

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



**Exploración Geoquímica y Caracterización
de Alteraciones Hidrotermales del Proyecto Layo
Arequipa-Perú**

Informe de Suficiencia

**Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Geólogo**

Bach. Alejandro Gómez Antiporta

**Lima - Perú
2012**

DEDICATORIA:

A mi Madre María por su invaluable y perseverante apoyo a mi carrera profesional, a mis hermanos Milton, Elizabeth, Edgard, Wilser y Antonia, a Janeth mi compañera y Andrea mi hija por su comprensión y paciencia sin ellos no hubiera podido haber completado el informe de suficiencia.

AGRADECIMIENTO

Mi más sincero agradecimiento a CIA DE MINAS BUENAVENTURA S.A.A. por permitirme realizar este informe de suficiencia para poder optar el título de ingeniero geólogo. A Don Alberto Benavides de la Quintana, Fundador del Grupo Buenaventura. Del mismo modo hago extenso mis agradecimientos al Jefe de Exploraciones Brownfields Ing. Andrés Condori, por el apoyo que me brindo en el desarrollo del informe, a los Geólogos y amigos míos del área de Exploraciones por su apoyo. Particularmente: Jey Chunga, Martin de la Cueva, Tito Raymundo, Eduardo Cuellar, Adrian Espinoza y Vladimir Arenas. Finalmente quedo agradecido a mis profesores de mi alma mater Universidad Nacional de Ingeniería.

RESUMEN

El yacimiento de Layo forma parte de una serie de ocurrencias económicas y no económicas de sistemas epitermales Miocénicos de oro y plata de los andes centrales en el sur del Perú (Franja Puquio-Caylloma).

En el proyecto se tiene una secuencia de rocas volcánicas, con edades entre 19 y 20 Ma, las rocas volcánicas e intrusivas subvolcánicas, en un rango de edades del Terciario (Mioceno) al Cuaternario (reciente). La roca encajonante de las principales estructuras mineralizadas (Veta Layo N, Escondida 2, Veta 6, Veta 7, Veta 8, Veta Candelaria, Esperanza, etc), está constituida de tobas dacíticas y riodacíticas correspondientes al Tufo Manto (19,4 Ma), cortando a éstas, se emplazan subvolcánicos de composición dacítica y lavas andesíticas de textura afanítica. Sobreyaciendo el área mineralizada se presentan tobas y lavas de composición riolítica a andesítica (volcánicos Sarpane, Tufo Parihuana, Tufo Challahuire y volcánicos Andagua).

El proyecto Layo está enmarcado y controlado por 2 estructuras de carácter regional, conocidas como Falla Manto-Colloglla y Falla Mulañan. Estas dos estructuras tienen rumbo NE-SW y forman un corredor estructural donde se localizan las estructuras mineralizadas reconocidas.

La mineralización de Layo consiste de sílice, pirita, enargita-, calcopirita, además de oro, telururos de oro asociado a tetraedrita y galena, presencia de carbonatos (calcita-

rodocrosita), con incremento de tetraedrita sobre todo en los niveles altos encima de la cota 4250 y con esporádica presencia de metales base como blenda, galena y calcopirita.

La alteración hidrotermal más abundante es la argilización representada por una evidente anomalía de color, registrada tanto en interior mina como superficie, seguida por la alteración fílica (cuarzo-sericita) y restringida a las vetas se tiene argilización avanzada (pirofilita-dikita-kaolinita), principalmente en Layo Sur. El sistema estructural predominante de mineralización es N30°E a N50°E, con reactivaciones de fallas (normales e inversas) con rumbo paralelo a la estructura y otras que intersectan las estructuras con rumbo NW; originando un complejo sistema de apertura y cierre estructural (comúnmente denominado “tipo rosario”).

En el marco del plan de Informe de Suficiencia, se plantea analizar los patrones geoquímicos, la relación de los diferentes ensambles de alteración hidrotermal con la mineralización aurífera.

ÍNDICE

DEDICATORIA
AGRADECIMIENTO
RESUMEN
ÍNDICE

1.	GENERALIDADES	
1.1	Introducción.....	1
1.2	Planteamiento del Trabajo.....	1
1.3	Objetivos de la Investigación.....	2
1.4	Ubicación y Acceso.....	3
1.5	Clima y Vegetación.....	3
1.6	Rasgos Geomorfológicos.....	4
1.7	Datos Históricos.....	5
2.	GEOLOGÍA REGIONAL	
2.1	Unidades Geológicas.....	6
2.2	Rasgos Estructurales.....	16
3.	GEOLOGÍA DEL PROYECTO LAYO	
3.1	Litología.....	17
3.2	Alteraciones.....	20
3.3	Controles Estructurales.....	20
3.4	Mineralización.....	20
4.	GEOQUÍMICA SUPERFICIAL	
4.1	Metodología de muestreo.....	25
4.2	Tratamiento estadístico de datos geoquímicos.....	27
4.2.1	Análisis de Correlación.....	27
4.2.2	Elementos Afines.....	32
4.2.3	Análisis de planos de anomalías geoquímicas.....	36
5.	GEOQUÍMICA DE SONDAJES	
5.1	Metodología de muestreo.....	39
5.2	Tratamiento estadístico de datos geoquímicos.....	39
5.2.1	Análisis de Histogramas.....	39
5.2.2	Análisis de Correlación.....	47
5.2.3	Elementos Afines.....	49
5.2.4	Perfiles litogeoquímicos de sondeos y anomalías geoquímicas	53
6.	CARACTERIZACIÓN DE LAS ALTERACIONES HIDROTERMALES	
6.1	Metodología.....	56

6.1.1	Recolección de datos.....	56
6.1.2	Análisis y procesamiento de datos.....	57
6.1.3	Análisis de planos de alteración.....	63
7.	INTERPRETACION Y DISCUSION DE RESULTADOS.....	64
8.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	65
	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	69

LISTA DE FIGURAS

Fig. 1	Grupo de Exploraciones Brownfields Orcopampa.
Fig. 2	Ubicación del Proyecto Layo a nivel Nacional.
Fig. 3	Ubicación del Proyecto Layo a nivel exploraciones brownfields.
Fig. 4	Mapa geológico Regional.
Fig. 5	Plano estructural regional.
Fig. 6	Plano litológico local.
Fig. 7	Vista Panorámica del Proyecto Layo.
Fig. 8	Plano de alteraciones local.
Fig. 8A	Plano de control estructural local
Fig. 9	Fotografías e imágenes de microscopía electrónica de los minerales de mena y ganga de Layo Sur.
Fig. 10	Fotografías e imágenes de microscopía electrónica de los minerales de mena y ganga de Layo Norte.

- Fig. 11 Diagrama ternario de correlación (Pb, Zn, Hg).
- Fig. 12 Diagrama ternario de correlación (Cu, Sb, Te).
- Fig. 13 Diagrama ternario de correlación (Ag, Te, Bi).
- Fig. 14 Gráfico de correlación (Población total).
- Fig. 15 Gráfico de correlación (Au > 1 ppm).
- Fig. 16 Gráfico de correlación (Au > 3.5 ppm).
- Fig. 17 Gráfico de correlación (Au > 6.35 ppm).
- Fig. 18 Plano de isovalores de Oro.
- Fig. 19 Plano de isovalores de Plata.
- Fig. 20 Plano de isovalores de Cobre.
- Fig. 21 Plano de isovalores de Plomo.
- Fig. 22 Plano de isovalores de Zinc.
- Fig. 23 Plano de isovalores de Estaño
- Fig. 24 Plano de isovalores de Molibdeno.
- Fig. 25 Plano de isovalores de Arsénico.
- Fig. 26 Plano de isovalores de Antimonio.
- Fig. 27 Plano de isovalores de Mercurio.
- Fig. 28 Plano de isovalores de Bismuto.
- Fig. 29 Plano de isovalores de Teluro.
- Fig. 30 Plano de isovalores de Bario.
- Fig. 31 Histograma de Au (Superficie).
- Fig. 32 Histograma de Au (Sondajes).

- Fig. 33 Histograma de Ag (Superficie).
- Fig. 34 Histograma de Ag (Sondajes).
- Fig. 35 Histograma de Cu (Superficie).
- Fig. 36 Histograma de Cu (Sondajes).
- Fig. 37 Histograma de Pb (Superficie).
- Fig. 38 Histograma de Pb (Sondajes).
- Fig. 39 Histograma de Zn (Superficie).
- Fig. 40 Histograma de Zn (Sondajes).
- Fig. 41 Histograma de Sn (Superficie).
- Fig. 42 Histograma de Sn (Sondajes).
- Fig. 43 Histograma de Mo (Superficie).
- Fig. 44 Histograma de Mo (Sondajes).
- Fig. 45 Histograma de As (Superficie).
- Fig. 46 Histograma de As (Sondajes).
- Fig. 47 Histograma de Sb (Superficie).
- Fig. 48 Histograma de Sb (Sondajes).
- Fig. 49 Histograma de Hg (Superficie).
- Fig. 50 Histograma de Hg (Sondajes).
- Fig. 51 Histograma de Te (Superficie).
- Fig. 52 Histograma de Te (Sondajes).
- Fig. 53 Histograma de Bi (Superficie).
- Fig. 54 Histograma de Bi (Sondajes).

- Fig. 55 Histograma de Ba (Superficie).
- Fig. 56 Histograma de Ba (Sondajes).
- Fig. 57 Diagrama ternario de correlación (Ag, Te, Bi).
- Fig. 58 Diagrama ternario de correlación (Cu, Te, Bi).
- Fig. 59 Diagrama ternario de correlación (Te, Cu, Ag).
- Fig. 60 Gráfico de correlación (Niveles 4220-4420).
- Fig. 61 Gráfico de correlación (Niveles 4120-4220).
- Fig. 62 Gráfico de correlación (Niveles 4020-4120).
- Fig. 63 Gráfico de correlación (Niveles 3820-4020).
- Fig. 64 Perfil Litogeoquímico BB' (Litológico Estructural).
- Fig. 65 Perfil Litogeoquímico BB' (Alteraciones).
- Fig. 66 Perfil Litogeoquímico AA' (Litológico Estructural).
- Fig. 67 Perfil Litogeoquímico AA' (Alteraciones).
- Fig. 68 Sección Transversal A-A' isovalores de Oro
- Fig. 69 Sección Transversal A-A' isovalores de Plata
- Fig. 70 Sección Transversal A-A' isovalores de Cobre
- Fig. 71 Sección Transversal A-A' isovalores de Plomo
- Fig. 72 Sección Transversal A-A' isovalores de Zinc
- Fig. 73 Sección Transversal A-A' isovalores de Estaño
- Fig. 74 Sección Transversal A-A' isovalores de Molibdeno
- Fig. 75 Sección Transversal A-A' isovalores de Arsénico
- Fig. 76 Sección Transversal A-A' isovalores de Antimonio

- Fig. 77 Sección Transversal A-A' isovalores de Mercurio
- Fig. 78 Sección Transversal A-A' isovalores de Bismuto
- Fig. 79 Sección Transversal A-A' isovalores de Teluro
- Fig. 80 Sección Transversal A-A' isovalores de Bario
- Fig. 81 Fotomicrografías al microscopio de luz reflejada e imágenes de microscopía electrónica de los diferentes ensambles de alteración hidrotermal.
- Fig. 82 Principales características de zoneamiento vertical de: estilo de mineralización, alteración, sulfuros y metales en sistemas de alta sulfuración (Sillitoe, 1999).

LISTA DE TABLAS

- Tabla N° 1 Tipos de muestras de superficie
- Tabla N° 2 Superficie – Ensamblés de alteración y minerales
- Tabla N° 3 Sondajes – Ensamblés de alteración y minerales



Fig. 1 Grupo Exploraciones Brownfields Orcopampa, Ings Tito Raymundo, Jey Chunga, Alejandro Gómez, Oscar Mayta, Andrés Condori, Eduardo Cuellar, Mario Rosas, Adrian Espinoza y Shany Vasquez.

1. GENERALIDADES

1.1 Introducción

Con el presente trabajo se requiere fundamentar la importancia de la geoquímica y la caracterización de alteración hidrotermal como herramientas muy prácticas en la búsqueda de yacimientos epitermales.

Se desea proponer un modelo de distribución de los elementos guías de tal modo que permita un mejor entendimiento de los procesos hidrotermales para su futura aplicación en la exploración.

Se resumen todas las etapas que involucran un trabajo de exploración como son:

- Cartografiado geológico (litología, alteraciones y estructural).
- Muestreo geoquímico y su interpretación
- Perforación diamantina
- Geoquímica de sondajes
- Interpretación de secciones geológicas
- Recomendaciones

1.2 Planteamiento del Tema

La mineralización del Proyecto Layo se da en forma intermitente debido a estructuras irregulares, asociados a potentes halos de alteración argílica avanzada a argílica, registrado en los sondajes diamantinos y labores mineras donde se evidencia escasa presencia de cuarzo para tramos anchos de estructura, reportando valores

económicos puntuales por lo que no se puede generar un tramo con valores económicos constantes que definan blocks de mena. Los niveles trabajados varían desde la cota 3900 a 4250 msnm, niveles superiores en comparación con la mina Chipmo cuya producción desde sus inicios en 1998 hasta la fecha supera los 1.5 millones de onzas de Au y tiene un recurso histórico de 3 millones de onzas, los niveles favorables de mineralización económica se encuentra entre 3400 a 3800 msnm.

El presente trabajo busca establecer un patrón geoquímico basado en el tratamiento estadístico de los valores del Au y sus elementos guías; así mismo establecer ensambles mineralógicos de alteración hidrotermal favorables determinados con el análisis PIMA de muestras de superficie, sondajes diamantinos y labores mineras, que podría indicarnos que la mineralización económica de Au epitermal se encuentra a profundidad, en niveles similares a los de la mina Chipmo.

1.3 Objetivos de la Investigación

Dar a conocer y proponer patrones geoquímicos que controlarían la mineralización aurífera en el Proyecto Layo.

- Buscar la relación de los ensambles de alteración hidrotermal con la mineralización aurífera.
- En base a los resultados de los estudios geoquímicos y de la caracterización de alteraciones hidrotermales proponer un programa de exploración: prospección geofísica (IP y Magnetometría) y posteriormente sondajes diamantinos de forma que alcancen niveles profundos similares a los de mina Chipmo.

- Presentar el estudio y sus resultados como Informe de Suficiencia para optar el título Profesional de Ingeniero Geólogo.

1.4 Ubicación y Acceso

El Proyecto Layo, geográficamente, se encuentra ubicado en el distrito de Chachas, Provincia de Castilla, Departamento de Arequipa, a 20 km. al NE del Distrito minero de Orcopampa, en la Cordillera Occidental de los Andes, con altitudes de 4200 á 4900 msnm; sus coordenadas UTM representativas son: 797 911 E y 8 320 180 N, (Hoja 31-r, Carta nacional 1:100 000, Zona 18) (Figs. 2 y 3).

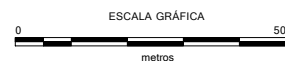
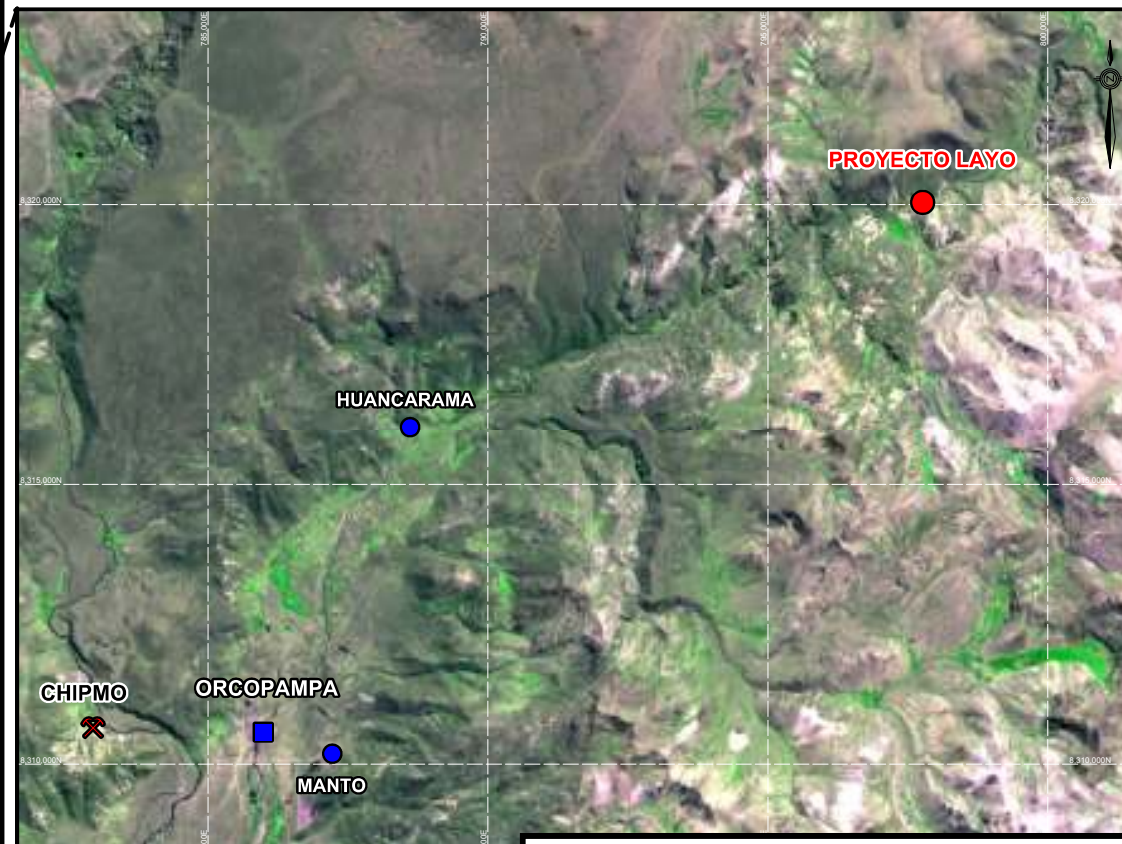
El acceso desde Lima al área del proyecto se realiza por vía aérea y vía terrestre, los vuelos regulares son Lima - Orcopampa, utilizando avionetas particulares, los cuales son contratados por Cía. de Minas Buenaventura S.A.A.

Por vía terrestre al área del Proyecto se accede desde la ciudad de Arequipa por carretera, contando con dos rutas:

- Arequipa –Sibayo- Caylloma-Orcopampa-Proyecto Layo (337 km).
- Arequipa- Aplao – Viraco – Orcopampa – Proyecto Layo (387 km).

1.5 Clima y vegetación

A lo largo del año la variación de la temperatura media no es significativa, dando un promedio de 10.8°C algo semejante ocurre con la temperatura máxima (promedio 21.8°C).

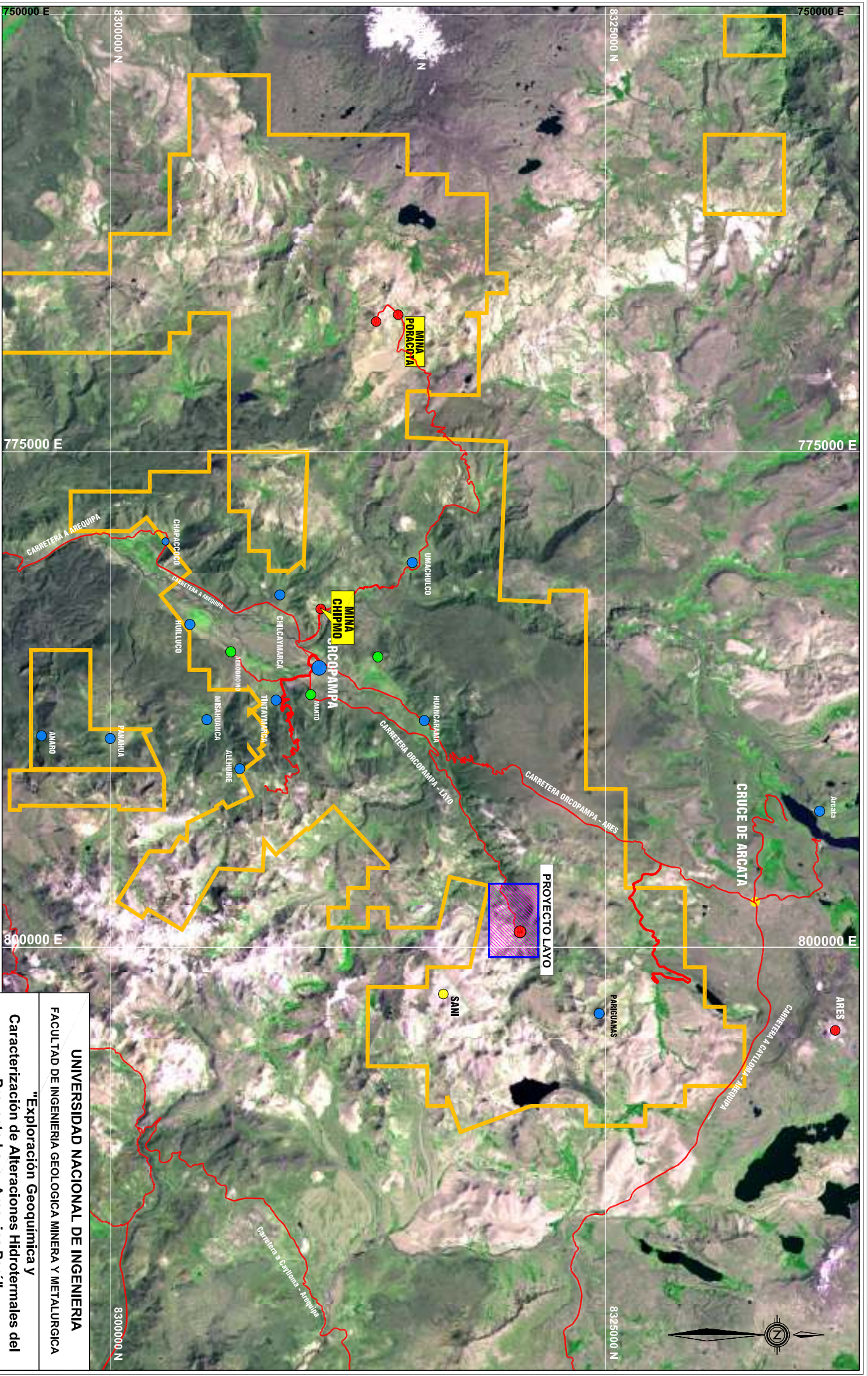


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

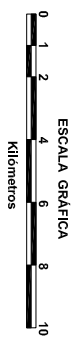
"Exploración Geoquímica y
Caracterización de Alteraciones Hidrotermales
del Proyecto Layo - Arequipa Perú"

PLANO DE UBICACIÓN DEL PROYECTO LAYO

<p>Escala: Gráfica</p>	<p>Fecha: Nov.-2011</p>	<p>Modificado: Exploraciones Brownfields</p>	<p>Figura N°: 2</p>
----------------------------	-----------------------------	--	-------------------------



- LEYENDA**
- CENTROS POBLADOS
 - CENTROS MINEROS
 - PTO. DE REFERENCIA
 - CARRETERA
 - PROPIEDAD DE BUENAVENTURA
 - PROYECTO LAYO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA			
"Exploración Geoquímica y Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del Proyecto Layo- Arequipa Perú"			
UBICACIÓN PROYECTO LAYO			
Escala:	Fecha:	Modificado:	Figura N°:
Gráfica	Dic.-2011	Exploraciones Brownfields	3

La precipitación promedio registrada en Orcopama (17 km del proyecto) en el año 2004 es de 362.4 mm/año esta precipitación es mayor en el mes de enero llegó hasta 145 mm, y en los meses de Mayo hasta Setiembre las precipitaciones son generalmente ausentes.

