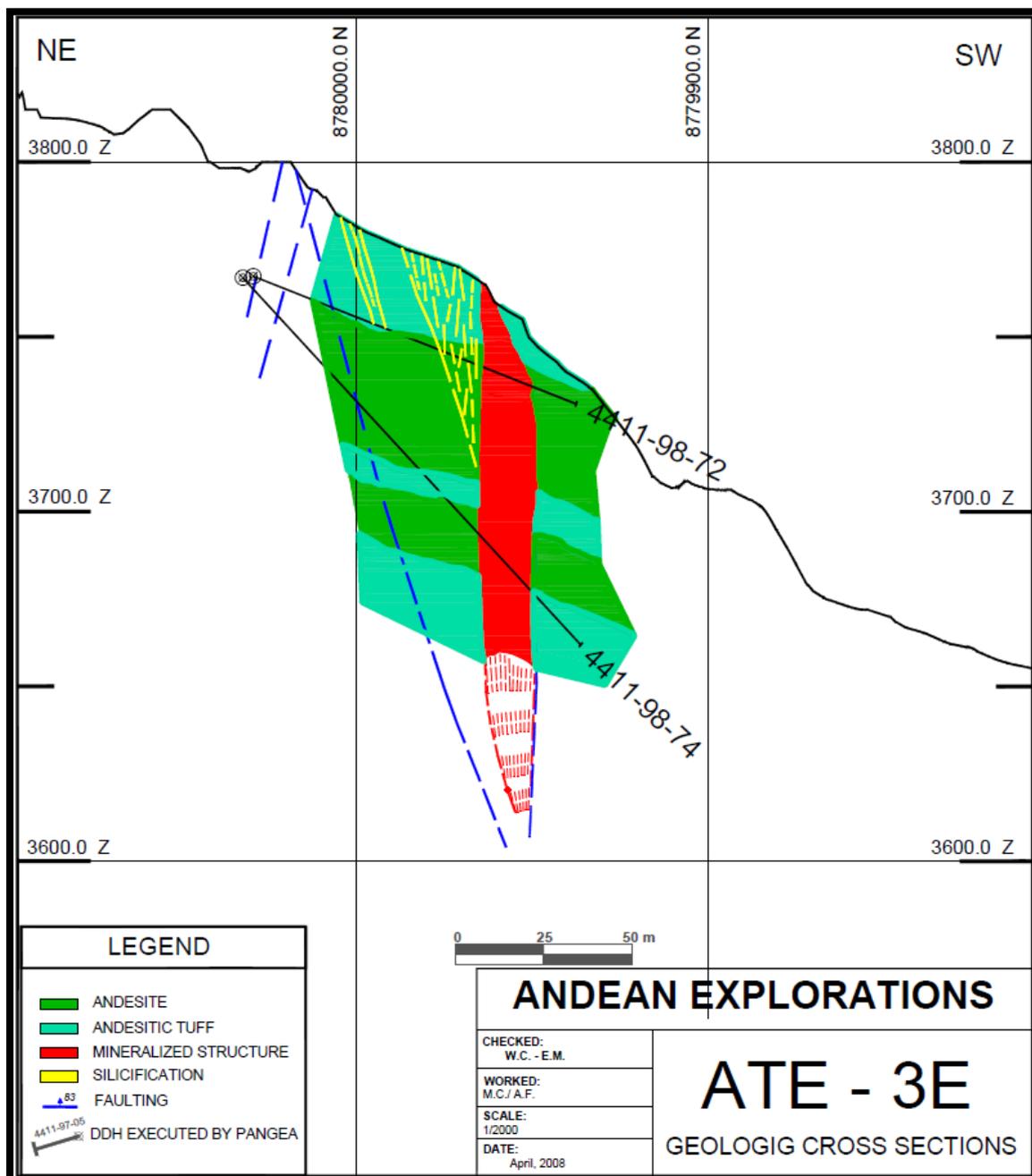


Figura 14: Sección veta Atenea.

Veta Atenea explorada mediante perforaciones diamantinas, en litología volcánica.

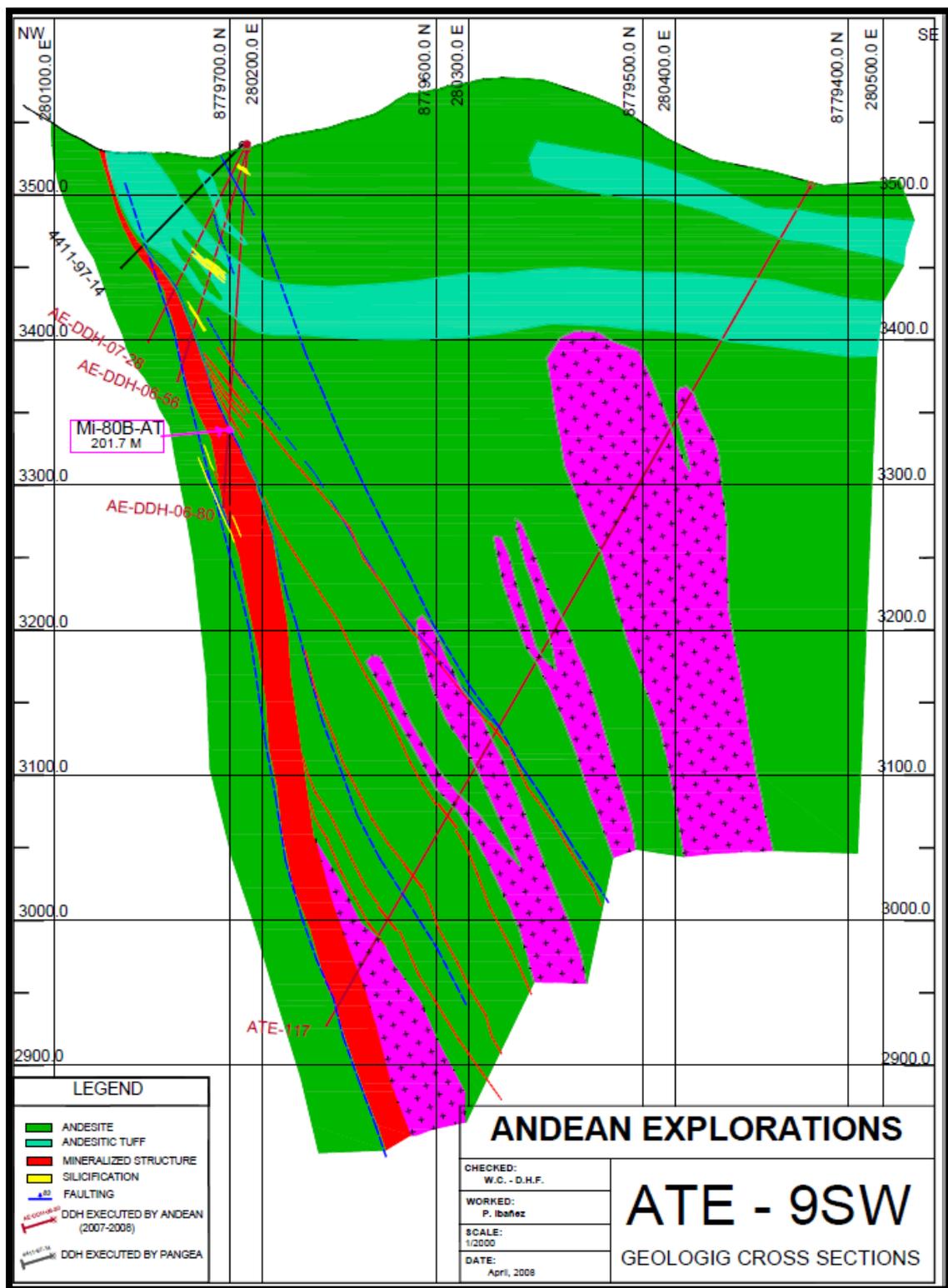


Figura 15: Sección veta Atenea.

Veta Atenea explorada mediante perforación diamantina, en litología volcánica e intrusiva.



Figura 16: Roca caja, veta Atenea.



Figura 17: Stockwork, veta Atenea.

Stockwork en veta Atenea con vetillas de cuarzo dentro del cuerpo de brecha en superficie.

4.3.2 Veta Danny

Se ubica en el sector sureste de Invicta, donde además existen otras estructuras importantes como la veta Ydalia de difícil acceso topográfico, que han sido reconocidas mediante sondajes diamantinos. La veta Danny tiene unos 900 m. de longitud cubiertos mayormente por sedimentos detríticos (Figs. 18 y 19), reconocidos en casi toda su longitud con perforaciones de diamantina. Posee rumbo N70°- 75°W, y buzamiento 70° – 80° SW aparentemente con cambios al NNE hacia su extremo NW (Figs. 8, 18, 19).

La mineralización que presenta es calcopirita, esfalerita negra, galena, especularita, pirita y marcasita como minerales primarios; bornita, covelita, hematita, goethita y limonitas como minerales secundarios de oxidación; cuarzo (Au) y calcita.

La alteración hidrotermal esta conformada por silicificación y sericitización junto a las vetas y cloritización que ocurre en varias fases y se extiende de manera pervasiva, epidotización y piritización.



Figura 18: Veta- falla Danny.

Afloramiento y traza de veta – falla Danny cubierta por sedimentos detríticos coluviales.

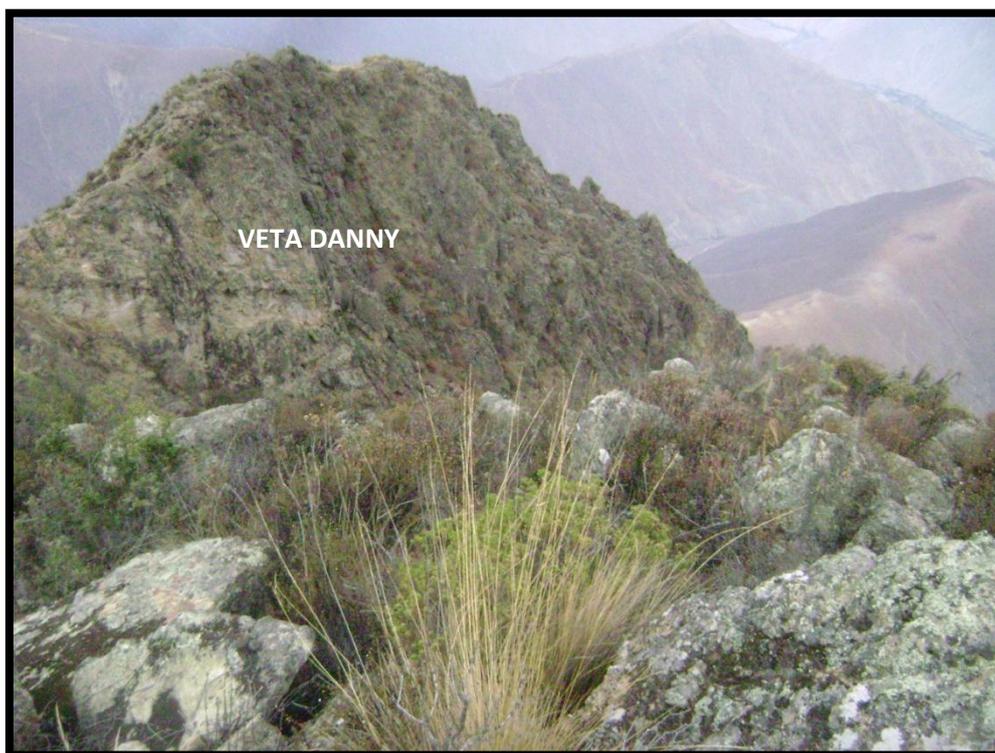


Figura 19: Veta Danny.

Farallón de cuarzo con óxido de fierro, veta Danny.

4.3.3 Veta Pucamina

La veta Pucamina (Figs. 20, 22 y 23) se encuentra en el sector noreste de Invicta, con rumbo N40°-50°E con buzamiento 75° - 80° SW, tiene una longitud total de 1100 m, reconocida por sus afloramientos (Fig. 8) y en la exploración diamantina (Fig. 21), de los sectores cubiertos por sedimentos eluviales destacando (i) en su sector sureste un tramo de afloramiento de unos 200 m. de longitud con potencias de 1 hasta 10 m. con relleno de fractura y brecha de falla (zona 2), (ii) hacia el sector noroeste de la estructura un afloramiento de unos 150 m. de largo con 2 a 40 m. de ancho con brecha de falla, vetillas y diseminación (zona 7). Hacia el sector norte el rumbo cambia a N70° – 75°W con buzamiento 60° - 70° SW.

La mineralización es de calcopirita, galena, esfalerita, esfalerita negra, pirita, hematita, cuarzo lechozo y óxidos de hierro.

La alteración hidrotermal esta conformada por silicificación, argilitización, cloritización y piritización.

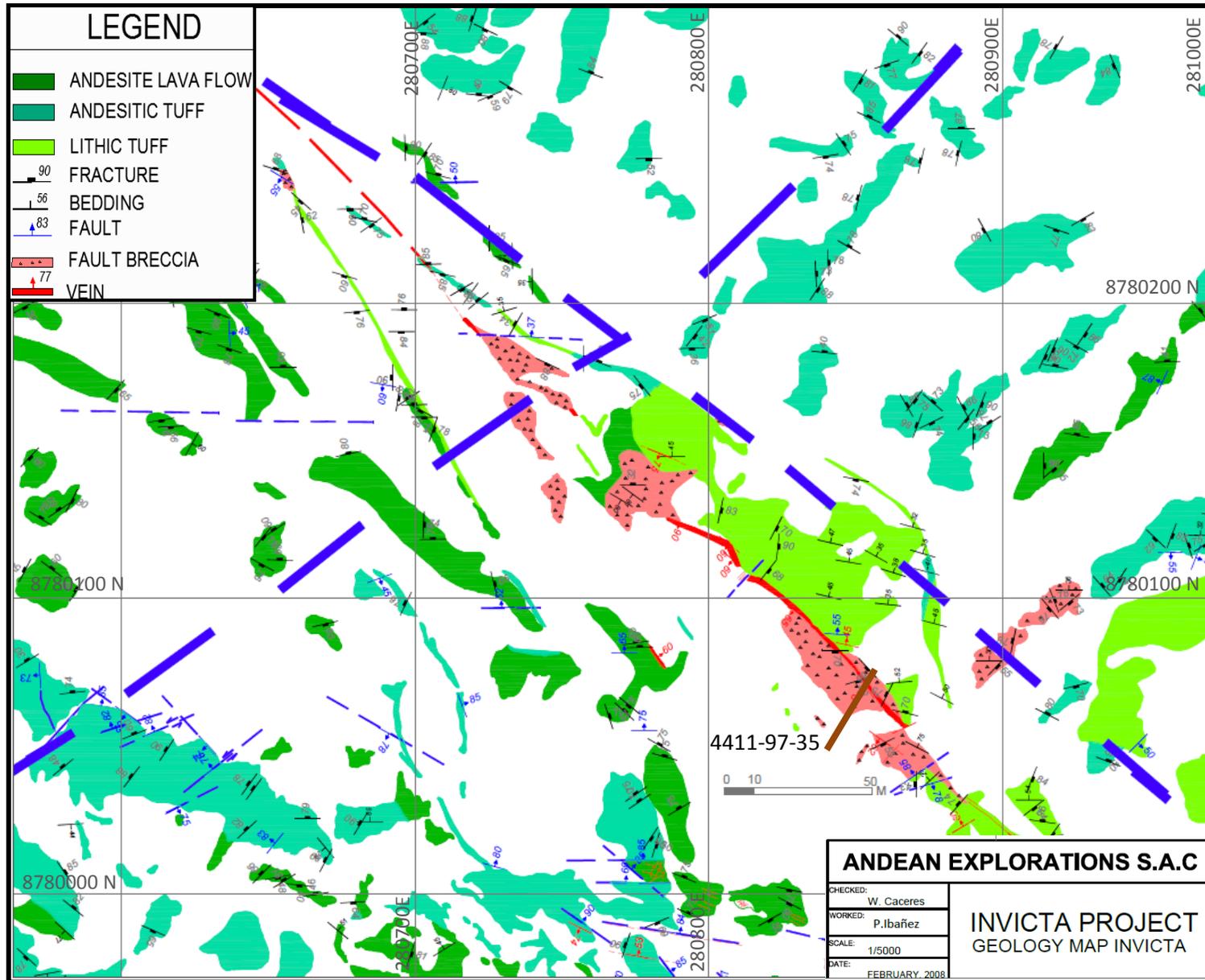


Figura 20: Veta Pucamina en sector SE.

Veta Pucamina en su sector SE con relleno de fractura (veta) y de brecha por fracturamiento – craquelamiento. En color café se muestra un taladro diamantino de exploración.

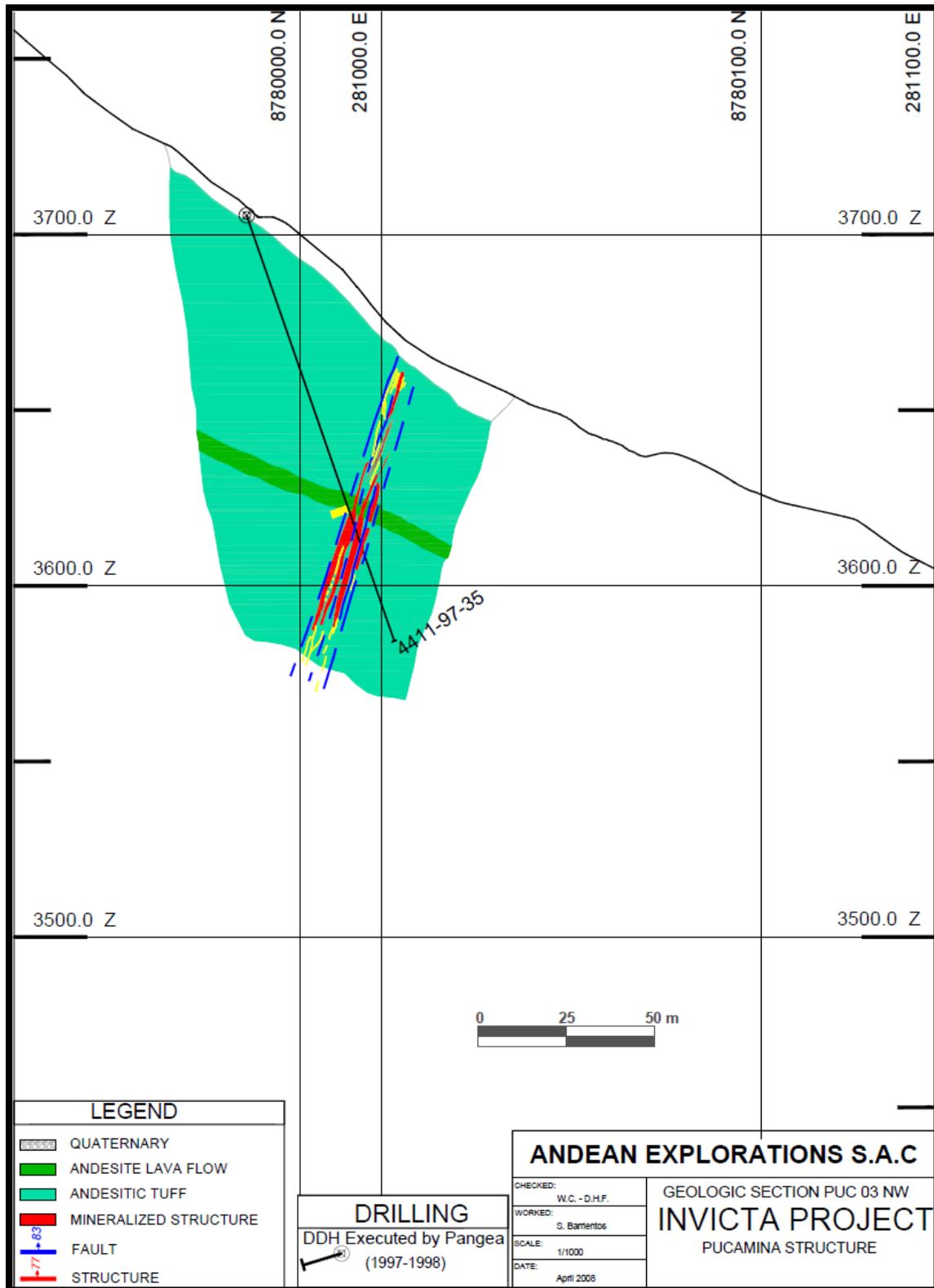


Figura 21: Sección veta Pucamina.

Exploración de la veta Pucamina mediante perforación diamantina en rocas volcánicas.

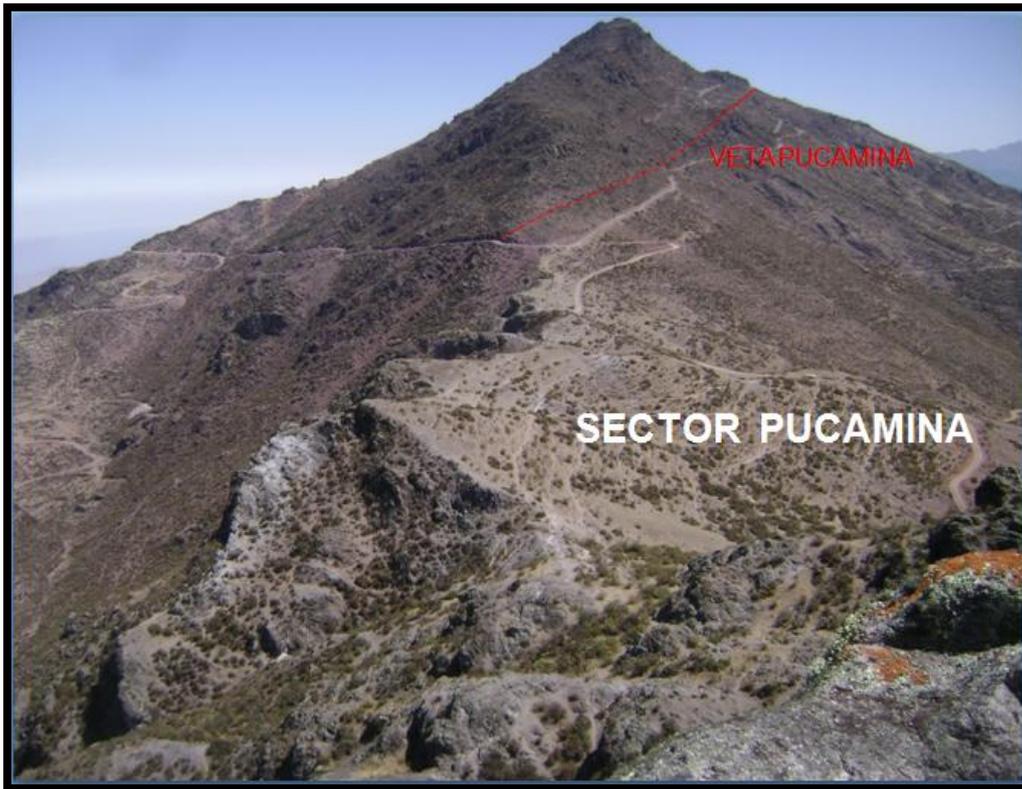


Figura 22: Estructura Pucamina en sector SE.

Afloramiento de uno a mas metros de potencia donde aparece en línea continua.



Figura 23: Afloramiento veta Pucamina.

Afloramiento veta Pucamina en talud de carretera.

4.3.4 Veta Ydalia

En la zona de Ydalia (Figs. 24, 25) se aprecian varias estructuras con dirección N50°-60°E. Esta estructura tiene rumbo N90°-120°E, 60°-70°NE, ha sido reconocida en 500 m de longitud con potencia promedio de 5 m, con brechamiento conteniendo cuarzo oqueroso, óxidos de hierro, pirita, calcopirita; presenta alteración fílica.



Figura 24: Sector de Ydalia.

Este sector se ubica hacia la caída del talud. Vista desde el Cuerpo Ssilificado 4.



Figura 25: Sector Ydalia.

Este sector se encuentra hacia la parte posterior (precipicio). Vista desde el Cuerpo Silificado 3.

4.3.5 Zonas 2, 3, 4 y 7

En el plano geológico, se utiliza los términos de zonas (2, 3, 4, 6 y 7) para denominar los sectores con mayor concentración de mineralización en vetas, stockwork, diseminación y/o brechas, formando parte de las grandes estructuras filonianas.

Las zonas 2 y 7 (Fig. 27) corresponden a la veta Pucamina y son cuerpos mineralizados de brechas de falla con mayores concentraciones de mineral, que han sido originados en la intersección de importantes zonas de fallas transversales a la falla Pucamina, creando de este modo una zona craquelada que permitió la formación de estos cuerpos.

La zona 3 (Juan) (Fig. 26) se ubica hacia el extremo noroeste de Invicta, donde destaca una veta de unos 200 m de longitud reconocida mediante cateos, de rumbo $N80^{\circ}-85^{\circ}W$, y buzamiento de $60^{\circ}-80^{\circ}SW$, veta que luego se infiere en unos 700 m de longitud hacia el sureste, con algunos pequeños tramos de afloramientos y que se une a otras

estructuras filonianas hacia el extremo sureste. Las potencias reconocidas generalmente son de alrededor de 1 m.

La zona 4 se ubica inmediatamente al sur del extremo noroeste de Danny, apreciándose filones de cuarzo con brechamientos.

La zona 6 se ubica en el sector central de la veta Danny.

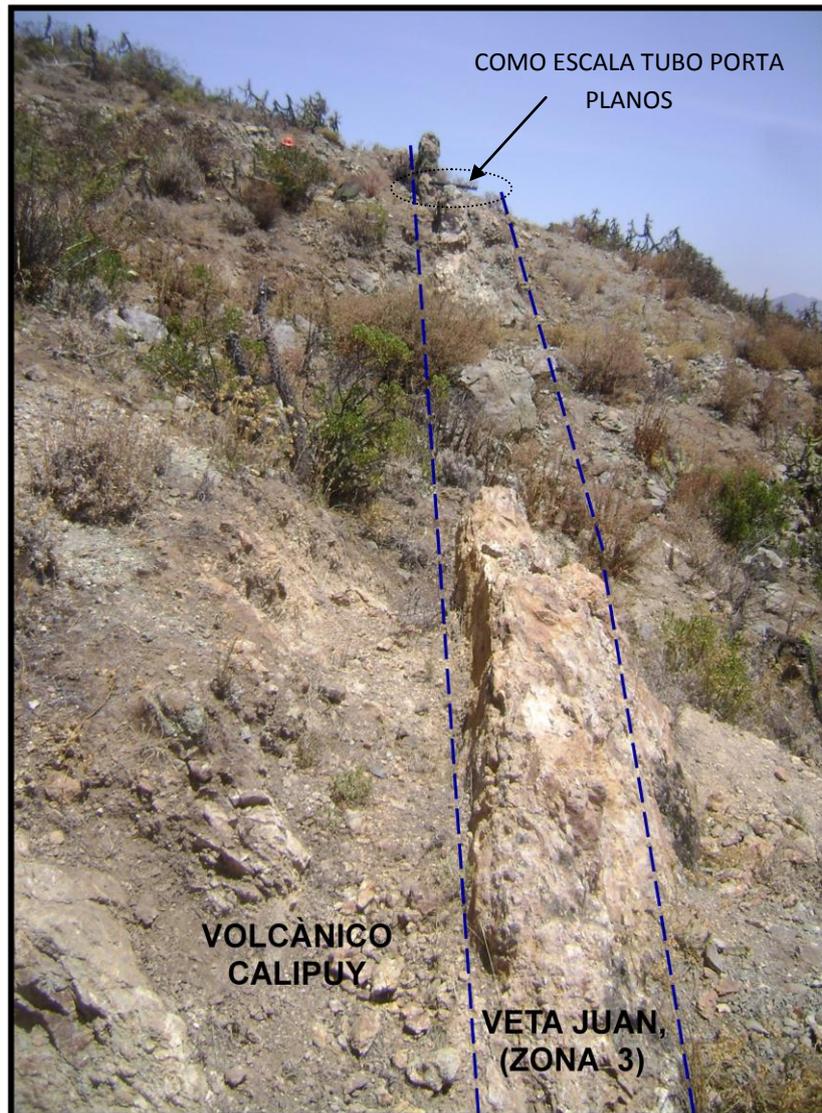


Figura 26: Veta Juan en Zona 3.