El área del proyecto Layo se caracteriza por presentar una mayor área desprovista de vegetación conformada por arenal altoandino combinado con sustrato rocoso y afloramientos rocosos. Se identificaron tres formaciones vegetales: los yaretales, tolares y bofedales. Predominando los tolares seguido de los bofedales y por último los yaretales ocupando pequeñas áreas y presentando una baja cobertura vegetal.

1.6 Rasgos Geomorfológicos

El este de la zona de estudio está dominada por una cadena de cerros, que son la continuación de la cordillera de Shila, como son los cerros Huilcane (5,051 m), Mojona (5,063 m). La parte central se caracteriza por una topografía más suave, con mesetas volcánicas (4,800 m) cortadas por el sistema hidrográfico del río Huancarama Choquipunco, cuya naciente está en la laguna Corococha (4,500 m).

El área del Proyecto Layo presenta relieve moderadamente abrupto, con pendientes que oscilan entre 20° á 80°, corresponde a una morfología con quebradas fuertemente disectadas por el Río Huancarama y afluentes. El sistema de drenaje general lo domina el río Huancarama, el cual aguas abajo drena hacia el río Andagua, Colca, Majes y por último, el Río Camaná. (Cuenca del Pacífico).

1.7 Datos Históricos

La exploración de Layo se inició en el año 1,986 con un reconocimiento geológico regional realizado por CEDIMIN S.A.. En el año 1,991 Cía. de Minas Buenaventura reinicia la exploración con labores mineras en Layo Sur en los niveles 4,180 y 4,300 (el nivel 4,162 se hizo antes), se realizaron entonces en estos 3 niveles 1,961.90 m sin resultados positivos. En el año 1,997 se inició la exploración con sondajes diamantinos, orientados a explorar la Veta Layo, se realizaron 3 sondajes desde superficie sin obtener resultados positivos.

El año 2,003 se retomó la exploración, ejecutándose trincheras que reportaron anomalías interesantes sobre todo de Au, complementado con perforación diamantina con resultados que justificaron la continuación de la exploración con labores mineras. En el año 2,005 se inició el laboreo minero desarrollando los niveles 4,200 y 4,254 donde no se tuvo éxito. Mientras tanto, la perforación diamantina en el sector de Layo Norte, interceptó las estructuras Rossana, Escondida 1, Escondida 2 con valores importantes de Au, Ag y Cu, lo que motivo continuar la exploración con labores mineras, con el nivel 4,183 donde se avanzó 1,287.33 m, reconociéndose 200 m sobre la Veta Escondida 2 y 100 m en la Veta Layo Norte sin resultados positivos.

En el Proyecto Layo se han realizado en total 5,644.42 m en labores mineras y 11,771.45 m en perforación diamantina en 47 sondajes, de los cuales 11 sondajes que sumaron 2,457.95 m fueron realizados desde interior mina.

2. GEOLOGÍA REGIONAL

2.1 Unidades Geológicas

En el área del proyecto se exponen unidades litológicas sedimentarias e ígneas, con una cronología que varía desde el Jurásico hasta el Cuaternario reciente (Fig. 4).

Las unidades sedimentarias Jurásicas y Cretácicas son de origen marino. Estas unidades están conformadas por intercalaciones de areniscas cuarzosas, areniscas y calizas principalmente.

El Grupo Yura en el área de estudio consiste enteramente de arenisca cuarzosa de la formación Hualhuani, de edad Neocomiana, por efectos de erosión diferencial constituyen grandes farallones. Se le correlaciona con la formación Chimú en el norte del Perú.

Sobreyace a esta formación facies de areniscas de tonalidad violáceas a rojas perteneciente a la formación Murco, de edad Cretácica media a superior. Se correlaciona con las formaciones Carhuaz y Farrat del norte del Perú.

Concordante suprayace la formación Arcurquina compuesta de calizas margosas gris azuladas en capas delgadas, (miembro inferior) y calizas gris azuladas brechoides capas de dos metros y bastante fosilíferas. Son correlacionadas con las formaciones Chulec, Pariatambo y Jumasha en el Perú Central.

2.1.1 Episodio Volcánico del Mioceno Inferior

El evento magmático del Mioceno Inferior representa la reiniciación de la actividad magmática andina después de la migración del Arco al este. En la región de

Orcopampa y Poracota, este pulso magmático resulta en la formación de una provincia volcánica calcálcica rica en K y con un subordinado vulcanismo de colada de piroclastos. Este pulso magmático se inicia a ~26 Ma en la parte norte y central del Perú (Noble and McKee, 1982; Ellison et al., 1989; Noble et al., 1990) y ~25 Ma en el Altiplano Boliviano (Sampere et al., 1990). Esta constituido por la formación de la caldera de colapso Chichón con episodios cortos de coladas piroclásticas y de caída, formación de complejos de domos y lavas volcánicas.

La unidad volcánica más antigua está representada por los *volcánicos Santa Rosa*, aflora ampliamente al E del Distrito Minero de Orcopampa en los alrededores de las minas Santa Rosa, Santiago y Calera. La base está constituida por una extensa pero discontinua unidad de toba de cenizas típicamente densa y soldada de composición riolítica a dacítica. Contiene abundantes fenocristales de plagioclasa, cuarzo, biotita y hornblenda, localmente lleva el término de *Toba Pisaca*. En Orcopampa afloran capas delgadas de areniscas, lutitas y lentes de conglomerados – con bloques de cuarcitas y calizas- que demuestran presencia de actividad tectónica.

Discordante a la unidad anterior se formaron estratovolcanes, conformados por una intercalación de lavas, lentes de lahares y coladas de brechas andesíticas (ricos en piroxeno) que son intruidas por sills, diques y domos, de composición intermedia. Las potencias expuestas varían de unas decenas de metros hasta 1500 m cerca de los centros volcánicos. Las coladas de lavas contienen fenocristales de plagioclasa, clinopiroxeno, ortopiroxeno y óxidos de Ti - Fe, en una matriz grisácea de grano fino. Edades de K/Ar en biotita y hornblenda provenientes de las tobas dan edades de $20.1 \pm 0,6$ y $22,9 \pm 0,7$ Ma: (Swanson, 1998).

2.1.2 Caldera Chinchon

La Caldera Chinchon esta elongada en dirección NO - SE, cubre un área de 20 Km². Es el resultado de la erupción de la *Toba Manto* y hundimiento simultáneo de la caldera, con la acumulación resultante de una secuencia gruesa de tobas intracaldera. Diques tardíos de composición dacítica intruyen al prisma intracaldera. La caldera se formó en ~ 1 Ma. Las rocas de la Caldera Chinchon descansan concordantemente sobre los volcánicos Santa Rosa y son intruidas por domos y lavas más jóvenes de los Volcánicos Sarpane; estos son interpretados por no tener relación con la secuencia de la caldera.

Toba Manto son tobas de ceniza de salida intracaldera bien expuesta y regionalmente extensa, típicamente son potentes, densas y bien soldadas. Al oeste de la caldera Chinchon abarca una simple unidad de enfriamiento con una máxima potencia preservada de ~ 250 m. Hacia el este de la Caldera tiene mayor potencia, probablemente reflejando el relieve paleogeográfico. Hacia el norte entre Orcopampa y Layo está conformada por dos unidades de enfriamiento.

Tobas intracaldera están bien expuestas en la parte sur de la caldera Chinchon, el prisma de la toba intracaldera contienen bloques de cuarcita y localmente están presentes brechas intracaldera.

La edad media es de 20.1 Ma en biotita y hornblenda de las tobas de cenizas de salida e intracaldera suprayaciendo a la Toba Manto ocurren depósitos de base surge, areniscas tobáceas, depósitos lacustres y fluviales intercalados con calizas. Estas rocas volcánicas contienen abundantes fenocristales de sanidina y cuarzo, su posición

estratigráfica está entre la Toba Manto y Volcánicos Sarpane, representa la fase final de erupción del sistema magma - Manto.

En el centro y cerca de la margen de la caldera Chinchon afloran diques porfíricos de margen de Caldera, stocks pequeños de composición intermedia.

Las edades K/Ar varían de $19,7 \pm 0,6$ Ma a $19,9 \pm 1,0$ Ma. (Swanson, 1998). Después de la deposición de las secuencias volcánicas de la Caldera Chinchon, complejos de domos, domos-lava, lavas, brechas carapace y diques de composición dacítica a andesítica ampliamente distribuidas en el área de estudio, conforman los **Volcánicos Sarpane**. Esta unidad volcánica es huésped de la mineralización en la mina Chipmo. Petrográficamente contienen fenocristales de plagioclasa y hornblenda con variables contenidos de cuarzo, biotita, ortopiroxeno, clinopiroxeno, apatito, óxidos de Fe-Ti, generalmente una matriz afanítica. Hacia el noreste, lavas y depósitos de lahares localmente son ricos en hornblenda o biotita. Edades K/Ar sobre biotita dan $18,3 \pm 0,6$ Ma, $18,6 \pm 0,6$ Ma y $19,4 \pm 0,6$ Ma (Gibson et al., 1995).

El vulcanismo del Mioceno Inferior en otras regiones del sur del Perú se conoce como Formación Huaylillas y/o Grupo Tacaza Superior (Palacios et al., 1993).

2.1.3 Episodio Volcánico del Mioceno Medio

Este episodio representa un rejuvenecimiento de vulcanismo ácido de coladas piroclásticas después de un hiato en la actividad volcánica de aproximadamente 5 Ma (Fig. 3). Emisiones de coladas piroclásticas en la región son denominadas como Toba Jallua (~ 14 Ma) y Toba Chipmo (14,2 Ma). La formación de la caldera Poracota y la

caldera de colapso Huayta en ~ 4 Ma, representan la mayor expresión volcánica del Mioceno Medio.

2.1.4 Caldera Huayta

Su eje mayor tiene una orientación N - S, cubre un área de 25 Km^2 . Se compone de una Intercalación de depósitos piroclásticos intracaldera, asociado a bloques deslizados, lentes de brecha, tobas de salida (ash out tuff), depósitos de base surge y acompañado por subsidencia, resultan en la formación de la caldera Huayta entre 11 a 12 Ma. Una zonación vertical de la composición mineral y la edades K/Ar obtenidas (ver líneas abajo), parece sugerir la posibilidad de dos distintos centros eruptivos separados en 1 a 2 Ma.

La caldera Huayta contiene cinco unidades volcánicas. La secuencia basal está conformada por coladas piroclásticas intracaldera bien soldadas de tonalidad gris oscura pobre en fenocristales y composición riolítica. Se intercalan con vitrófiros de 5 m a 15 m de potencia, con fenocristales de plagioclasa, cuarzo, biotita y clinopiroxeno. Fragmentos de pómez colapsado son comunes. La potencia de esta unidad supera los 100 m; una edad K/Ar en fenocristal de biotita de un vitrófiro inalterado da $12,7 \pm 0,4$ Ma. Una unidad de brechas intracaldera se intercalan con las coladas piroclásticas iniciales. Las brechas intracaldera están compuestas por bloques monomícticos hasta de múltiples litologías (cuarcitas, calizas, bloques de volcánicos de la Toba Manto y Santa Rosa) intercaladas con masas compactas de lavas. Cerca del margen de la caldera, la brecha puede consistir de la litología local de la roca caja con relativa disminución de

bloques desde decenas de metros de diámetro hasta 0,5 m a centenares de metro distante del margen de la caldera.

En el cerro Hospicio, una colada de cenizas riolíticas moderada a bien soldada descansa sobre las brechas intracaldera; hacia el oeste y al este descansan sobre los volcánicos Santa Rosa. La máxima potencia aflorante alcanza los 200 m. Contienen 5 % de fenocristales de plagioclasa, cuarzo, biotita, sanidina, hornblenda y apatito. Edades K/Ar en biotita dan $10,8 \pm 0,4$ Ma, $11,4 \pm 0,3$ Ma. (Swanson, 1998).

En el cerro Upacabana ocurren piroclastos de surgencia basal de composición riolítica asociado a depósitos lacustrinos. Contienen fenocristales de cuarzo, sanidina, plagioclasa y biotita. Líticos de dimensiones variables son predominantemente de cuarcitas. Su potencia máxima pueden alcanzar los 250 m. Finalmente, tobas pobre en cristales ocurren en la localidad de Huancarama con una potencia de 100 m. Una edad K/Ar en un vidrio deshidratado da $11,1 \pm 0,2$ Ma. (Swanson, 1998), representaría la culminación de la formación de la caldera Huayta.

Domos riolíticos cierran la actividad volcánica del Mioceno Medio; afloran en inmediaciones de la caldera Huayta. La estructura interna de los domos contiene una zona basal vítrea a roca desvitrificada. Las lavas contienen de 5 % a 15 % de fenocristales de sanidina, plagioclasa y cuarzo, con trazas de biotita, apatito y esfena; los óxidos de Fe-Ti son abundantes dentro de la matriz. Los domos preservados alcanzan potencias de 100 m. Estos subvolcánicos intruyen a tobas intracaldera de Huayta de 11,5 Ma., y se distribuyen fuera de la caldera, por tanto no parecen estar directamente relacionados a la formación de la caldera Huayta.

El vulcanismo del Mioceno Medio en el sur del Perú ha sido denominado como formación Alpabamba y Grupo Sillipaca (Palacios et al., 1993).

2.1.5 Episodio Volcánico del Mioceno Superior

Después de un hiato en la actividad volcánica de ~ 4 Ma se instala el episodio volcánico del Mioceno Superior, caracterizado por un vulcanismo activo de coladas de cenizas con la erupción de la Toba Pariguanas y Toba Umachulco. Domos y lavas durante este periodo incluyen a las lavas riolíticas de Challahuire y la andesita del cerro Aseruta.

La Toba Pariguanas aflora en la laguna del mismo nombre. Está constituida por tobas de cenizas rica en cristales; es una unidad de enfriamiento, de pobre a bien soldada, contiene de 15 % a 35 % de fenocristales de plagioclasa, sanidina, biotita, hornblenda, ortopiroxeno, rutilo, esfena y zircón. La esfena es visible en toda la secuencia. Los fragmentos líticos son predominantemente volcánicos, pero incluyen clastos de cuarcita.

La potencia es variable de decenas de metros hasta 100 m. La edad media es ~ 7.3 Ma, dataciones con K/Ar sobre biotita dan $7.1 \pm 0,2$ Ma y $7,6 \pm 0.3$ Ma. Swanson (1998).

La andesita del cerro Aseruta es una lava gris de composición andesítica intercalada con brechas de lahares. Las lavas fueron erupcionadas de numerosas ventanas formando complejos de domos-lava. Texturalmente son afaníticas con 25 % de fenocristales de plagioclasa (comúnmente mayores a 1 cm), ortopiroxeno, clinopiroxeno y óxidos de Fe-Ti.

La andesita del cerro Aseruta es más silicia y más rica en fenocristales que los volcánicos Andahua. Pueden alcanzar potencias de 300 m. Edades K/Ar dan $6,5 \pm 0,2$ y

7,7 ± 0.3 Ma sobre roca total proveniente del cerro Aseruta y cerro Huayta respectivamente. Swanson (1998).

En la vecindad de Arcata, lavas andesitas porfiríticas intercaladas con ignimbritas y secuencias volcanoclásticas arrojan edades Ar40/Ar39 en sanidina y plagioclasa de 6,7 y 6,0 Ma respectivamente (Echevarria y Nelson, 2004). Edades K/Ar dan edades similares (6.1 ± 0,2 Ma) (Candiotti et al., 1990).

La Toba Umachulco aflora al noroeste del área de estudio y en la parte norte de la comunidad campesina del mismo nombre. Está formada por coladas de ceniza, pobre a bien soldadas de composición riolítica a dacítica, ricos en fenocristales, compuestos por plagioclasa, biotita y clinopiroxeno. Su potencia puede alcanzar los 100 m. Edades K/Ar en biotita dan 6.3 ± 0.1 y 6.3 ± 0,2 Ma, reportados por Farrar y Noble (1976) y Candiotti et al. (1990).

Los centros eruptivos no han sido confirmados. La Toba Pariguanas de 7,5 Ma, cubre un área de aproximadamente 325 Km² al NE del área en estudio. La conocida distribución de esta unidad volcánica sugiere la posibilidad de una caldera enterrada cerca de la laguna de Pariguanas (Swanson, 1998). Hacia el norte y noreste de Arcata, Echevarria y Nelson, 2004, identifican una estructura circular, posiblemente un colapso tipo caldera de 15 km de diámetro.

2.1.1 Episodio Volcánico del Plioceno – Cuaternario

Extensas secuencias de piroclásticos silíceos y erupción de lavas de composición Intermedia se inician con la formación de la caldera Caylloma entre los 2,4 Ma a 4,4 Ma

(Mckee y Noble, 1989) no aflorante en la zona de estudio y la erupción de los Volcánicos Barroso y Andahua.

Dos unidades volcánicas han sido reconocidas al extremo oeste del área de estudio como las fácies distales de la caldera Caylloma. La unidad inferior es pobremente soldada, desvitrificada, constituye coladas de cenizas riolíticas, con abundantes fenocristales de plagioclasa, cuarzo, sanidina, biotita., clinopiroxeno y trazas de zircón. Presenta potencias de 30 m y edades K/Ar de 4.3 ± 0.16 y $4,4 \pm 0.1$ Ma. (Swanson, 1998).

La Unidad Superior a diferencia de la Inferior es un toba riolítica moderada a pobremente soldada; contiene abundante vidrio volcánico, fenocristales de cuarzo, sanidina, hornblenda, plagioclasa y biotita. La Edad K/Ar en sanidina da $2,7 \pm 0.1$ Ma.

Posteriormente se inicia el vulcanismo Barroso con derrames lávicos de naturaleza traquiandesítica formando mesetas lávicas, sobre las cuales sobresalen aparatos volcánicos preservados como el Volcán Firura.

Un vulcanismo más joven (Plioceno Superior a Cuaternario) denominado regionalmente Volcánicos Andahua, cubre más del 50% del área en estudio.

Los volcánicos Andahua son parte del episodio volcánico Plioceno Superior y Cuaternario del sur del Perú, involucrados dentro del denominado Grupo Barroso (Dávila, 1988 y Caldas, 1993) y se encuentran situados dentro del arco volcánico activo.

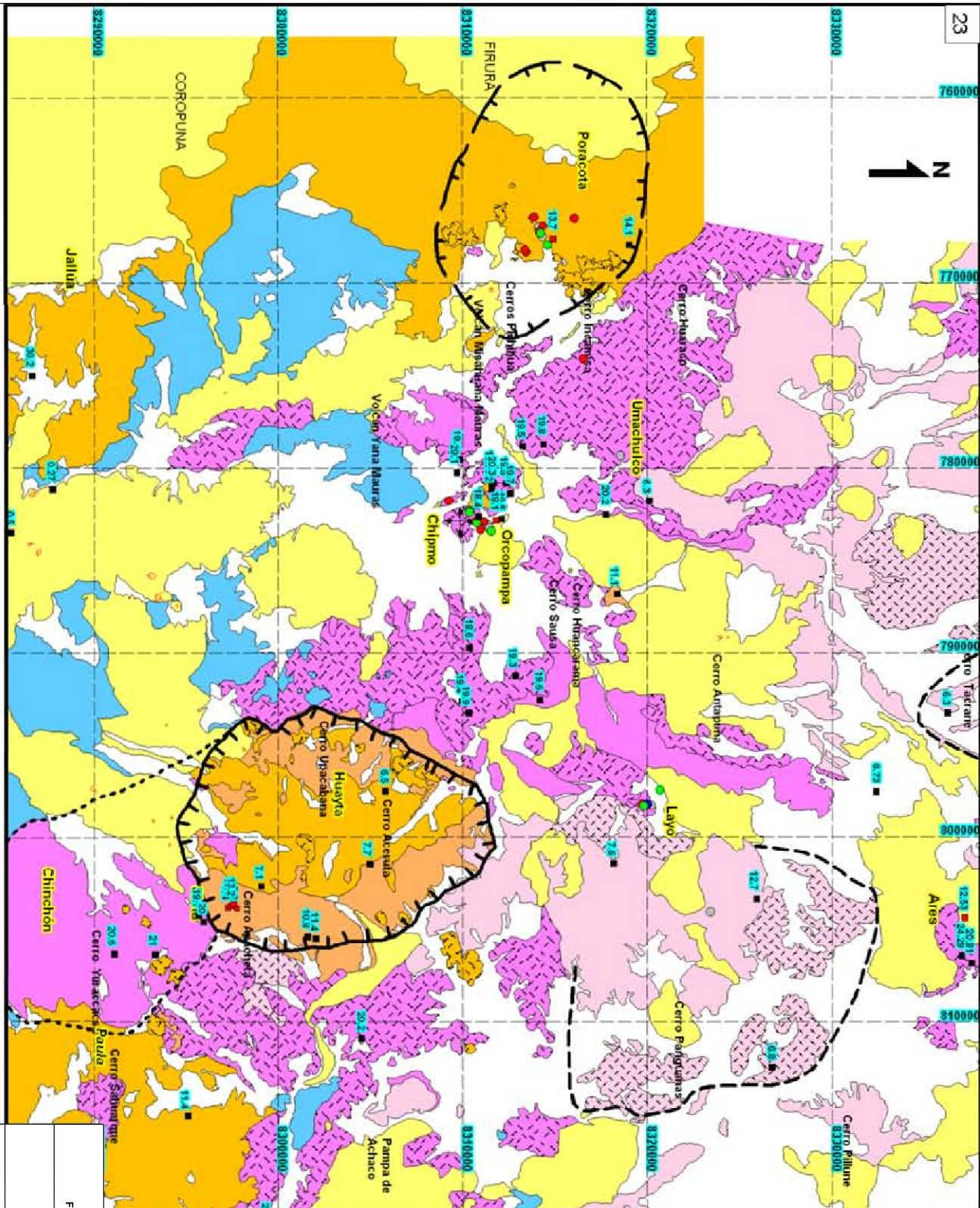
Lavas, complejos de coladas de lava y conos volcánicos que en la parte norte del área de estudio, forman parte de un escudo volcánico de 10 Km de diámetro. Rellenan valles y se extienden muchos kilómetros desde sus centros eruptivos. Forman pequeños aparatos volcánicos conocidos como Misahuana Mauras, Yana Mauras y otros que se extienden por más de 20 km siguiendo la dirección NO – SE.

Litológicamente, es una roca de color gris, afanítica a débilmente porfírica, de composición andesítica a andesita basáltica. Contienen vidrio y cenizas volcánicas con texturas amigdaloides y vesículas. Los fenocristales son de plagioclasa, hornblenda, clinopiroxeno y/o ortopiroxeno. Edades K/Ar en roca total en el área de estudio están en un rango de $0,27 \pm 0,02$ Ma a $1,4 \pm 0,03$ Ma. Las potencias expuestas alcanzan los 100 m, pero pueden exceder los 500 m en el Valle de Andahua.

Las edades radiométricas de lavas andesíticas y basálticas en el sur del Perú reportan edades entre 5 y 2,5 Ma. Este periodo se manifiesta por presentar un hiato o declinación en la actividad volcánica antes del Plioceno Superior y el vulcanismo Cuaternario. La mayor excepción está dada por los depósitos piroclásticos de la caldera Caylloma. Este hiato puede reflejar un corto intervalo de relajación tectónica entre la fase de deformación Quechua III y fases compresivas de deformación posteriores (Sébrier et al, 1988; Sébrier y Soler, 1991; Soler y Bonhomme, 1990).

2.1.1 Depósitos Recientes

Depósitos superficiales dentro del área en estudio son el resultado de procesos glaciales, coluviales y fluviales. Depósitos morrénicos contienen abundantes fragmentos y bloques; son del Pleistoceno y posiblemente de edad Holocena, éstos se exponen al noreste del área en estudio y en las partes bajas de los ríos en el extremo sur, las potencias son menores a 100 m. Finalmente están compuestos por limos, arenas y gravas no consolidadas, incluyen abanicos aluviales, terrazas fluviales y depósitos lacustrinos y los depósitos coluviales contienen detritus heterogéneos, pudiendo superar cientos de metros.



LEYENDA

- TERRESTRES RECIENTES
DES. GLACIARES, ALUVIALES Y COLUVIALES
- ERIZMO VOLCANICO
PIEDONO - COLIBARRANO
- ERIZMO VOLCANICO MIOCENO SUPERIOR
COLLADAS PIROCLASTICAS Y / DOMOS - LAVA, DE CAIDA / REPLICITA
- ERIZMO VOLCANICO MIOCENO MEDIO
COLLADAS PIROCLASTICAS / DOMOS Y STOCKS REPLICITA Y ANDRESTA
- ERIZMO VOLCANICO MIOCENO INFERIOR
COLLADAS PIROCLASTICAS Y DE CAIDA / LAVAS EQUIS, DOMOS Y STOCKS DUCTIVA A ANDRESTA
- ROCAS SEDIMENTARIAS TERRESTRES - CRETACICO
- CALDERA MIOCENICA
- CONOS VOLCANICOS MONOCENICOS PICO - CUADERNARIOS
- ESTRUCTURA CIRCULAR
- COMPLEJO DE DOMOS MIOCENICOS CONOCIDOS
- EDADES RADIOMETRICAS K/Ar y ⁴⁰Ar/³⁹Ar
- Muestras**

 - IF (25)
 - Pb-Pb (21)
 - 87Sr/86Sr (7)
 - 18O/16O (7)
 - 87Rb/86Sr (2)
- Edades, Ma**

 - Estructura (9)
 - Litología (61)

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA
 "Exploración Geoquímica y
 Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
 Proyecto Llayo - Arequipa Perú"

PLANO DE GEOLOGIA REGIONAL

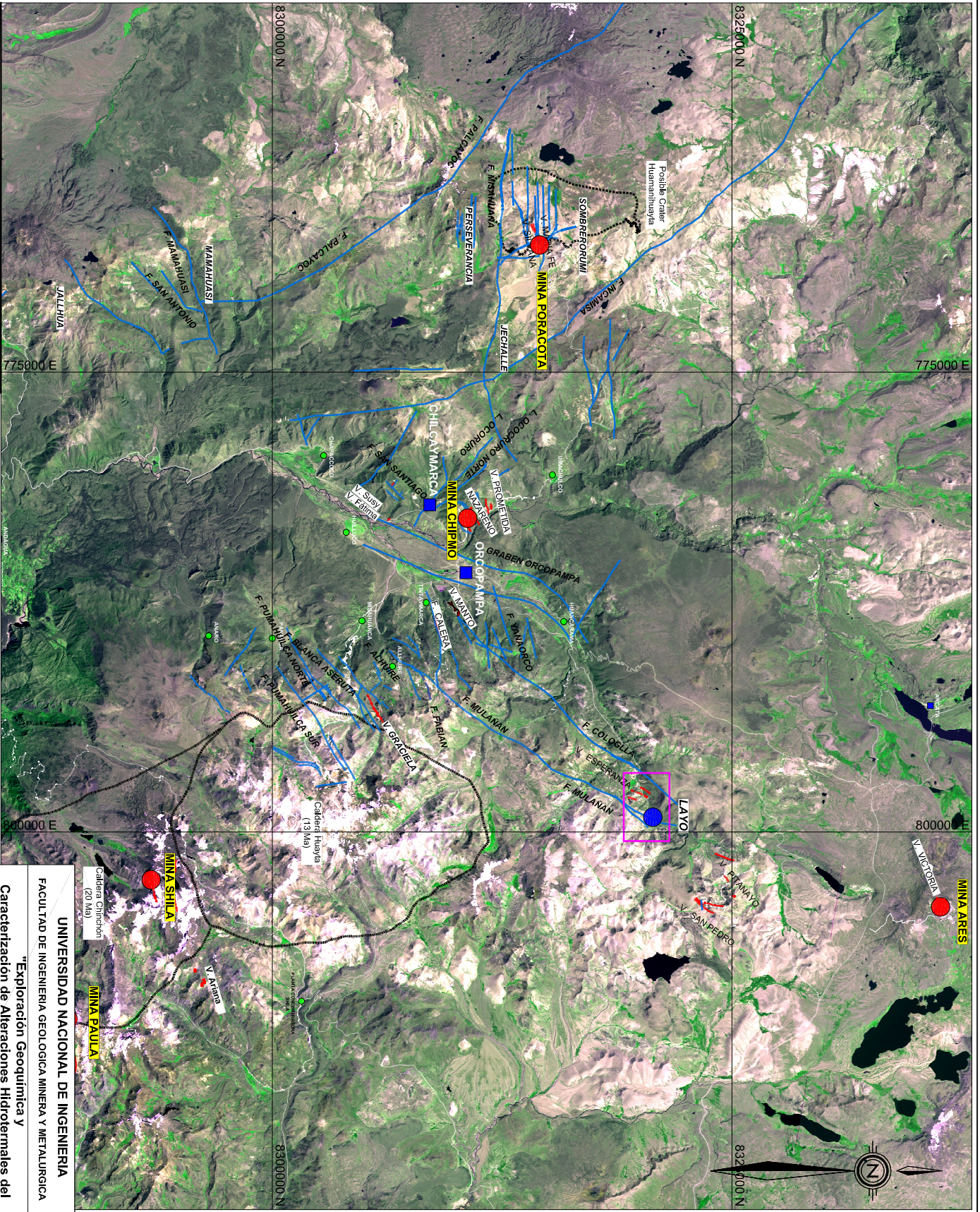
Estado:	Gráfica	Fecha:	Dic.-2011	Autor(es):	Shannon (1999), JC Sarmiento (2009)	Página N°:	4
---------	---------	--------	-----------	------------	-------------------------------------	------------	---

2.2 Rasgos Estructurales

Una deformación compresiva con rotación de bloques, plegamiento y levantamiento ocurrió durante las tres principales fases tectónicas: Fase Peruana (Campaniano), Fase Inca (Paleoceno - Eoceno) y Fase Quechua o Sub - andina (Neógeno) (Benavides, 1999).

Esta última fase tectónica fue la responsable de la dinámica tectónica que afectó al área de estudio. El distrito de Orcopampa tiene 16 km de largo y 7,5 km de ancho; se encuentra ubicado dentro de un corredor estructural N30° – 40° O y a los bordes del graben Orcopampa (extensión > 50 km), que está controlado por dos lineamientos regionales de orientación NNE (Caddey et al, 1999a, b y c). La intersección de la falla Incamisa el borde E del graben Orcopampa, forman una cuña tectónica donde se han emplazado las vetas de la mina Chipmo (~ 18 Ma) (Figura N° 4). A la altura del sistema de vetas de la mina Ares (~ 11 Ma), estos lineamientos regionales cambian a un rumbo N – S y las vetas se emplazan en su margen este, con la intersección de lineamientos NO. Regionalmente, el distrito minero de Shila está localizado en el margen sur de la caldera Huayta (~ 13 Ma), elongada al norte, el cual está adosado a la caldera Chinchon (~ 20 Ma), de dirección NNO. La margen sur de la caldera Huayta coincide con un sistema de fallas de orientación NO, que son paralelos a otros lineamientos hacia el sector de Chipmo.

La caldera de Poracota tiene 11 km de diámetro, con dirección NO - SE y presenta fallas regionales como son las Fallas Incamisa y Palcayoc de dirección NO (Fig. 5).



● CENTROS MINEROS
■ CENTROS POBLADOS
○ CALDERAS
— FALLAS
— VENTAS - ESTRUCTURAS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA
 "Exploración Geoquímica y
 Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
 Proyecto Layo - Arequipa Perú"
**PLANO ESTRUCTURAL
 REGIONAL**

Formato	Figura	Figura N°
Gráfica	Dic.-2011	Exploraciones Brownfields 5

MINA SHILA
 Caldera Chinchón
 (20 Ma)
 MINA PAULA
 Caldera Huayta
 (13 Ma)

Las estructuras mineralizadas en la región son de rumbo trasandino con movimientos transcurrentes y normales, están controlados por fallas regionales sinestrales de dirección andina.

3. GEOLOGÍA DEL PROYECTO LAYO

3.1 Litología

Se han identificado 6 unidades geológicas que varían de volcánicas a sub volcánicas (Fig. 6).

3.1.1 Tufo Manto

El tufo manto está formado por tufos soldados de composición dacítica, con fenocristales de plagioclasas, cuarzo, biotita y poca horblenda, se caracteriza por su aspecto masivo.

El tufo aflora en ambos lados del río Huancarama, fue reconocido en 1969 y confirmado por D. Noble (1975), existe una secuencia piroclástica tardía que se puede ver en la extensión sur de la veta 8 y un relícto en la caja techo de la veta Rossana.

3.1.2 Volcánicos Sarpane

Estos volcánicos afloran en el centro del prospecto Layo, en donde se distinguen lavas andesíticas porfiríticas, domos andesíticos afaníticos y un dique andesítico.

3.1.3 Subvolcánico Sarpane

Este domo aflora en el centro del prospecto Layo cortando a la andesita, se caracteriza por su aspecto masivo de textura porfídico afanítico con fenocristales de plagioclasas, cuarzo y poca hornblenda gran parte del intrusivo se encuentra argilizado, y un tramo cloritizado ubicada en la zona sur entre las vetas 6 y 8.

3.1.4 Tufo Pariguanas

Aflora al sur del proyecto, la unidad está compuesta de cristales pobre a densamente soldados. Contiene fenocristales con 15 a 35% de plagioclasa, sanidina, biotita, hornblenda, ortopiroxeno, rutila, esfeno y zirconio. El esfeno es visible a través de gran parte de la secuencia. Los fragmentos líticos son predominantemente volcánicos, pero incluyen clastos de cuarcita. La edad del flujo de ceniza es probablemente cerca de 7,3 millones de años, basados en las determinaciones de K-Ar en biotita. El espesor expuesto localmente excede 100 m.

3.1.5 Lava Riolítica Challahuire

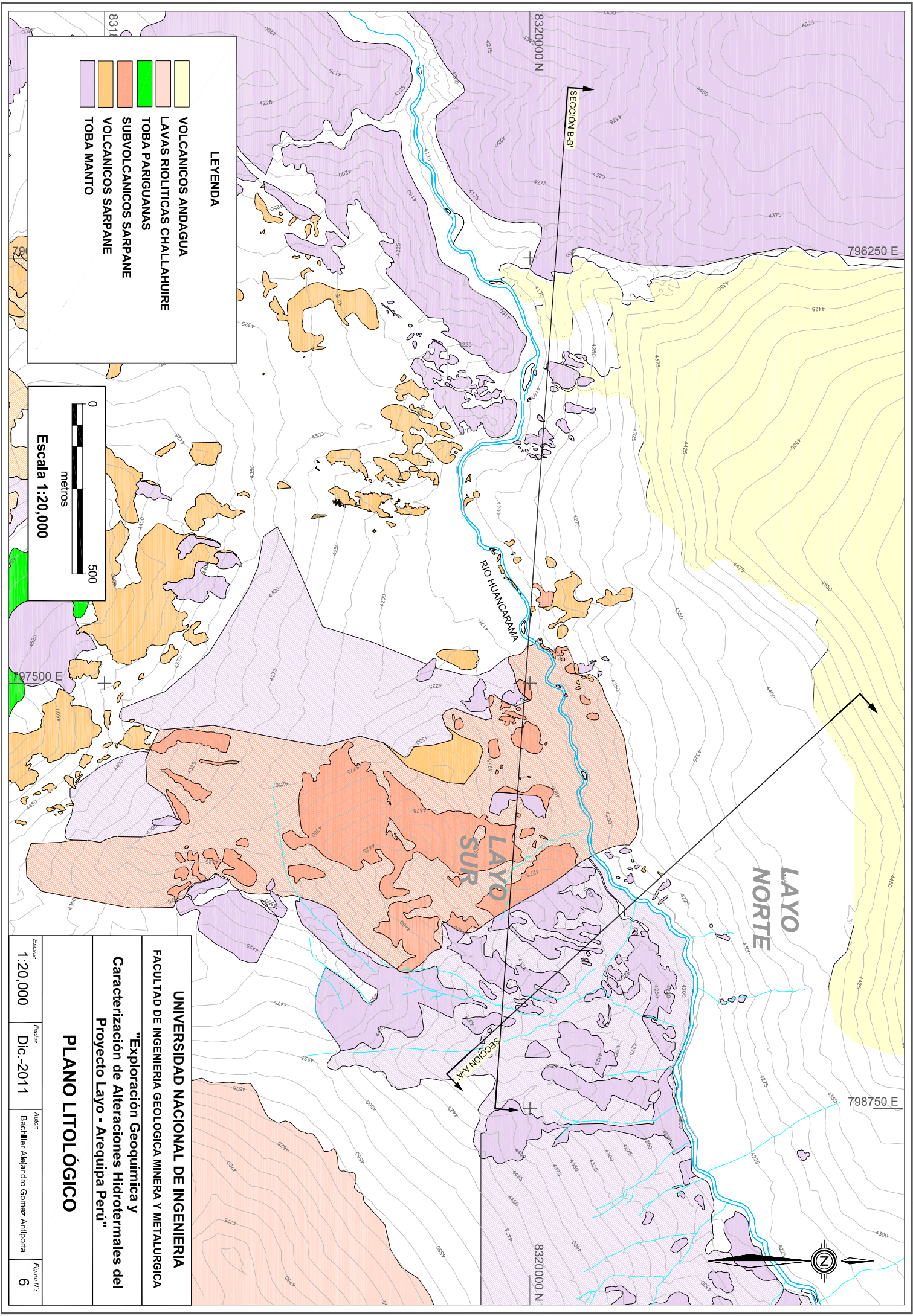
El flujo se presenta en cuerpos de coloración grisácea, lava riolítica afírica a fenocristal pobre, y asociada a tufos basales, surgiendo depósitos brechosos. La plagioclasa, sanidina, biotita y clinopiroxeno están en forma de especies de fenocristales. Los rangos del espesor varían entre 20 a 100 m.

3.1.6 Volcánicos Andahua

Son lavas andesíticas y basálticas que afloran al noroeste del proyecto, se encuentra cubriendo la veta Escondida, prolongación de la veta Layo y la Falla Colloglla.



Fig. 7: Vista Panorámica del Proyecto mirando al noreste, se observa el río Huancarama, hacia el lado derecho Layo Sur y hacia el lado izquierdo Layo Norte.



- LEYENDA**
- VOLCANICOS ANDAGUA
 - LAVAS RIOLITICAS CHALLAHUIRE
 - TOBA PARIGUANAS
 - SUBVOLCANICOS SARPANE
 - VOLCANICOS SARPANE
 - TOBA MANTO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA			
"Exploración Geoquímica y Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del Proyecto Layo - Arequipa Perú"			
PLANO LITOLÓGICO			
Escala:	Fecha:	Autor:	Figura N.º:
1:20,000	Dic.-2011	Bachiller Alejandro Gomez Ampoorta	6

3.2 Alteraciones

La alteración hidrotermal más abundante es la argilización (caolinita, illita, montmorillonita) representada por una evidente anomalía de color, registrada tanto en interior mina como en superficie, seguida por la alteración fílica (cuarzo-sericita-caolinita-illita) y restringida a las vetas se tiene argilización avanzada (dikita- pirofilita-kaolinita-diaspora), principalmente en Layo Sur (Fig. 8).

3.3 Controles Estructurales

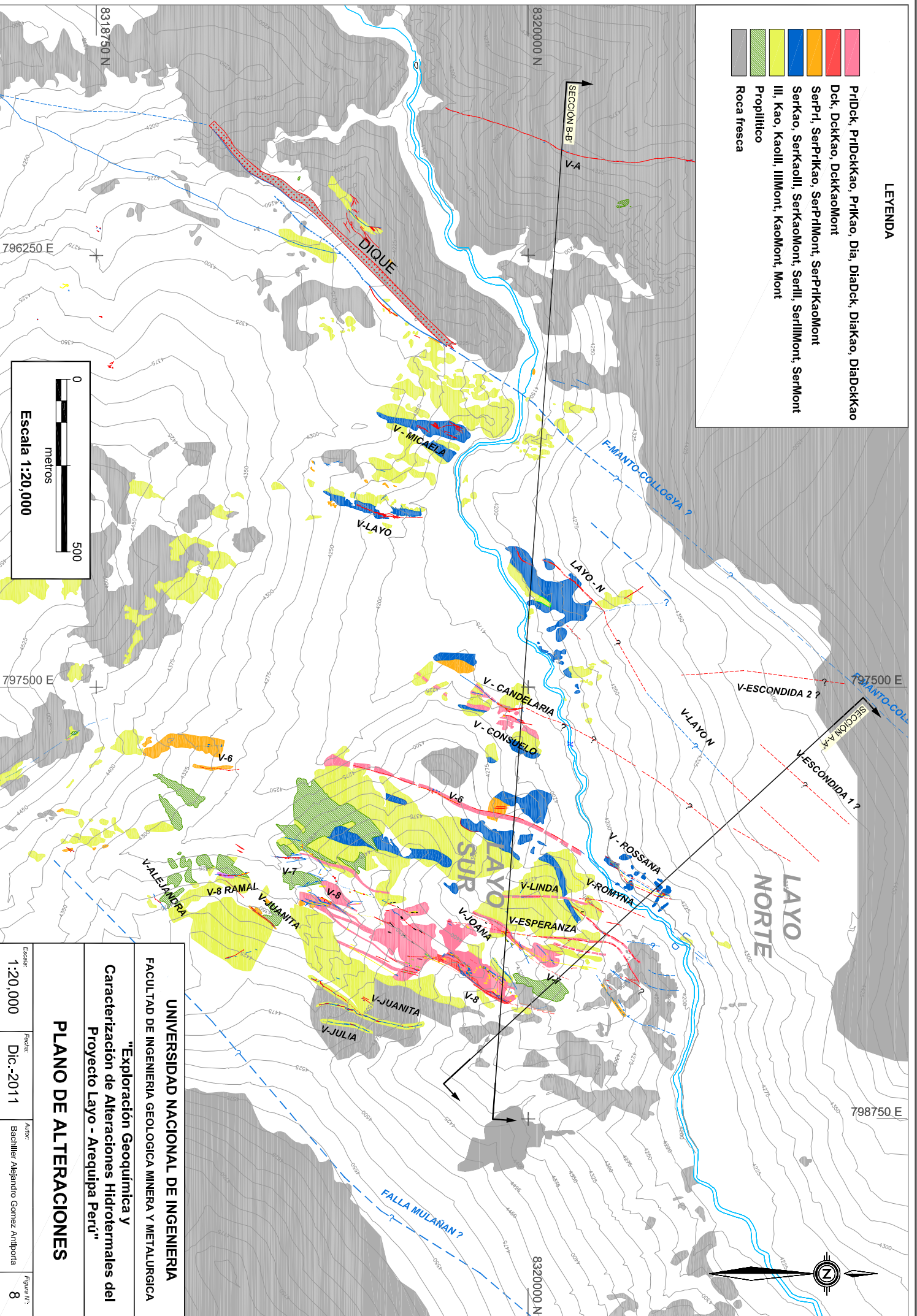
El prospecto Layo está enmarcado y controlado por 2 estructuras de carácter regional, conocidas como Falla Manto-Colloglla y Falla Mulañan. Estas dos estructuras tienen rumbo NE-SW y forman un corredor estructural donde se localizan las 12 estructuras mineralizadas conocidas hasta la fecha. Las vetas principales que se han localizado son de longitudes kilométricas y están orientadas con rumbo N30°E a N50°E con buzamientos preferentemente al oeste. Las vetas son del tipo rosario, cuyas potencias son irregulares y varían desde 0.45 m hasta 10 m de ancho (Fig. 8A).