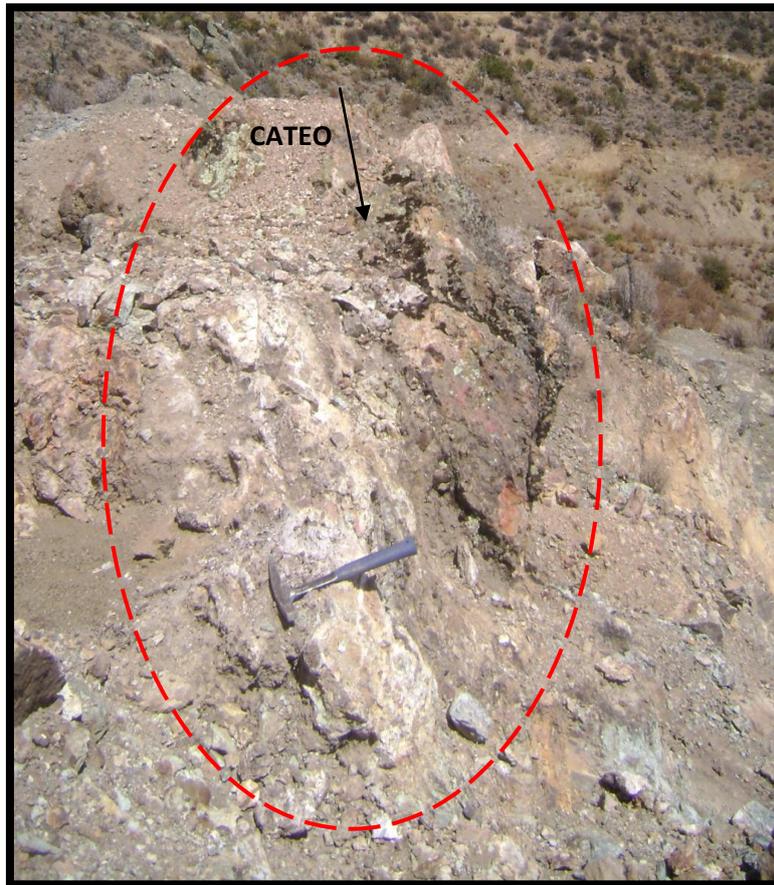


Figura 27: Mineralización en zona 7.

Mineralización de cuarzo y sulfuros en Zona 7, en vetas cortas, vetillas y brecha de falla.

4.3.6 Cuerpos silicificados

Se revisó 4 cuerpos silicificados, cuya alteración difiere en intensidad en cada caso, y corresponden a la transformación de las rocas traquiandesíticas y/o andesitas al ser invadidas por productos hidrotermales silicatados. Estos cuerpos silicificados son anteriores a las fallas principales que controlaron la formación de las vetas-brechas y por ende también son anteriores a la formación de las estructuras con mineralización económica conocidas. Sin embargo, en algunos de estos cuerpos silicificados revisados, se ha encontrado vetillas y/o vetas de cuarzo de diferente composición como hematita con remanentes de especularita en vetas/vetillas y diseminada, mineralización que correspondería a alguna de las fases de mineralización encontradas en las vetas.

Las posibilidades exploratorias de estos cuerpos silicificados, no son muy claras. En principio las observaciones de superficie, parecieran indicar que se trata de masas de rocas silicificadas que se formaron siguiendo los lineamientos estructurales o zonas de falla, por donde circularon las soluciones hidrotermales conformados principalmente por sílice de origen epitermal aparentemente con escaso contenido de iones metálicos de interés económico (?) en este nivel de erosión.

Posteriormente cuando se produce la metalización económica formado las vetas/brechas como Atenea y otras con mineralización económica, estos cuerpos silicificados habrían sido alcanzados por algunas fases de esta mineralización, formándose entonces la escasa mineralización encontrada hasta ahora en algunos de estos cuerpos, principalmente donde el fracturamiento por fallamientos ha creado conductos que permitieron la circulación de estos flujos, originando por ejemplo el brechamiento y vetillas que se observan hacia el extremo norte del cuerpo silicificado 1, o las vetas que se aprecian en el cuerpo silicificado 3.

Los cuerpos silicificados 1 y 3, son los prioritarios para una oportuna exploración con perforación diamantina, el cuerpo 3 puede explorarse mediante estos sondajes, desde el interior del Nivel 3400 y el cuerpo 1 deberá explorarse desde superficie a partir del sector oeste. Previamente estos cuerpos deberán ser cartografiados y muestreados con detalle a la escala 1/500.

A continuación se hace una breve descripción de estos cuerpos:

4.3.6.1 Cuerpo Silicificado 1

Ubicado inmediatamente al oeste de la zona 7, de dirección NEE casi N-S, 300 m de largo x 50 a 100 m de ancho (Figs. 28, 29, 30 y 31) , es el de mayor interés principalmente hacia su extremo norte debido a que por ese sector pasa oculta por sedimentos eluviales y coluviales la proyección de la falla-veta Pucamina, estructura a la cual estarían asociados al mayor fracturamiento y débil brechamiento con presencia de pirita y limonitas-goethita-hematita en fracturas y diseminadas observadas en dicho sector, donde se ha tomado dos muestras para análisis geoquímico por multielementos. Su exploración con referencia a los demás cuerpos, es de prioridad 1.

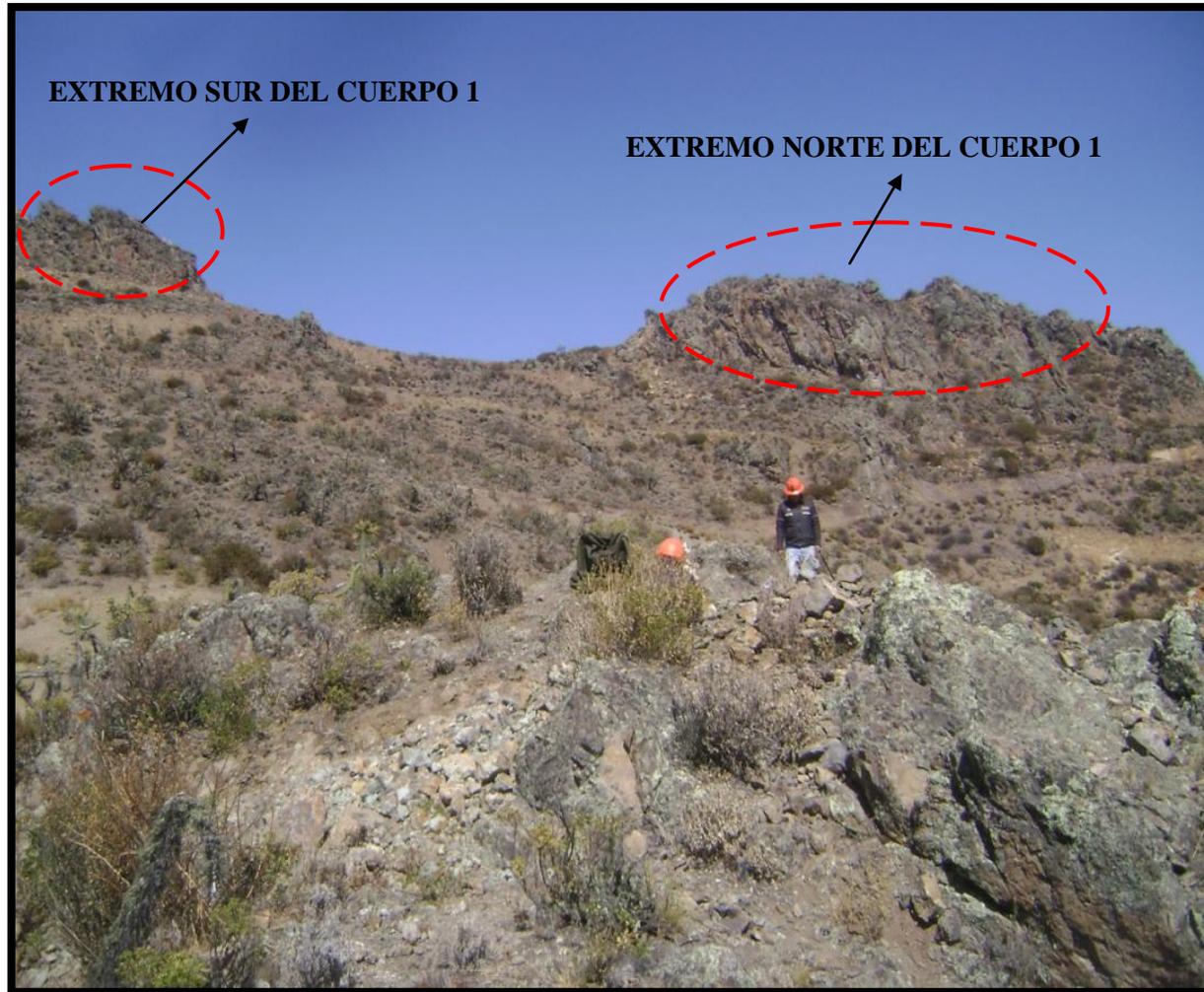


Figura 28: Afloramientos en cuerpo 1.

Afloramientos norte y sur del cuerpo 1, vistos desde la Zona 7.

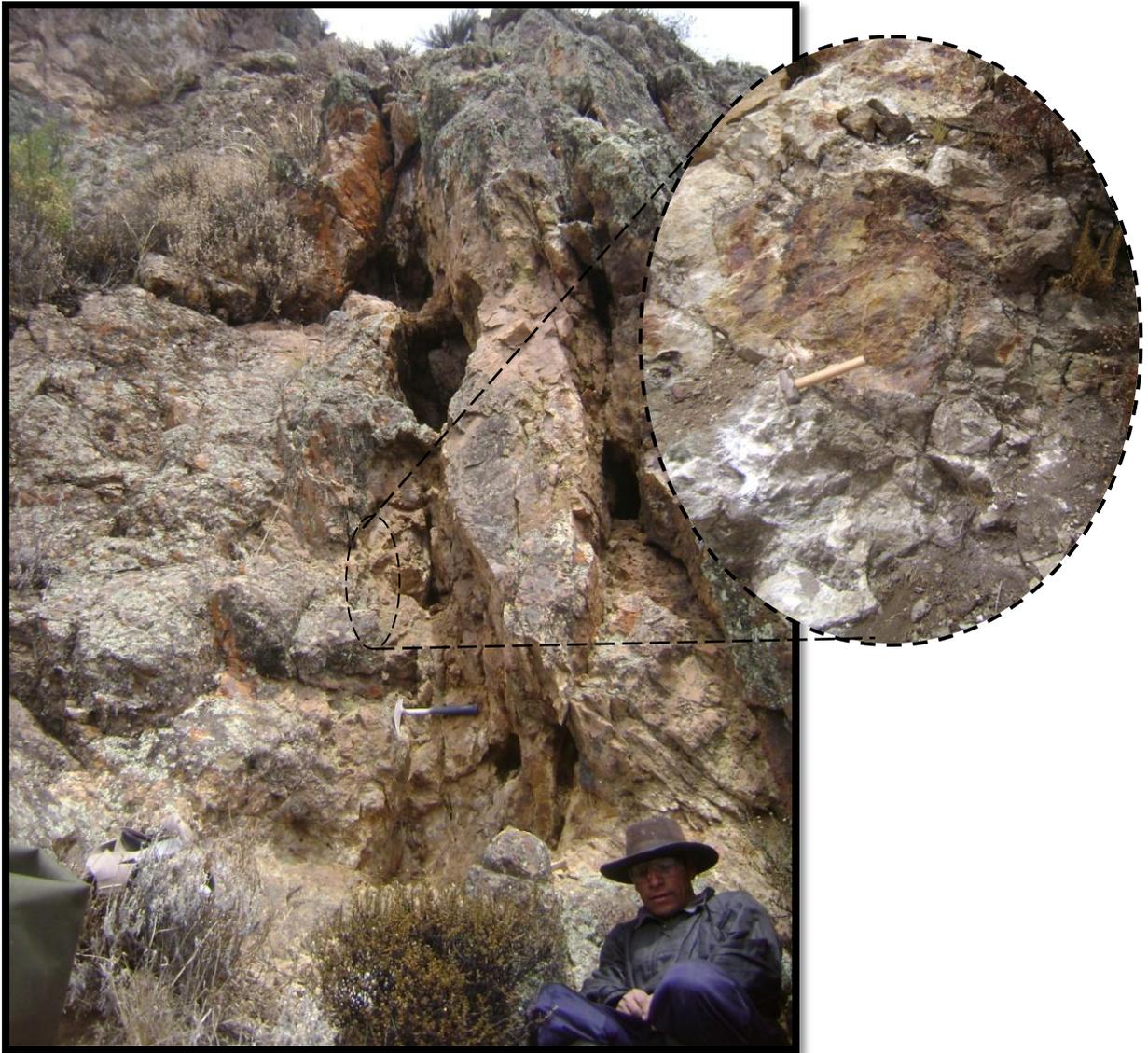


Figura 29: Fracturamiento en cuerpo 1.

Fallamiento – fracturamiento con óxidos de Fe en el extremo norte del cuerpo 1.

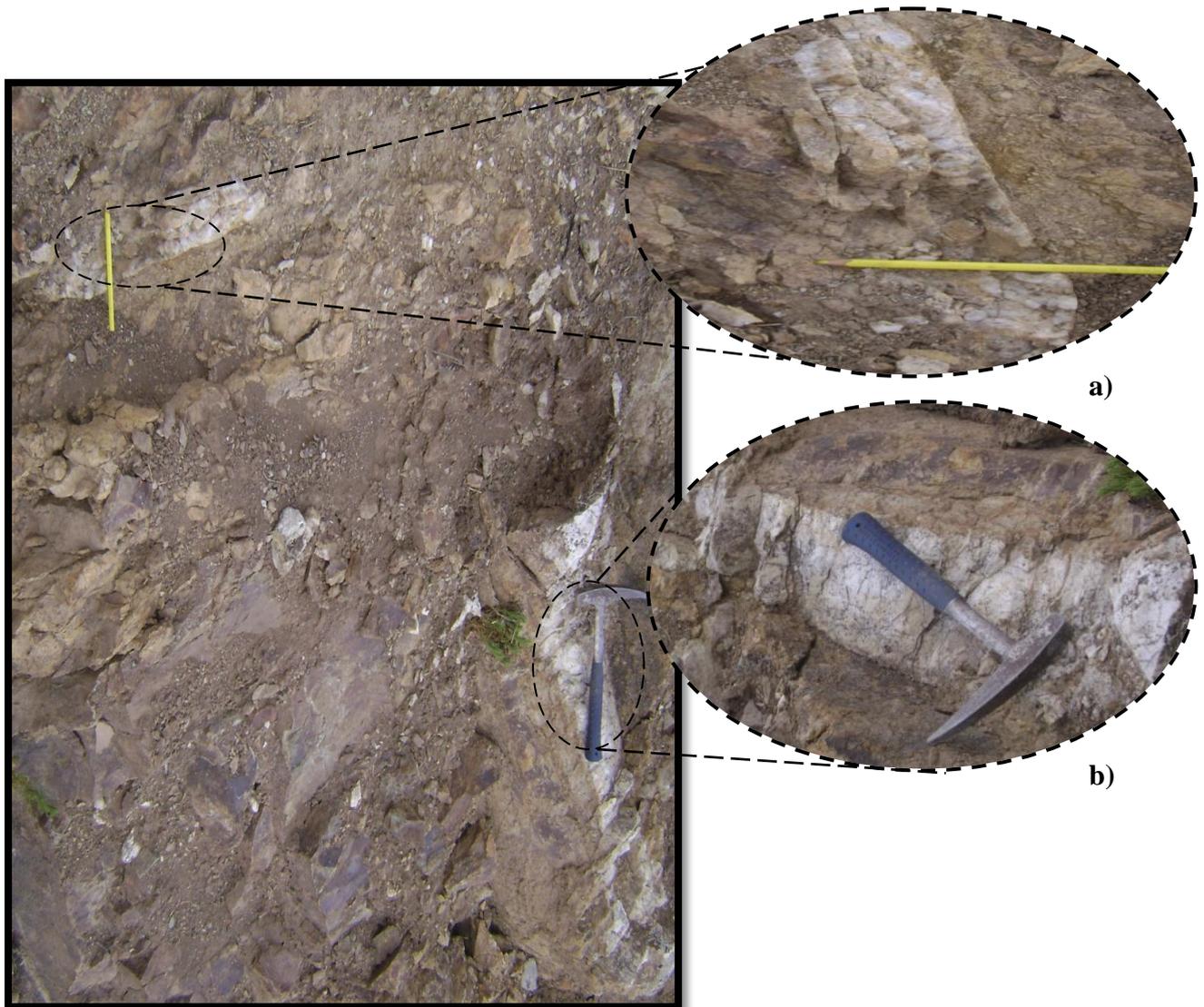


Figura 30: Generaciones de cuarzo en Cuerpo 1.

Cuerpo 1 sector sur. Se observa 2 generaciones de cuarzo: a) cuarzo transparente;

b) cuarzo lechoso.

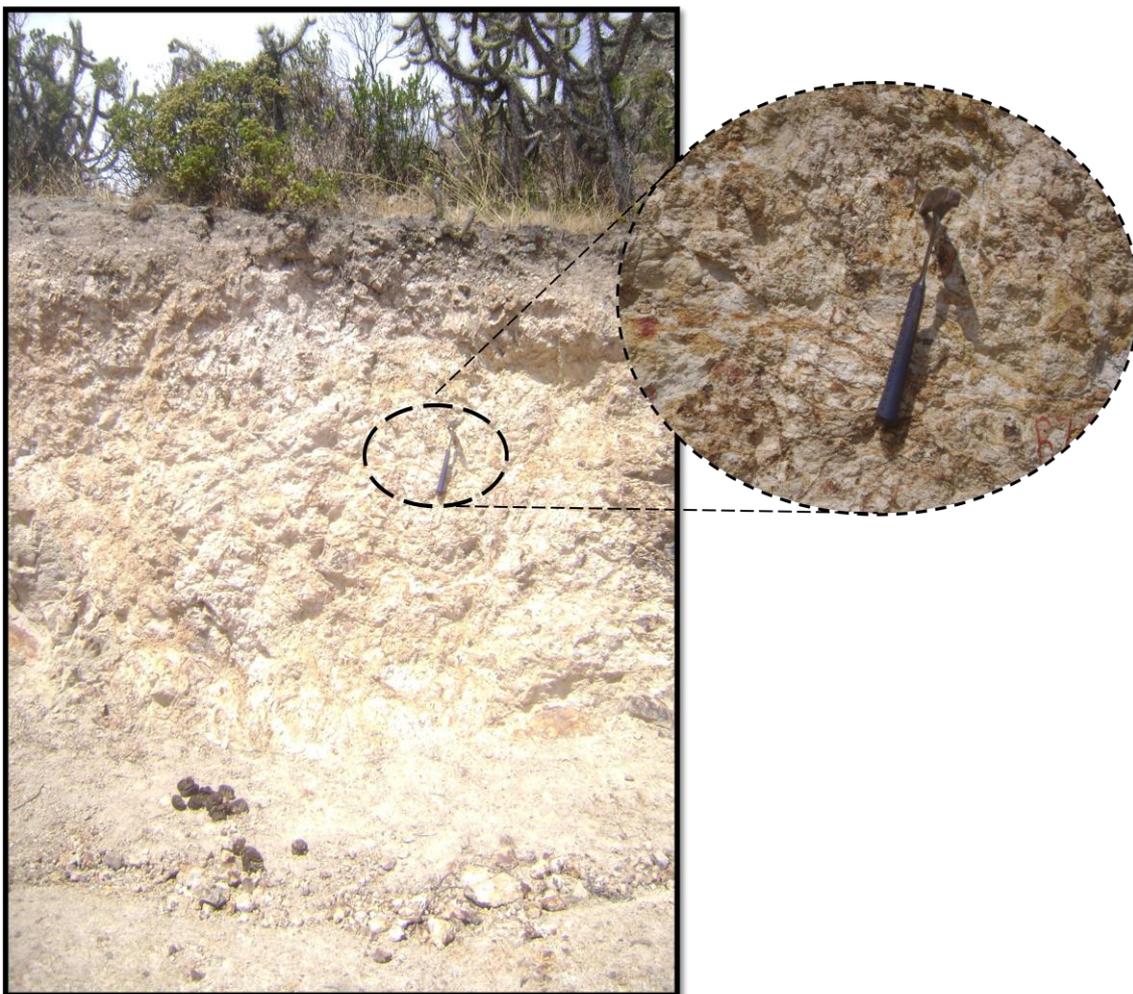


Figura 31: Venillas y concentraciones de cuarzo en cuerpo 1.

Concentraciones de cuarzo y óxidos de Fe hacia la prolongación norte del cuerpo 1, en talud de carretera.

4.3.6.2 Cuerpo Silicificado 2

Se ubica a unos 350 a 400 m al norte del Cuerpo Silicificado 1, tiene unos 150 m de largo x 10 a 30 m de ancho llegando su extremo sureste muy cerca al sector de la veta-brecha Atenea, presenta mayormente alteración argílica y propílica y menor silicificación con escasas vetillas y/o vetitas de reducida potencia. Es de prioridad exploratoria 4 en relación a los demás cuerpos silicificados.

4.3.6.3 Cuerpo Silicificado 3

Se encuentra a unos 150 m al noreste de los campamentos actuales de Invicta (Figs. 32, 33 y 36), tiene dirección NWW con unos 350 m de largo x 30 a 50 m de ancho, está

fuertemente silicificado y en partes argilizado, apreciándose ocasionalmente remanentes de traquiandesitas o andesitas marrones como roca original. Se observa en su sector noroeste, una veta brechada de rumbo $N50^{\circ}E$, $70^{\circ}-75^{\circ}NW$ de 1 m de potencia con hematita y cuarzo, y también una veta masiva de hematita de rumbo $N30^{\circ}E$, $65^{\circ}-70^{\circ}NW$, de más de 2 m de potencia, ambas vetas cortan casi transversalmente al cuerpo silicificado, en este sector se ha encontrado alunita. Su exploración tiene prioridad 2.



Figura 32: Sector central del cuerpo 3.



Figura 33: Brecha silicificada en cuerpo 3.

Brecha silicificada con matriz de hematita en cuerpo 3 .

4.3.6.4 Cuerpo Silicificado 4

Se ubica inmediatamente al norte de la veta Danny (Fig. 34), presenta moderada a fuerte silificación con escaso cuarzo y óxidos de Fe en vetillas y diseminado. Su exploración tiene prioridad 3.



Figura 34: Cuerpo silicificado 4.

Cuerpo 4, en línea celeste límite sur del cuerpo. En los últimos desarrollos de la carretera, hacia el sector del precipicio, se encuentra el sector de Ydalia.

V. GEOQUÍMICA

En los estudios de prospección geoquímica regional efectuados por Andean Exploration, realizados en parte de los cuadrángulos de Oyón, Ambar, Canta y Huaral, se analizaron los elementos Au, Ag, Cu, Pb, Zn, As, Mo, Fe, Hg, Mn, Ni, Cr, Sb, encontrándose para la zona de Invicta, anomalías débiles de Cu, Pb y de débil a moderadas de Zn (Vela L., Delgado N., 2008). No se encontró anomalías de Au en el sector del yacimiento Invicta.

La geoquímica local de sedimentos de quebrada alrededor de Invicta, en las quebradas Parán y Picunche que son las principales afluentes que bordean el sector norte del yacimiento, presenta anomalías moderadas a altas de Au y Ag, débiles a moderadas de Zn y débiles de Cu y Pb, las cuales han sido corroboradas principalmente en Au, con el muestreo realizado en afloramientos de veta ubicados dentro del yacimiento (Fig. 35).

VI. GEOFÍSICA

Se utilizaron los métodos geofísicos terrestres de polarización inducida (IP), resistividad y magnetometría. Las medidas de IP y resistividad, se realizaron en líneas sistemáticas con espaciamiento de 100 m entre las zonas de Atenea e Ydalia (hacia el noroeste de los campamentos), y cada 200 m de la zona de Atenea hacia la zona de Pucamina (al sureste de los campamentos).

En razón a la composición de las estructuras mineralizadas principalmente de cuarzo y diferentes proporciones de sulfuros, como la pirita, calcopirita y galena que son los que mejor responden al IP, así como a la gran potencia que adquieren las vetas al formar cuerpos de brecha de varias decenas de metros de ancho principalmente en algunas zonas de Atenea y Pucamina, la respuesta a la cargabilidad y a la resistividad, en general ha sido buena, ya que han alcanzado valores anómalos geofísicos moderados para ambos casos, sin llegar a los extremos normales de obtener alta cargabilidad para una baja resistividad y viceversa.

Los estudios de IP, muestran anomalías en las diferentes cotas medidas entre los 50 y 200 m de profundidad (Figs. 37 y 38), siendo persistentes y de mayor intensidad en los sectores donde se ubican las vetas principales Atenea y Danny, con valores entre 3.3 y 5.9 mv/v con predominio de los valores altos hacia las vetas mencionadas.

Los estudios de resistividad, muestran para estos mismos sectores de Atenea y Danny, anomalías bajas a moderadas con valores entre 91 y 966 Ohm-m, con predominio de los valores bajos que son los de mayor interés en correlación con los valores de mayor cargabilidad.

Los estudios de magnetometría muestran una importante zona anómala de campo total magnético con valores entre 25933 y 26093 nano tesla, que cubre con amplitud y en su totalidad los sectores de Atenea y Danny.

Es evidente la importancia de las anomalías eléctricas (IP y Resistividad) y magnéticas encontradas, ya que evidenciaron el interés prospectivo y exploratorio de la mineralización del yacimiento Invicta. El estudio no abarcó el sector de Ydalia por su inaccesibilidad topográfica, pero hay todavía un espacio que abarca la zona de Danny (C-1 o zona suroeste de Invicta) hacia donde se puede extender para completar dicho

estudio (Fig. 36), que a pesar de ser un área ya explorada con perforación diamantina, serviría para complementar el conocimiento geofísico en este sector donde el nivel de erosión difiere con respecto a los otros sectores.

Asimismo resaltan, las anomalías que han quedado abiertas al, NE y SE (C-2 y C-3) (Figs. 38 y 39) con valores de polarización inducida de 2.3 a 4.5 mv/v y resistividades de 91 a 966 ohm-m con predominio de los valores mas bajos por estar ligados a los valores de cargabilidad mas altas.

En el planeamiento de los estudios geofísicos sugeridos para los sectores C-2 y C-3 debe considerarse llegar a mayores profundidades ya que la topografía lo permite. Para la zona C-1 solo se podrá hacerlo hasta profundidades normales en razón a que la topografía es menos favorable siendo abrupta e inaccesible hacia el sector Ydalia.

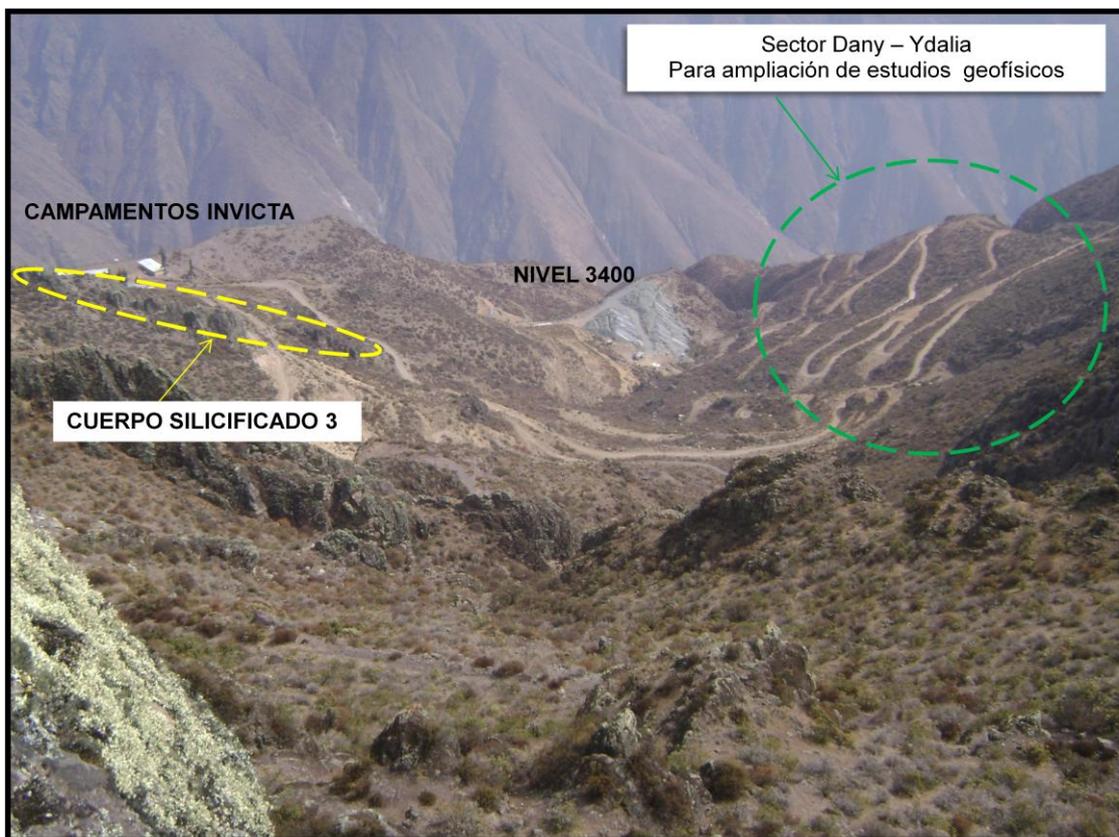


Figura 36: Sector suroeste del yacimiento Invicta.

Sector suroeste de Invicta, donde deberá completarse los estudios geofísicos de IP y Resistividad.

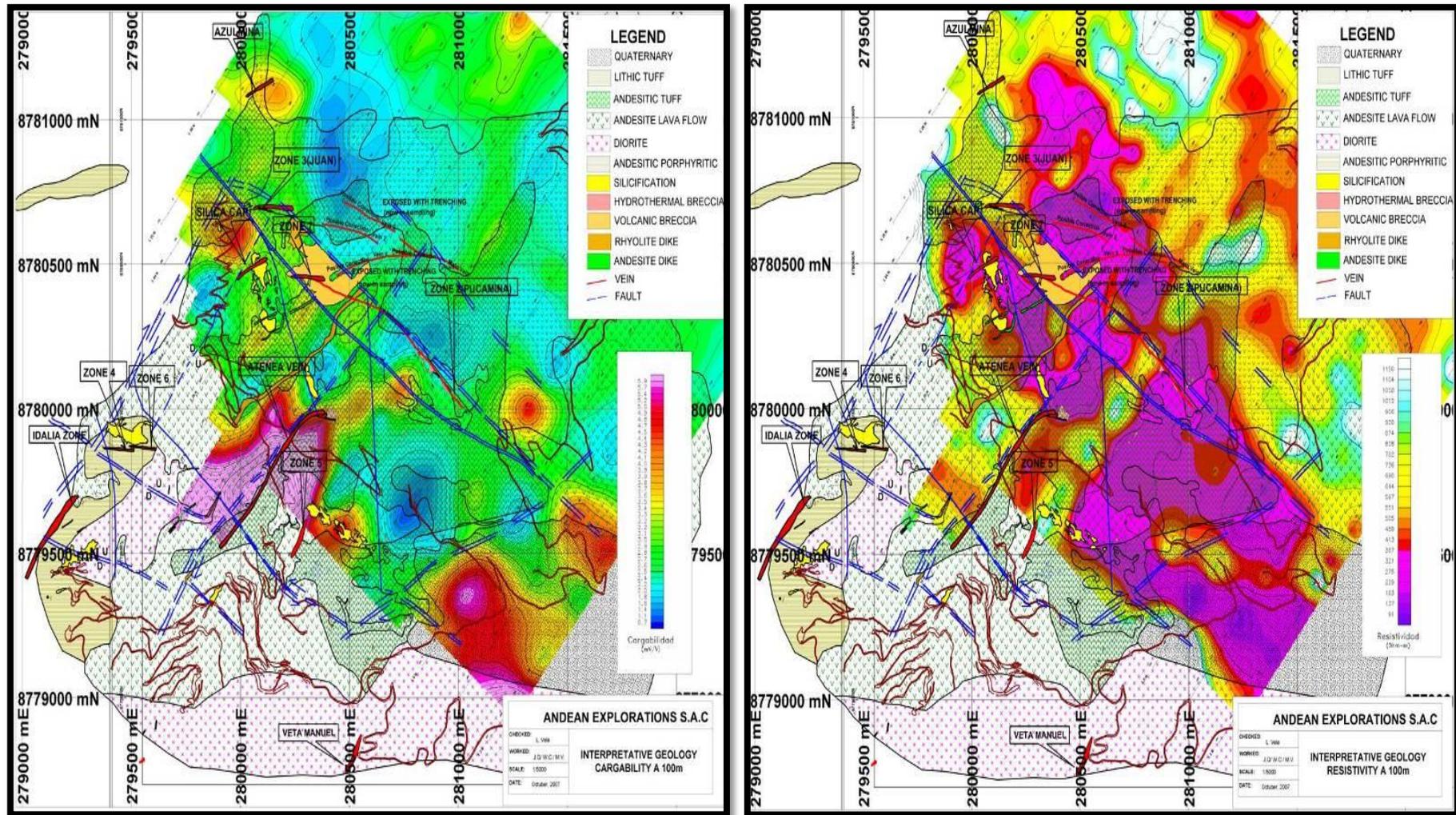


Figura 37: Mapas de cargabilidad y resistividad a 100 m. de profundidad.

Mapa de cargabilidad – 100 m. profundidad.

Azul a celeste: 07 – 2.2 mV/V

Verde: 2.2 – 3.3 mV/V

Amarillo: 3.3 – 3.7 mV/V

Naranja: 3.7 – 4.4 mV/V

Rojo: 4.4 – 5.2 mV/V

Lila: 5.2 – 5.9 mV/V

(Andean Explorations S.A.C, 2007)

Mapa de resistividad – 100 m. profundidad

Lila: 91 – 367 Ohm-m.

Rojo: 367 – 459 Ohm-m.

Naranja: 459 – 551 Ohm-m.

Amarillo: 551 – 782 Ohm-m.

Verde: 782 – 966 Ohm-m.

Celeste: 966 – 1104 Ohm-m.

Celeste claro: 1104 – 1150 Ohm-m.

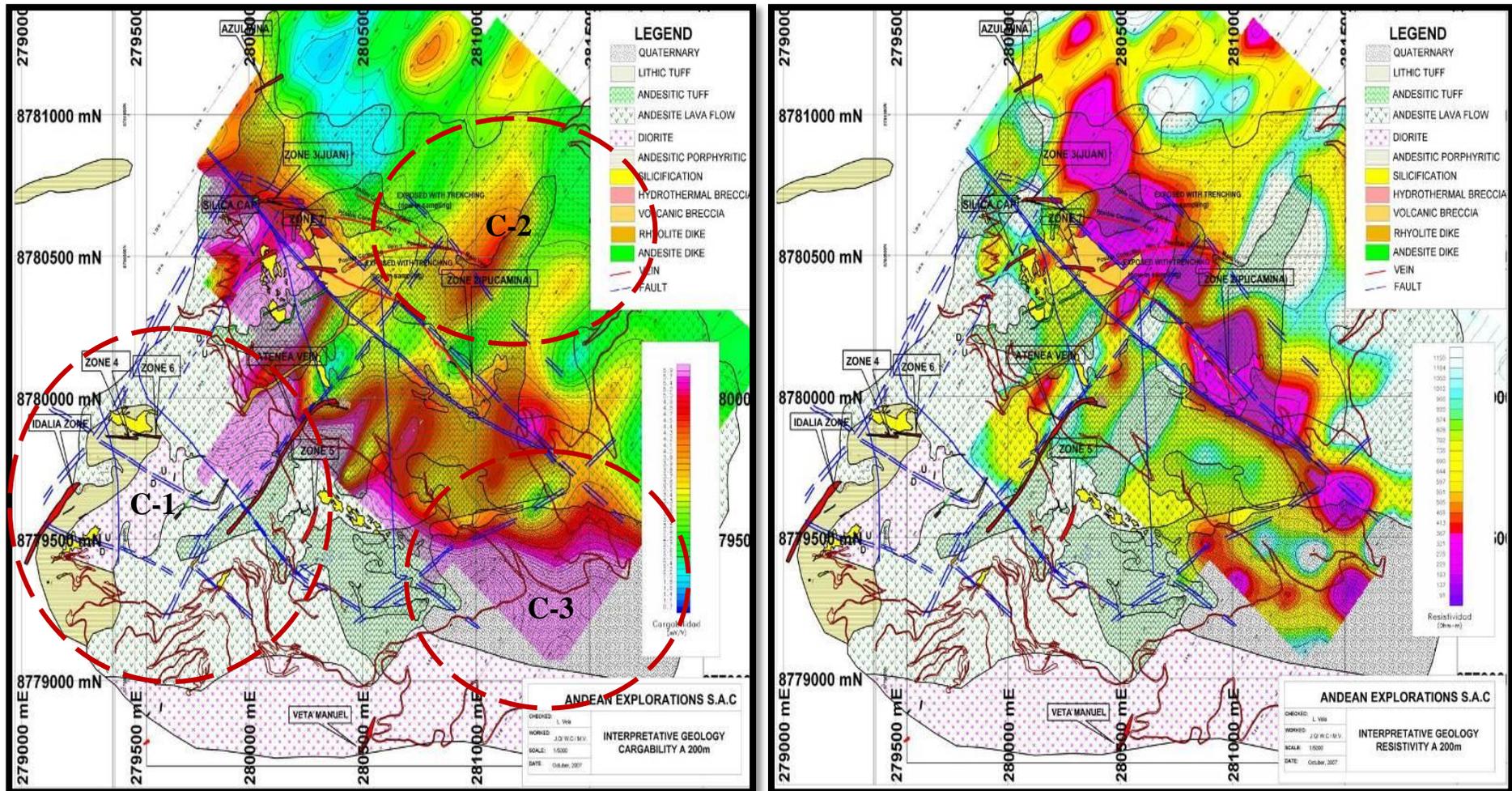


Figura 38: Mapas de cargabilidad y resistividad a 200 m. de profundidad.

Se indica en círculo rojo las zonas donde deben completarse y/o complementarse los estudios de IP y resistividad. (Andean Explorations S.A.C, 2007)

Mapa de cargabilidad – 200 m. profundidad

Azul a celeste: 07 – 2.2 mV/V

Verde: 2.2 – 3.3 mV/V

Amarillo: 3.3 – 3.7 mV/V

Naranja: 3.7 – 4.4 mV/V

Rojo: 4.4 – 5.2 mV/V

Lila: 5.2 – 5.9 mV/V

Mapa de resistividad – 100 m. profundidad

Lila: 91 – 367 Ohm-m.

Rojo: 367 – 459 Ohm-m.

Naranja: 459 – 551 Ohm-m.

Amarillo: 551 – 782 Ohm-m.

Verde: 782 – 966 Ohm-m.

Celeste: 966 – 1104 Ohm-m.

Celeste claro: 1104 – 1150 Ohm-m.

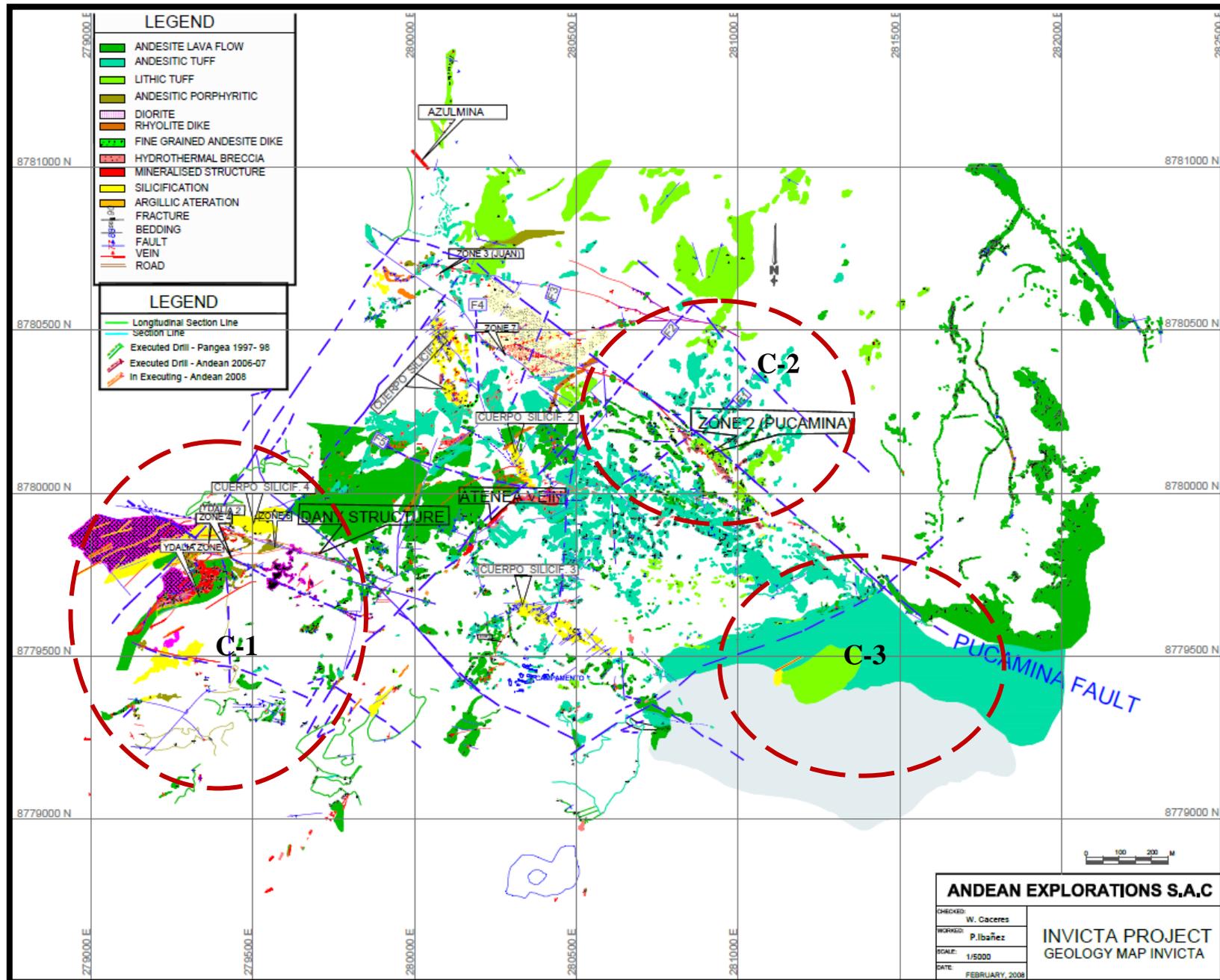


Figura 39: Mapa geológico con prospección geofísica.

Mapa geológico donde se ubican en círculos rojos, las mismas zonas para prospección geofísica mostradas en la figura 38.

VII. INVESTIGACIONES DE LABORATORIO

7.1 SELECCIÓN Y UBICACIÓN DE MUESTRAS

Con la finalidad de efectuar un estudio de caracterización microscópica del yacimiento Invicta, se seleccionó 36 muestras correspondientes a 21 sondajes de perforación diamantina que corresponden a tres vetas: 9 de Atenea, 7 de Danny y 5 de Pucamina, estratégicamente distribuidas. Además en superficie se tomó 8 muestras de rocas y 4 muestras de cuerpos silicificados que sumadas a las 36 muestras de los sondajes hacen un total de 48 muestras, las mismas se enviaron a laboratorio para determinaciones petrográficas (16), minerográficas (23) e inclusiones fluidas (29).

Del total de 48 muestras que se están utilizando en las diferentes investigaciones de petrografía, minerografía e inclusiones fluidas, 16 se detallan en el presente estudio.

En la tabla 1 se aprecia la distribución de estas muestras, ubicando en cada caso las muestras tipo y de mayor importancia en las figuras 40, 41 y 42, que son las que se describen en el capítulo VII (punto 7.2).

Las isotermas y la representación en el diagrama de Wilkinson (2001), se elaboraron con la totalidad de las muestras estudiadas.

ESTUDIO MICROSCOPICO DE MUESTRAS					
Muestra N°	Ubicación		características		
	Nombre de estructura	DDH	Caracterización Microscópica		
			Petrografía	Minerografía	Inclusiones Fluidas
Mi1-119-AT	ATENEA	AE-DDH-08-119		X	
Mi-37A1-AT	ATENEA	AE-DDH-07-37			X
Mi1-32-AT	ATENEA	AE-DDH-07-32			X
Mi1- 112-AT	ATENEA	AE-DDH-07-112		X	X
Ro11-112-AT	ATENEA	AE-DDH-07-112	X		
Mi-80B-AT	ATENEA	AE-DDH-06-80			X
Mi1-Cx3NE-AT	ATENEA	-		X	
Mi2-03-Z6-DA	DANNY	AE-Z6-DDH-07-3		X	X
Mi1-01-Z6-DA	DANNY	AE-Z6-DDH-07-1			X
Mi2-37-4411-DA	DANNY	4411-97-37		X	
Mi1-IDA-06-DA	DANNY	AE-IDA-DDH-08-06		X	X
Mi1-76-4411-PU	PUCAMINA	4411-98-76		X	X
Mi1-32-4411-PU	PUCAMINA	4411-97-32			X
Ro1-Su-IN	SUP. INVICTA		X		
Ro3-Su-IN	SUP. INVICTA		X		
Z7- 01 -IN			X		
TOTAL			4	7	9

Tabla 1: Relación de muestras para los diversos estudios y análisis.

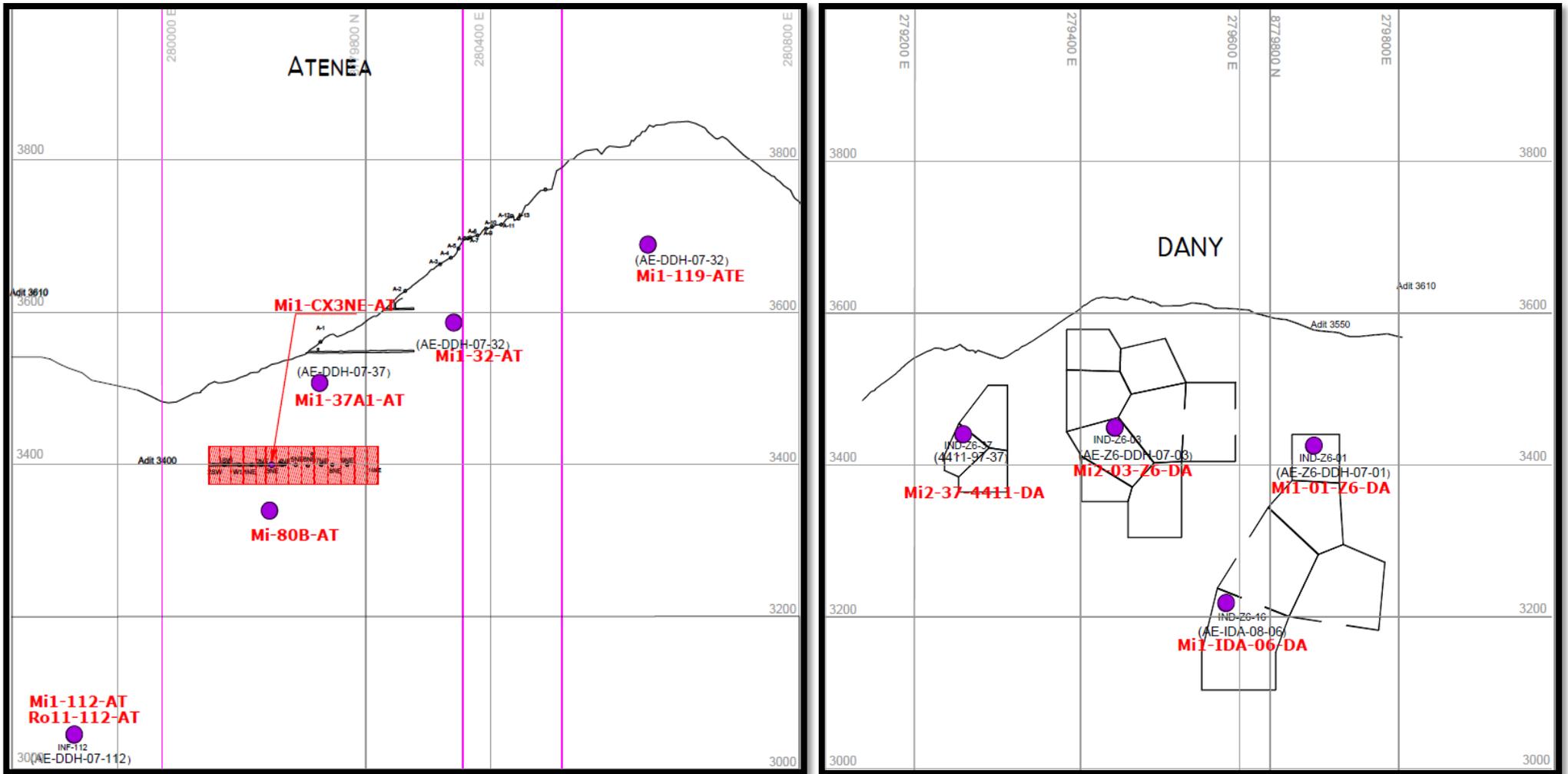


Figura 40: Sección longitudinal de las vetas Atenea y Danny.

Sección longitudinal con la ubicación de muestras para estudios de microscopía correspondientes a la veta Atenea.

Sección longitudinal con la ubicación de muestras para estudios de microscopía correspondientes a la veta Danny.

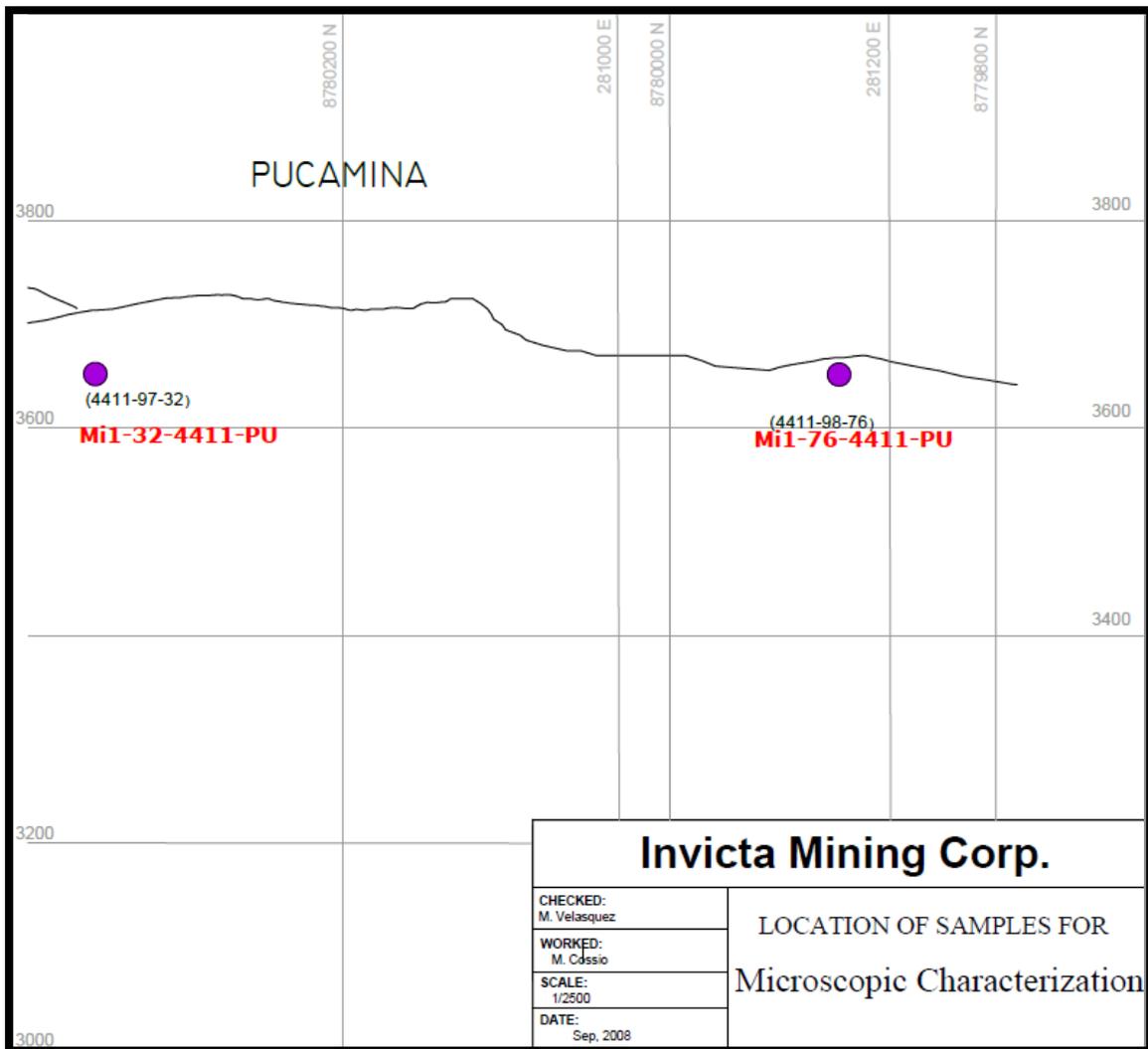


Figura 41: Sección longitudinal de veta Pucamina.