3.4 Mineralización

La mineralización de Layo se puede diferenciar en dos zonas principales: Layo Sur y Layo Norte, esto debido a la superposición de eventos hidrotermales que se evidencia, así tenemos: la zona cercana al subvolcánico dacítico (Layo Sur) que es

LEYENDA

- PrIDck, PrIDckkao, PrIkao, Dia, Diadck, Diakao, Diadckkao
- Dck, Dckkao, DckkaoMont
- SerPrI, SerPrIkao, SerPrIMont, SerPrIkaoMont
- Serkko, SerkkoII, SerkkoMont, SerII, SerIIIMont, SerIMont
- III, Kao, KaoII, IIIIMont, KaoMont, IMont
- Propilítico
- Roca fresca



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA			
"Exploración Geoquímica y Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del Proyecto Layo - Arequipa Perú"			
PLANO DE ALTERACIONES			
Escala:	Fecha:	Autor:	Figura N°:
1:20,000	Dic.-2011	Bachiller Alejandro Gomez Antipora	8

comparable con los clásicos sistemas epitermales de alta sulfuración por su contenido de cuarzo, pirita, calcopirita, óxidos de hierro, enargita, trazas de kawasulita ($\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$) telurobismutinita (Bi_2Te_3), casiterita (SnO_2), hesita (Ag_2Te) y partículas auríferas. Las asociaciones auríferas más comunes son la silvanita (AuAgTe_4) en calcopirita, calaverita (AuTe_2) asociada a pirita y calcopirita, la hesita aurífera (Ag_2Te) y el electrum (Au, Ag) asociados a calcopirita. Incremento de tetraedrita sobre todo en los niveles altos encima de la cota 4250 y con esporádica presencia de metales base como blenda, galena y calcopirita (Fig. 9); en cambio en la zona de Layo Norte, se puede comparar con un sistema epitermal de sulfuración intermedia a baja sulfuración, por el contenido de calcopirita, esfalerita, galena-, tetraedrita-tenantita-, en esta zona la mineralización se dan en telururos (en menor cantidad) asociados a la tetraedrita y galena; La hesita (Ag_2Te) generalmente se encuentra incluida en la galena y tiene la forma de pequeñas partículas alargadas (aprox. 3 μm de largo). También se ha encontrado benjaminita ($\text{Ag,Cu}_3(\text{Bi,Pb})_7\text{S}_{12}$), la cual siempre está incluida en la galena. Además, cada vez que la benjaminita se presenta también se presenta la galena con plata, así mismo se tiene la presencia de carbonatos (calcita-rodocrosita) (Fig. 10).

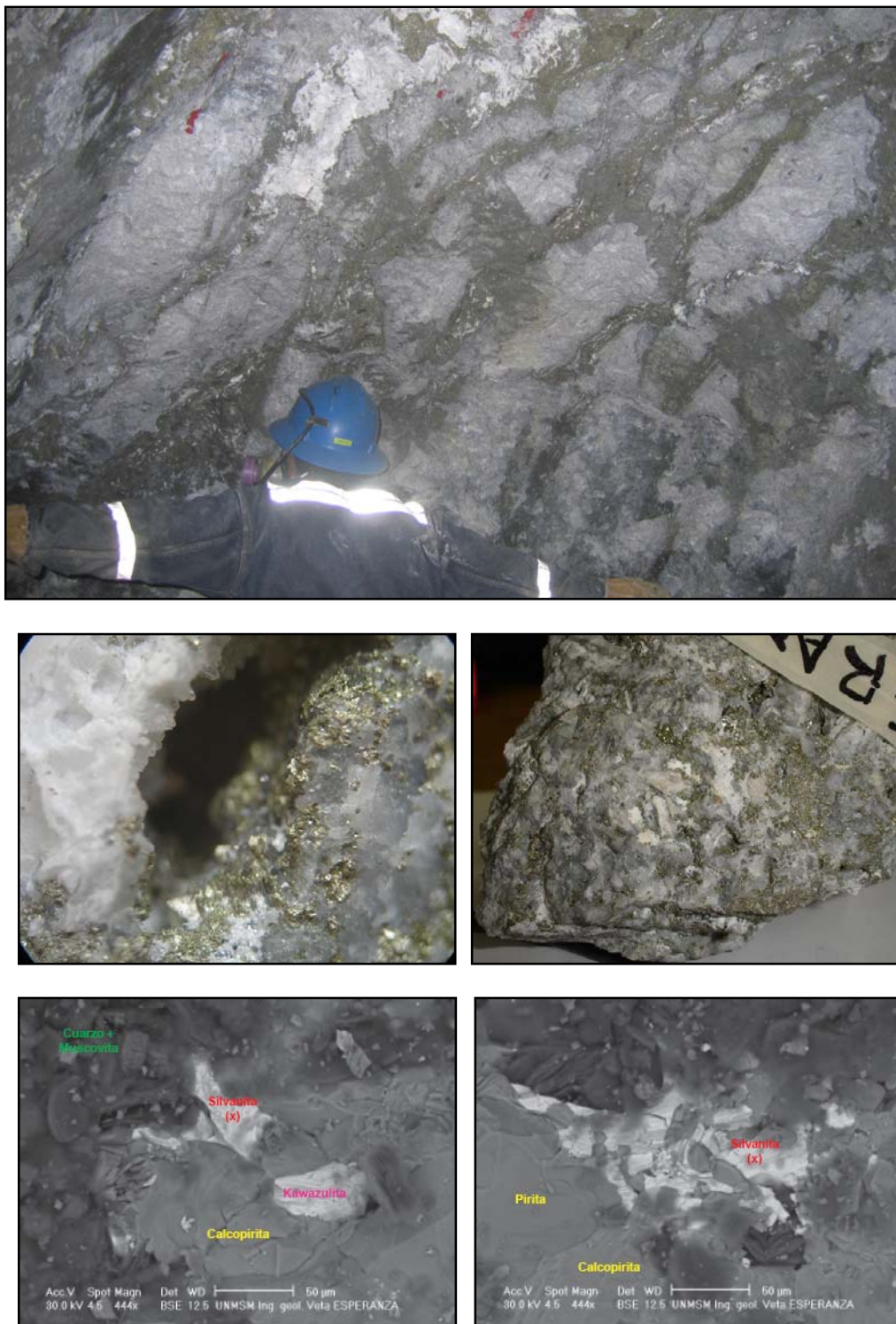


Fig. 9 Fotografías e imágenes de microscopía electrónica de los minerales de mena y ganga de Layo Sur.

- (a) Estructura con bandas de pirita-calcopirita, cuarzo brechado, sericita-pirofilita en fracturas. 1.35 m con 8.78 g/t Au, 0.69 oz/t Ag, 4.49 % Cu. Veta Esperanza.
- (b) Pequeña geoda en la que se observa el cuarzo lechoso y hialino, pirita fina pentadodecaédrica y octaédrica cubierta por calcopirita. Veta Esperanza.
- (c) Sílice coloidal y cuarzo gris englobados por cuarzo lechoso, pirita fina diseminada y gruesa, calcopirita. 16.87 g/t Au, 0.40 oz/t Ag, 2.68% Cu. Veta Esperanza.
- (d) (e) Oro en forma de silvanita (AuAgTe_4) principalmente. La silvanita esta generalmente asociada a calcopirita y pirita, se presenta como inclusiones y playas con tamaño mínimo 0.38 micra y máximo más de 154 micras. También se observa presencia de kawasulita ($\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$) como inclusión en la calcopirita. 36.10 g/t Au, 1.13 oz/t Ag, 0.99 % Cu. Veta Esperanza.

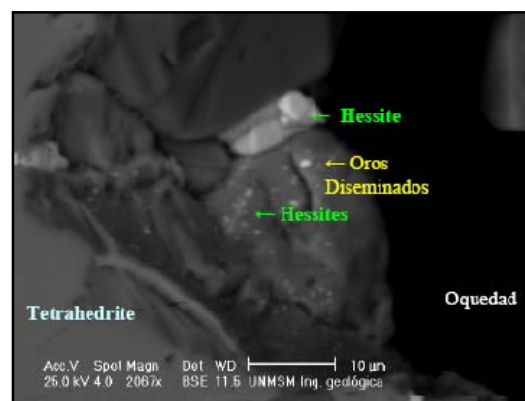
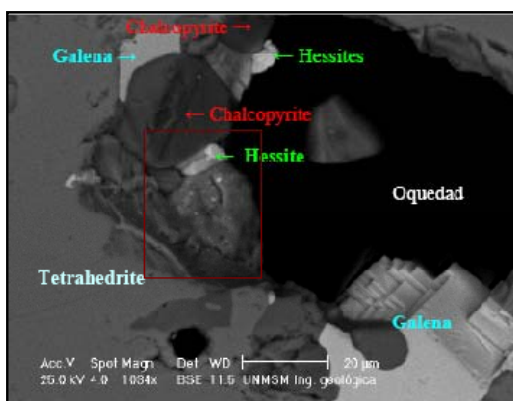


Fig. 10 Fotografías e imágenes de microscopía electrónica de los minerales de mena y ganga de Layo Norte.

(a) (b) Banda de cuarzo blanco, cuarzo drúsico milimétrico en oquedades, pirita fina diseminada (<1%), con sílice gris, galena, esfalerita, tetraedrita, esporádicos puntos de calcopirita. Clastos milimétricos de sílice gris. 0.25 m, 973.62 g/t Au, 18.37 oz/t Ag, 0.26 % Cu. Veta Escondida 2.

(c) Banda de cuarzo blanco sacaroides (3 cm), con un halo de pirita fina diseminada, venillas de cuarzo blanco en roca moderadamente silicificada, y algunos clastos de roca argilizada con venillas irregulares de pirita fina diseminada. 2.35m, 0.28 g/t Au, 0.10 oz/t Ag, 0.11% Cu. Veta Escondida 2.

(d) (e) Partículas finas de oro incluido en la hessita y el conjunto de estas vienen en las fracturas y oquedades de la calcopirita y también en las oquedades de la tetraedrita. 0.73 g/t Au, 17.15 oz/t Ag, 4.46 % Cu. Veta Layo Norte.

4. GEOQUÍMICA SUPERFICIAL

El análisis de la geoquímica superficial tiene como objetivo identificar las anomalías geoquímicas de los distintos elementos guías asociados a los depósitos epitermales de intermedia sulfuración, así como su posible correlación superficial con el oro. El estudio geoquímico de sondajes permite verificar si estos patrones geoquímicos tienen el mismo o distinto comportamiento en profundidad.

4.1. Metodología de muestreo

En el proyecto Layo, el muestreo geoquímico se realizó principalmente en estructuras de cuarzo, sílico argílicos y fallas. En total se han extraído 610 muestras de roca dentro del área de estudio. La campaña de muestreo geoquímico se inició el año 1997 y se prolongó hasta el año 2004. En la tabla No 1 se detallan las estructuras

muestreadas, tipos de muestreo realizados, así como la cantidad de muestras recolectadas en cada una de ellos.

Tabla 1 Tipo de muestreo por estructura con afloramiento superficial.

AÑO	ESTRUCTURA	MUESTRAS DE ROCA		
		CHIP	CANAL	
			AFLORAMIENTO	TRINCHERA
1997	Veta Layo		8	
2000			3	
2003			16	
2003				9
2004	Afloramiento Sur		26	
2004				9
2004	Afloramiento E	69		
2004	Afloramiento NE		20	
2004	Falla Colloglla		29	
2003	Veta Candelaria		31	
2003	Veta Micaela		11	15
2003	Vetas Romyna-Linda-Esperanza		32	1
2003	Vetas 6		13	
2004				24
2000	Vetas 7		1	
2003			27	72
2004			7	
2003	Vetas 8		72	54
2003	Veta Juanita		7	46
2004	Veta Sallapuquio		8	
Total			610	

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

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

Muestreo en Canal, se utiliza para estructuras, vetas, venillas, fracturas y fallas. El canal debe ser siempre perpendicular a la dirección de las estructuras o cortar a la mayor cantidad de estructuras posibles, el muestreo también alcanza la roca caja.

Se realiza en afloramientos de roca o en trincheras. En trincheras se toma en las paredes a veces se puede tomar muestras en el fondo de la trinchera. La longitud de canales varia de 0.20 m a 1.0 m.

4.2. Tratamiento estadístico de datos geoquímicos

El primer paso para el análisis estadístico ha sido revisar la data geoquímica, en la cual se ha identificado valores con el signo menor “<” que corresponden a leyes menores al límite de detección (en caso del oro 5 ppb).

Para lo cual todos los valores menores al límite de detección fueron cambiados a la mitad de valor reportado, como por ejemplo si se tiene <0.005 ppm la mitad seria 0.0025 ppm.

La construcción de histogramas para todos los elementos analizados muestra una tendencia a un comportamiento log-normal, por lo cual se procede a cambiar todos los valores de leyes a una base logarítmica en base 10. Se observa distorsión en los histogramas log normales realizados del Au, Zn, Hg y Te ya que poseen valores menores al límite de detección en un rango que varía desde 8% a 40%. Para el caso de Ag, Cu, Pb, Sn, Mo, As, Sb, Bi y Ba los valores inferiores al límite de detección son menores al 3% del total.

4.2.1 Análisis de Correlación

Para el análisis de correlación se utilizo el software Excel, herramienta “análisis de datos”. Se elaboro matrices de correlación para distintos valores mínimos de oro

para: población total, Au>1.0 ppm, Au>3.5 ppm y Au>6.35 ppm con el objetivo de estudiar los elementos trazas a distintos “cut off” de oro.

Para el análisis de correlaciones se ha elaborado gráficos que muestran el comportamiento de los elementos trazas a distintos “cut off” de oro.

- **ORO-PLATA**

La correlación va decreciendo progresivamente desde 0.36 para la población total hasta 0.26 para Au>6.35 ppm. El comportamiento se puede observar en los planos de isovalores, donde para valores altos de oro ubicados en las vetas Micaela, Layo, Candelaria y 6 se tiene valores bajos de plata.

- **ORO-COBRE**

Existe una correlación negativa débil (-0.01 a -0.02) para la población total hasta el cut off de 1.0 ppm de Au. Se refleja en los planos de isovalores donde valores bajos de oro ubicados en la vetas 7, 8 ramal, 8, Juanita y Julia se tiene valores altos de cobre. Luego se incrementa a 0.25 para valores de Au>3.5 ppm y disminuir levemente a 0.20 para valores mayores a 6.35 ppm de Au. Se observa también que valores altos de oro ubicados en las vetas Manto Colloglla, Micaela, Layo, Candelaria y 6 se tiene valores bajos de cobre.

- **ORO-PLOMO**

Contrariamente a la correlación oro-plata, la correlación oro-plomo disminuye progresivamente desde 0.4 para la población total hasta -0.06 para valores de Au mayores a 6.35 ppm. En las vetas Candelaria, 6, 7, Joana y Rossana para valores mayores de oro se tiene valores bajos de plomo.

- **ORO-ZINC**

La correlación del oro-zinc se incrementa desde un valor negativo -0.02 hasta 0.08 para la población “cut off” 6.35 ppm Au. Se puede apreciar que en el histograma del zinc presenta hasta 3 poblaciones. Para valores altos de Zn ubicados en las vetas Alejandra, Juanita, Julia y 7, se presenta valores bajos de oro. Para valores bajos de Zn ubicados en las vetas 6, 8, Joana, Candelaria, Esperanza, Rossana, Linda y Romina se tiene valores altos de Oro y para la tercera población ubicada en las vetas Layo, Manto Colloglla, y Micaela con valores altos de zinc se tiene valores altos de oro.

- **ORO-ESTAÑO**

Similar a la correlación oro-plomo. La correlación oro-estaño disminuye progresivamente desde 0.21 hasta 0.01 para valores mayores a 6.35 ppm de oro. Se observa que para valores bajos de estaño ubicados en las vetas A, Manto Colloglla, Micaela, Layo se tiene valores altos de Oro.

- **ORO-MOLIBDENO**

La correlación disminuye progresivamente desde 0.06 para la población total hasta -0.02 para la población “cut off” 6.35 ppm Au. En las vetas Manto Colloglla, Micaela, Layo, Candelaria, 6 y Rossana para valores bajos de molibdeno se tiene valores altos de oro.

- **ORO-ARSÉNICO**

La correlación de ambos elementos casi se mantiene constante para todos los valores de “cut off” (0.09 a 0.03). Valores de Oro alto ubicados en las vetas Manto Colloglla, Micaela, Layo, Candelaria y 6 se tiene valores de arsénico bajo.

- **ORO-ANTIMONIO**

La correlación se mantiene casi constante para la población total hasta el “cut off” 3.5 ppm de Au (0.07 a 0.01), luego se hace negativa a -0.06 para la población de “cut off” 6.35 ppm. Para valores altos de oro ubicados en las vetas Manto Colloglla, Micaela, Layo y 6, se presenta valores bajos de Antimonio.

- **ORO-MERCURIO**

Para la población total hasta la población mayor a 0.5 ppm de Au la correlación es cero. A partir de la población mayor a 1 ppm de Au la correlación se vuelve negativa

-0.01 hasta -0.06 para la población mayor a 6.35 ppm de Au. Para valores mayores de oro ubicadas en las vetas Candelaria, 6 , 8 , 7 , Joana y Esperanza se tiene valores bajos de mercurio.

- **ORO-BISMUTO**

La correlación se mantiene constante para la población total hasta la población “cut off” 1.0 ppm de Au (0.38 a 0.44), para valores altos de oro de las vetas Manto Colloglla, Micaela, Layo se tiene valores bajos de bismuto y para valores bajos de oro ubicados en las vetas 8 ramal y 7 sur se tiene valores altos de bismuto. Existe un incremento progresivo hasta 0.74 para “cut off” de 6.35 ppm de oro donde valores mayores de oro ubicados en las vetas 7, 8, Joana, Esperanza se correlaciona con valores altos de bismuto. Se debería a la presencia de kawasulita ($\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$) y telurobismutinita (Bi_2Te_3) asociado a calaverita (AuTe_2), hessita (Ag_2Te) y silvanita (AuAgTe_4).

- **ORO-TELURO**

Existe una buena correlación directa que se mantiene casi constante (0.67 a 0.71) para la población total hasta la población con cut off 6.35 ppm de oro. Se evidencia en los planos isovalores donde las vetas 8, 7, Joana, Esperanza , 6 , Candelaria, Manto Colloglla, con valores altos de oro también contiene valores altos de teluro. Debido a telururos de oro como Calaverita (AuTe_2), hessita aurífera (Ag_2Te) y silvanita (AuAgTe_4).

- **ORO-BARIO**

Ambos elementos tiene una débil correlación inversa que se mantiene para las distintas poblaciones (-0.08 a -0.06). Esto se refleja en los planos de isovalores del oro y bario como por ejemplo donde para valores altos de oro presentes en las vetas Layo, 6 , 7 , 8, Joana y Esperanza se tiene valores bajos de bario.

4.2.2 Elementos Afines

Se pudo identificar las siguientes familias:

Este trío de elementos mantiene una buena correlación a partir de 1.0 ppm de Au.

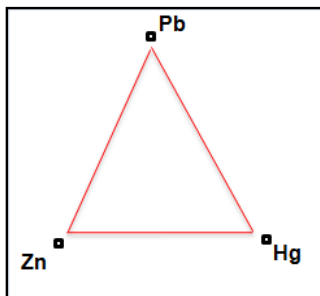


Fig. 11 Diagrama ternario de correlación (Pb, Zn, Hg).

Se manifiesta a partir de las poblaciones mayor a 3.5 y 6.35 ppm de oro.

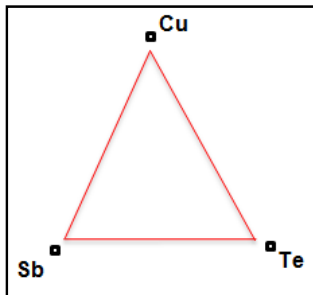


Fig. 12 Diagrama ternario de correlación (Cu, Sb, Te).

La siguiente familia se expresa muy bien para la población total y valores mayores a 1.0 ppm de oro. Debido a la asociación de hessita (Ag_2Te), silvanita (AuAgTe_4), kawasulita ($\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$) y telurobismutinita (Bi_2Te_3).

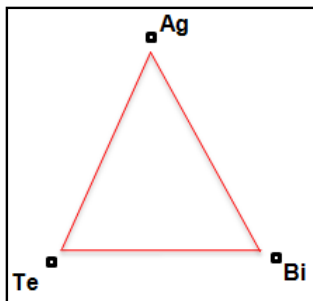


Fig. 13 Diagrama ternario de correlación (Ag, Te, Bi).

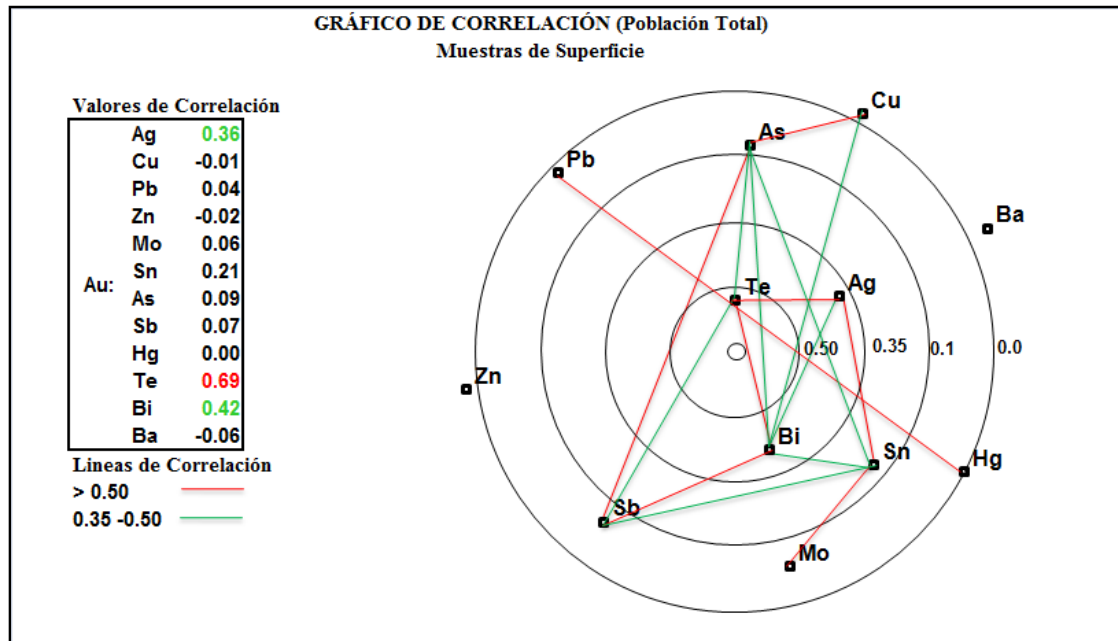


Fig. 14 Gráfico de correlación (Población total).