Sección longitudinal con la ubicación de muestras para estudios de microscopía correspondientes a la veta Pucamina..

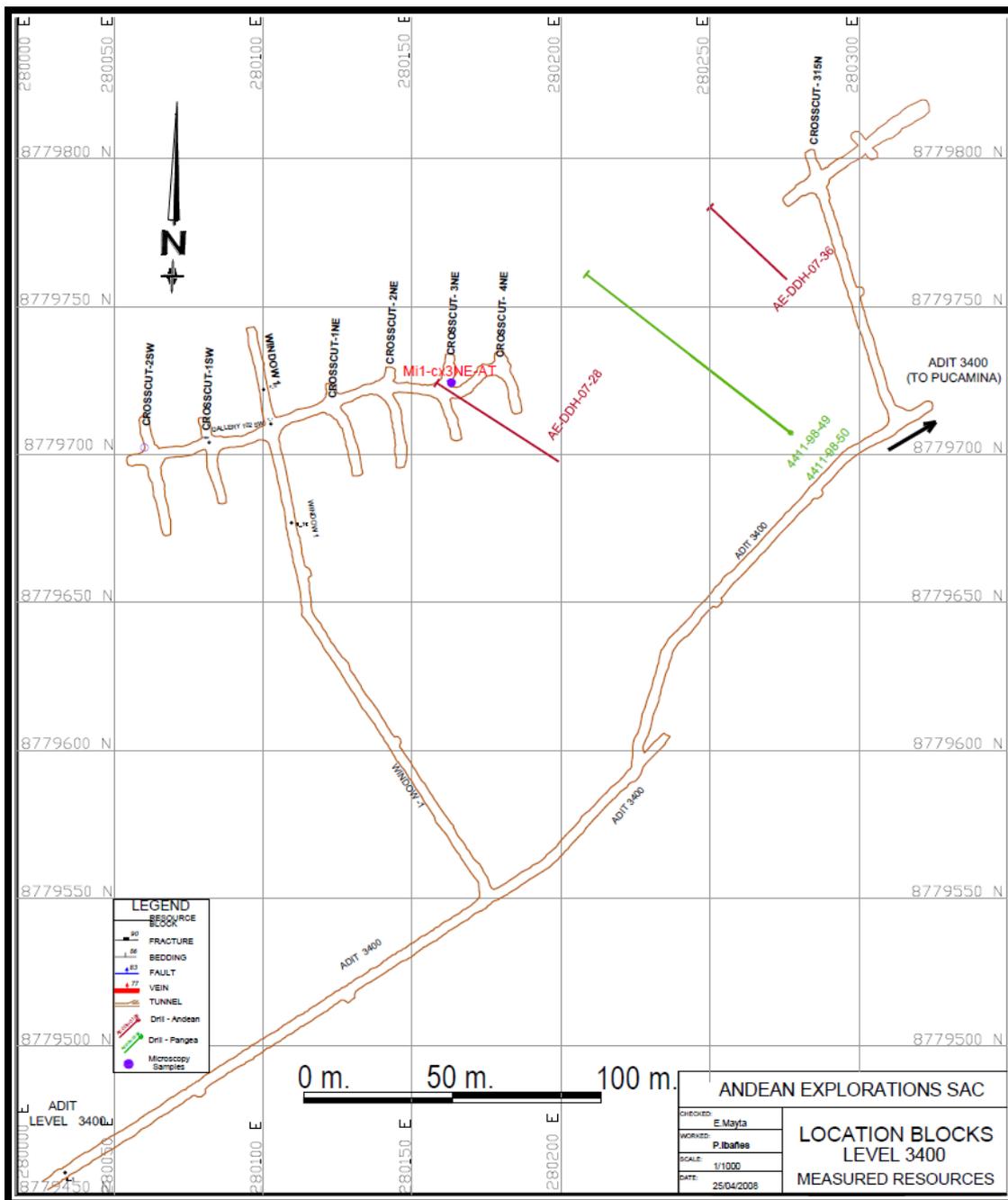


Figura 42: Plano Nivel 3400.

Ubicación de muestra para estudios de microscopía en Nivel 3400.

7.2 RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS DE LABORATORIO

En los cuadros siguientes, se muestra un resumen de los resultados obtenidos en los estudios realizados en los laboratorios de Buenaventura Ingenieros S.A. (BISA).

7.2.1 Caracterización petrográfica

MUESTRA	MINERALES	ALTERACIONES	TEXTURA	CLASIFICACIÓN
Ro11-112-AT Veta Atenea	Feldespatos potásicos (47%), cuarzo (24%) plagioclasas (19%), muscovita (< 1%), zircón (traza), rutilo (traza), opacos (1%).	Arcillas a expensa de los feldespatos (8%).	Granular hipidiomórfica.	Monzogranito. (Fig. 43)
Ro1-SU-IN Superficie Invicta	Plagioclasas euhedrales y subhedrales alteradas a arcillas (35%), plagioclasas conformando matriz (65%).	Sericita, epídota, clorita a expensas de las plagioclasas, cuarzo secundario y óxidos de Fe (1%).	Porfirítica seriada.	Andesita. (Fig. 44)
Ro3-SU-IN Superficie Invicta	Plagioclasas zonadas y macladas de formas euhedrales (42%), moldes de posibles ferromagnesianos con inclusiones de esfena y apatito (6%). Matriz (36%) granular compuesta por cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico, clorita, epídota y esfena.	Propilítica débil a moderada y sericitica incipiente a muy débil (arcilla, epídota, clorita y carbonatos en trazas).	Porfirítica con matriz granular.	Pórfido tonalítico. (Fig. 45)
Z7-01-IN Superficie Invicta	Feldespato potásico (4%), fenocristales de cuarzo (3.5%), moldes de microfenocristales y fenocriatales alterados a carbonatos y sericita (2%), moldes de plagioclasas (2%), matriz micropoikilítica (65%) constituido principalmente por cuarzo, feldespatos y plagioclasas.	Arcillas (15%), sericita (2%), clorita (1%), carbonatos (6%), cuarzo de origen secundario (Trazas) y limonitas (0.5%).	Porfirítica y micropoikilítica.	Riolita (Fig. 46)
Cpo3-1 Cuerpo Silicificado 3	Cuarzo I, II, III, sílice amorfa, alunita, matriz con cuarzo, alunita y hematita.	Alunitización intensa, silicificación moderada.	Piroclástica relíctica y reemplazamiento.	Toba volcánica. (Fig. 47)

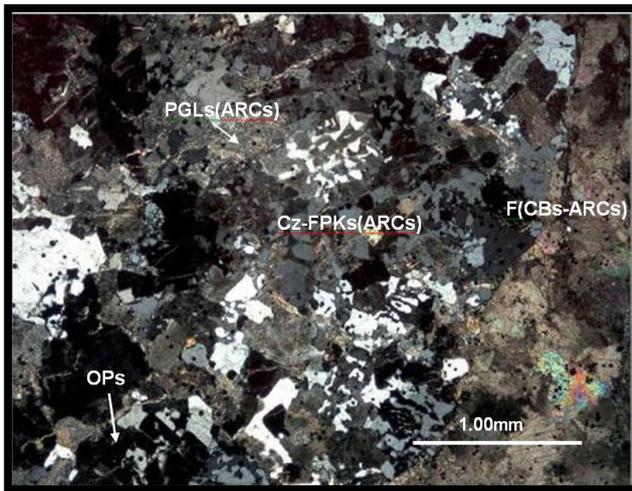


Figura 43: MUESTRA Ro11-112-AT.

Nícoles cruzados. Sección delgada. Cristales de cuarzo-feldespatos potásicos (cz-FPKs) alterados por las arcillas (ARCs) con intercrecimiento gráfico y plagioclasas (PGLs) alterados por las arcillas, opacos (OPs). Se observa una fractura (F) rellena por los carbonatos (CBs)-arcillas.

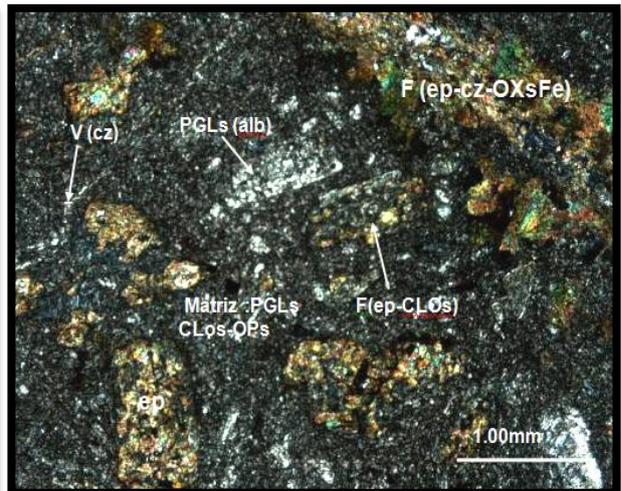


Figura 44: MUESTRA Ro 1-SU-IN.

Nícoles Cruzados. Sección delgada. Fenocristales de plagioclasas (PGLs) parcialmente albitizadas (alb), moldes de fenocristales alterados por cloritas-epidotas (CLOs – ep) o por epidotas (ep) englobados en una matriz de plagioclasas, cloritas (CLOs) y diseminaciones de minerales opacos (OPs). Se observa una venilla (V) de cuarzo (cz) perpendicular la fractura (F) rellena por epidotas-cuarzo con impregnación de óxidos de hierro (OXsFe).

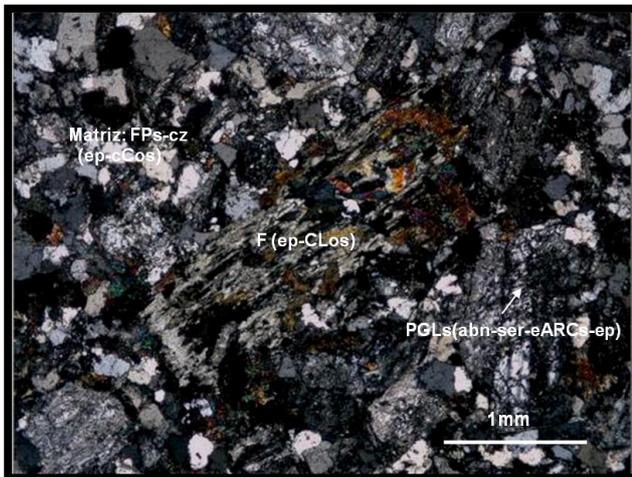


Figura 45: MUESTRA Ro3 -SU-IN.

Nícoles cruzados. Sección delgada. Fenocristales de plagioclasas (PGLs) alteradas parcialmente por albita-sericita y escasamente por las arcillas-epidotas (abn-ser.ARCs-ep), molde de ferromagnesianos (F) alterados por cloritas-epidotas en matriz microgranular de feldespatos (FPs), cuarzo (cz) con epidotas y cloritas en intersticios.

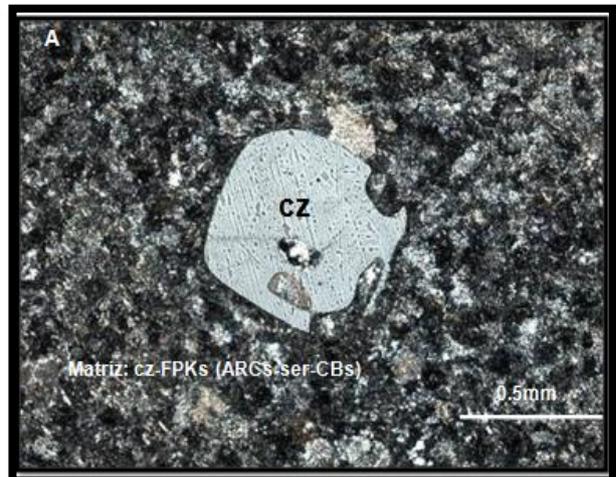


Figura 46: Muestra Z7-01-IN.

Nícoles cruzados. Sección delgada. Microfenocrystal de cuarzo (cz) parcialmente corroído por la matriz. La matriz micropoikilitica de cuarzo-feldespatos potásicos alteradas por las arcillas, plagioclasas (PGLs) con carbonatos intersticiales (CBs).

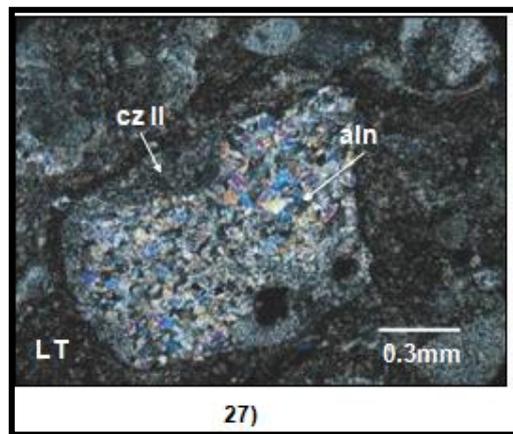


Figura 47: MUESTRA Cpo3-1.

Microfotografías: Nícoles cruzados. Sección delgada (25 y 26) Cuarzo primario (Cz I) se presenta corroído por el cuarzo II (Cz II). Cuarzo III (Cz III) esta reemplazando al cuarzo II (Cz II). Sílice amorfa (SA) ubicado en el cuarzo II (Cz II); (27) Fragmento compuesto por alunita (aln) y cuarzo II (Cz II).



Figura 48: Fotografía en nivel 3400, veta Atenea.

Fotografía en el Nivel 3400 (crosscut -2-NE), Hastial Este, veta Atenea. Se observa 4 generaciones de cuarzo.

7.2.2 Caracterización minerográfica

7.2.2.1 Veta Atenea

MUESTRA	MINERALES	TEXTURA	SECUENCIA PARAGENÉTICA
Mi1-112-AT (Fig. 49)	Pirita (3%), calcopirita I (trazas), calcopirita II (6%), esfalerita (trazas), especularita (trazas), bornita (trazas), calcosina (trazas), cobre gris (trazas), limonitas (2%), ganga (88%)	De relleno, reemplazamiento y diseminado.	<ul style="list-style-type: none"> • Especularita • Pirita • Calcopirita I • Esfalerita-Calcopirita II • Bornita • Cobre gris • Limonitas
Mi1-CX3NE-AT (Fig. 50)	Especularita (3%), pirita (10%), esfalerita I (6%), calcopirita I (exolución) en esfalerita, calcopirita II (2%), galena (1%), cobre gris (trazas), covelita (trazas), ganga (77%).	De relleno, reemplazamiento y diseminado.	<ul style="list-style-type: none"> • Especularita • Pirita • Calcopirita I • Esfalerita- Calcopirita II • Cobre gris • Galena • Covelita
Mi1-119-AT (Fig. 51)	Galena (6%), esfalerita (1%), magnetita (trazas), especularita (3%), calcopirita (3%), covelita – digenita (3%), hematita (traza), limonitas (1%), ganga (83%).	De relleno, reemplazamiento y diseminado.	<ul style="list-style-type: none"> • Especularita • Magnetita • Pirita • Esfalerita • Calcopirita • Galena • Covelita-digenita • Hematita • Limonitas

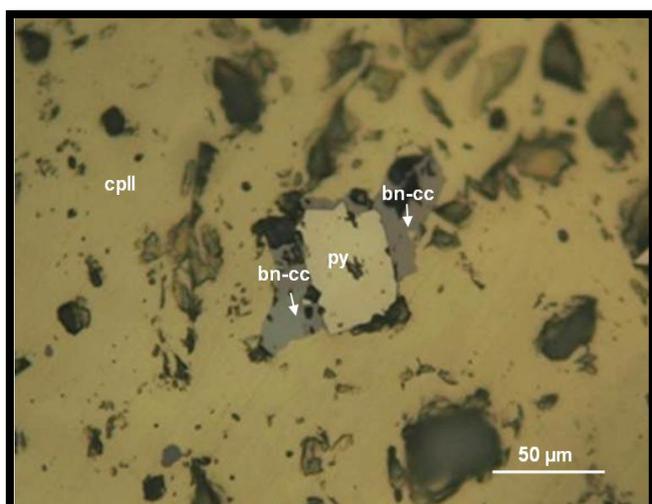


Figura 49: MUESTRA Mi1-112-AT.

Luz reflejada. Nícoles paralelos.- Cristal de calcopirita (cpII) en el que se observa inclusión de pirita (py) así como porosidades rellenas por bornita (bn) reemplazada por calcosina (cc).

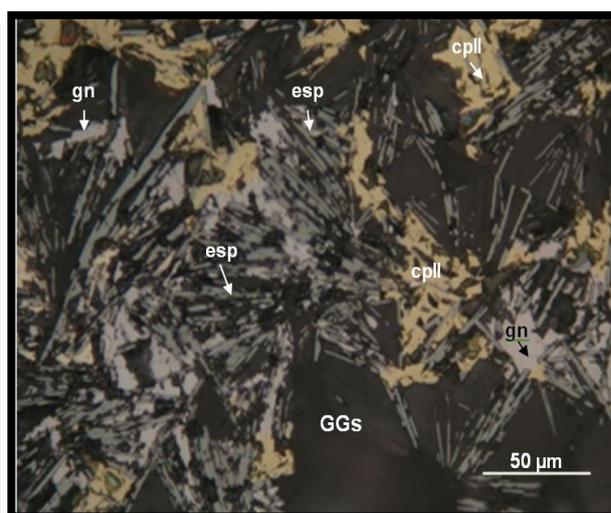


Figura 50: MUESTRA Mi-1-CX3NE-AT.

Luz reflejada. Nícoles paralelos.-Cristales y agregados aciculares de especularita (esp) en intersticios de la ganga (GGs), son reemplazados por calcopirita (cp) y galena (gn) a través de intersticios.

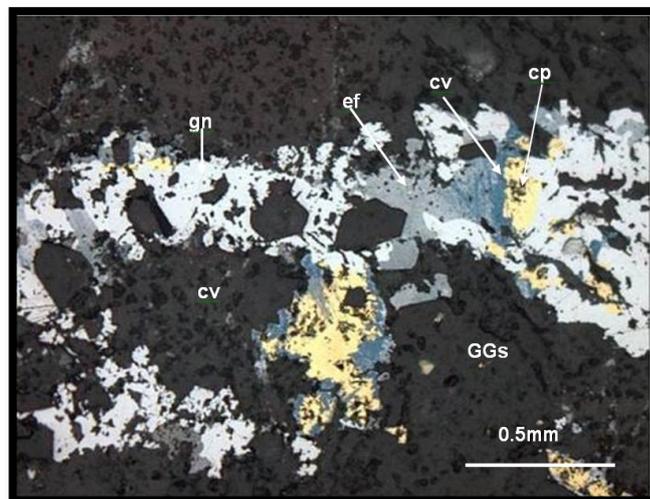


Figura 51: MUESTRA Mi 1-119-AT.

Luz reflejada. Nícoles paralelos Sección pulida.
Esfalerita (ef) reemplazada parcialmente por calcopirita (cp). Galena (gn), también se observa a la covelita alterando a esfalerita calcopirita y galena por sus bordes, rellenan intersticios de la ganga (GGs).

Las briquetas usadas para los estudios de inclusiones fluidas, también fueron estudiadas con el microscopio electrónico de barrido, encontrándose además de los minerales descritos en la tabla anterior:

- (i) Au nativo con tamaño menor a 10 μm , como inclusiones en pirita (Mi-371A-AT) (Fig. 56).
- (ii) Au nativo de 25 μm de tamaño promedio, hasta 100 μm , relleno de cavidades asociado con specularita, hematita y ganga de cuarzo (Mi-80B-AT) (Fig. 57).
- (iii) Pirita framboidal, que representaría eventos de depositación tardía (Mi-112-AT).

7.2.2.2 Veta Danny

MUESTRA	MINERALES	TEXTURA	SECUENCIA PARAGENÉTICA
Mi1-IDA-06-DA (Fig. 52)	Calcopirita (20%), pirita (1%), esfalerita (trazas), digenita (trazas), covelita (trazas), limonitas (trazas), ganga (78%).	De relleno, reemplazamiento y diseminado.	<ul style="list-style-type: none"> • Pirita • Esfalerita • Calcopirita • Digenita • Covelita • Limonitas
Mi2-03-Z6-DA (Fig. 53)	Pirita (5%), calcopirita I (trazas), calcopirita II (3%), esfalerita (3%), galena (4%), covelita (2%), digenita (0.5%), óxidos de Fe (1%), ganga (82.5%).	De relleno, reemplazamiento y parcialmente diseminado.	<ul style="list-style-type: none"> • Pirita • Esfalerita-calcopirita I • CalcopiritaII • Galena • Covelita-digenita • Óxidos de hierro
Mi2-37-4411-DA (Fig. 54)	Pirita (4%), especularita (3%), calcopirita (5%), calcosina (2%), ganga (86%).	Diseminado y de relleno.	<ul style="list-style-type: none"> • Especularita • Pirita • Calcopirita • Calcosina

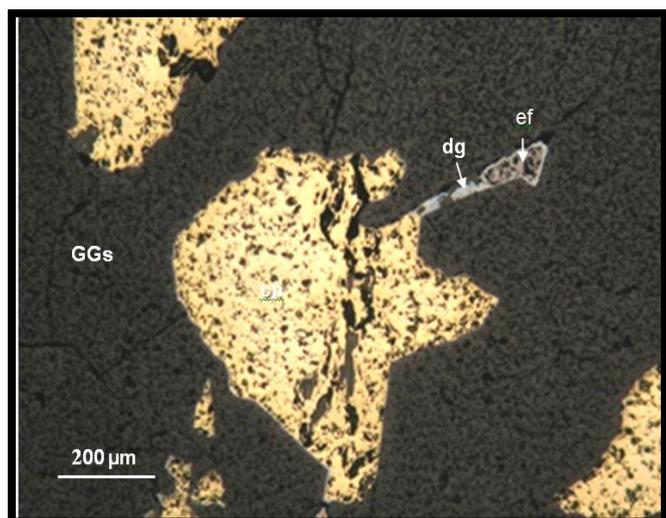


Figura 52: MUESTRA Mi 1-IDA-06-DA

Luz reflejada. Nícoles paralelos.- Se observa cristales de calcopirita (cp) y esfalerita (ef) reemplazada por digenita (dg) en intersticios de la ganga (GGs).

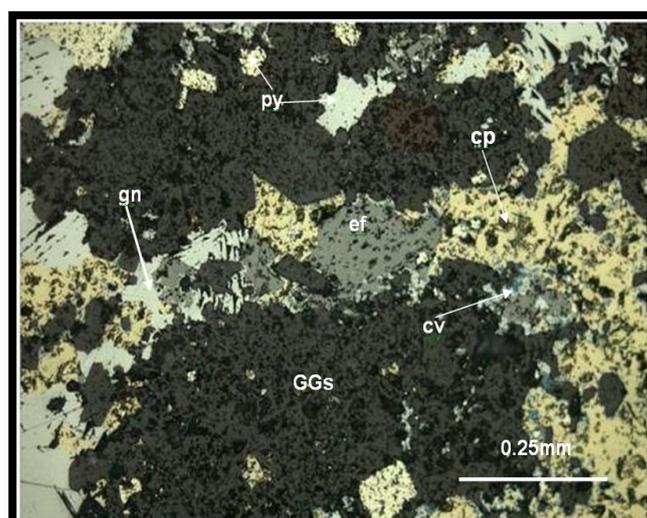
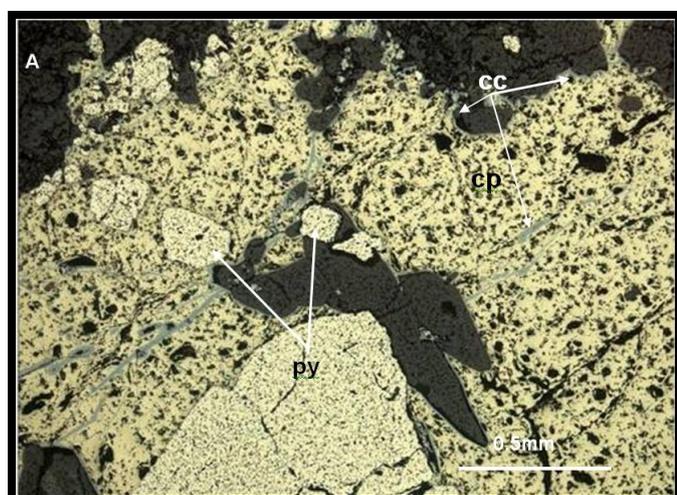
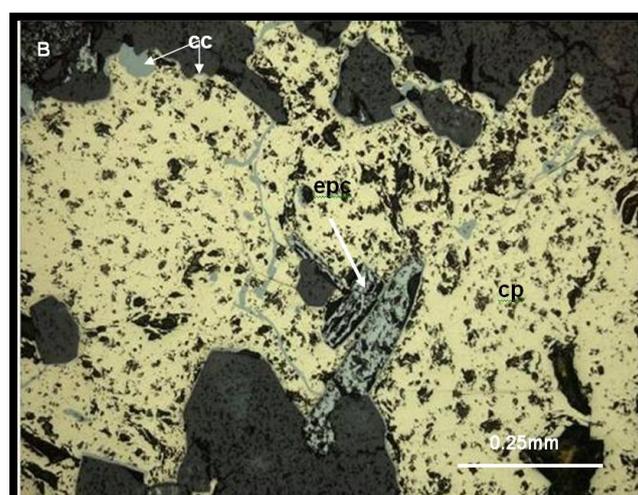


Figura 53: MUESTRA Mi 2- 03- Z6-DA

Luz reflejada. Nícoles paralelos sección pulida Se observa cristales de pirita diseminados (py), esfalerita (ef) reemplazados por cristales de calcopirita (cp) conteniendo inclusiones de pirita; galena (gn), la covelita está alterando por los bordes a esfalerita-calcopirita y galena. Ellos rellenan intersticios de la ganga (GGs).



A.



B.

Figura 54: MUESTRA Mi 2- 37- 4411-DA

Luz reflejada. Nícoles paralelos. Sección pulida.