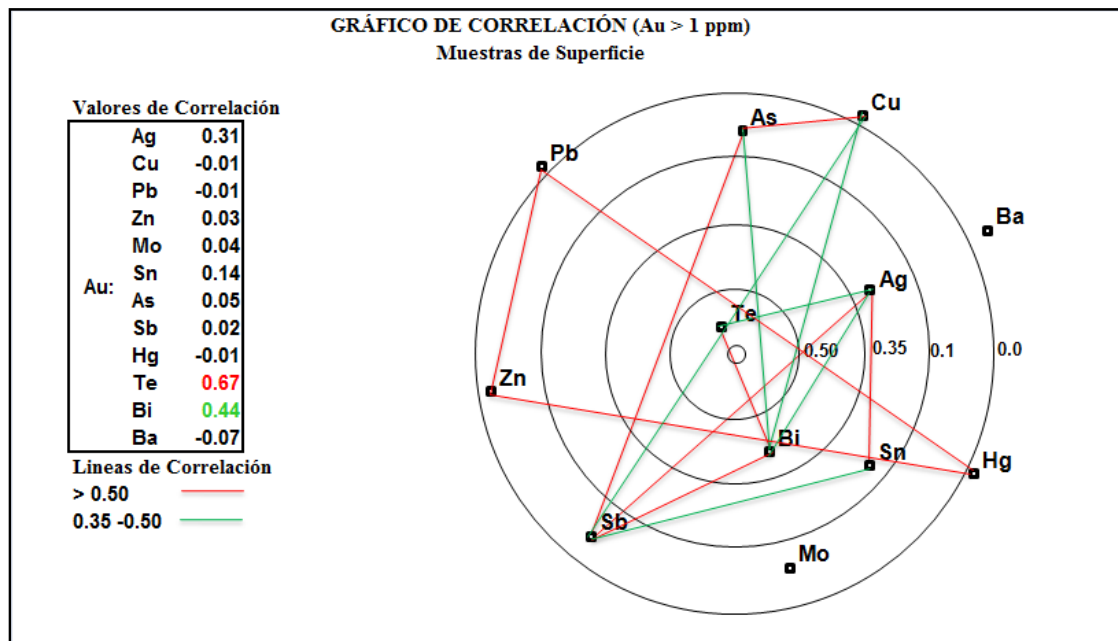


Fig. 15 Gráfico de correlación (Au > 1 ppm).

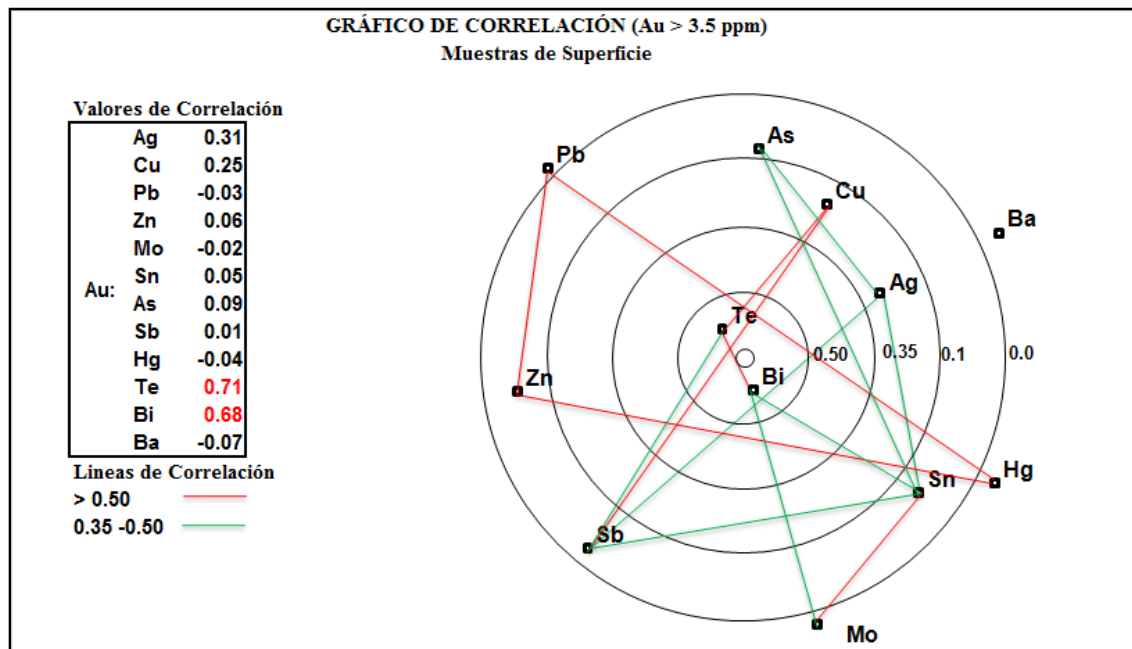


Fig. 16 Gráfico de correlación (Au > 3.5 ppm).

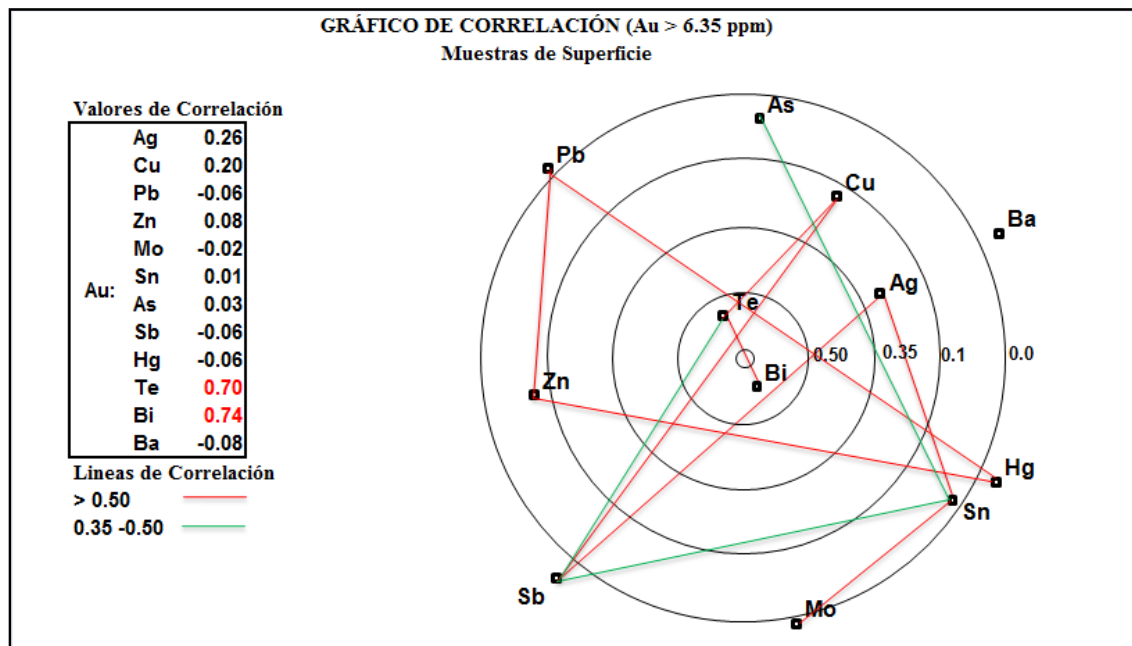


Fig. 17 Gráfico de correlación (Au > 6.35 ppm).

4.2.3 Análisis de planos de anomalías geoquímicas

- **ORO**

Para valores de oro mayor al treshold 6.35 ppm se configura una franja con tendencia E-W desde la veta 8 al este hasta la veta Manto Colloglla al oeste (Fig. 18).

- **PLATA**

Resalta una moderada a fuerte anomalía en la parte este del área de estudio relacionado a las vetas 8 ramal, 7, Juanita, Julia y 8. También se relaciona a una alteración argílica avanzada (Fig. 19).

- **COBRE**

Muestra una fuerte anomalía mayor al treshold 2 (12600 ppm de Cu), en el sector SE relacionadas a las vetas 8 ramal, 8, 7 sur, Juanita y Julia, donde los valores de oro son bajos (Fig. 20).

- **PLOMO**

Para valores mayores al treshold 2 (8,000 ppm), se refleja una concentración de anomalías mayores en la veta Layo ubicado en el lado SW del área de estudio. Se muestra anomalías moderadas puntuales en el sector este relacionadas a las vetas Alejandra, 7, Julia, 8 y Esperanza (Fig. 21).

- **ZINC**

Las concentraciones moderadas de zinc se ubican en el sector sur medio del área de estudio, principalmente asociadas a alteraciones argílica a propilítica. En el sector sur este para valores altos de zinc se tiene valores bajos de oro (correlación inversa) muestras ubicadas en las vetas Alejandra, 7 sur, Juanita y Julia (Fig. 22).

- **ESTAÑO**

Muestra una débil anomalía (mayor a 6.35 ppm) en el sector este, con puntuales anomalías mayores al threshold de 1800 ppm de estaño, ubicadas en las veta 7 y Candelaria (Fig. 23).

- **MOLIBDENO**

Valores mayores al treshold 1 (26 ppm) se ubican al este del área de estudio y puntualmente al oeste (veta A) con un lineamiento N-S (Fig. 24).

- **ARSÉNICO**

Concentraciones mayores al treshold (510 ppm) se ubican al este del área de estudio relacionadas a las vetas 8 ramal, 7, 8 y Juanita y al oeste (veta A) (Fig. 25).

- **ANTIMONIO**

Muestra un comportamiento similar a la del arsénico con valores mayores al threshold (255 ppm) ubicados al este del área de estudio (Fig. 26).

- **MERCURIO**

Concentraciones mayores de mercurio se ubican de forma puntual en las vetas Layo y Alejandra (Fig. 27).

- **BISMUTO**

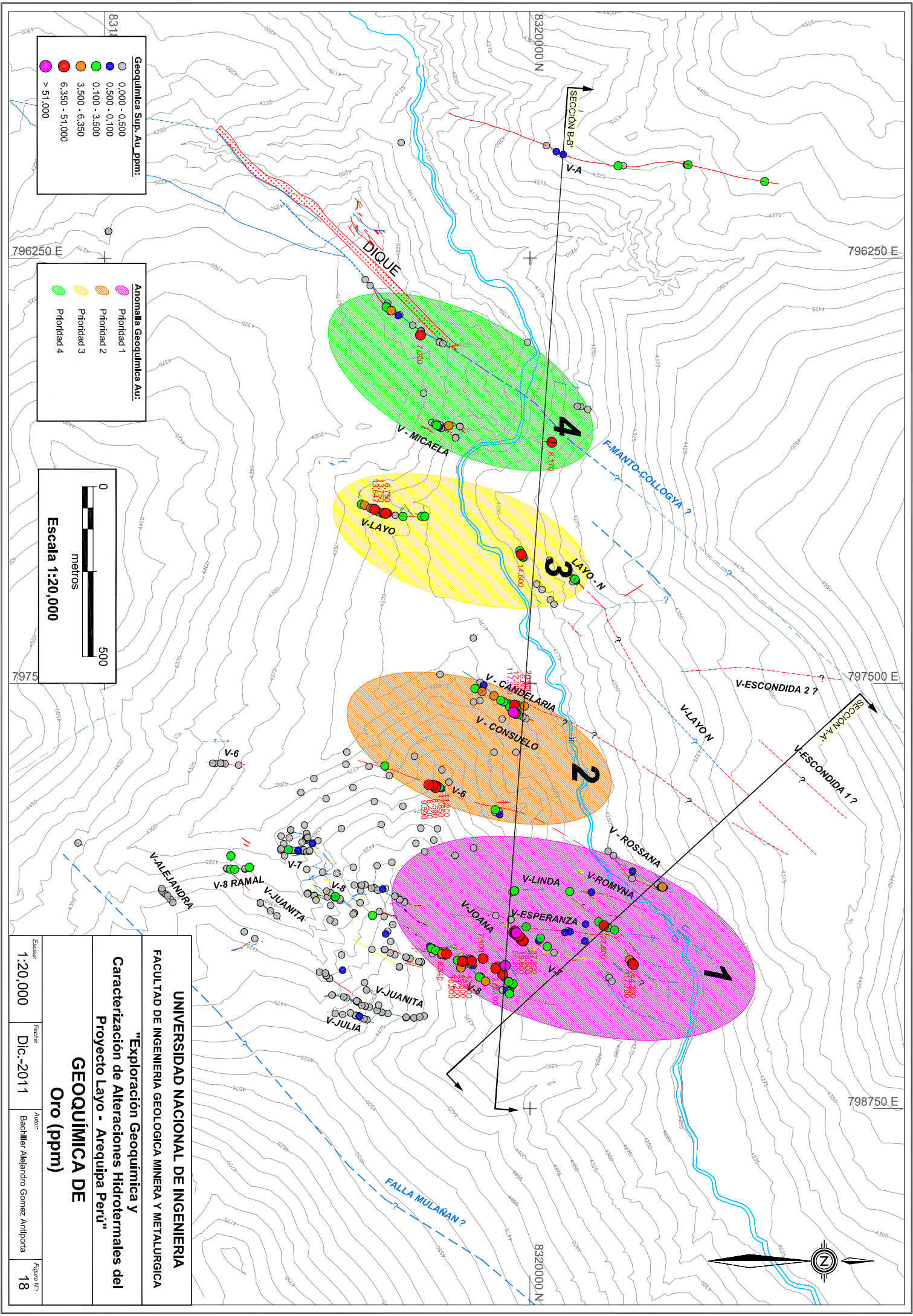
Muestra valores mayores al treshold (129 ppm) en el sector este, mientras en el sector oeste se presenta valores menores al treshold (Fig. 28).

- **TELURO**

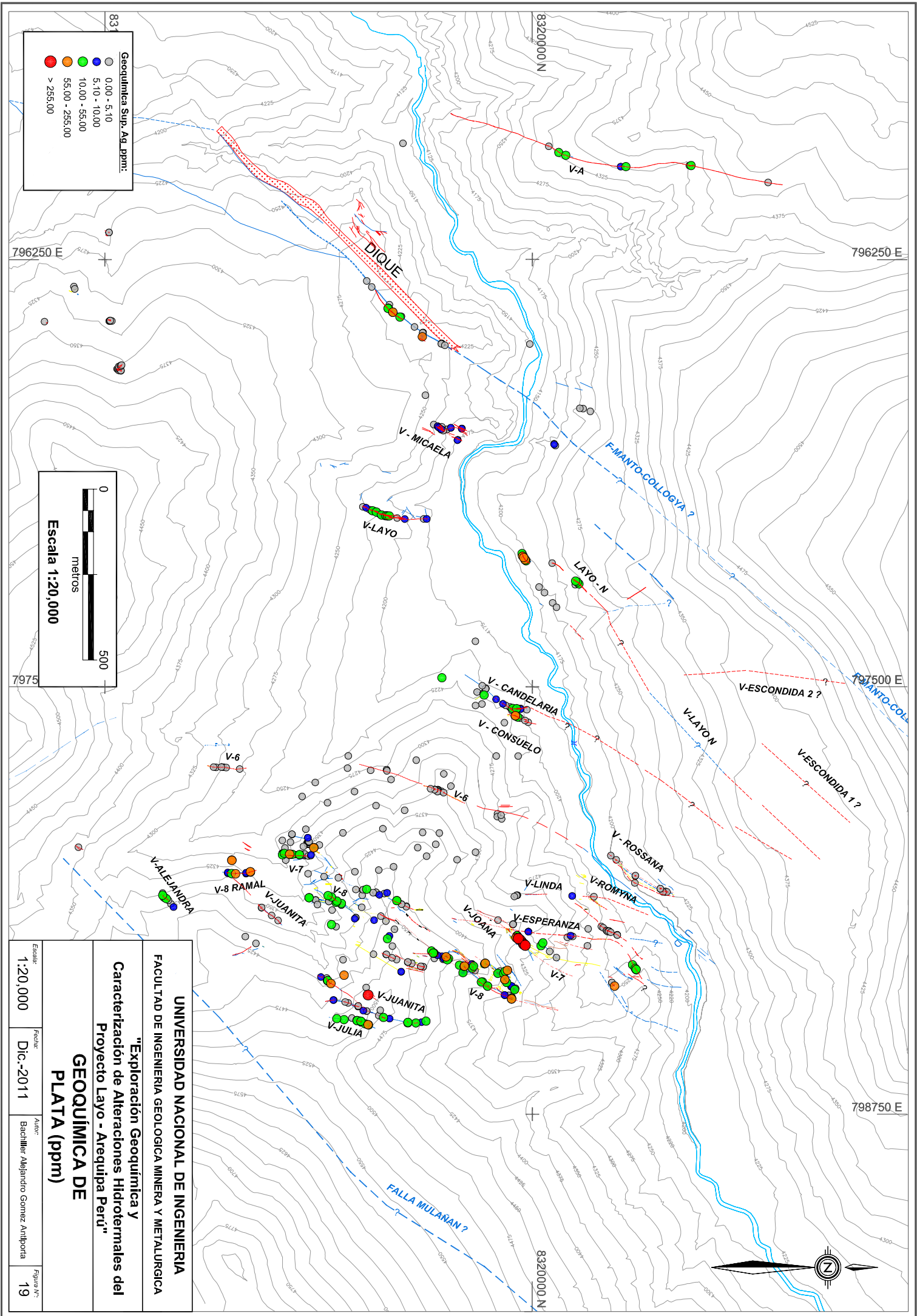
Las anomalías de teluro se sobre imponen con las anomalías de oro a excepción de las vetas 8 ramal y Juanita donde se tiene valores bajos de oro (< 3.50 ppm) (Fig. 29).

- **BARIO**

La anomalía prácticamente cubre toda el área de trabajo pero se identifica una concentración con valores altos (> 1600 ppm) localizada en la veta Candelaria (Fig. 30).



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA			
"Exploración Geoquímica y Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del Proyecto Layo - Arequipa Perú"			
GEOQUIMICA DE Oro (ppm)			
Escala:	Fecha:	Autor:	Figura N.º:
1:20,000	Dic.-2011	Bachiller Alejandro Gomez Antipora	18

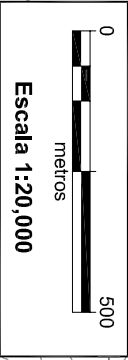
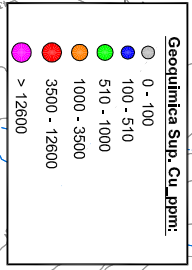
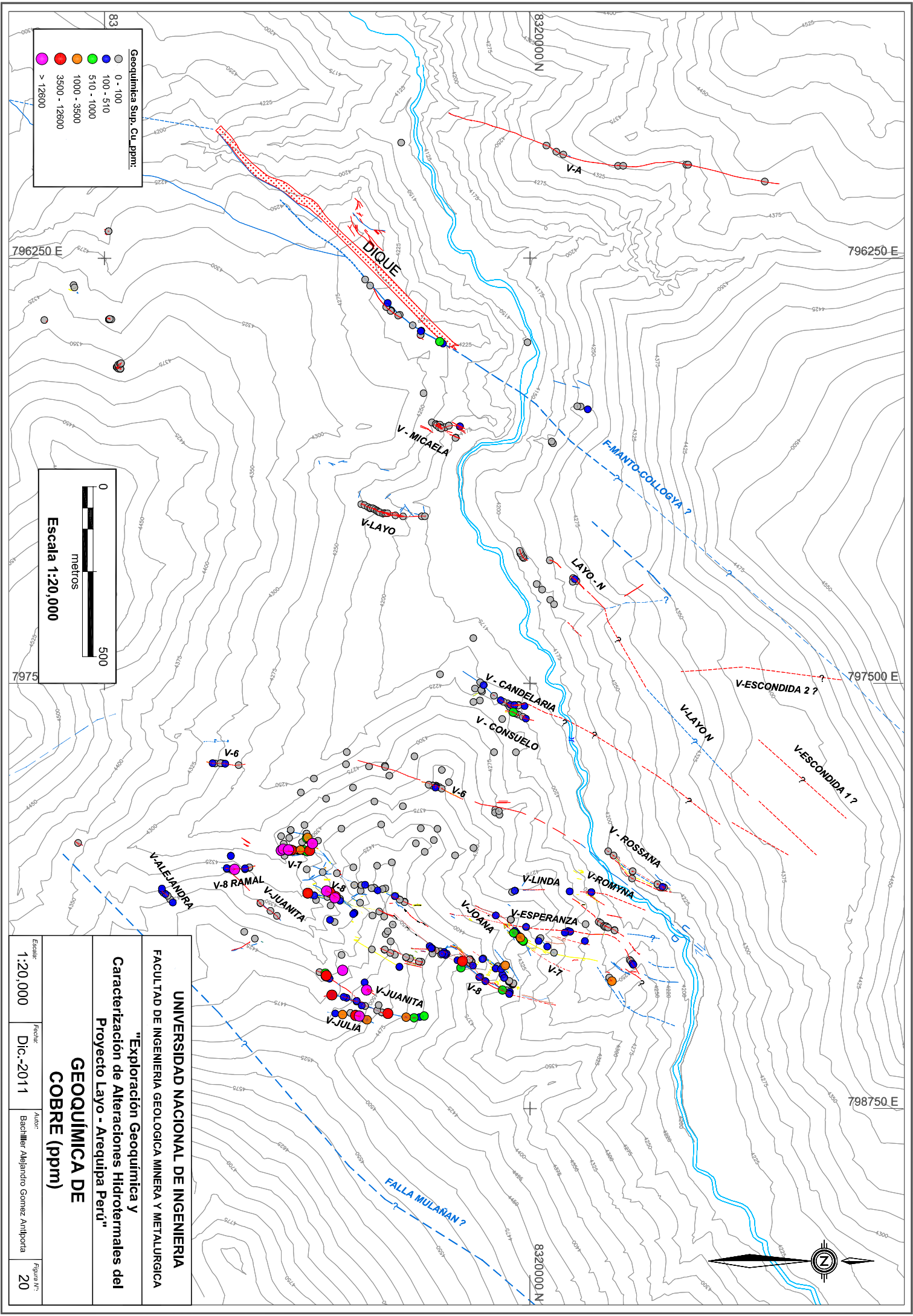