A.- Cristales de pirita (py) como inclusión y reemplazada por los bordes por calcopirita (cp) la cual se halla microfracturada y reemplazada en los bordes por calcosina.

B. Cristales de especularita (epc) bordeada parcialmente por la calcopirita la que es reemplazada por calcosina (cc) también rellena sus fracturas.

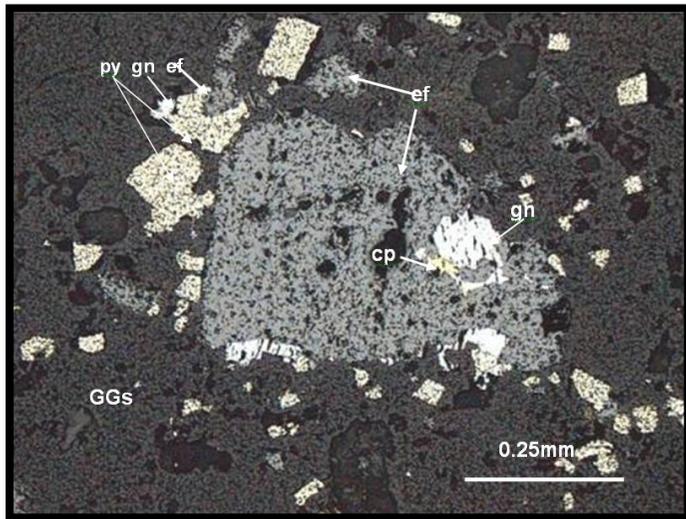
Igualmente en las secciones utilizadas para los estudios de inclusiones fluidas, mediante el microscopio electrónico de barrido, se encontró:

- (i) Au nativo libre con tamaño menores a 50 μm , relleno de cavidades en la ganga y como inclusiones en pirita (Mi2-03-Z6-DA) (Fig. 61).
- (ii) Se ha observado también calcopirita de una segunda etapa (calcopirita II) (Mi2-03-Z6-DA).

7.2.2.3 Veta Pucamina

MUESTRA	MINERALES	TEXTURA	SECUENCIA PARAGENÉTICA
Mi1-76-4411-PU (Fig. 55)	Pirita (6%), calcopirita (1%), esfalerita (1.5%), galena (0.5%), especularita? (traza), goethita y limonitas (trazas) y ganga (91%).	Diseminado, de relleno e intersticial.	<ul style="list-style-type: none"> • Especularita? • Pirita • Esfalerita- calcopirita I • Calcopirita II • Galena • Goetita-limonitas

Figura 55: MUESTRA Mi 1-76-4411-PU.



Luz reflejada. Nícoles paralelos, sección pulida Cristales diseminados de pirita (py) reemplazados por galena (gn) y esfalerita la que se encuentra disperso en la ganga (GGs); se observa un grano de esfalerita (ef) con diseminaciones de clacopirita (cp I) con galena (gn) y calcopirita (cp II) como inclusión y en sus bordes

Mediante el microscopio electrónico de barrido, se identificó:

- (i) Electrum con tamaño aproximado de 10 μm como inclusiones en la pirita y calcopirita. (Fig. 64)

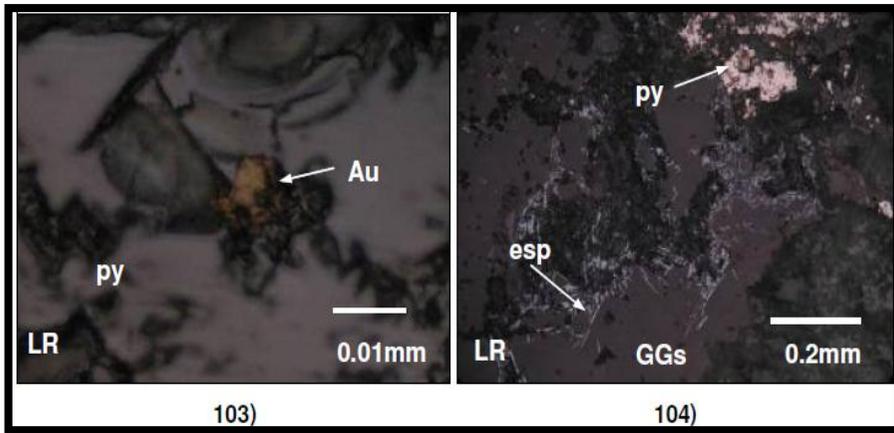
7.2.3 Inclusiones fluidas

La información que ha continuación se resume, se obtuvo del estudio de secciones pulidas y delgadas, para lo cual BISA utilizó además del microscopio electrónico óptico un microscopio electrónico de barrido, encontrándose por este medio Au y otros minerales de menor ocurrencia:

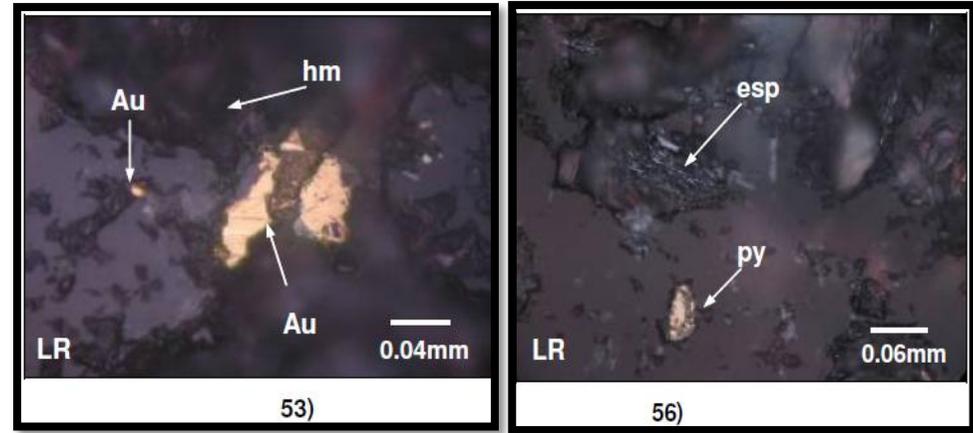
7.2.3.1 Veta Atenea

Las inclusiones fluidas fueron capturadas en el cuarzo siendo mayormente primarias bifásicas ricas en líquido y vapor y algunas monofásicas en estado líquido ó como vapor, con tamaños variables entre 3 y 25 μm y hasta 100 μm . También ocurren inclusiones fluidas polifásicas ricas en sales con posible silvita.

MUESTRA	MINERALES	TEMPERATURAS	SALINIDADES
Mi-37A1-AT (Fig. 56)	Especularita, cuarzo, pirita, cloritas, calcopirita, oro nativo, esfalerita galena, hematita y limonitas.	Población fluido 1: entre 250 y 350 °C. Población fluido 2: 280 °C	Entre 0 y 4 % eq. peso NaCl. Entre 8 y 12 % eq. peso NaCl.
Mi-80B-AT (Fig. 57)	Cuarzo, pirita, specularita, goethita, hematita, limonitas y oro nativo en cavidades asociado a hematita y ganga de cuarzo.	Población fluido 1: entre 275 y 375 °C. Población fluido 2: entre 300 y 375 °C	Entre 3 y 5 % eq. peso NaCl. Entre 12 y 17% eq. peso NaCl.
Mi1-112-AT (Fig. 58)	Cuarzo, pirita, calcopirita, cobres grises, hematita y limonitas.	Población fluido 1: entre 250 y 350 °C. Población fluido 2: entre 200 y 270 °C	Entre 5 y 12 % eq. peso NaCl. Entre 12 y 21% eq. peso NaCl.
Mi1-32-AT (Fig. 59)	Pirita, cuarzo, calcopirita, calcosita, digenita, covelita, specularita, hematita y limonitas.	Población fluido 1: entre 280 y 320 °C. Población fluido 2: entre 200 y 300 °C Población fluido 3: entre 300 y 400 °C	Entre 1 y 5 % eq. peso NaCl. Entre 5 y 8 % eq. peso NaCl. Con 12.5 % eq. peso NaCl, en promedio.



*Figura 56: Fotomicrografía MUESTRA Mi – 37A1-AT.
Fotomicrografía: (103) Inclusiones de oro nativo (Au) en la pirita (py); (104) Especularita (esp) y pirita (py) relleno de cavidades por toda la muestra.*



*Figura 57: Fotomicrografía MUESTRA Mi -80B-AT
Fotomicrografía: (53) Oro nativo (Au) de aproximadamente 100µm relleno de cavidades asociado a hematita (hm) y ganga de cuarzo (Gg); (56) Pirita (py) y especularita-hematita (esp-hm) relleno de cavidades por toda la muestra.*

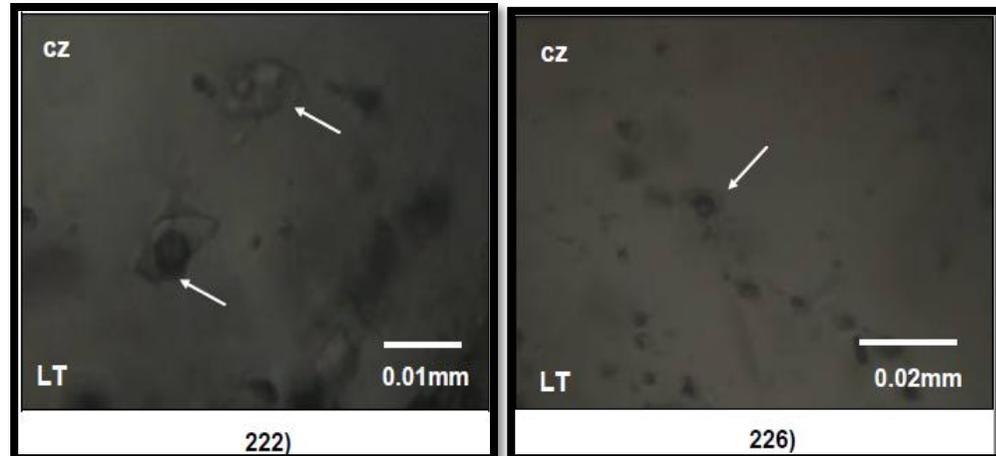
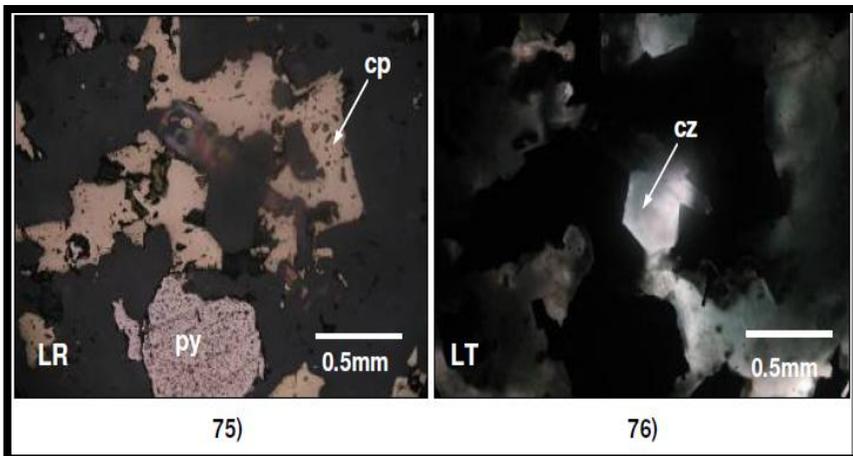


Figura 58: Fotomicrografías de la MUESTRA Mi-112-AT.

Fotomicrografía: (75 y 76) Pirita (py) y calcopirita (cp) relleno de cavidades por toda la muestra. (222 y 226) Presencia de abundantes inclusiones fluidas (IF) primarias clasificadas como bifásicas del tipo L y V ricas en líquido y vapor capturadas en cuarzo, presentan formas regulares, redondeadas y alargadas con tamaños que varían entre 3 a 20µm. Presentan grados de relleno de aproximadamente entre 0.50 -0.90 en líquido. LR: Luz reflejada; LT: Luz transmitida

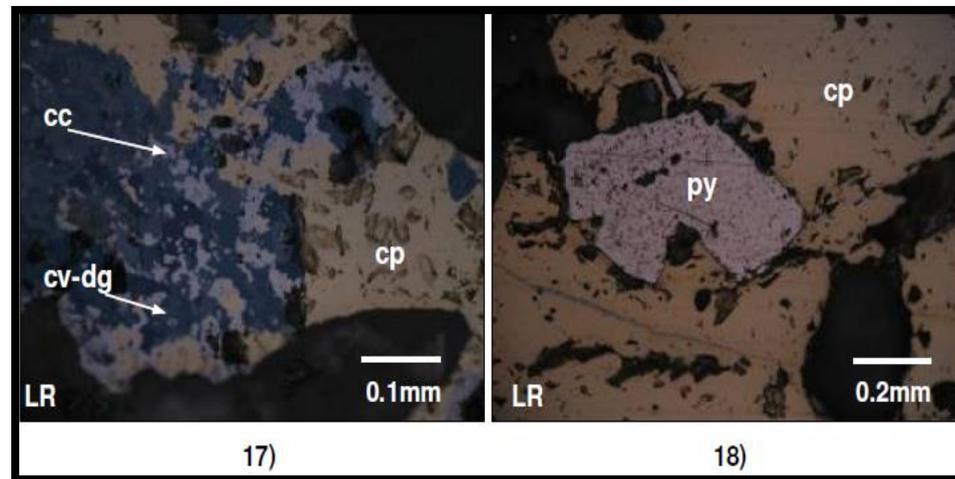


Figura59: Fotomicrografía de la muestra Mi 1-32-AT.

Fotomicrografía: (17) Calcosita-covelita-digenita(cc-cv-dg) reemplazando a la calcopirita (cp); (18) Piritita (py) de hábitos cúbicos reemplazada por calcopirita (cp) con venillas de covelita-digenita (cv-dg).

7.2.3.2 Veta Danny

Las inclusiones fueron capturadas en el cuarzo siendo mayormente primarias bifásicas ricas en líquido y vapor y otra posible inclusión fluida hipersalina rica en silvita, que indicaría zonas profundas. Con tamaños variables entre 3 y 20 μm .

MUESTRA	MINERALES	TEMPERATURAS	SALINIDADES
Mi1-IDA-06-DA (Fig. 60)	Cuarzo, pirita, calcopirita, esfalerita, galena, hematita y limonitas.	Población fluido 1: entre 250° y 350° C Población fluido 2: entre 280° y 400° C	Entre 0 y 2.5 % eq. peso NaCl. Entre 5 y 7.5 % eq. peso NaCl.
Mi2-03-Z6-DA (Fig. 61)	Especularita, cuarzo, pirita, oro nativo, calcopirita I, calcopirita II, galena, hematita y limonitas.	Población fluido 1: entre 250° y 320° C Población fluido 2: 300° C	Entre 1 y 2 % eq. peso NaCl. Entre 6 y 8% eq. peso NaCl.
Mi1-01-Z6-DA (Fig. 62)	Especularita, cuarzo, pirita, calcopirita, esfalerita, galena, calcosita, covelita, hematita y limonitas.	Población fluido 1: entre 300° y 450° C Población fluido 2: entre 200° y 300° C	Entre 0 y 2 % eq. peso NaCl. Entre 1 y 2% eq. peso NaCl.

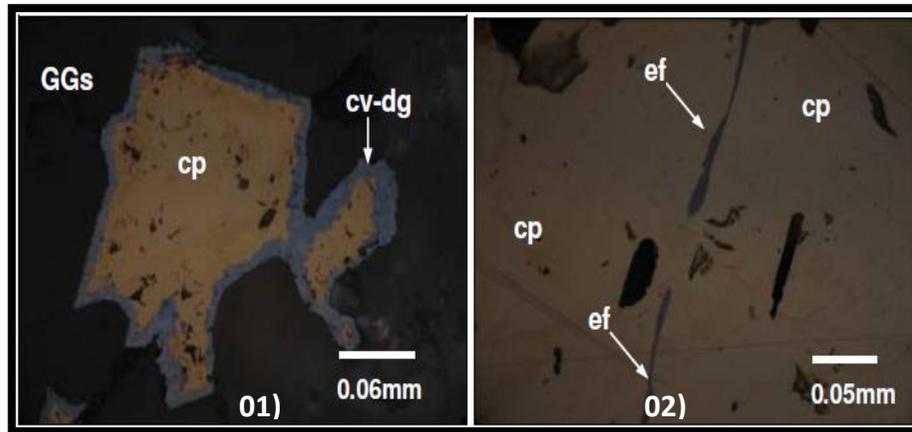


Figura 60: Fotomicrografía de la muestra Mi 1-IDA-06-DA.

Fotomicrografía: (01) Calcopirita (cp) con bordes de covelita-digenita (cv-dg); (02) esfalerita (ef) relleno de microfisuras en la calcopirita (cp); (02) Calcopirita (cp) y hematita (hm) reemplazando a la pirita (py).

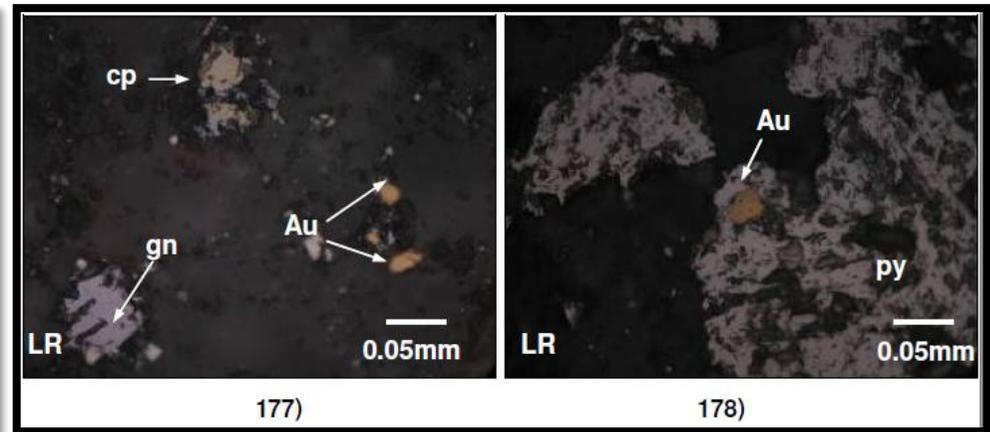


Figura 61: Fotomicrografía de la muestra Mi 2-03-Z6-DA.

Fotomicrografía: (177) Presencia de granos de oro nativo (Au) libre diseminado en la ganga de cuarzo; (178) Oro nativo (Au) de 30µm como diseminaciones en la pirita (py).

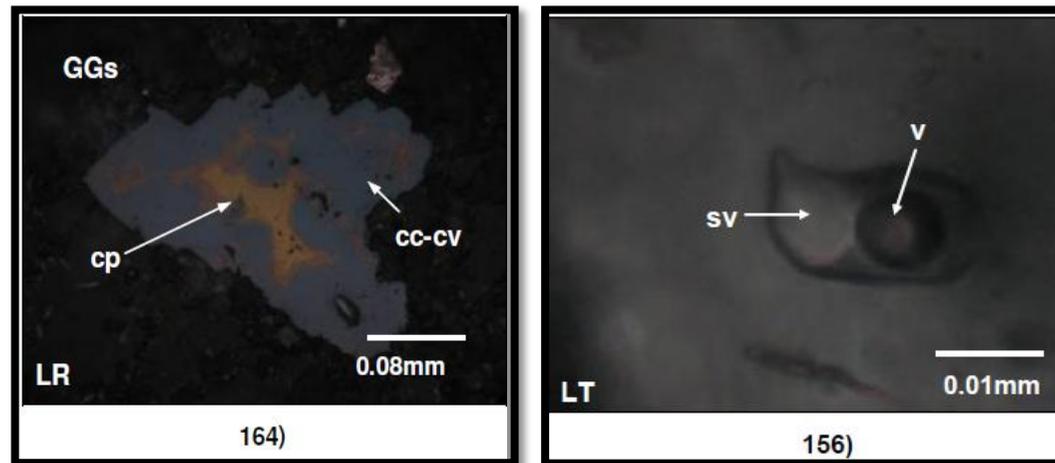


Figura 62: Fotomicrografía de la muestra Mi-01-Z6-DA

Fotomicrografía: (164) Calcocovelita (cc-cv) reemplazando a la calcopirita (cp). (156) Posible inclusión fluida hipersalina que presenta contenido de silvita, que nos demostraría zonas profundas. LT: Luz transmitida, LR: Luz reflejada

7.2.3.3 Veta Pucamina

Las inclusiones fueron capturadas en el cuarzo siendo éstas primarias bifásicas con tamaños menores a 20 μm ricas en líquido y vapor.

MUESTRA	MINERALES	TEMPERATURAS	SALINIDADES
Mi1-76-4411-PU (Fig. 63)	Cuarzo, pirita, calcopirita I, calcopirita II, esfalerita, galena, calcosita, covelita, hematita y limonitas.	Población fluido 1: entre 280° y 350°C Población fluido 2: 250° C promedio.	Entre 2 y 4 % eq. peso NaCl. Entre 2 y 3 % eq. peso NaCl.
Mi-32-4411-PU (Fig. 64)	Cuarzo, pirita, calcopirita, esfalerita, galena, electrum, hematita y limonitas.	Población fluido 1 : entre 200° y 300°C	Entre 3.5 y 5.5 % eq. peso NaCl. De 7 % eq. peso NaCl.

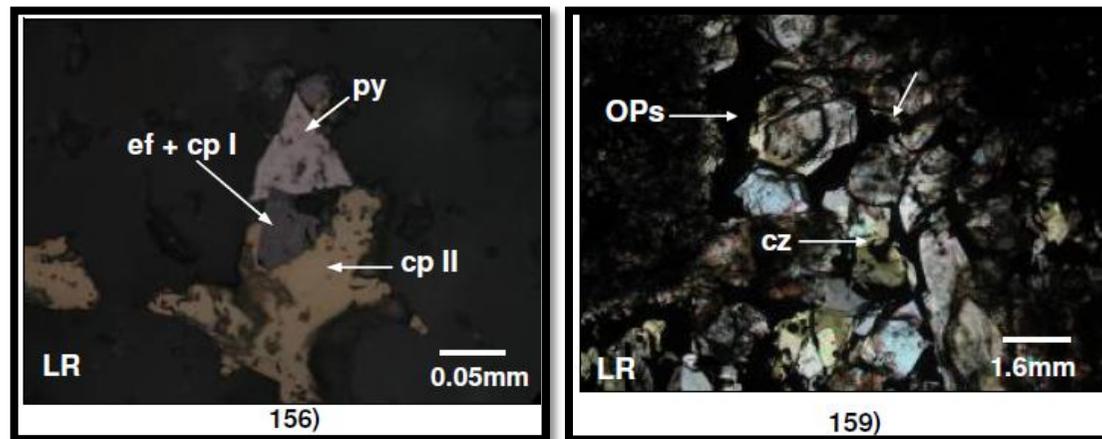


Figura 63: Fotomicrografía de la muestra Mi 1-76-4411-PU.

Fotomicrografía: (156) Esfalerita (ef) con disseminaciones de calcopirita I (ef I) reemplazada por calcopirita II (cp II); (159) Fractura rellena de cuarzo idiomorfo relacionado con la mineralización sulfurada.

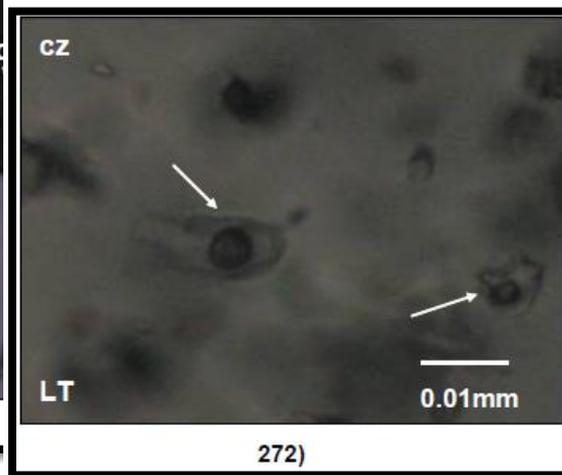
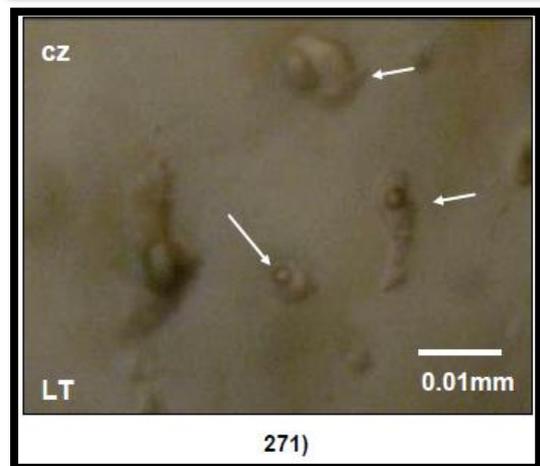
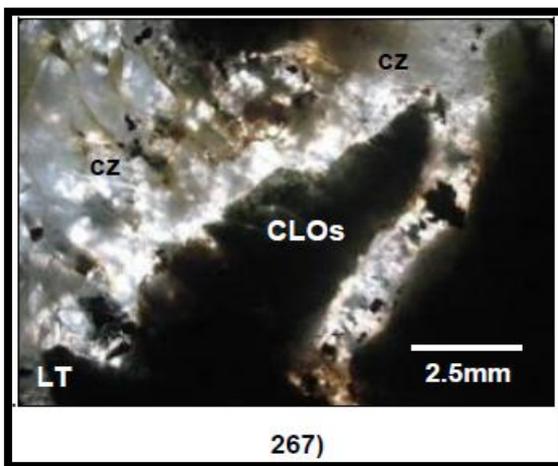
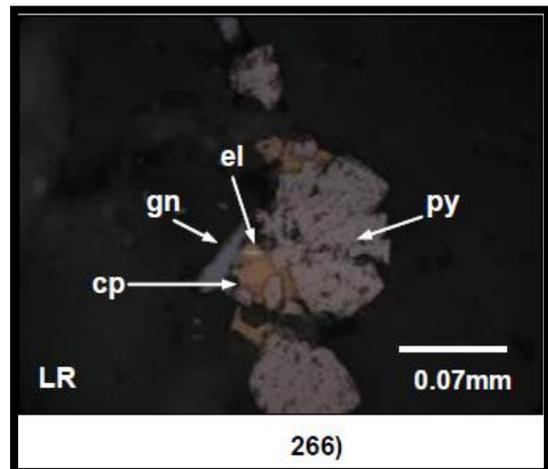


Figura 64: Fotomicrografía de la muestra Mi-32-4411-PU.

Fotomicrografía: (265) Galena (gn) con microfracturas rellenas de calcosita (cc); (266) Electrum (el) de forma alargada de 10µm como inclusiones entre pirita (py) y calcopirita (cp); (267) Fragmento de roca reemplazadas por cloritas (CLOs) reemplazada o cortada por cuarzo granular (cz); (271 a 272) Presencia de Inclusiones fluidas primarias clasificadas como bifásicas tipo V y L ricas en vapor y líquida capturas en planos de crecimiento de cuarzo, estas IFs presentan formas rómbicas y redondeadas con tamaños promedio de 10µm .

LR: Luz reflejada; LT: Luz transmitida

VIII. INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

8.1 CONTROLES ESTRUCTURALES

Estos controles han jugado un rol fundamental en la depositación de la mineralización, ya que las fallas y fracturas han servido de canales para la circulación y depositación de los flujos mineralizantes que formaron las vetas, y a la vez han favorecido estructuralmente la formación de brechas hidrotermales en los sectores de intersección entre diferentes sistemas de fallas. Los sistemas más favorables en el emplazamiento de la mineralización, son los de orientación NW-SE y NE-SW.

8.2 ESTUDIOS GEOFÍSICOS

Estos estudios evidenciaron una coincidencia anómala geofísica de las estructuras mineralizadas tanto en polarización inducida, resistividad y magnetometría, lo cual permitió la planificación y ejecución posterior de un programa exitoso de exploración diamantina.

La reinterpretación que hemos realizado de los estudios existentes, apunta a completar y/o detallar estos estudios en áreas donde las anomalías han quedado abiertas, a fin de desarrollar en el futuro nuevos programas de exploración diamantina si es que los resultados lo justifican.

8.3 PETROGRAFÍA

Los estudios microscópicos y en secciones delgadas, muestran los siguientes resultados:

- (i) Rocas intrusivas de tipo monzogranito y pórfido tonalítico, probablemente asociadas a las últimas fases de diferenciación magmática del Batolito del Costa. Las muestras estudiadas corresponden a núcleos de perforación diamantina (Ro11-112-AT) (Fig. 43) y a muestras de superficie (Ro3-Su-IN) (Fig. 44).
- (ii) Rocas volcánicas de composición andesítica (Ro1-Su-IN) tomada en superficie.
- (iii) Rocas subvolcánicas de composición riódacítica en diques (Z7-01-IN), tomada en superficie.

Los estudios macrocópicos y microscópicos evidencian rocas volcánicas principalmente de composición andesítica y traquiandesítica pertenecientes al grupo Calipuy, las cuales al igual que las rocas intrusivas tuvieron un comportamiento favorable en el emplazamiento de la mineralización.

8.3.1 Alteraciones hidrotermales y asociación de minerales

Las rocas caja conformadas mayormente por tufos y derrames volcánicos y en menor grado por intrusivos, por donde han circulado flujos mineralizantes, han sido alterados hidrotermalmente en diferente grado de intensidad, dependiendo de su cercanía a la fuente de circulación; encontrándose también superposición de eventos de alteración.

Desde las vetas hacia afuera, se aprecian (i) cuarzo, sericita y clorita de grado débil, moderado hasta intenso, por alteración de las plagioclasas y feldespatos a sericita y clorita y presencia de cuarzo secundario, (ii) argilización con presencia de arcillas provenientes principalmente de la alteración de las plagioclasas y feldespatos, (iii) propilitización débil, moderada e intensa con desarrollo principal de epidota, clorita, carbonatos y pirita.

La formación de estos tipos de alteración con diferente grado de intensidad, están asociados a temperaturas que gradan de bajas a altas, así como a la presión y composición de los fluidos mineralizantes.

Así mismo se reconoce dentro de estas alteraciones, minerales de diferente Ph como son las arcillas de tipo caolinita y rutilo (condiciones ácidas), pirita y marcasita (neutro) y calcita (básico) (Hedenquist, J. & otros, 1996).

Cabe también resaltar que los metales preciosos están ligados a diferentes grados de temperatura, así la Ag está relacionada a temperaturas medias a bajas (presencia de electrum) y el Au a temperaturas que tienden entre bajas a medias y también entre medias a altas.

En una muestra se ha encontrado alunita (muestra Cpo3-1, fig. 47) y en otra se ha ubicado enargita (Muestra Mi1-112-AT) que corresponden a yacimientos epitermales de alta sulfuración

Entre las características que corresponden de manera general a yacimientos de baja sulfuración, que estarían quedando como remanentes de las partes altas epitermales ya erosionadas del yacimiento y en otros casos quizás como inicio de fases de fluidos de menor temperatura, se encuentran principalmente la presencia de crustificación con geodas de cuarzo y la existencia de minerales de Ag de baja temperatura, también hay un predominio de alteración sericitica. No se ha encontrado adularia (baja sulfuración),

Lo indicado hace difícil tipicar al yacimiento como de baja o alta sulfuración, por que ambos eventos se superponen.

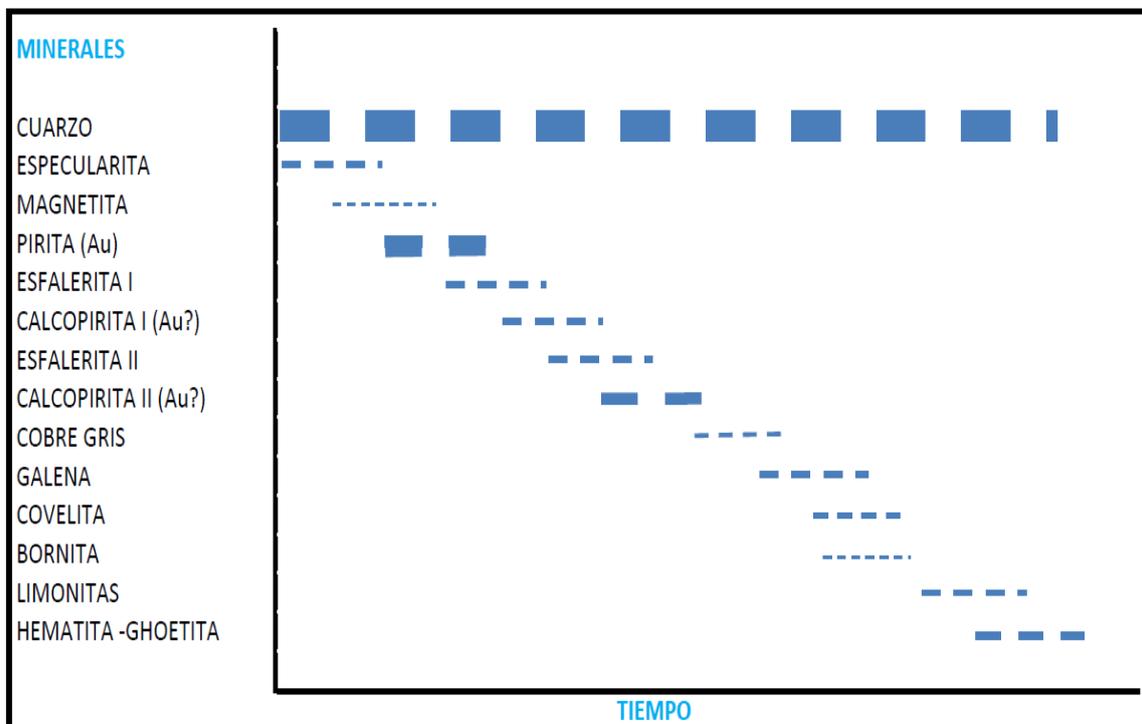
8.4 MINERAGRAFÍA

8.4.1 Veta Atenea

En el sector de la veta Atenea, los minerales metálicos comunes son especularita, pirita y calcopirita, con presencia de otros minerales que indican otras etapas de mineralización como pirita framboidal, calcopirita II, cobre gris, esfalerita, galena y magnetita. Como mineral no metálico se presenta cuarzo.

Igualmente es importante tener en cuenta para el proceso metalúrgico, la presencia de minerales secundarios como calcosina – digenita, covelita, bornita, hematita y limonitas.

Su secuencia paragenética es la siguiente:



EL Au se ha encontrado en la pirita y hematita (Fig. 57), pero es probable que además se le encuentre ligado a la calcopirita ya que los concentrados de Cu tienen la mejor ley de Au.

8.4.2 Veta Danny

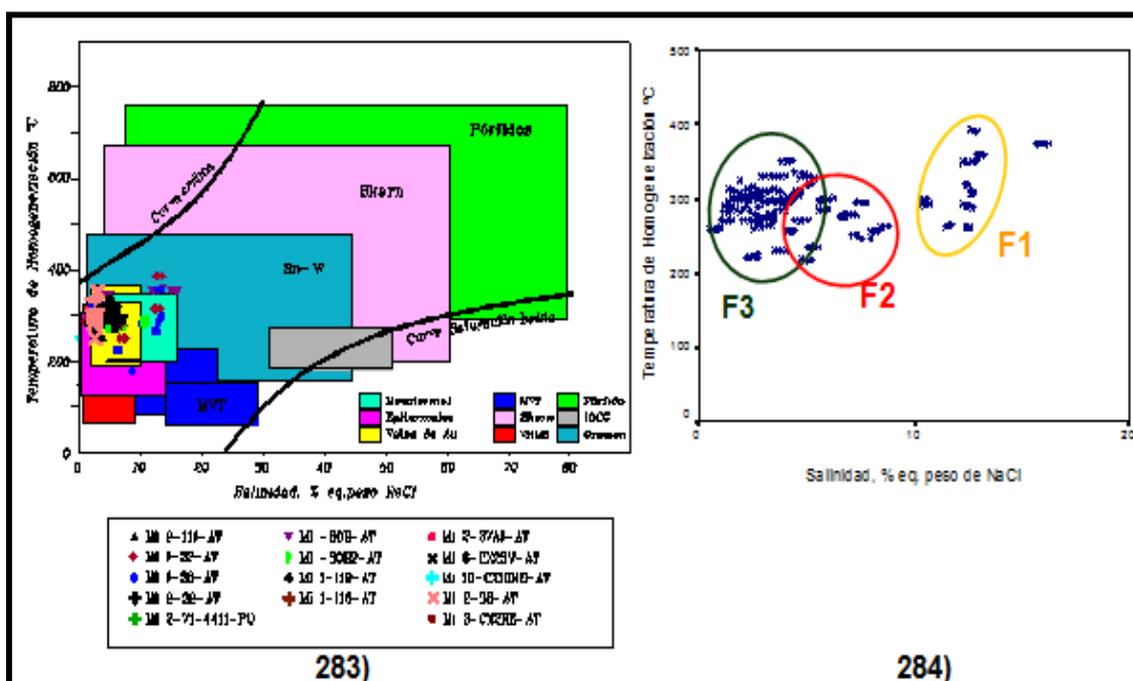
En el sector de la veta Danny, los minerales metálicos comunes son pirita y calcopirita, con presencia de otros minerales como esfalerita, calcopirita y galena correspondientes a otras secuencias de mineralización. Como mineral no metálico presencia de cuarzo conteniendo Au. También se han formado minerales secundarios como digenita, covelita, calcosina y limonitas.

Su secuencia paragenética es la siguiente:

8.5 INCLUSIONES FLUIDAS

8.5.1 Veta Atenea

En esta veta se presenta una mezcla de fluidos con tres poblaciones bien marcadas; la primera (F1) se puede clasificar como depósitos mesotermales con temperatura de homogeneización que están entre 250 y 400°C con salinidades entre 10 y 14% eq. peso de NaCl.; seguida de (F2) comprendida entre depósitos epitermales y transicional a mesotermales con temperatura de homogeneización entre 200 y 300 °C con salinidad entre 5 y 10% eq. peso de NaCl. Finalmente, una tercera población de fluidos (F3) las cuales se ubican entre depósitos epitermales y mesotermales con temperatura entre 200 y 350 °C con salinidad entre 0 y 5% eq. peso de NaCl. (Fig. 65).



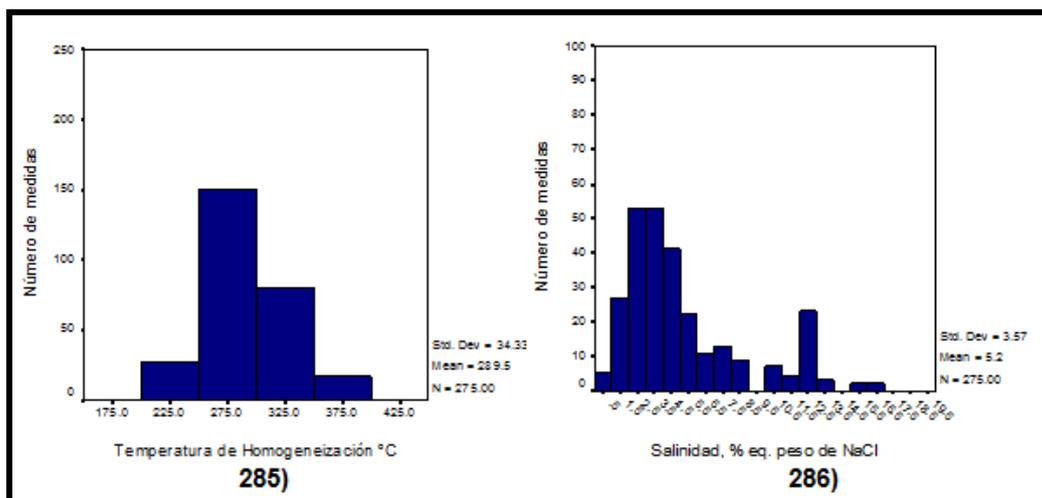


Figura 65: Diagramas, temperatura de homogeneización y salinidad, veta Atenea.

Diagramas N° 283 al 286.- (283 y 284) En el diagrama temperatura de homogeneización vs. Salinidad, modificado de Wilkinson (2001). Presencia de tres posibles poblaciones de datos que puede interpretarse como resultado de la mezcla de fluidos con temperaturas y salinidades diferentes. El deposito puede clasificarse entre yacimientos minerales epitermale y mesotermale; **(285)** Histograma de temperatura de homogeneización (Th °C) vs Frecuencia; **(286)** Histograma de salinidad (% wt NaCl) vs Frecuencia. F: Población de fluidos.

Según las paleoisotermas y paleorelieves (Figs. 66 y 67) se pudo obtener tres posibles etapas de mineralización con paleofluidos que llegaron del lado W de la estructura; también se puede inferir una posible falla inversa en la estructura. El desmantelamiento erosivo esta en torno a los 400 m con 52.53 bares de presión.

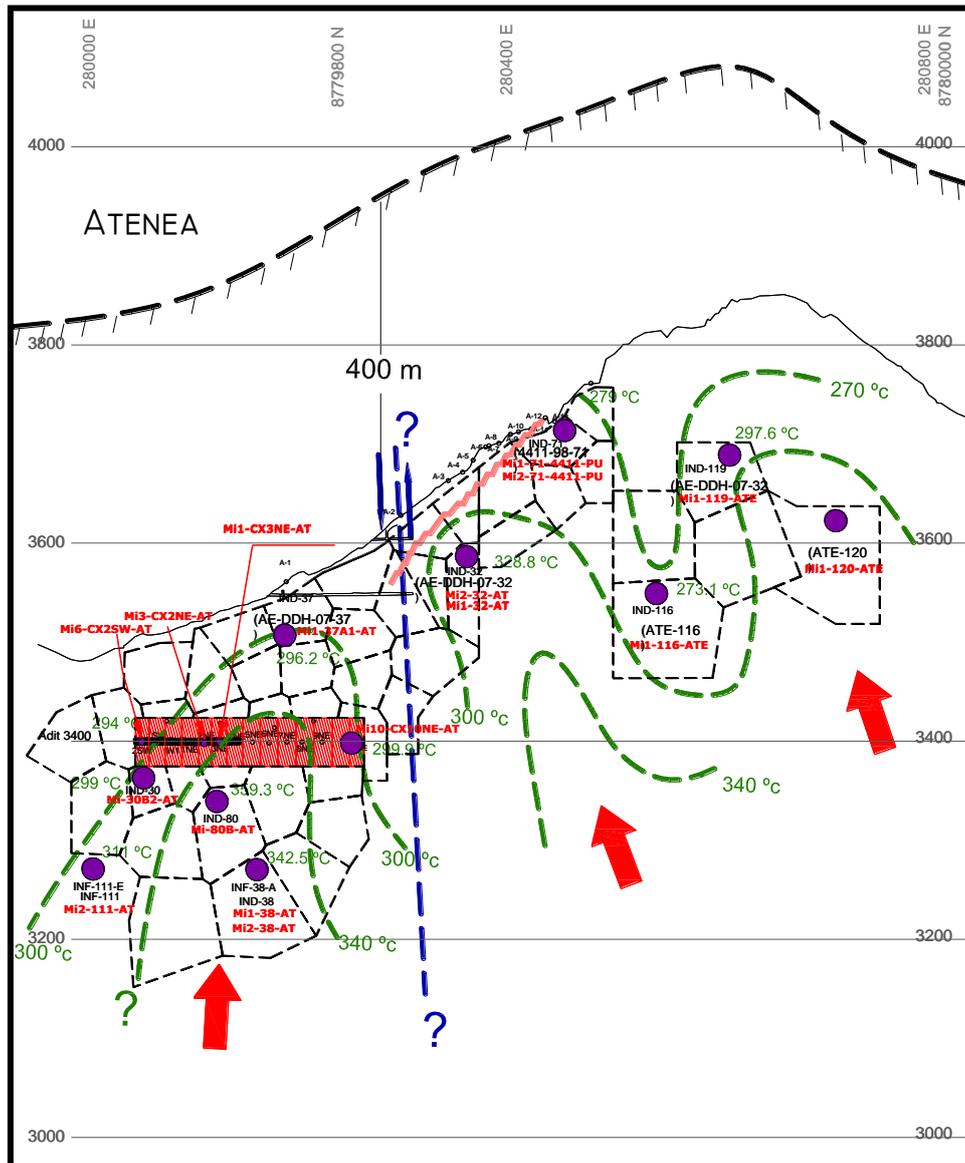


Figura 66: Diagrama de isotermas de veta Atenea.

Posibles direcciones de fluidos de la primera etapa de mineralización con desplazamientos W del yacimiento. Las isotermas varían entre 345°C y 270°C. Posible falla inversa. Desmantelamiento erosivo de aproximadamente 400 m.

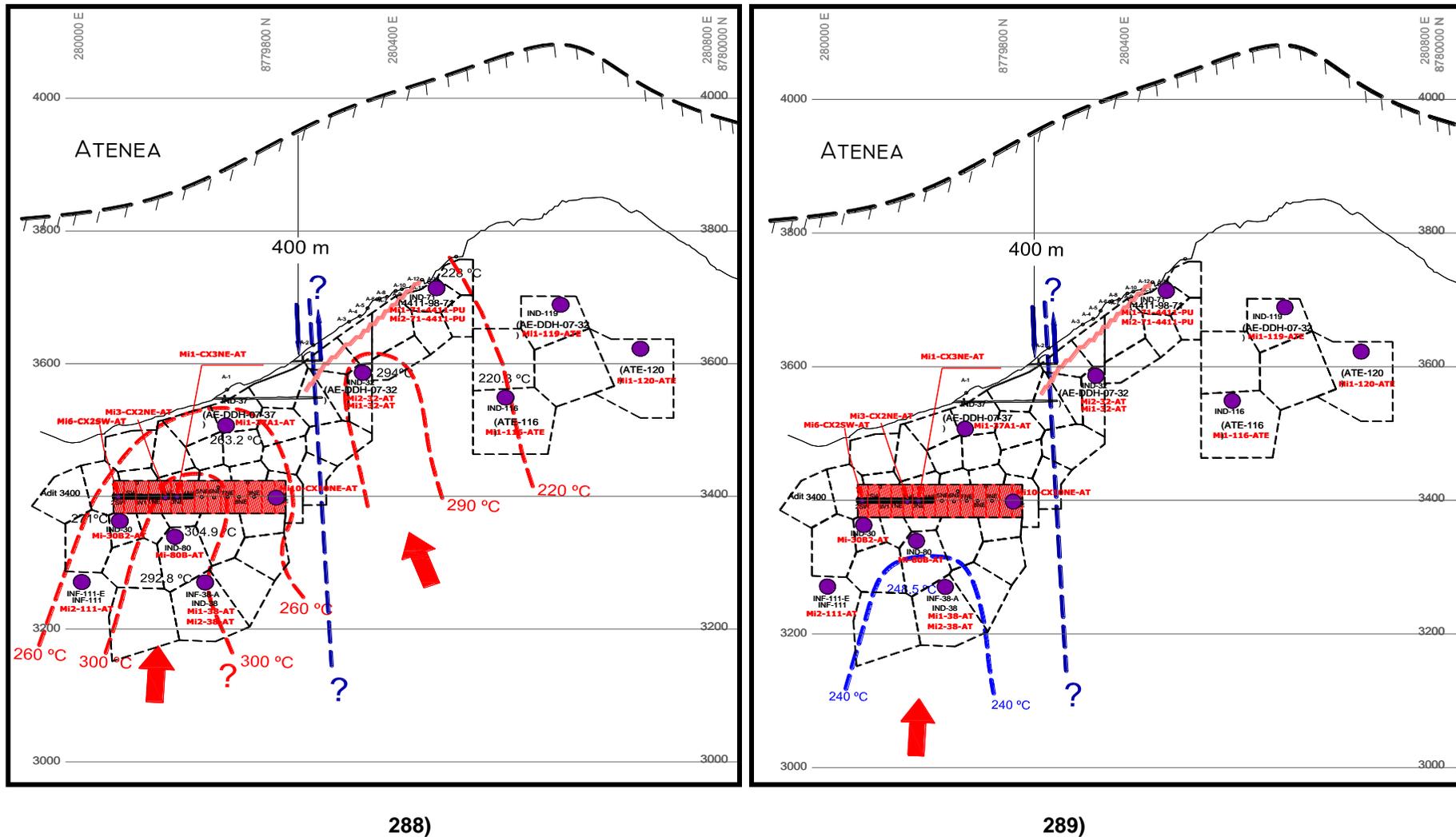
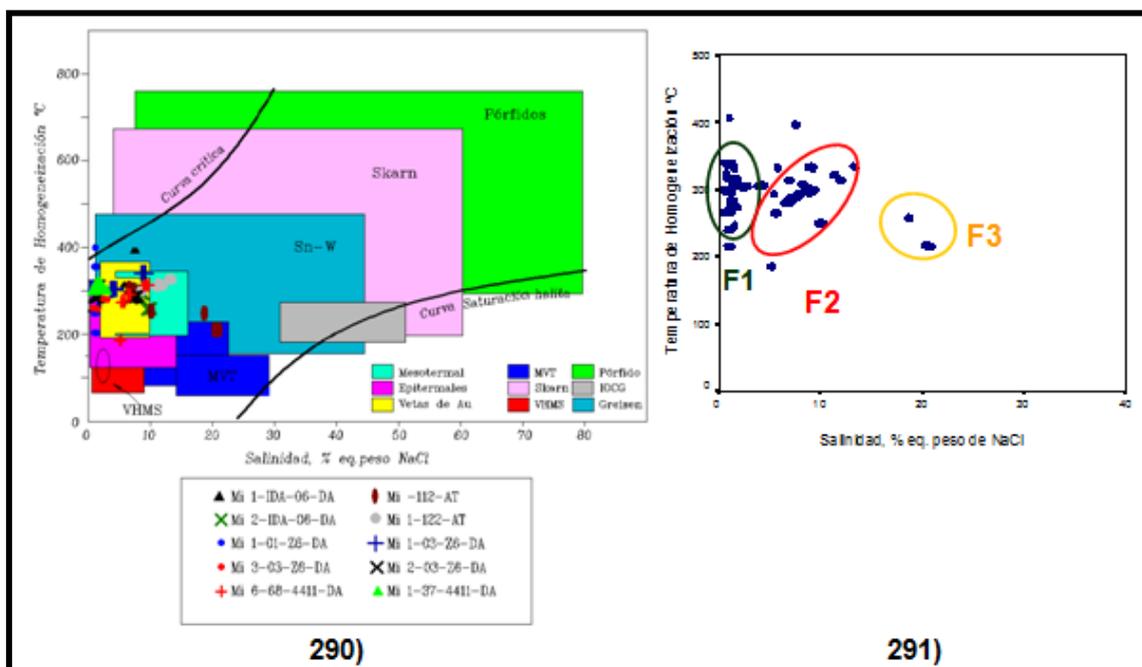


Figura 67: Diagrama de isotermas de veta Atenea.

Diagramas N° 288 al 289.- (288) Posible segunda etapa de mineralización con dirección de fluidos entre 300 y 220 °C y desplazamientos W del yacimiento. Posible falla con desmantelamiento erosivo de 400m; (289) Isotermas de la tercera etapa de mineralización con temperaturas que van entre 250 y 240 °C, con posibles direcciones de fluidos con desplazamientos provenientes del lado W del yacimiento.