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

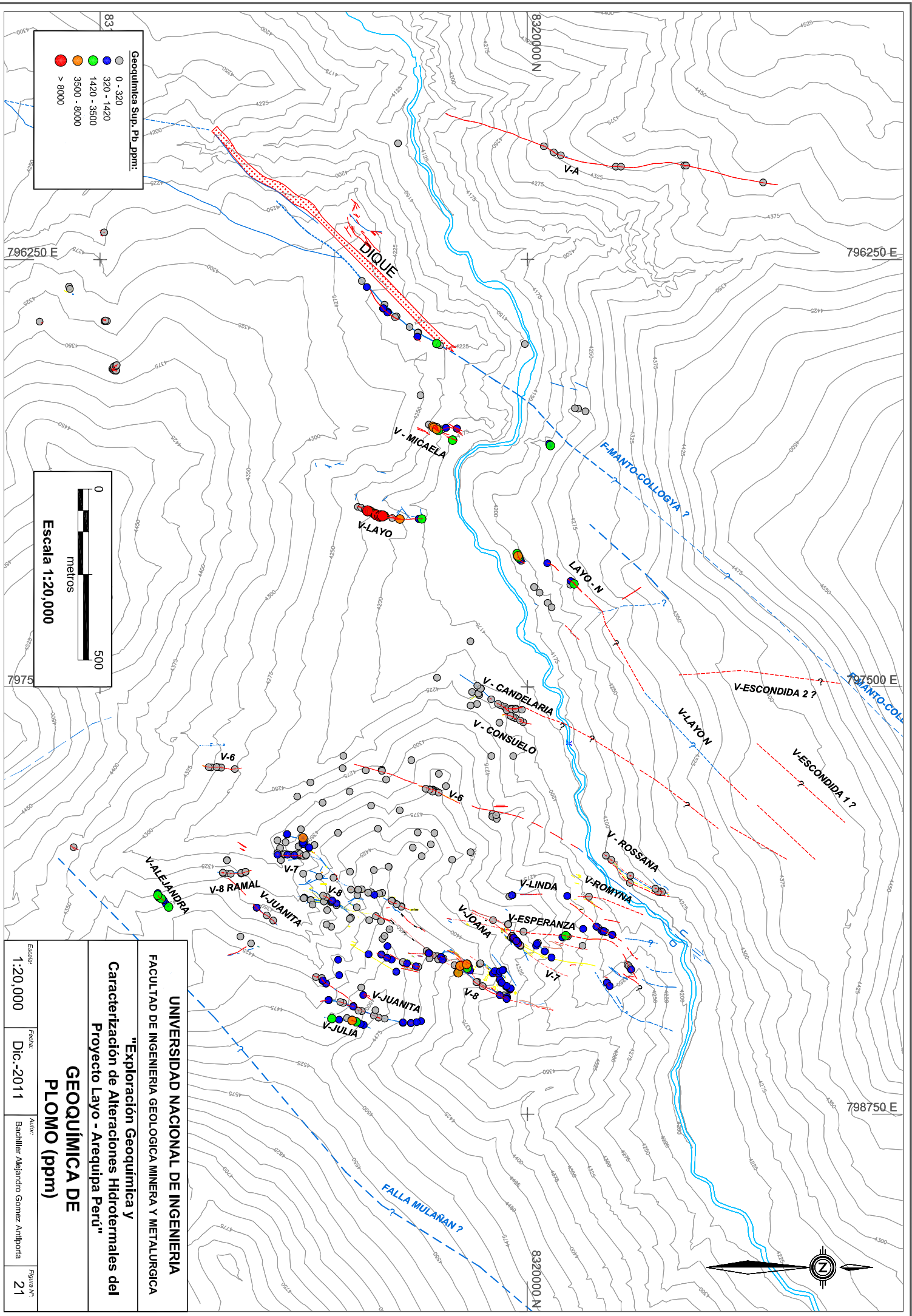
"Exploración Geoquímica y
 Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
 Proyecto Layo - Arequipa Perú"

**GEOQUÍMICA DE
 PLATA (ppm)**

Escala:	Fecha:	Autor:
1:20,000	Dic.-2011	Bachiller Alejandro Gomez Antiporta
Figura N.º:		
19		



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA			
"Exploración Geoquímica y Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del Proyecto Layo - Arequipa Perú"			
GEOQUIMICA DE COBRE (ppm)			
Escala:	1:20,000	Fecha:	Dic.-2011
Autor:	Bachiller Alejandro Gomez Antipora		
Figura N.º:	20		



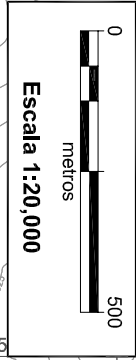
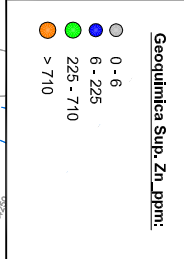
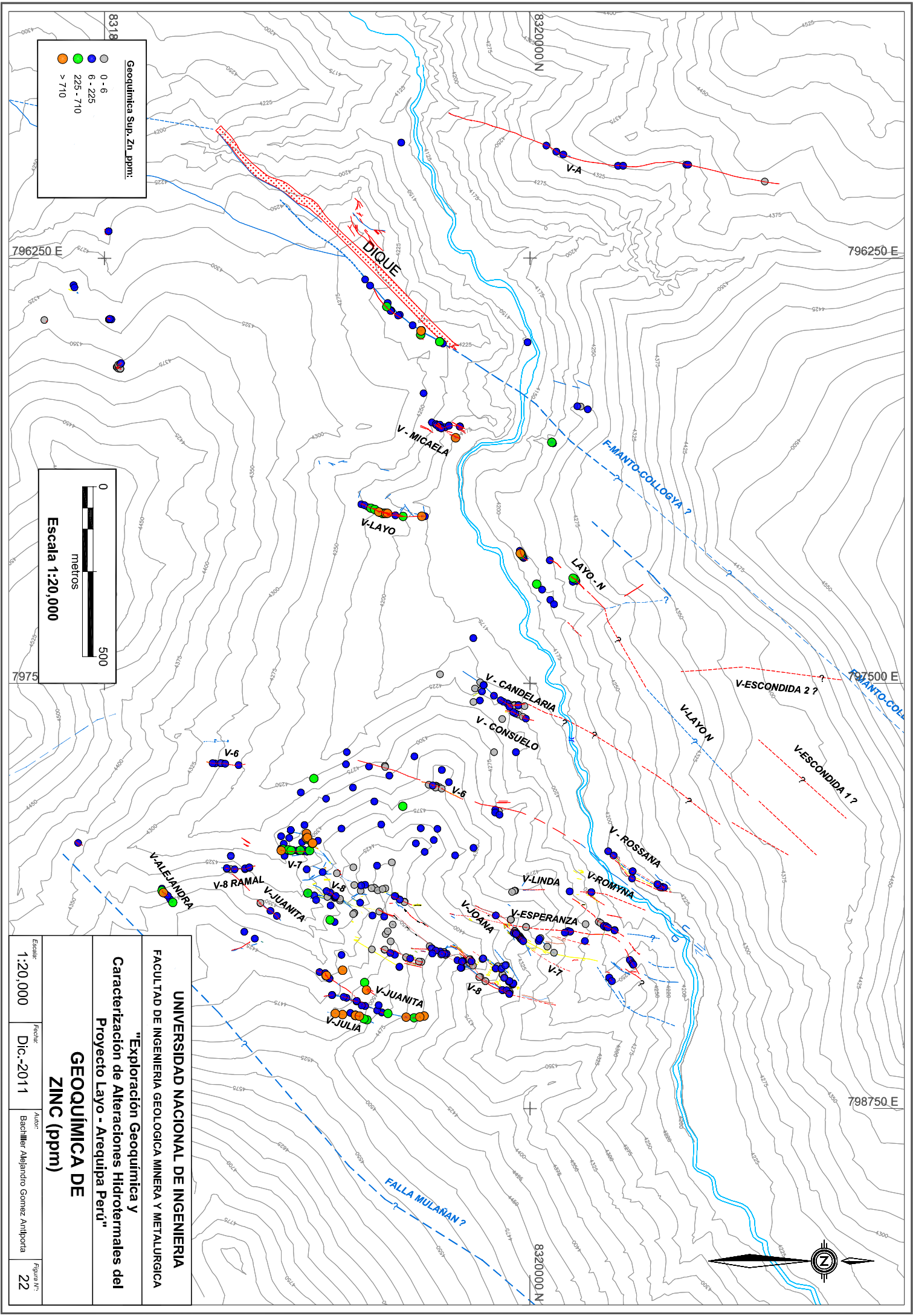
Geoquímica Sup. Pb. ppm:

- 0 - 320
- 320 - 1420
- 1420 - 3500
- 3500 - 8000
- > 8000

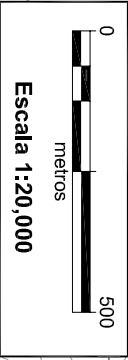
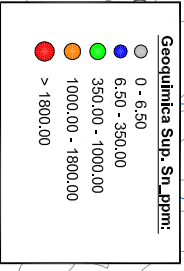
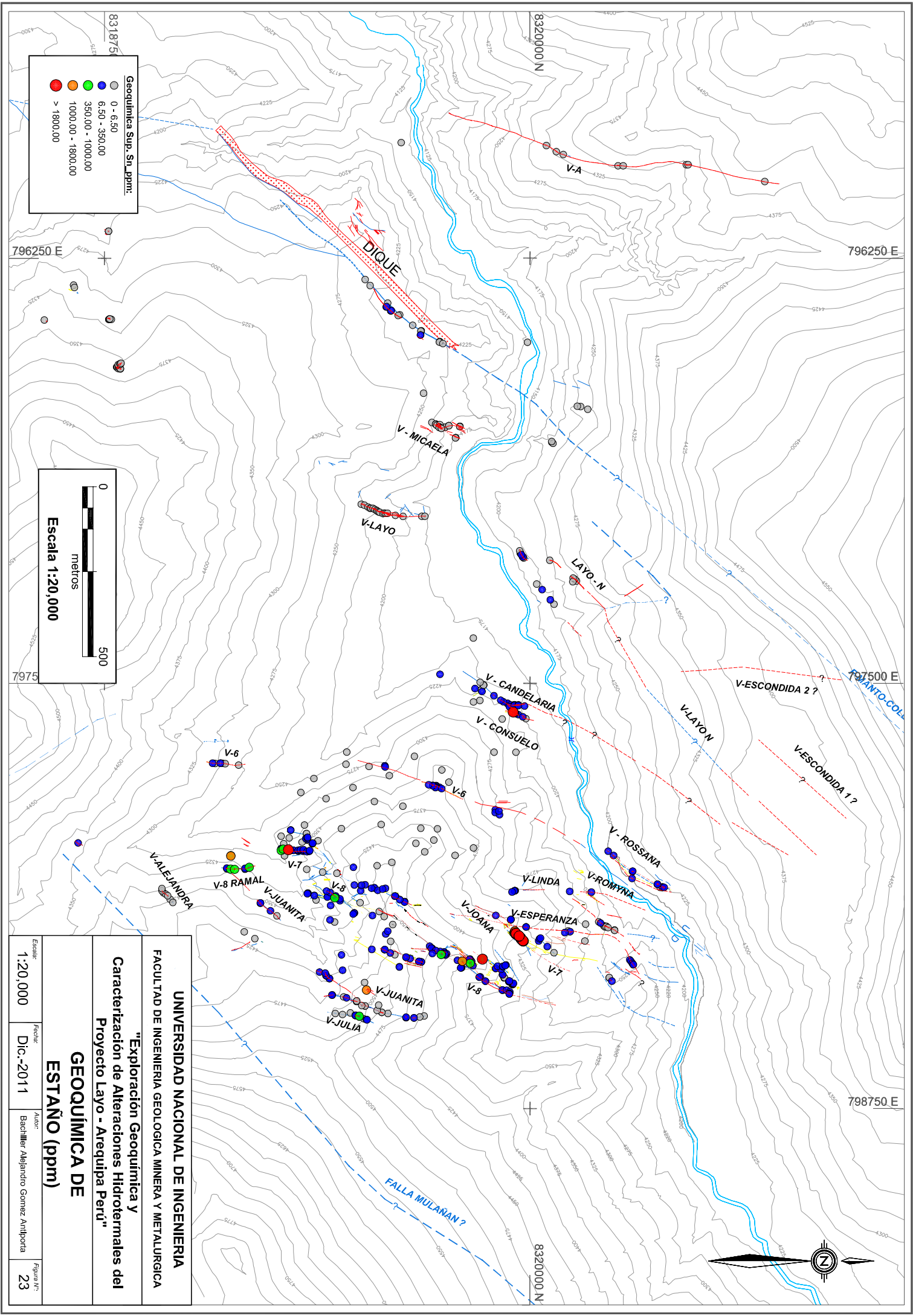
Escala 1:20,000

0 500 metros

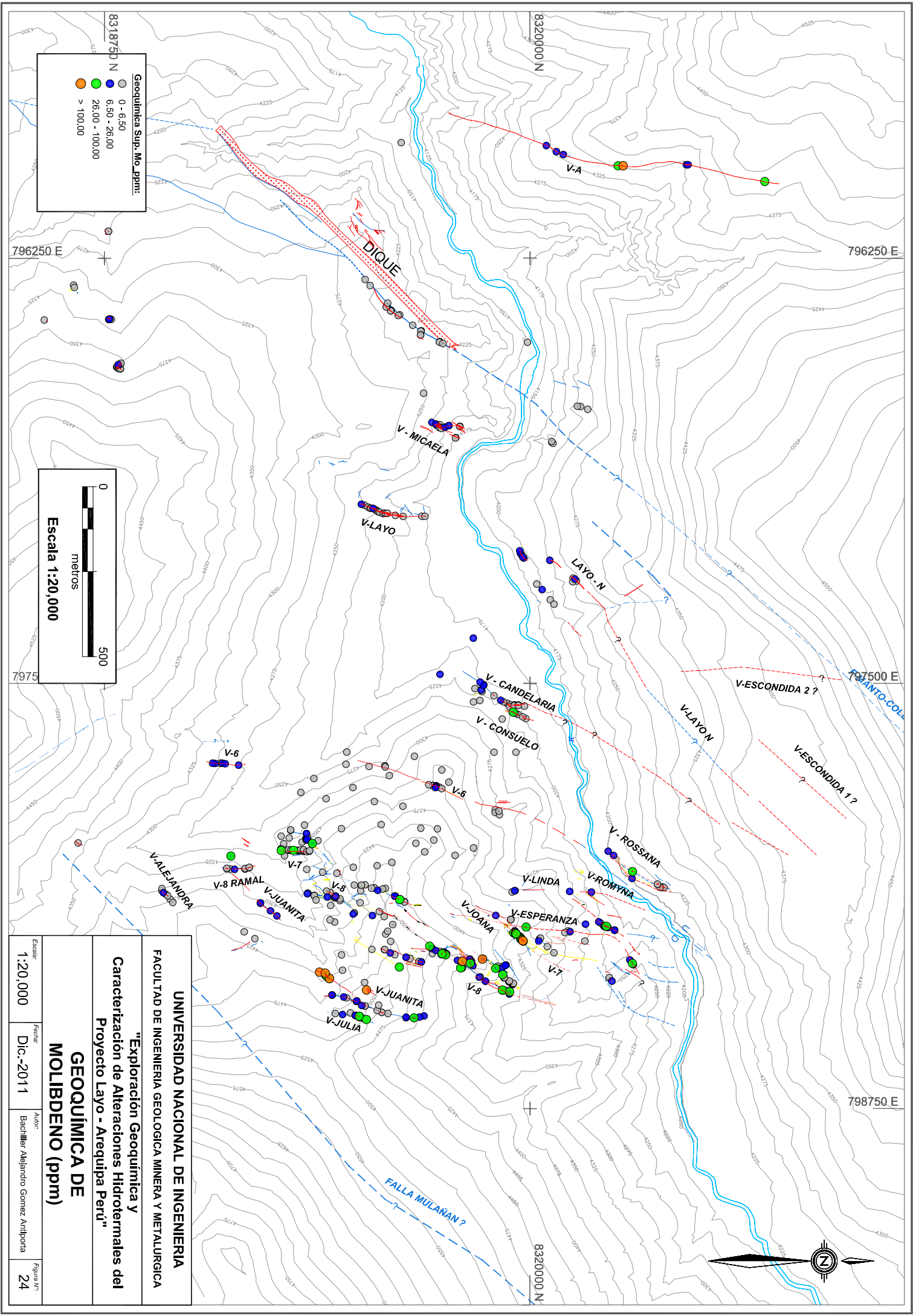
UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA			
"Exploración Geoquímica y Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del Proyecto Layo - Arequipa Perú"			
GEOQUIMICA DE PLOMO (ppm)			
Estado:	Fecha:	Autor:	Figura N°:
1:20,000	Dic.-2011	Bachiller Alejandro Gomez Antipora	21



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA			
"Exploración Geoquímica y Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del Proyecto Layo - Arequipa Perú"			
GEOQUÍMICA DE ZINC (ppm)			
Estado:	Fecha:	Autor:	Figura N.º:
1:20,000	Dic.-2011	Bachiller Alejandro Gomez Antipora	22



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA			
"Exploración Geoquímica y Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del Proyecto Layo - Arequipa Perú"			
GEOQUÍMICA DE ESTAÑO (ppm)			
Escala	Fecha	Autor	Figura N°
1:20,000	Dic.-2011	Bachiller Alejandro Gomez Antipora	23



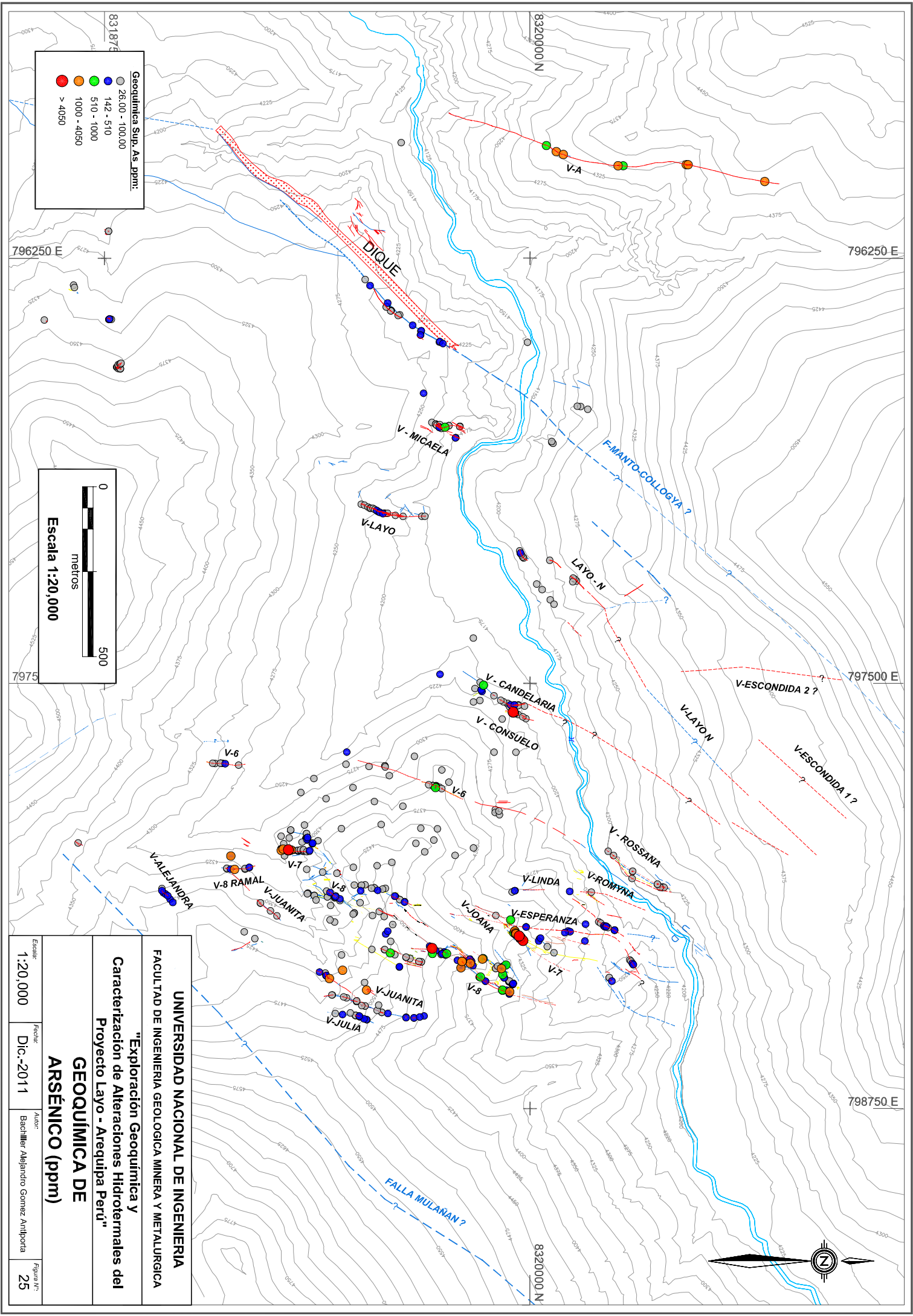
Geoquímica Sup. Mc. ppm:

- 0 - 6.50
- 6.50 - 26.00
- 26.00 - 100.00
- > 100.00

Escala 1:20,000

0
500
metros

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA			
"Exploración Geoquímica y Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del Proyecto Layo - Arequipa Perú"			
GEOQUÍMICA DE MOLIBDENO (ppm)			
Escala:	1:20,000	Fecha:	Dic.-2011
Autor:	Bachiller Alejandro Gomez Antipora		
Figura N°:	24		



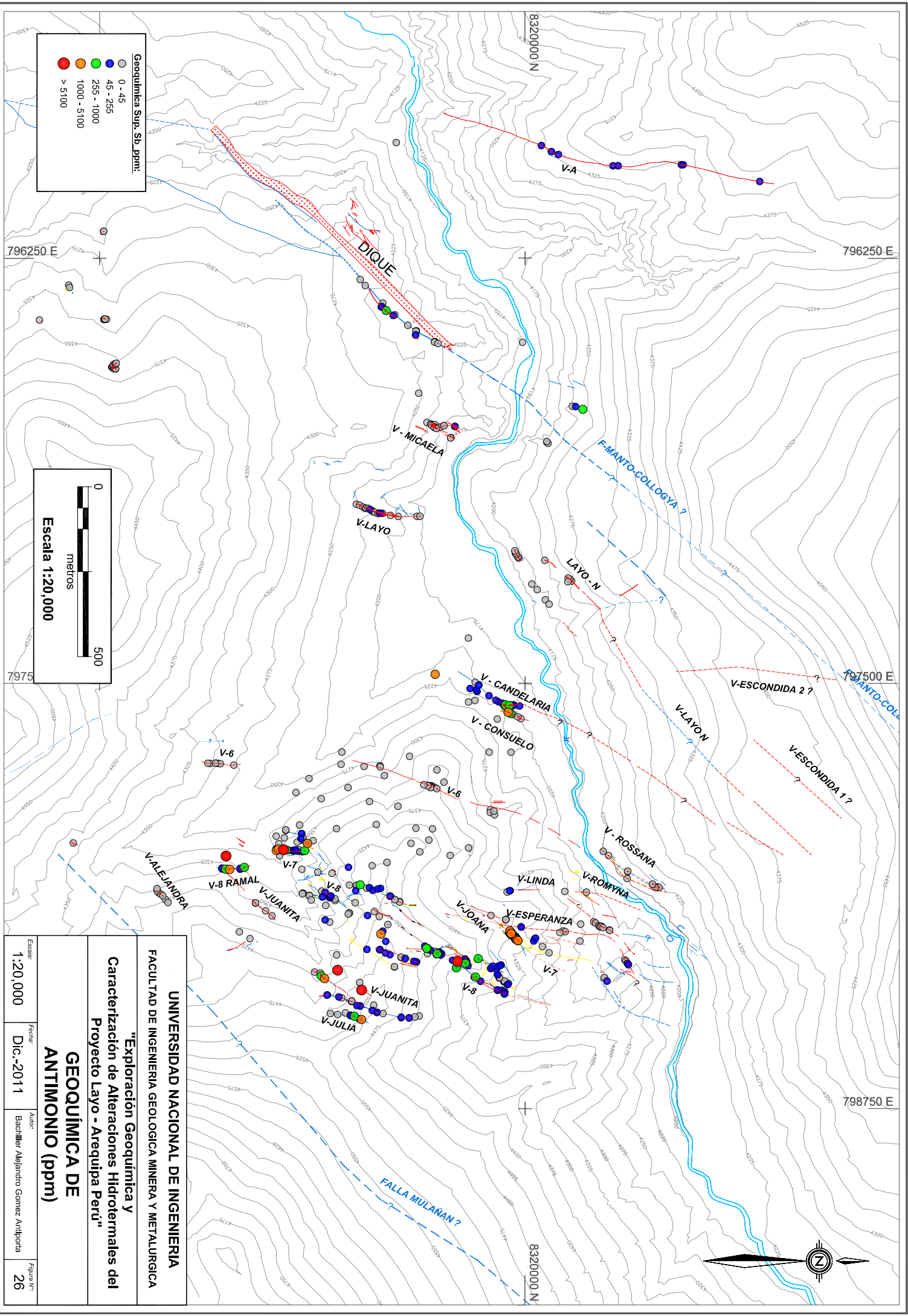
Geoquímica Sup. As. ppm:

- 26.00 - 100.00
- 142 - 510
- 510 - 1000
- 1000 - 4050
- > 4050

0
500
metros

Escala 1:20,000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA			
"Exploración Geoquímica y Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del Proyecto Layo - Arequipa Perú"			
GEOQUÍMICA DE ARSENICO (ppm)			
Escala:	1:20,000	Fecha:	Dic.-2011
Autor:	Bachiller Alejandro Gomez Antipora		
Figura N°:	25		



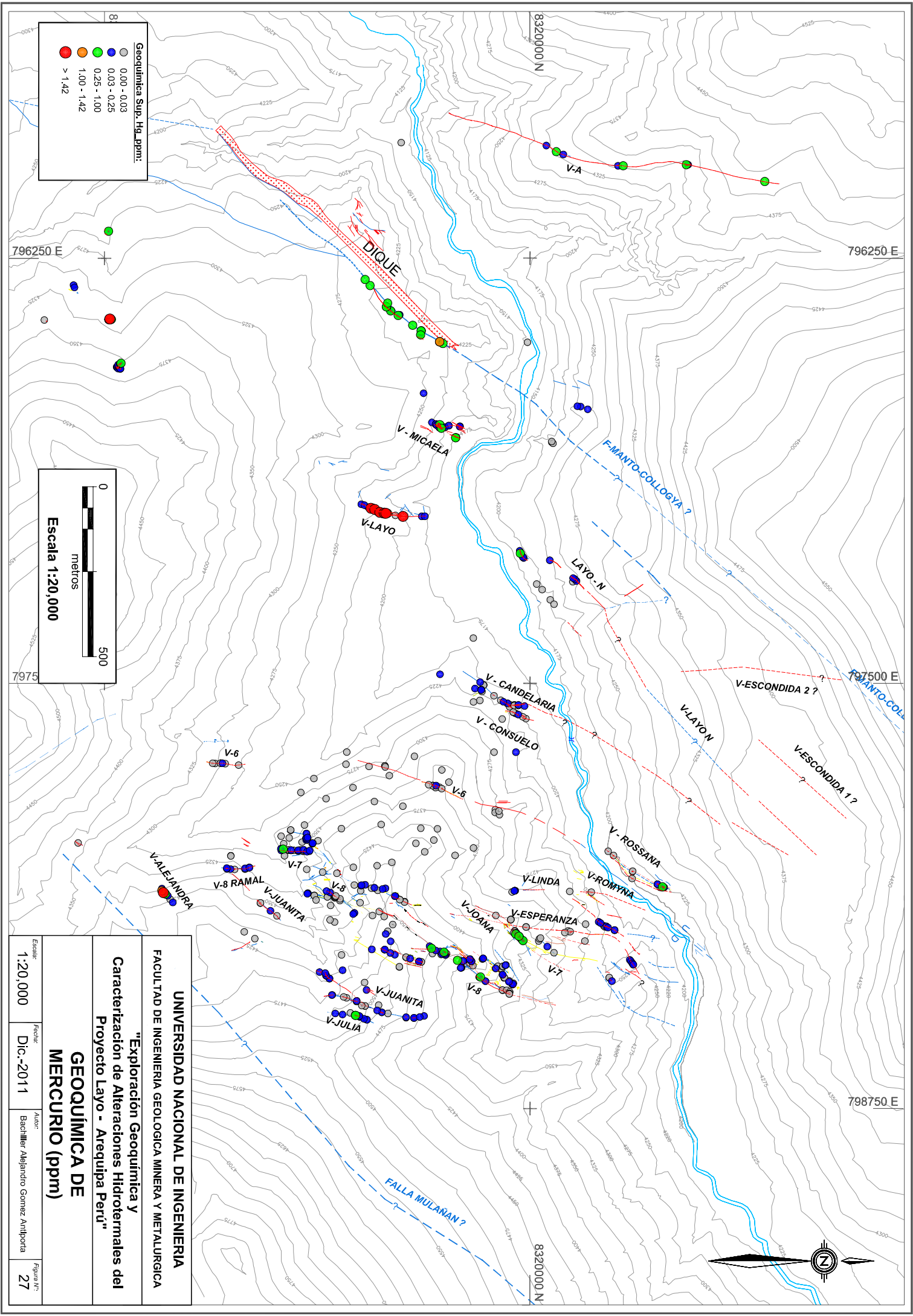
Geoquímica Sup. S/b. ppm:

- 0 - 45
- 45 - 255
- 255 - 1000
- 1000 - 5100
- > 5100

Escala 1:20,000

0 500 metros

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA			
"Exploración Geoquímica y Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del Proyecto Layo - Arequipa Perú"			
GEOQUÍMICA DE ANTIMONIO (ppm)			
Estado:	Fecha:	Autor:	Figura N.º:
1:20,000	Dic.-2011	Bachiller Alejandro Gomez Antiporta	26

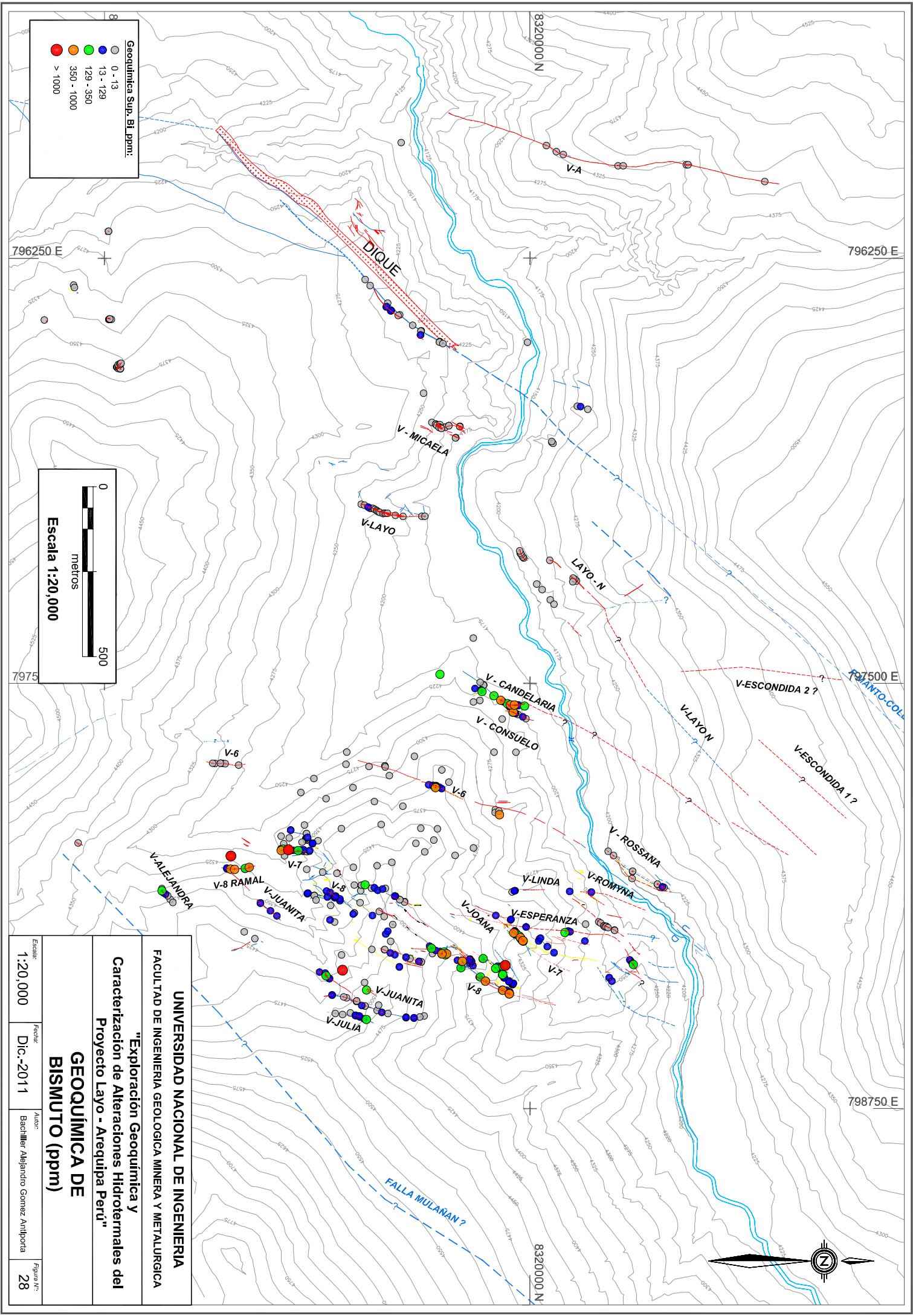


Geoquímica Sup. Hg, ppm:

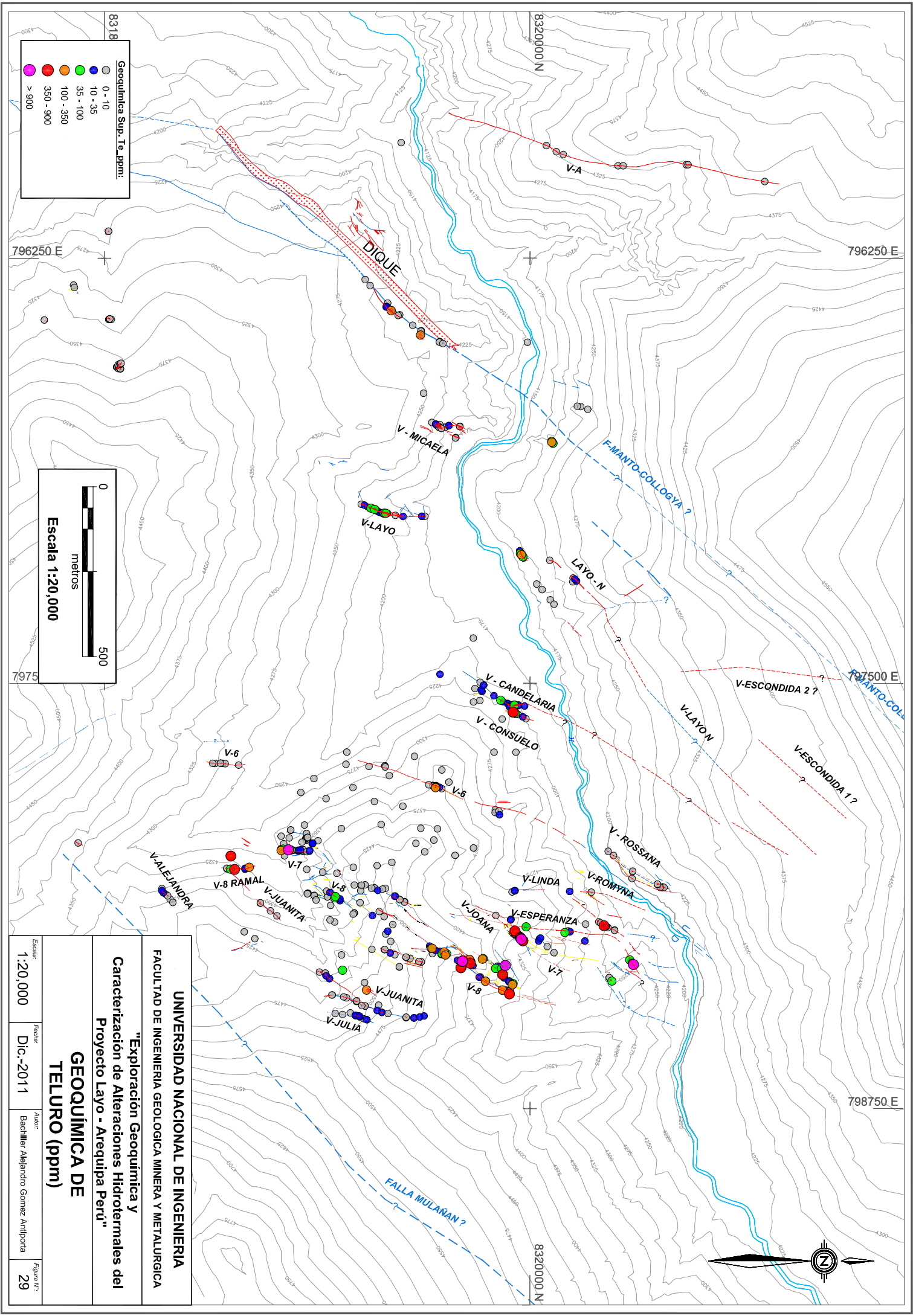
- 0.00 - 0.03
- 0.03 - 0.25
- 0.25 - 1.00
- 1.00 - 1.42
- > 1.42

0
500
metros
Escala 1:20,000

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA			
"Exploración Geoquímica y Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del Proyecto Layo - Arequipa Perú"			
GEOQUÍMICA DE MERCURIO (ppm)			
Estado:	Fecha:	Autor:	Figura N°:
1:20,000	Dic.-2011	Bachiller Alejandro Gomez Antipora	27



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA			
"Exploración Geoquímica y Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del Proyecto Layo - Arequipa Perú"			
GEOQUÍMICA DE BISMUTO (ppm)			
Escala:	1:20,000		
Fecha:	Dic.-2011		
Autor:	Bachiller Alejandro Gomez Antipora		
Figura N.º:	28		



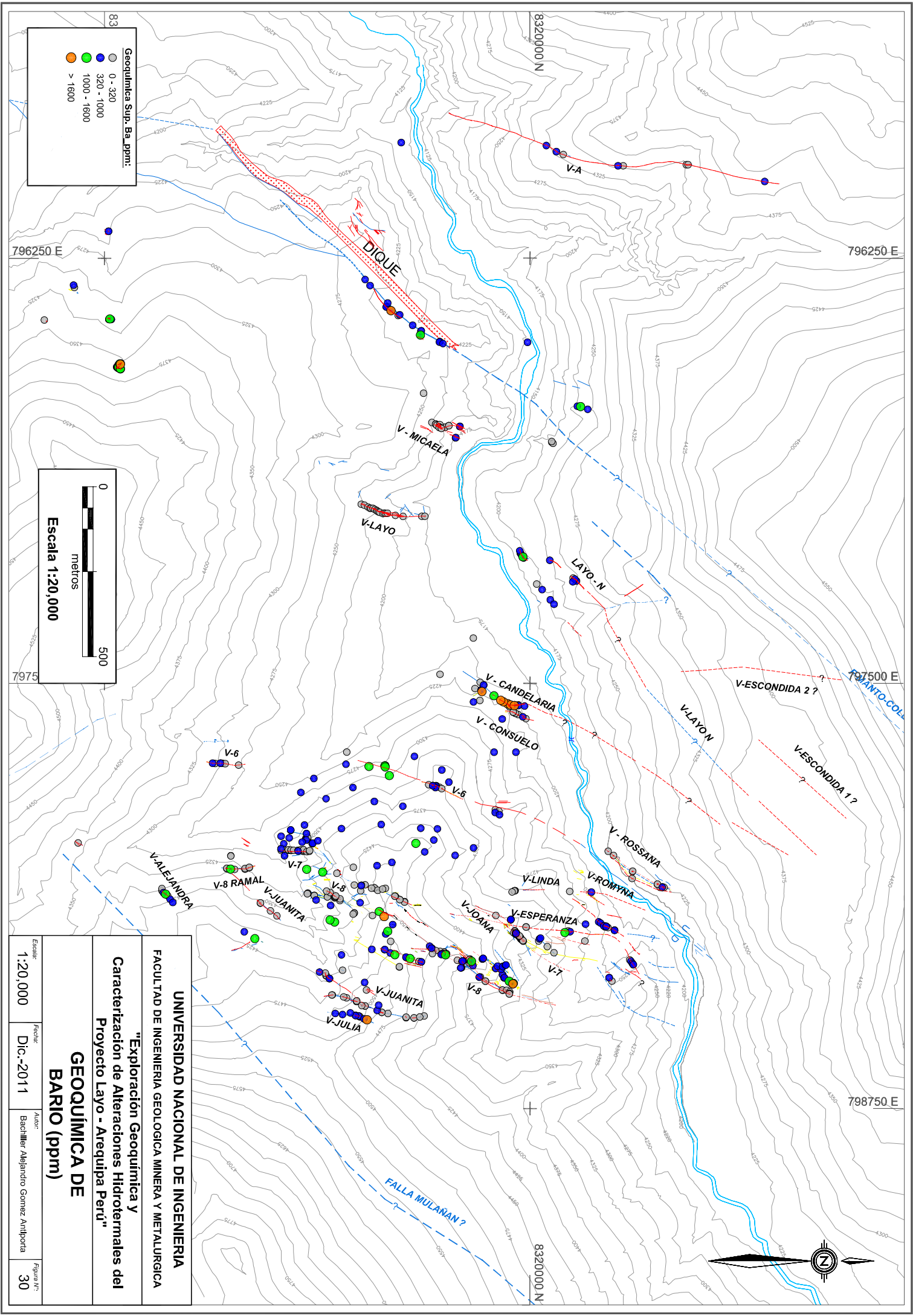
Geoquímica Sup. Te. ppm:

- 0 - 10
- 10 - 35
- 35 - 100
- 100 - 350
- 350 - 900
- > 900

Escala 1:20,000

0
500
metros

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA			
"Exploración Geoquímica y Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del Proyecto Layo - Arequipa Perú"			
GEOQUÍMICA DE TELURO (ppm)			
Escala:	1:20,000	Fecha:	Dic.-2011
Autor:	Bachiller Alejandro Gomez Antiporda		
Figura N.º:	29		



83
 796250 E

Geoquímica Sup. Ba. ppm:

- 0 - 320
- 320 - 1000
- 1000 - 1600
- > 1600

0
 500
 metros

Escala 1:20,000

79750 E

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

**"Exploración Geoquímica y
 Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
 Proyecto Layo - Arequipa Perú"**

**GEOQUÍMICA DE
 BARIO (ppm)**

Estado:	1:20,000	Fecha:	Dic.-2011	Autor:	Bachiller Alejandro Gomez Antipora	Figura N.º:	30
---------	----------	--------	-----------	--------	------------------------------------	-------------	----



5. GEOQUÍMICA DE SONDAJES

El estudio geoquímico de los sondeos tiene por objeto verificar el comportamiento de los elementos guías a profundidades definidas por la geoquímica superficial.

5.1 Metodología de muestreo

Para el estudio geoquímico de los sondeos se ha desarrollado el siguiente procedimiento:

- De los 47 sondeos ejecutados tanto desde superficie como de interior mina en el proyecto, solo 26 sondeos tienen muestreo geoquímico, sumando en total 546 muestras.
- A los resultados se le ha realizado el análisis estadístico para evaluar el comportamiento de las poblaciones de leyes, definiéndose el comportamiento log normal en todos los elementos procesados.

5.2 Tratamiento estadístico de datos geoquímicos

5.2.1 Análisis de Histogramas

- **ORO**

A diferencia del histograma de superficie donde se muestra el efecto de distorsión para valores menores al límite de detección. En sondeos se tiene un

histograma unimodal con sesgo hacia valores altos. La media en superficie (0.50) es mayor a la media en sondajes (0.22).

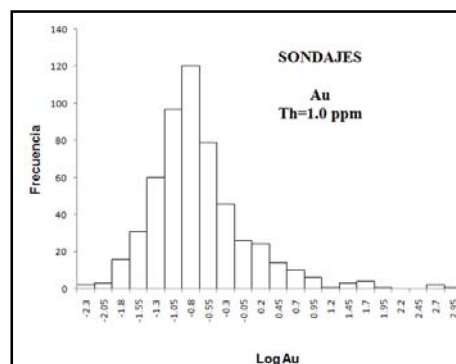
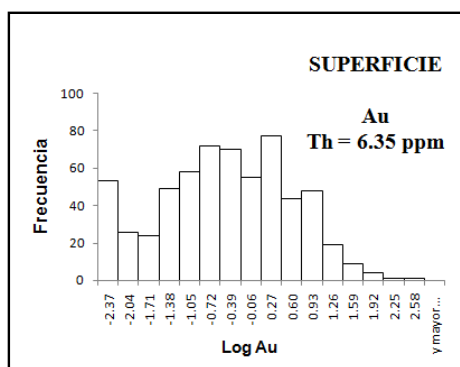


Fig. 31 Histograma de Au (Superficie)

Fig. 32 Histograma de Au (Sondajes)

- **PLATA**

El histograma de sondajes tiende a ser trimodal sesgado hacia valores altos a diferencia del histograma de superficie que tiende a ser bimodal. La media (5.10) de superficie es mayor a la media de sondajes (2.55).