8.5.2 Veta Danny

De los histogramas y gráficos obtenidos se puede interpretar que existen tres poblaciones de fluidos los cuales se pueden clasificar entre depósitos epitermales y mesotermales. La primera población de fluidos (F1) se puede considerar como depósito epitermal de baja sulfuración con temperatura de homogenización entre 220 y 380°C con salinidad entre 0 y 5% eq. peso de NaCl; seguida de una segunda población de fluidos (F2) con temperatura de homogeneización entre 200 y 320 °C con salinidad entre 5 y 13% eq. peso de NaCl. Finalmente, (F3) puede ser parte superficial de un depósito mesotermal a epitermal con temperatura de homogenización entre 200 y 250 °C y con salinidad entre 18 y 20 % eq. peso de NaCl.(Fig. 68)



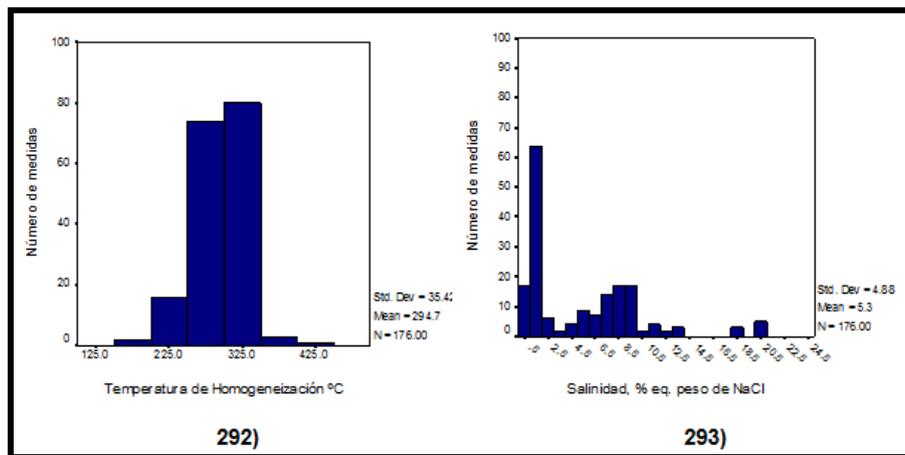
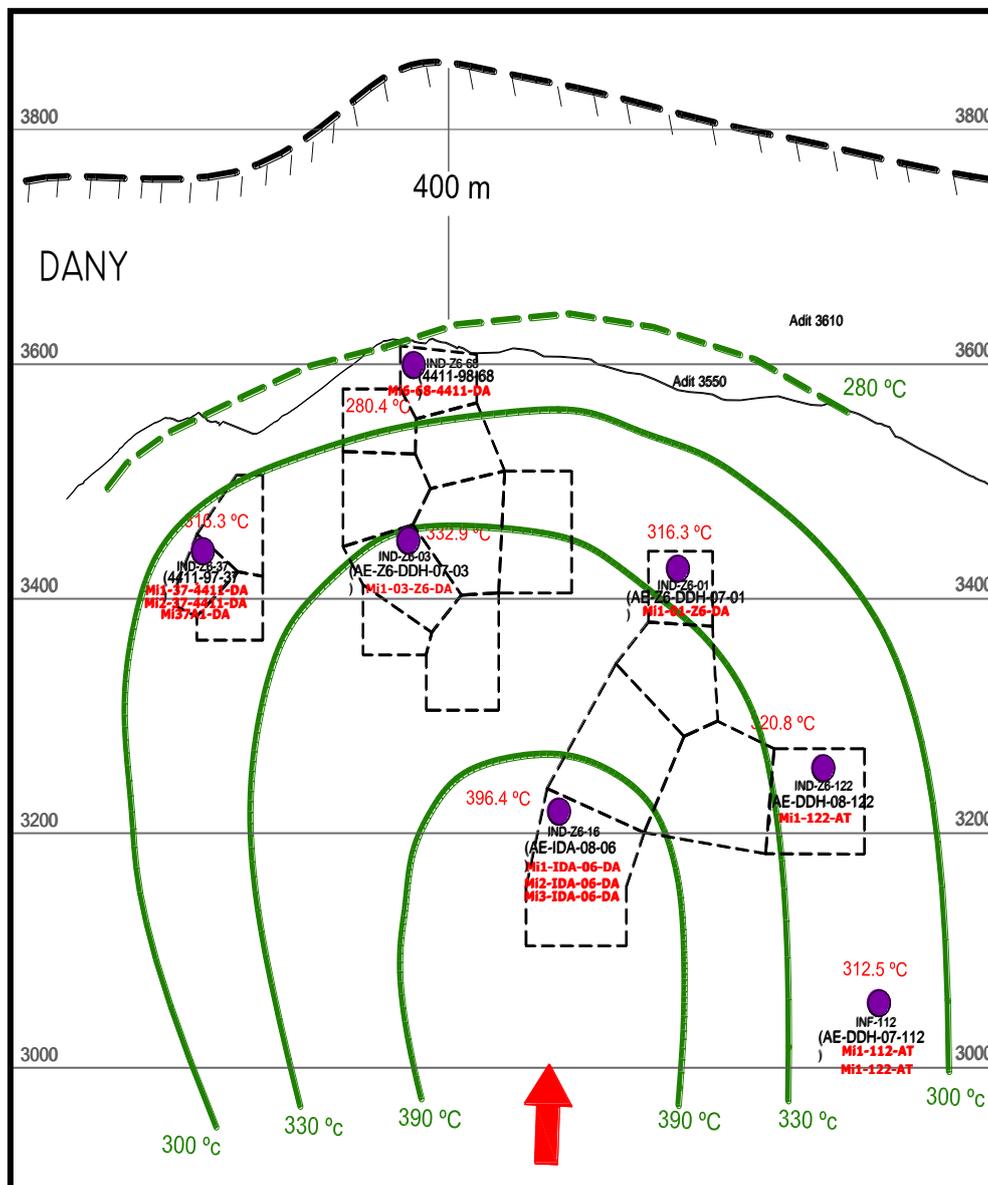


Figura68: Diagramas, temperatura de homogeneización y salinidad, veta Danny.

Diagramas N° 290 al 293.- (290 y 291) En el diagrama temperatura de homogeneización vs. Salinidad, modificado de Wilkinson (2001). Presencia de tres posibles poblaciones de datos que puede interpretarse como resultado de la mezcla de fluidos con temperaturas y salinidades diferentes. El deposito puede clasificarse entre yacimientos minerales epitermales y mesotermiales; (292) Histograma de temperatura de homogeneización (T_h °C) vs Frecuencia; (293) Histograma de salinidad (% wt NaCl) vs Frecuencia, presentando tres grupos bien marcados. F: Población de fluidos.

Mediante los paleoisotermas y paleorelieves se puede interpretar que existe un desmantelamiento erosivo de aproximadamente 400 m con 57.2 bar de presión (Figs. 69 y 70)



294)

Figura 69: Diagrama de isotermas de veta Danny

294) Posibles dirección de fluidos de la primera etapa de mineralización con desplazamientos W del yacimiento. Las isotermas varían entre 380°C y 280°C.

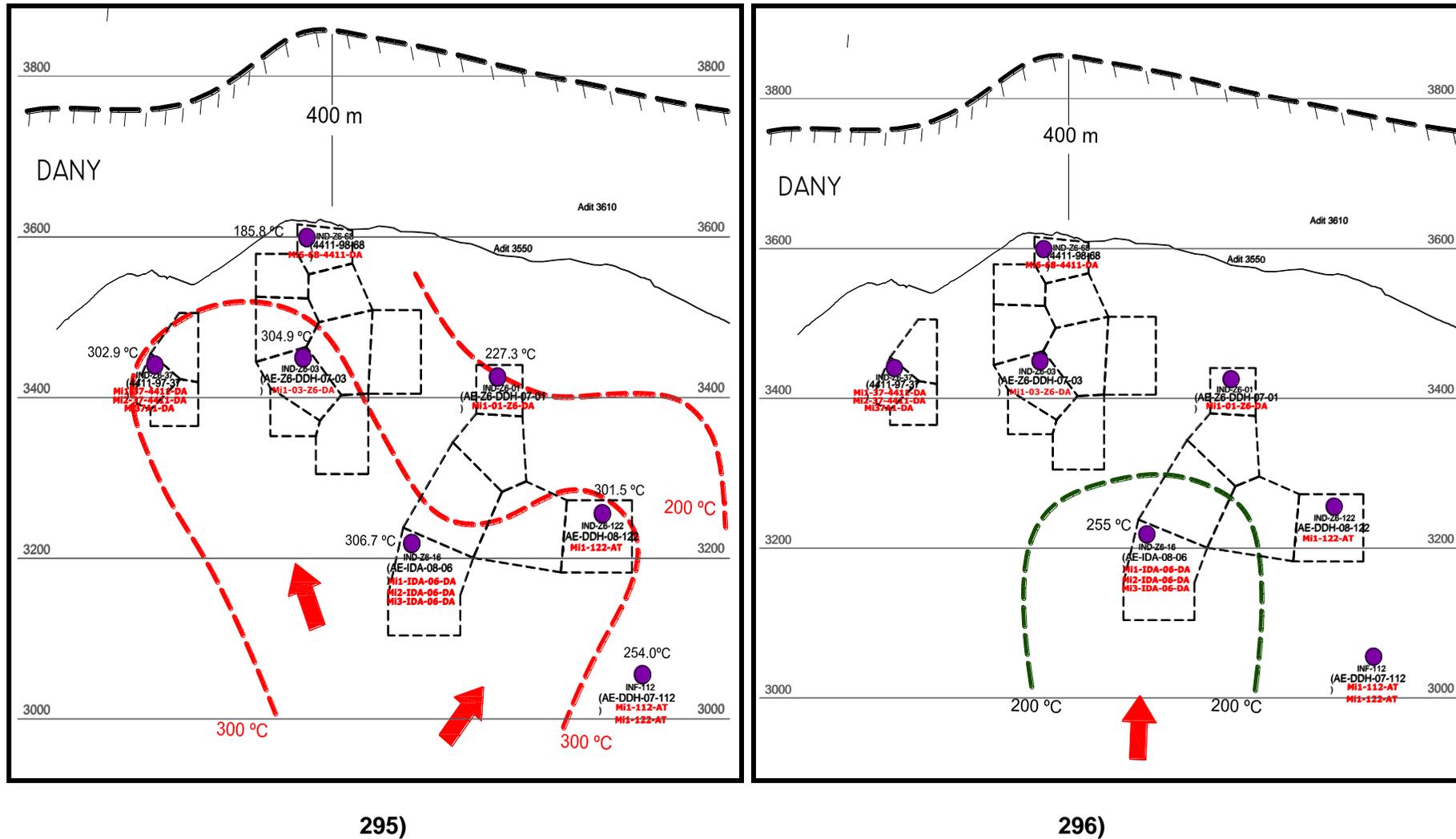


Figura70: Diagrama de isotermas de veta Danny.

(295) Isotermas de la segunda etapa de mineralización con temperaturas que van entre 300° y 200 °C, con posibles direcciones de fluidos con desplazamientos provenientes del lado W del yacimiento. (296).- Posible tercera etapa de mineralización con dirección de fluidos con desplazamientos W del yacimiento. Las isotermas varían entre 255°C a 200°C.

8.5.3 Veta Pucamina

En la estructura Pucamina se puede apreciar dos poblaciones de fluidos, el primero (F1) se ubica en depósitos epitermales a mesotermales con temperaturas de homogeneización entre 250 y 400 °C y salinidad entre 1 y 5 % eq. peso de NaCl; seguida de (F2) las cuales se clasifican como epitermales de baja sulfuración con temperaturas entre 200 y 320°C y salinidad entre 5 y 10% eq. peso de NaCl. (Fig. 71).

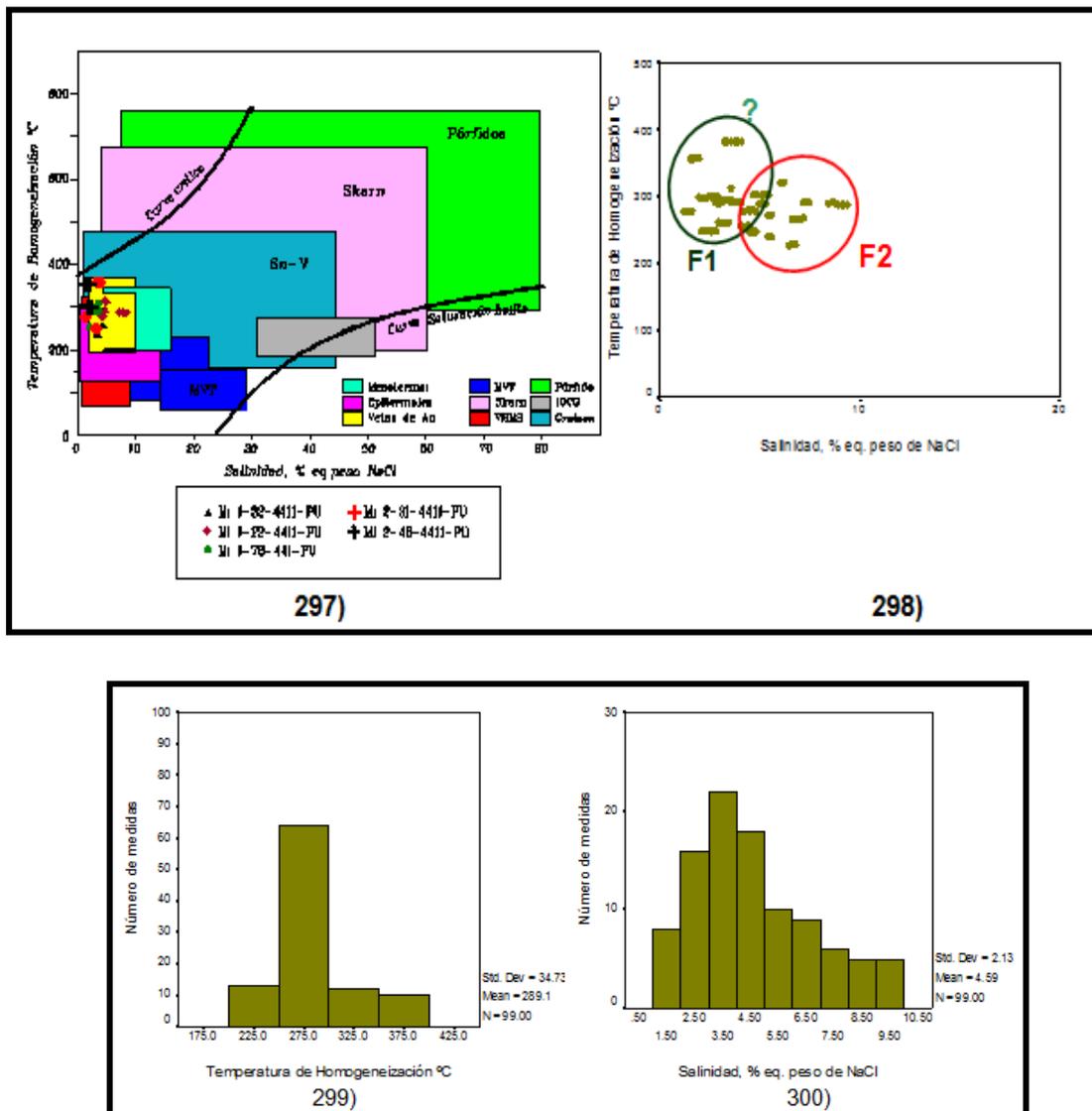
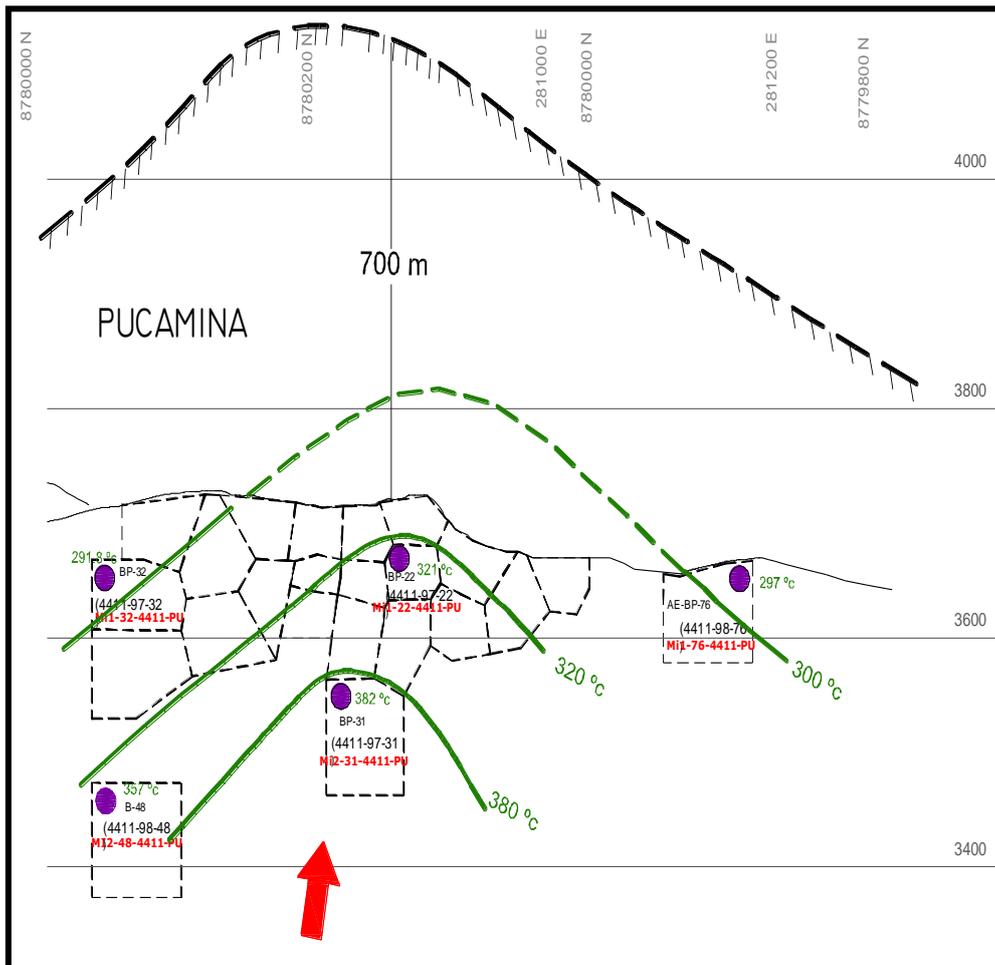


Figura 71: Diagramas, temperatura de homogeneización y salinidad, veta Pucamina.

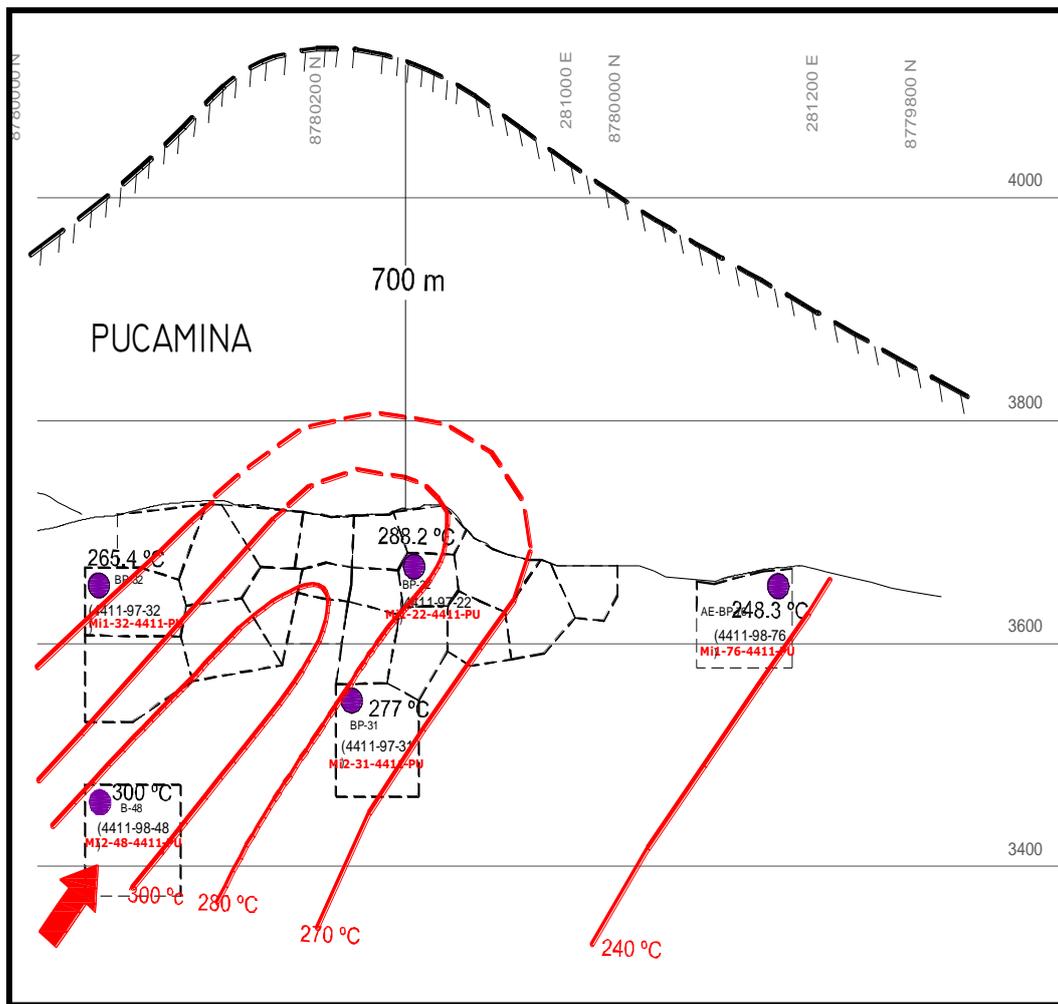
Diagramas N° 297 al 300.- (297 y 298) En el diagrama temperatura de homogeneización vs. Salinidad, modificado de Wilkinson (2001). Presencia de dos posibles poblaciones de fluidos con temperaturas y salinidades diferentes. Los yacimientos minerales reconocidos aproximadamente son epitermale y mesotermales; (299) Histogramas de temperatura de homogeneización (Th °C) vs Frecuencia; 300) Histogramas de salinidad (% wt NaCl) vs Frecuencia. F: Población de fluidos.

Según las interpretaciones de paleorelieves y paleoisotermas se puede inferir que los paleofluidos provinieron del lado W de la estructura; existe un desmantelamiento erosivo aproximado de 700 m (Fig. 72).

La recomendación para esta estructuras es realizar mas estudios en profundidad para despejar algunas dudas.



(301)



302)

Figura 72: Diagrama de isotermas de veta Pucamina.

Diagramas 301 y 302.- (301) Posibles direcciones de fluidos de la primera etapa de mineralización con desplazamientos W del yacimiento. Las isotermas varían entre 380 °C y 300 °C; (302) Isotermas de la segunda etapa de mineralización con temperaturas que van entre 300 y 240 °C, con Posibles direcciones de fluidos con desplazamientos provenientes del lado W del yacimiento.

IX. GÉNESIS Y MODELO GEOLÓGICO DEL YACIMIENTO

Para complementar la investigación de la génesis de Invicta, se ha considerado realizar próximamente determinaciones geoquímicas especiales y el estudio de edades radiométricas de las rocas y de la mineralización en sus diferentes fases, y que permitan precisar la época y magmatismo y/o vulcanismo al que estaría ligada la mineralización.

Sin embargo actualmente, existen importantes factores que permiten asumir una hipótesis inicial respecto a la génesis del yacimiento:

Las rocas intrusivas calcoalcalinas similares a las de la zona de estudio, tienen edades radiométricas alrededor de los 30 Ma formadas probablemente en el Paleógeno superior. Estas rocas corresponderían a los estadios finales de la diferenciación magmática del Batolito de la Costa. Las rocas de composición monzogranítica y tonalítica principalmente determinadas en los recientes estudios petrográficos, corresponden al borde oriental del Batolito de la Costa y por similitud equivaldrían a estos estadios finales, conocidos como la segunda fase o ritmo tardío intrusional del Batolito y/o a subfases posteriores ligadas a esta última fase.

La mineralización de Invicta de acuerdo a la información obtenida por las perforaciones diamantinas, se origina por debajo de los volcánicos Calipuy en la zona donde estos intrusivos monzograníticos y tonalíticos, aparecen como apófisis y diques, y que incluso sirven como rocas caja y son huéspedes de la mineralización. La dirección de flujos mineralizantes determinados por las inclusiones fluidas y de acuerdo al buzamiento de las vetas principales, tienen una direccionalidad hacia las zonas profundas donde se ubican éstas. Las temperaturas de homogenización en los minerales de Invicta, están en el orden de los 150° a 450 °C, que corresponden principalmente a temperaturas de yacimientos de tipo mesotermal con gradación a epitermal, cuyos fluidos mineralizantes habrían tenido su origen en profundidades aproximadas entre los 2 y 4 Km por debajo de la superficie. Así como las temperaturas han definido varias poblaciones de fluidos mineralizantes, los diferentes grados de salinidad han determinado la presencia de diversos pulsos hidrotermales y que podría interpretarse también como la mezcla de fluidos magmáticos con aguas meteóricas.

La columna de mineral económico reconocida hasta ahora mediante sondajes diamantinos, tiene un espesor de alrededor de 1000 m en la vertical que incluye

aproximadamente unos 400 m de mineral ya erosionado en las vetas Atenea y Danny y unos 700 m en la veta Pucamina, con temperatura principalmente mesotermal con gradaciones a epitermal. Este proceso ha quedado demostrado con la reconstrucción de las isotermas en las que se aprecia el dismantelamiento erosivo que afectó a las vetas en diferente grado, en la que alguna fase de la mineralización ha sido fuertemente erosionada pero otras aparentemente han sufrido muy poca erosión. Algunos distritos mineros en el Perú del Mioceno medio a superior han sido erosionados entre 0.8 y 3 km de profundidad (VIDAL CÉSAR y PETERSEN G., 1983).

Una gran parte de estas características vinculan a la mineralización de Invicta, como un yacimiento de origen hidrotermal de tipo Cordillerano, relacionado a intrusivos de la segunda fase del Batolito de la Costa y/o a subfases de ésta segunda fase. Los estudios de geoquímica de detalle y la determinación de edades radiométricas que se sugieren realizar a futuro, irán precisando la hipótesis planteada y también definirán la relación y/o aporte que puede tener el vulcanismo Calipuy en el origen de este yacimiento. (Figs. 66, 67, 69, 71 y 72)

En el modelo esquemático de Corbett and Leach, (1997) de la figura 73, se infiere en líneas rojas entrecortadas, la ubicación aproximada donde se habría originado el yacimiento Invicta, entre la zona de yacimientos epitermales de Qz, Au-Ag y los yacimientos polimetálicos de Au-Cu con metales base de grado mesotermal.

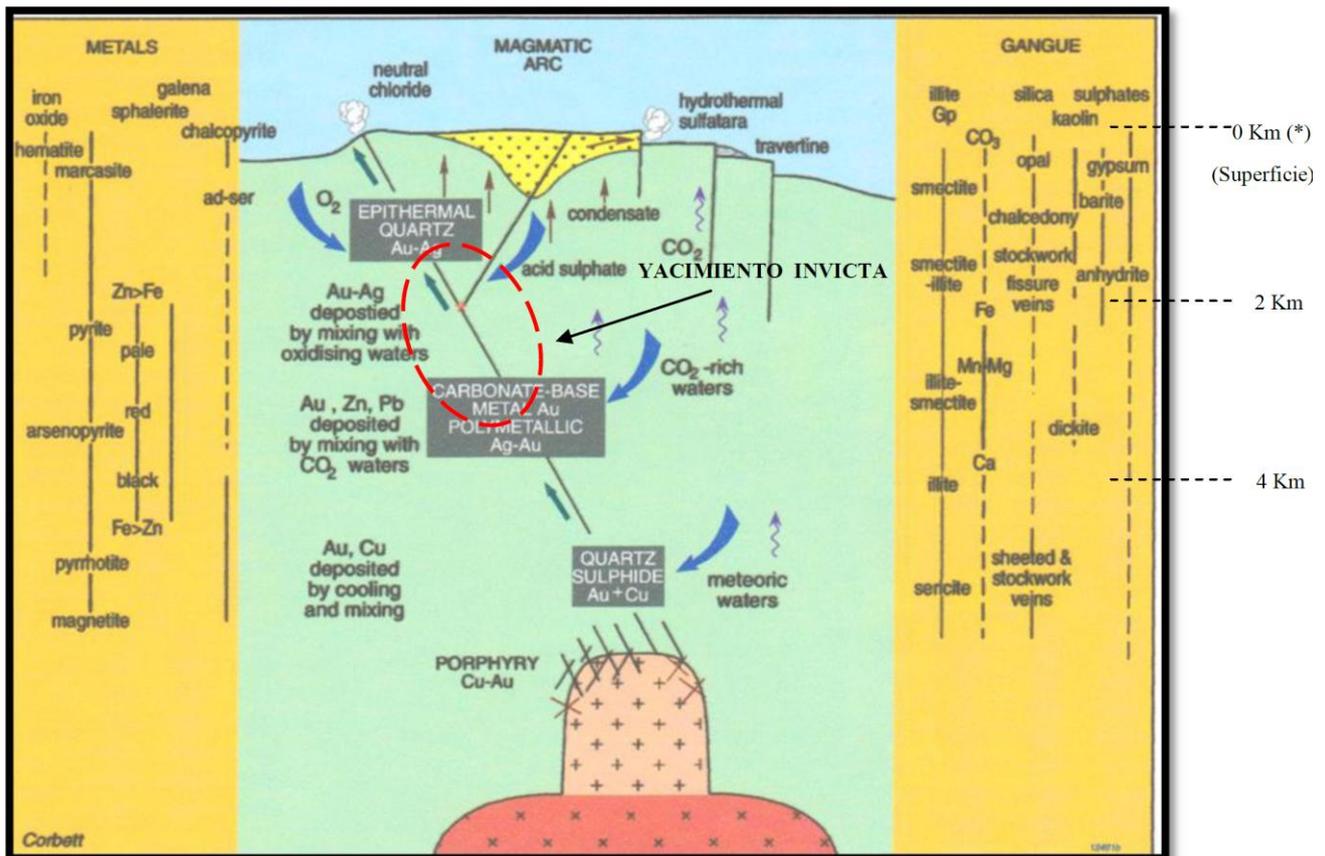


Figura 73: Modelo esquemático mostrando ensambles de mineralización y alteración.

Modelo esquemático de la transición de niveles hipotermales – mesotermales – epitermales, mostrando ensambles de mineralización y alteración (Corbett and Leach, 1997.), indicando la ubicación de Invicta (A. Huamán, 2010).

En la figura 74 se infiere de manera preliminar, un esquema sobre el posible modelo del yacimiento Invicta, donde los fluidos mineralizantes habrían migrado varios kilómetros desde su cámara, jugando el control estructural en su recorrido a lo largo de fallas y fracturas, un rol fundamental en el emplazamiento de la mineralización en forma de vetas y brechas.

En este esquema que se propone, evidentemente la posición de la cámara de fluidos mineralizantes habría migrado en el tiempo con respecto a su ubicación original, causando la depositación de los fluidos en varias fases, a temperaturas diferentes y a distintos niveles de emplazamiento.

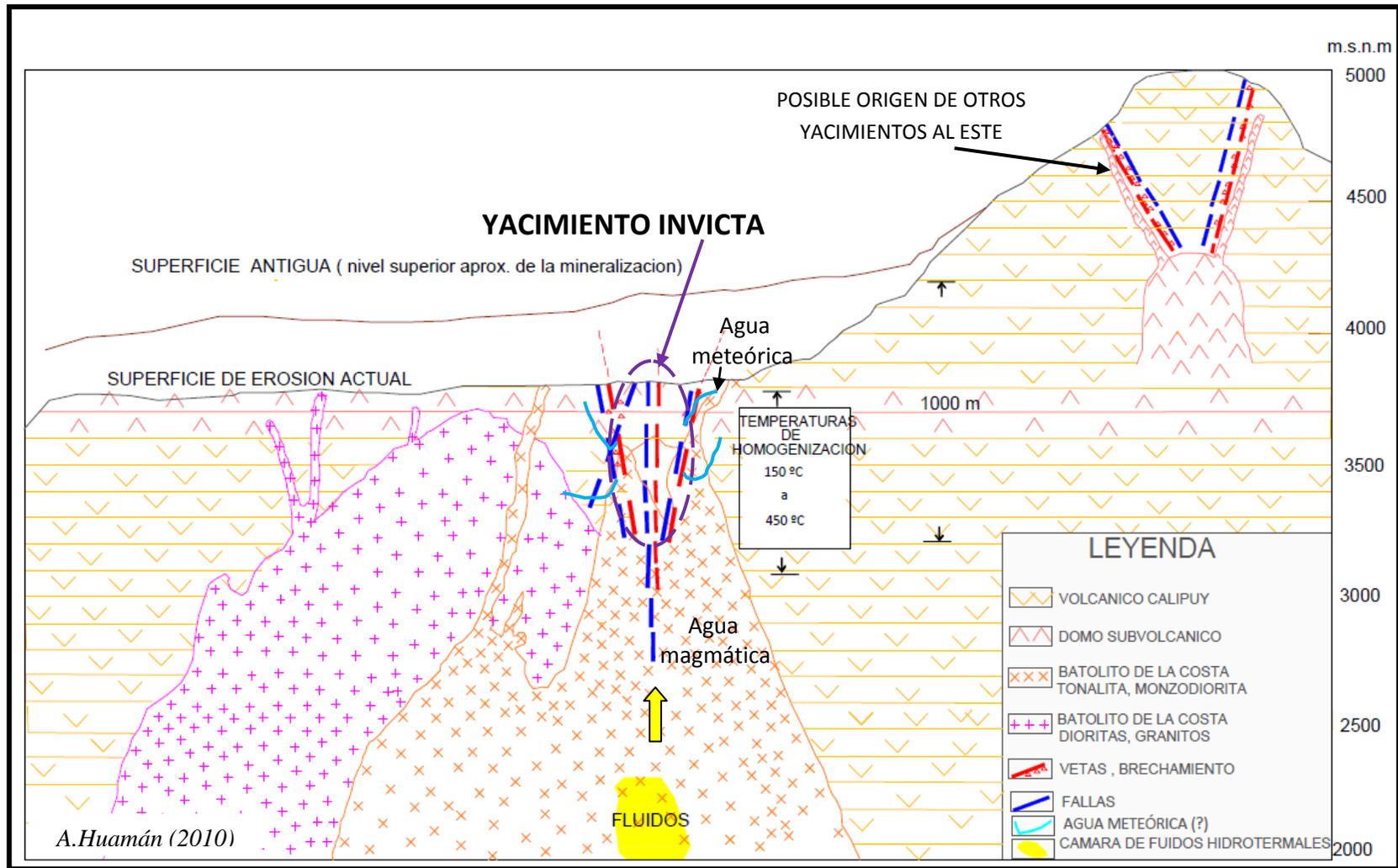


Figura 74: Modelo esquemático propuesto para el yacimiento Invicta.

En la figura 75 que corresponde al mapa metalogenético publicado por INGEMMET (2009), de acuerdo a los primeros resultados de las investigaciones de la génesis de Invicta, consideramos tentativamente a este yacimiento dentro de la franja metalogenética denominada “Depositos de Au, Cu, Pb, Zn relacionados con intrusivos del Eoceno (XIV)”, modificando su denominación para este caso, a “Depósitos de Au, Ag, Cu, Pb, Zn relacionados con intrusivos del Eoceno o Mioceno” que es nuestra hipótesis propuesta.

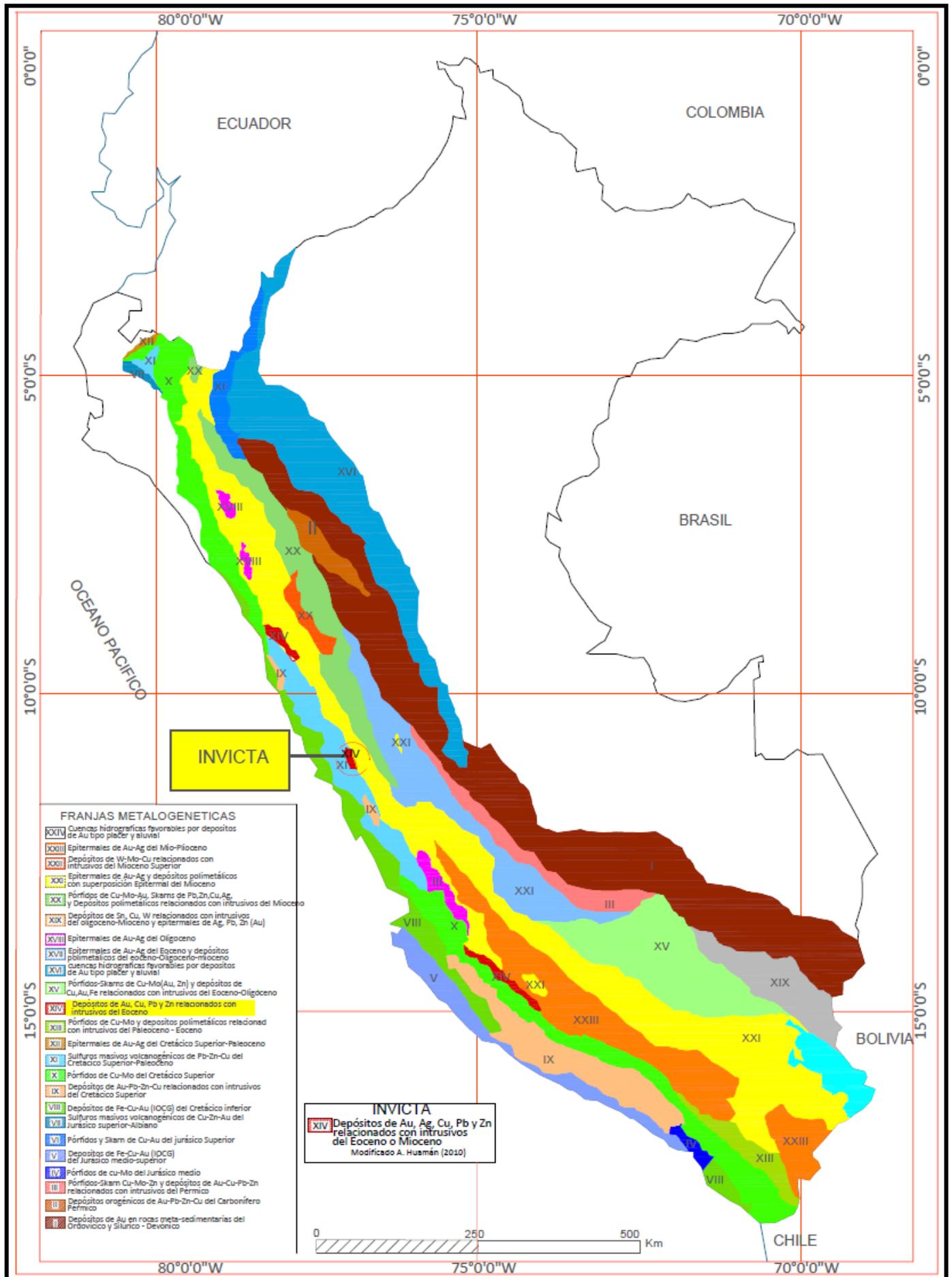


Figura 75: Mapa metalogénico del Perú. (INGEMMET – 2009).

La figura 76, muestra el mapa de unidades mineras de INGEMMET (2010), donde se aprecia la ubicación del yacimiento Invicta formado en un ambiente ígneo/ volcánico, mientras que la franja de importantes yacimientos como Raura, Uchuchacua, Iscaycruz y otros se formaron en ambientes ígneos/ sedimentarios (Castillo, D. H., 1997).

En esta nueva franja existen algunos indicios cercanos a Invicta de características similares a este yacimiento, todavía sin estudios geológicos y que deberán investigarse.

Invicta es un yacimiento de importancia económica e interés académico por sus características peculiares, que requiere la continuidad de su investigación para su aplicación en la búsqueda de yacimientos similares vecinos o en otras latitudes.

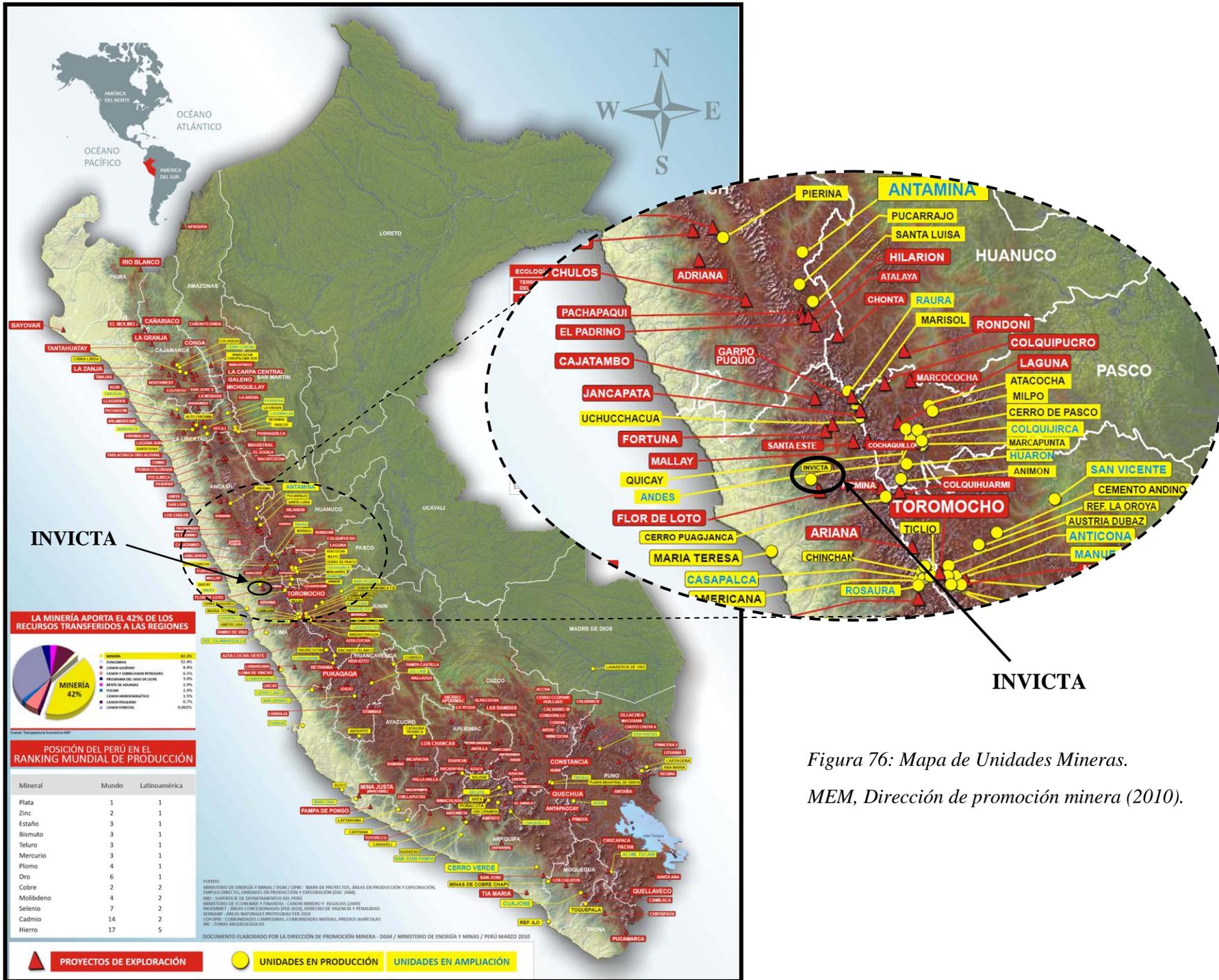


Figura 76: Mapa de Unidades Mineras.
MEM, Dirección de promoción minera (2010).

CONCLUSIONES

1. El yacimiento Invicta esta conformada por vetas y cuerpos de brecha hidrotermal, que se emplazan en el lineamiento de las vetas en intersección con zonas de falla, tienen como caja rocas volcánicas del grupo Calipuy de composición predominantemente andesítica y a rocas intrusivas ácidas a intermedias del Batolito de la Costa, siendo el control estructural ligado a fallas principalmente de dirección NW-SE y NE-SW el más importante. Existen también varios cuerpos silicificados emplazados en los volcánicos Calipuy, aparentemente sin leyes de interés en superficie, pero que deberán ser investigados iniciando su exploración en los sectores ligados a las vetas/ brechas, donde estos cuerpos muestran interés exploratorio.

2. La mineralización del yacimiento Invicta, es polimetálica con contenidos económicos de Au-Ag-Cu-Pb-Zn.

Sus reservas minerales probadas y probables, son de 7' 807, 157 millones de toneladas con leyes promedios de Au g/t 2.14, Ag g/t 18.76, Cu % 0.52, Pb % 0.38 y Zn % 0.30.

Los recursos minerales inferidos, son de 11' 694, 266 con leyes de Au g/t 0.93, Ag g/t 12.57, Cu % 0.37, Pb % 0.28 y Zn % 0.19.

3. La mineralogía en general, es común para las tres vetas estudiadas, y esta conformada por cuarzo, specularita, pirita, esfalerita, calcopirita, oro nativo, cobres grises, trazas de magnetita, calcosina, digenita, bornita, covelita, limonitas y hematitas.

4. La mineralización habría sido generada por fluidos hidrotermales relacionados a intrusiones de naturaleza ácida a intermedia de la última fase del Batolito de la Costa ó de subfases posteriores, representadas por tonalitas, monzonitas cortadas con los sondajes diamantinos y granodioritas a cuarzomonzonitas que afloran hacia la zona de Danny.

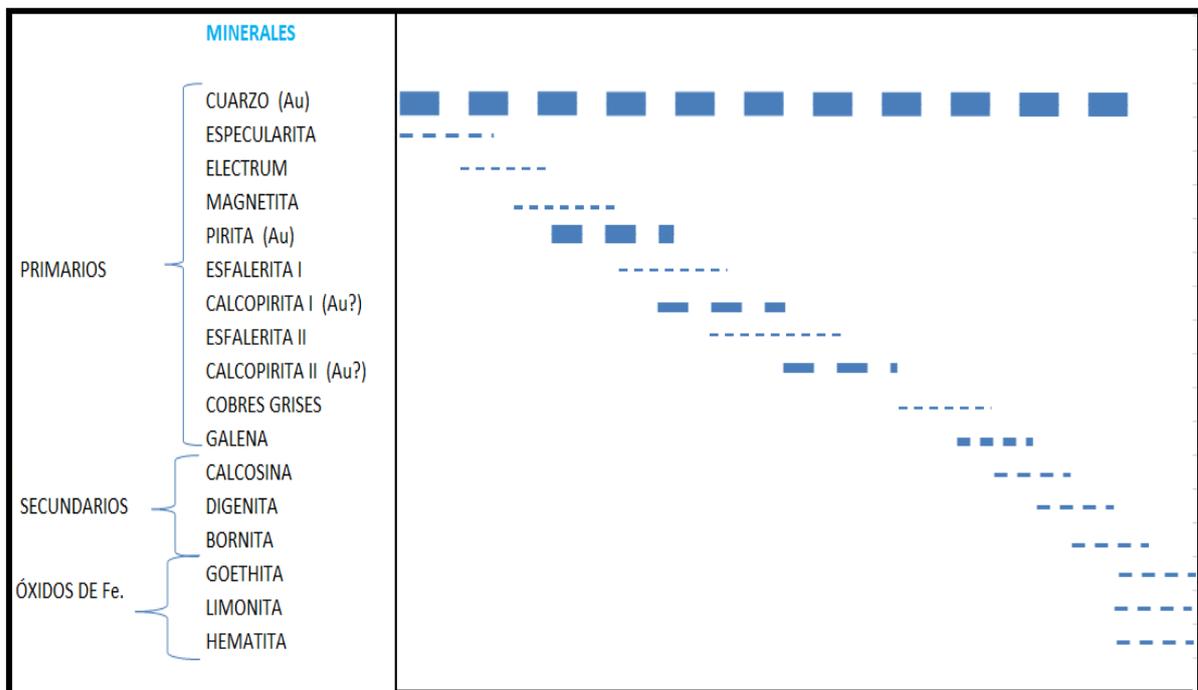
Para la mineralización más alejada del contacto intrusivo batolítico con los volcánicos Calipuy, es posible la generación de soluciones hidrotermales, a partir del vulcanismo del Calipuy.

5. Los fluidos hidrotermales circularon por grandes fallas preexistentes formando las vetas de pocos centímetros hasta varios metros de potencia, con relleno mineral bien

definido, originándose además en algunos sectores de estas vetas y junto a ellas, zonas de brecha que alcanzan anchos de hasta dos a tres decenas de metros en la intersección de las fallas-veta con otras grandes fallas también preexistentes.

6. Mediante los estudios microscópicos, se han determinado:

- Tres poblaciones bien marcadas de fluidos hidrotermales, diferenciadas por sus temperaturas de homogenización que varían entre 150 y 450 °C y salinidades entre 0 y 21 % eq. peso que se interpreta como la mezcla de fluidos magmáticos con aguas meteóricas.
- La secuencia paragenética general es la siguiente:



- La sílice y hierro fueron aportados en varias generaciones de cuarzo y pirita-marcasita, siendo componentes de vital importancia en la composición y transporte de los fluidos hidrotermales, ya que están ligados a los iones metálicos de valor económico incluyendo la presencia de Au nativo como inclusiones en la pirita y en la ganga de cuarzo, hematita y limonitas.

7. Mediante la revisión de imágenes satelitales, se determinó y conjugó los tipos de alteraciones hidrotermales y los lineamientos estructurales principalmente de dirección NW-SE, NE-SW y en menor grado N-S, EW que podrían haber favorecido la

concentración de la mineralización en estructuras de interés prospectivo-exploratorio, clasificándose alrededor de 15 zonas potenciales para la exploración que en su mayoría están ubicadas dentro de la propiedad minera de la empresa, siendo necesario su reconocimiento geológico oportuno mediante visitas de campo, para continuar posteriormente con los estudios geológicos detallados de las zonas seleccionadas como de interés prospectivo-exploratorio.

8. La geoquímica local de sedimentos de quebrada, en las quebradas Parán y Picunche principales colectoras de los sedimentos erosionados del yacimiento, presenta anomalías moderadas a altas de Au y Ag, débiles a moderadas de Zn y débiles de Cu y Pb. Con el muestreo geoquímico por puntos de algunos afloramientos de estructuras mineralizadas localizadas en el yacimiento, se corroboró leyes de interés principalmente en Au.

9. Los estudios de geofísica por los métodos polarización inducida, resistividad y magnetometría en Invicta, tuvo buenos resultados y fue aplicada en la exploración perforando mediante diamantina las anomalías reconocidas. En la reinterpretación de estos estudios, se ha determinado que algunas anomalías han quedado abiertas en los sectores suroeste, noreste y sureste del yacimiento.

10. La génesis del yacimiento Invicta es de tipo Cordillerano hidrotermal principalmente de fase mesotermal con gradación a epitermal.

11. Las investigaciones realizadas en el presente estudio, muestran interesantes resultados que deben ser aplicados de manera práctica, para continuar la exploración del yacimiento Invicta en la búsqueda de nuevos recursos y reservas minerales.

Desde el punto de vista académico y de la investigación pura, se ha encontrado nuevos conocimientos sobre la metalogenia en este sector del país, que deben servir de base científica para la discusión de los nuevos conceptos propuestos, y de patrón para orientar la exploración e interpretación de yacimientos similares en el entorno y en otras zonas del territorio.

RECOMENDACIONES

- 1) Realizar en superficie el mapeo geológico litológico, estructural, mineralógico y de alteraciones hidrotermales i) del área que abarca el yacimiento Invicta a escala 1:1000, ii) de las estructuras mineralizadas como son las vetas, brechas, cuerpos silicificados, comprendiendo sus respectivas áreas de influencia, a escala 1:500.
- 2) Revisar el logueo de todas las perforaciones existentes, para afinar la interpretación litoestructural y de la mineralización.
- 3) Efectuar el reconocimiento geológico de campo, de las zonas potenciales de exploración encontradas mediante la revisión de imágenes satelitales, seleccionando las de interés prospectivo-exploratorio para su respectiva evaluación geológico-minera inicial.
- 4) Revisar en campo la fotointerpretación cartográfica efectuada en gabinete para este estudio a escala 1/25,000, correspondiente al área que abarcan las propiedades mineras de Invicta.
- 5) Realizar estudios para la determinación de edades radiométricas de las rocas intrusivas, hipabisales/subvolcánicas y volcánicas tipos que caracterizan la litología del yacimiento Invicta. Para esto deberá tomarse las muestras adecuadas correspondientes, de acuerdo a los resultados de los estudios petrográficos.
- 6) En base a los resultados de los estudios mineragráficos, se deberá seleccionar muestras de rocas alteradas con presencia de micas secundarias como sericita y/o biotita relacionadas a las diferentes fases de fluidos mineralizantes, que permitan mediante estudios de radiometría, entender mejor las edades de la mineralización.
- 7) Realizar estudios de caracterización geoquímica de detalle de rocas y minerales involucrados en el origen del yacimiento.
- 8) Deberá efectuarse estudios detallados de la geología estructural, teniendo como base el cartografiado recomendado en el punto 1.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARANDA, A. e YPARRAGUIRRE, J. (2010). Estudios petrográficos, estudios minerográficos, estudios por microscopia electrónica de barrido, análisis mineralógicos y de minerales arcillosos por difracción de rayos x, análisis químicos por fluorescencia de rayos x y estudios de inclusiones fluidas. Informe interno.

CASTILLO, D. H. (1997) Geología Regional-Local de los Denuncios Victoria y Alrededores su Relación e Interpretación. Informe interno.

CISNEROS, J. (2010). Interpretación Estructural. Información interna.

CARDOZO, M. y VIDAL CÉSAR, (1981). Metalogénesis y magmatismo en el flanco occidental de los Andes Centrales. Bol. Soc. Geol. Perú, N° 68, pp. 13-24.

COBBING, J.& PITCHER, W .(1972). The Coastal Batholith of Central Perú.

COBBING, J. (1973). Geologia de los cuadrángulos de Barranca, Ambar, Oyón. Huacho y Canta. Servicio de Geología y Minería, boletín N° 28.

COBBING, J. & TAYLOR, W. (1977). Segmente and Superunits im the Coastal Batholith of Perú.

CORBETT, G AND LEACH, T (1998). Southwest Pacific gold-copper systems: Structure, alteration and mineralization.

HEDENQUIST J.W., IZAWA E., ARRIBAS A., WHITE N.C. (1996). Epithermal gold deposits styles, characteristics, and exploration.

INGEMMET (2010). Inventario de edades radiométricas.

INGEMMET (2010). Plano de Unidades mineras del Perú.

INGEMMET (2009). Mapa metalogenético del Perú.

JARAMILLO, V. (2008). The Invicta property resource update technical report (Huaaura, Lima - Perú). Reporte interno.

NAVARRO, P. 2010. Análisis e Interpretación de Imágenes Satelitales ASTER de la zona de Invicta, Huaral – Lima. Informe interno.

PITCHER, W. (1977): Anatomia de un Batolito. Conferencia de la Sociedad Geológica de Londres.

PULGAR, VIDAL JAVIER (1972). Pueblos y culturas de la sierra central del Perú, Lima el paisaje - 5 regiones climáticas.

SPITERI GEOLOGICAL AND MINING CONSULTANTS INC, (1998). Scoping study Victoria Project Parán – Perú. Reporte interno.

STEWART, J., EVERNDEN, J., SNELLING, N. (1974). Age determinations from Andean Peru: A reconnaissance survey. Geological Society of America Bulletin, 85, 1107 - 1116

VELA LUIS, NORA DELGADILLO, (2006): Plan de exploracion regional de anomalías espectrales y geoquímicas. Reporte interno.

VIDAL CÉSAR y PETERSEN G. (1983). Tres épocas metalogenéticas evidenciadas en el Cenozoico del Perú. Bol. Soc. Geol. Perú, N° 71, pp. 107-112.

WILKINSON, J.J., (2001). Fluid Inclusions in hydrothermal ore deposits: Lithos, 55, 229-272.