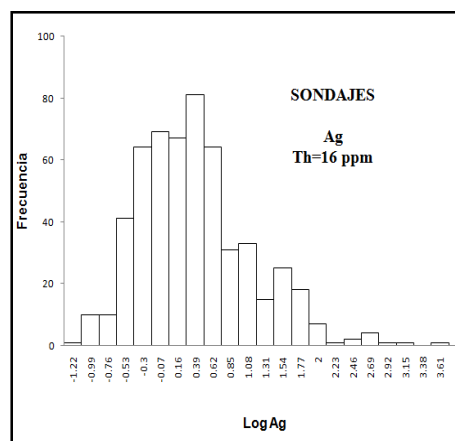
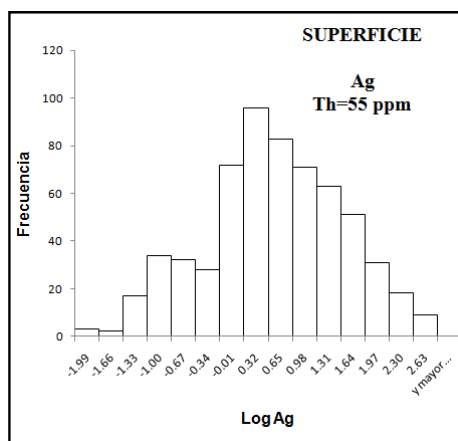


Fig. 33 Histograma de Ag (Superficie)

Fig. 34 Histograma de Ag (Sondajes)

- **COBRE**

Las muestras de superficie muestran un histograma unimodal con sesgo hacia valores altos, mientras el histograma de sondajes se distorsiona por valores bajos.

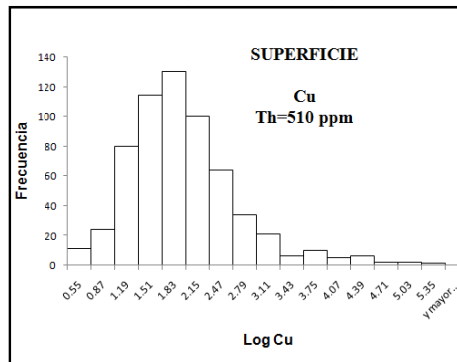


Fig. 35 Histograma de Cu (Superficie)

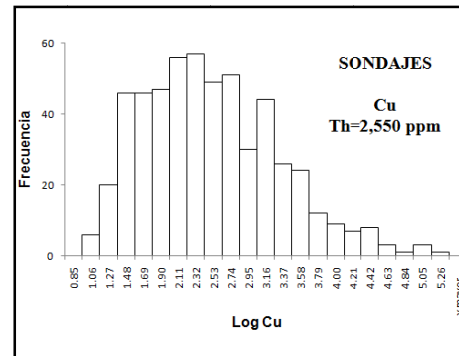


Fig. 36 Histograma de Cu (Sondajes)

- **PLOMO**

Los histogramas tanto para superficie como para sondajes son similares. En superficie presenta un histograma trimodal, similar al histograma de sondajes, lo que evidencia hasta tres poblaciones. La media de superficie es menor a la media de sondajes.

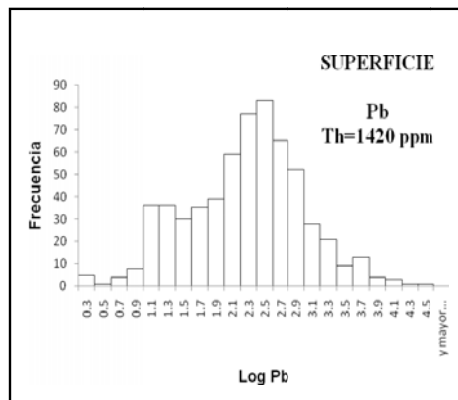


Fig. 37 Histograma de Pb (Superficie)

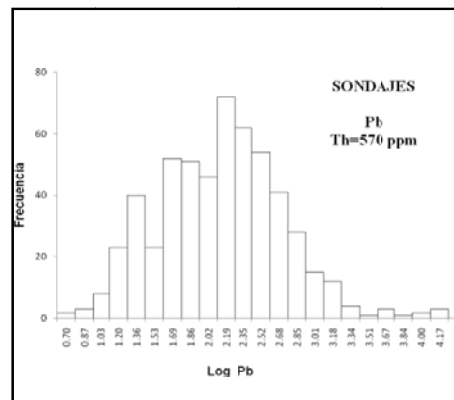


Fig. 38 Histograma de Pb (Sondajes)

- **ZINC**

El comportamiento en ambos histogramas es similar, resalta hasta 3 poblaciones, tienen un sesgo hacia los valores altos. El valor medio aumenta a profundidad de 6 ppm en superficie a 13 ppm en sondajes.

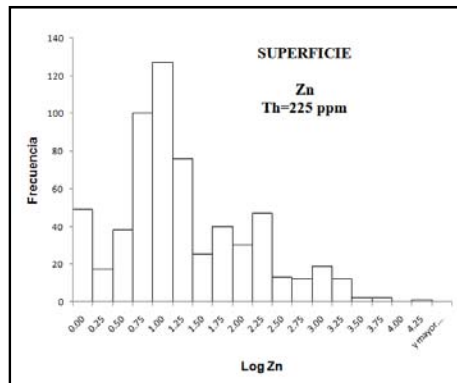


Fig. 39 Histograma de Zn (Superficie)

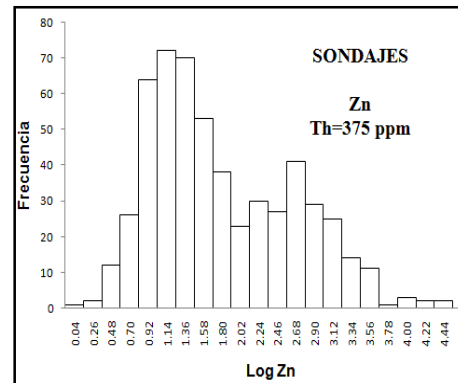


Fig. 40 Histograma de Zn (Sondajes)

- **ESTAÑO**

En superficie el histograma es difuso con sesgo hacia valores altos, en sondajes el histograma es unimodal con sesgo también hacia valores altos.

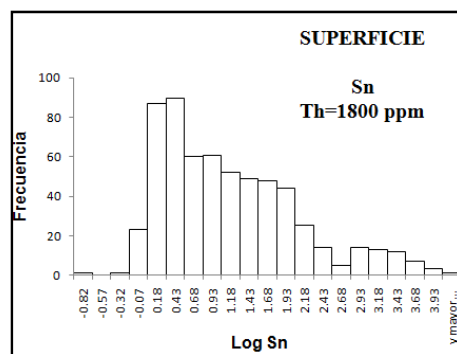


Fig. 41 Histograma de Sn (Superficie)

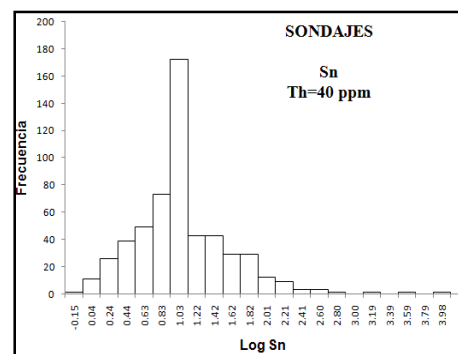


Fig. 42 Histograma de Sn (Sondajes)

- **MOLIBDENO**

Es unimodal para ambas zonas, en superficie existe un ligero sesgo hacia valores altos y en sondajes el histograma es centrado. La media no varía mucho de 6.5 en superficie a 10 para sondajes.

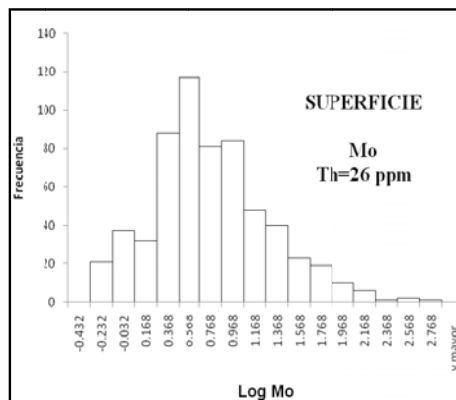


Fig. 43 Histograma de Mo (Superficie)

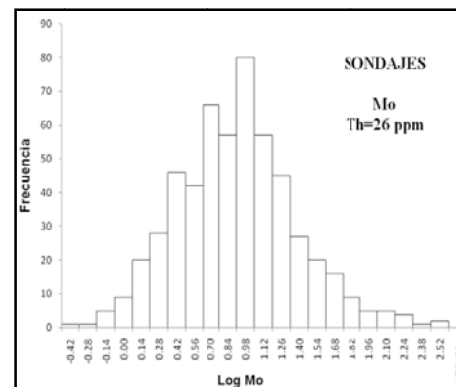


Fig. 44 Histograma de Mo (Sondajes)

- **ARSÉNICO**

Es unimodal y centrados para ambas zonas, los histogramas en superficie como en sondajes son muy similares. Aunque la media en superficie es mayor (142) a la media de sondajes (100).

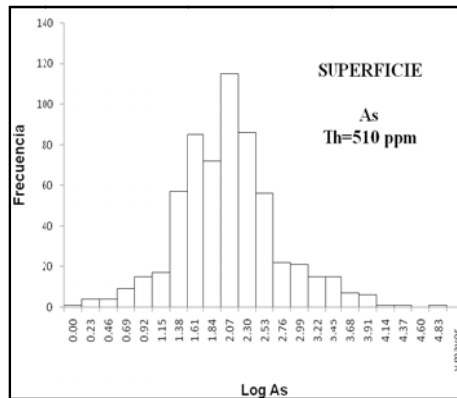


Fig. 45 Histograma de As (Superficie)

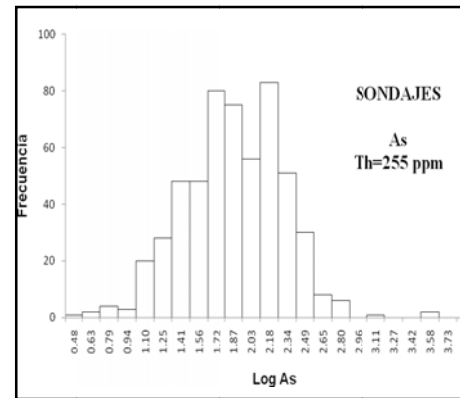


Fig. 46 Histograma de As (Sondajes)

- **ANTIMONIO**

El histograma de superficie es unimodal y centrado mientras el histograma de sondajes es unimodal pero con sesgo hacia valores altos. Los valores en superficie son mayores se evidencia con la media (45) y (13) para la media de sondajes.

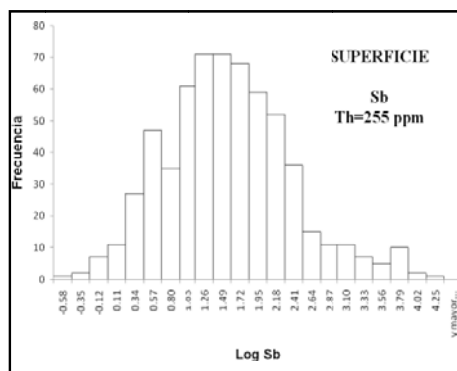


Fig. 47 Histograma de Sb (Superficie)

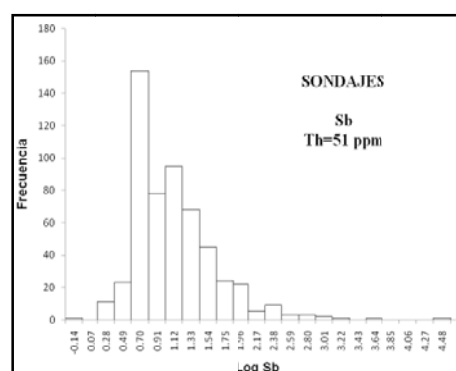


Fig. 48 Histograma de Sb (Sondajes)

- **MERCURIO**

Los histogramas para ambos casos no están muy definidos. Se observa sesgo hacia valores altos.

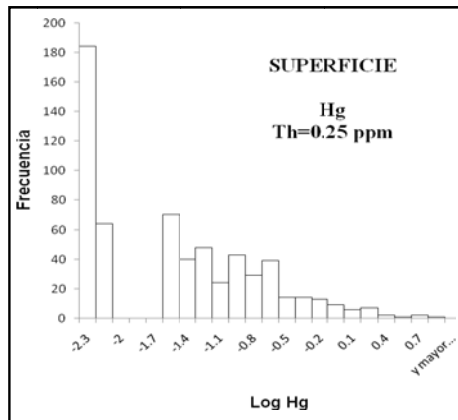


Fig. 49 Histograma de Hg (Superficie)

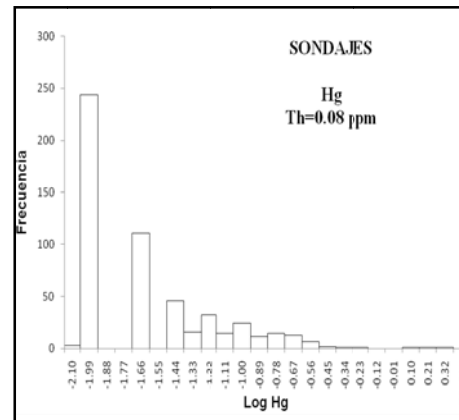


Fig. 50 Histograma de Hg (Sondajes)

• TELURO

Para ambos casos los histogramas muestran prácticamente el mismo comportamiento. Histogramas unimodal centrados. En el caso del histograma de superficie existe una pequeña distorsión por valores menores al límite de detección. Cabe resaltar que la media de superficie (10) es el doble de la media de sondajes (5).

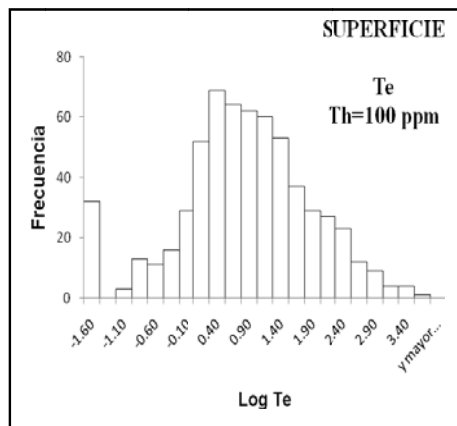


Fig. 51 Histograma de Te (Superficie)

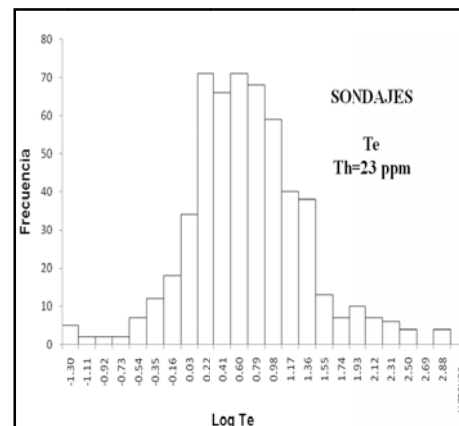


Fig. 52 Histograma de Te (Sondajes)

• **BISMUTO**

Para el caso de superficie el histograma está un poco difuso. En el caso de sondajes el histograma es unimodal y centrado. Para ambos casos la media se mantiene (13).

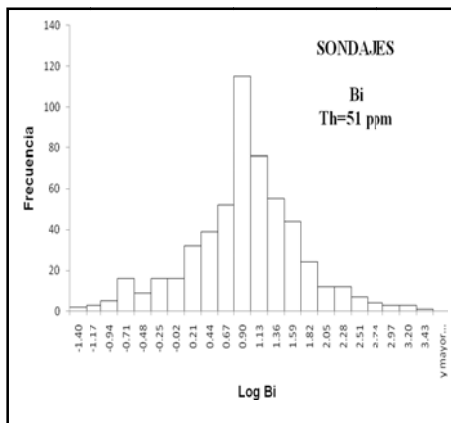
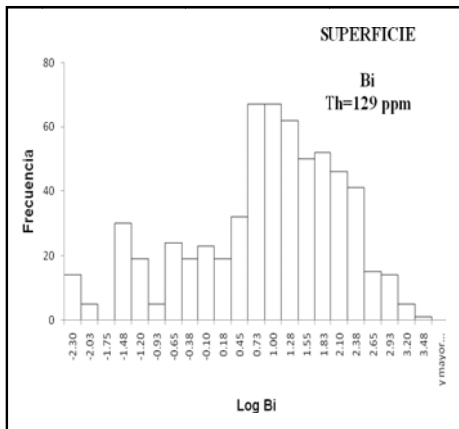


Fig. 53 Histograma de Bi (Superficie)

Fig. 54 Histograma de Bi (Sondajes)

• **BARIO**

El histograma en superficie no está muy claro al parecer refleja varias poblaciones, mientras que el histograma en sondajes es trimodal con una población mayor ubicada hacia valores altos.

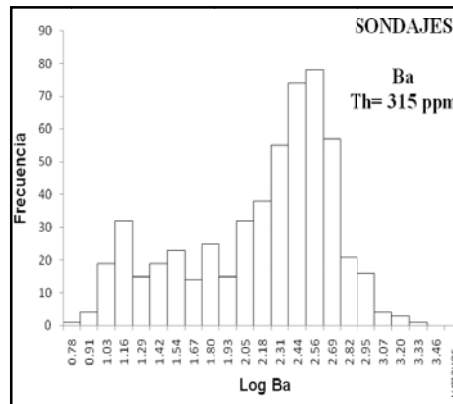
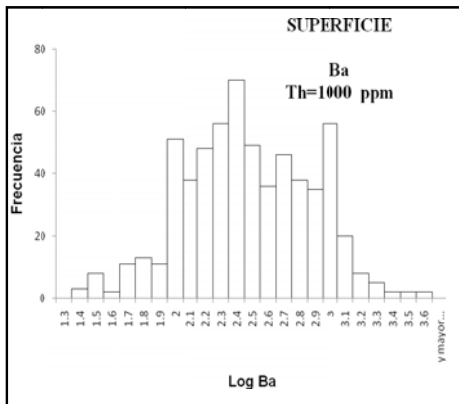


Fig. 55 Histograma de Ba (Superficie)

Fig. 56 Histograma de Ba (Sondajes)

5.2.2. Análisis de Correlación

Se ha elaborado matrices de correlación a distintos niveles. Estos niveles son: Nv 3820-4020, Nv 4020-4120, Nv 4120-4220, Nv 4220-4420.

Para el análisis de correlaciones se ha elaborado gráficos que muestran el comportamiento de los elementos trazas a distintos niveles.

- **ORO-PLATA**

Se tiene una muy buena correlación de 0.95 para el nivel 4220-4420 disminuyendo abruptamente a 0.17 para el nivel 4120-4220 luego se incrementa 0.70 para el nivel 4020-4120 y disminuye moderadamente a 0.56 al nivel 3820-4020. En general la correlación disminuye moderadamente a mayor profundidad.

- **ORO-COBRE**

Al igual que la plata presenta una buena correlación 0.89 al nivel 4220-4420 para disminuir fuertemente a 0.28 en el nivel 4120-4220 luego decrece moderadamente y progresivamente hasta -0.01 al nivel 3820-4020.

- **ORO-PLOMO**

Presenta una débil correlación 0.23 al nivel 4220-4420 para pasar a una débil correlación negativa -0.04 al nivel 4120-4220 para luego incrementarse ligeramente hasta 0.23 al nivel 3820-4020.

- **ORO-ZINC**

El comportamiento de las correlaciones es similar al del plomo. Presenta una débil correlación 0.29 al nivel 4220-4420 para pasar a una débil correlación negativa -0.04 al nivel 4120-4220 para luego incrementarse ligeramente hasta 0.14 al nivel 3820-4020.

- **ORO-ESTAÑO**

Se tiene una buena correlación 0.79 para la población del nivel 4220-4420, disminuye a 0.31 para el nivel 4120-4220 y prácticamente no existe correlación para el nivel 3820-4120.

- **ORO-MOLIBDENO**

Prácticamente no existe correlación (-0.12 a 0.02) en los niveles estudiados.

- **ORO-ARSÉNICO**

Solamente en el nivel 4120-4220 se tiene una débil correlación positiva (0.20). En el resto de niveles prácticamente no existe correlación.

- **ORO-ANTIMONIO**

Se tiene una débil correlación 0.31 al nivel 4220-4420 para disminuir a -0.01 al nivel 4120-4220, y luego incrementarse hasta 0.23 al nivel 3820-4020.

- **ORO-MERCURIO**

Prácticamente no existe correlación (-0.06 a 0.05) en los niveles estudiados.

- **ORO-TELURO**

Presenta una buena correlación 0.83 para la población del nivel 4220-4420 disminuyendo a 0.41 para el nivel 4120-4220, luego se incrementa hasta 0.66 en el nivel 4120-4220 para posteriormente decrecer abruptamente a 0.09 en el nivel 3820-4120.

- **ORO-BISMUTO**

Las correlaciones de las poblaciones a diferentes niveles presentan un comportamiento similar al de telurio. Presenta una excelente correlación 0.94 para la población del nivel 4220-4420 disminuyendo fuertemente a 0.19 para el nivel 4120-4220, luego se incrementa hasta 0.55 en el nivel 4120-4220 para posteriormente decrecer abruptamente a 0.10 en el nivel 3820-4120.

- **ORO-BARIO**

Se tiene una débil correlación 0.14 al nivel 3820-4020. En los demás niveles estudiados no existe correlación.

6.1.2 Elementos Afines

Se pudo identificar las siguientes familias:

Este trío de elementos mantiene una buena correlación en los 4 niveles estudiados al igual que en superficie es debido a la asociación de hessita (Ag_2Te), silvanita (AuAgTe_4), kawasulita ($\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{Se}$) y telurobismutinita (Bi_2Te_3).

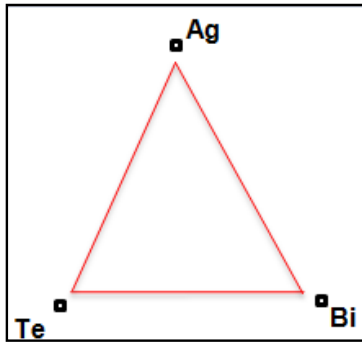


Fig. 57 Diagrama ternario de correlación (Ag, Te, Bi).

Este trío de elementos mantiene una buena correlación desde el nivel 4420 hasta el nivel 4020. Debido a una clara asociación de calcopirita, calaverita y telurobismutinita.

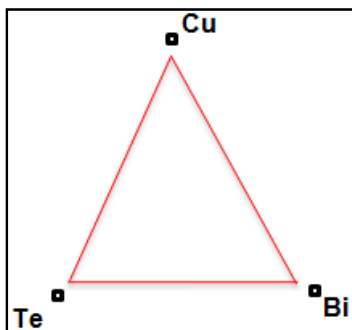


Fig. 58 Diagrama ternario de correlación (Cu, Te, Bi).

Este trío de elementos mantiene una buena correlación en los 4 niveles estudiados.

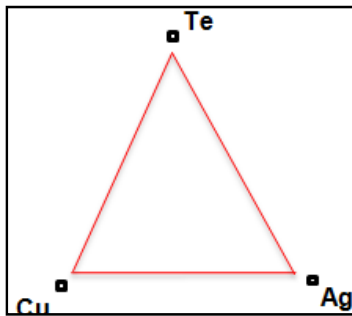


Fig. 59 Diagrama ternario de correlación (Te, Cu, Ag).

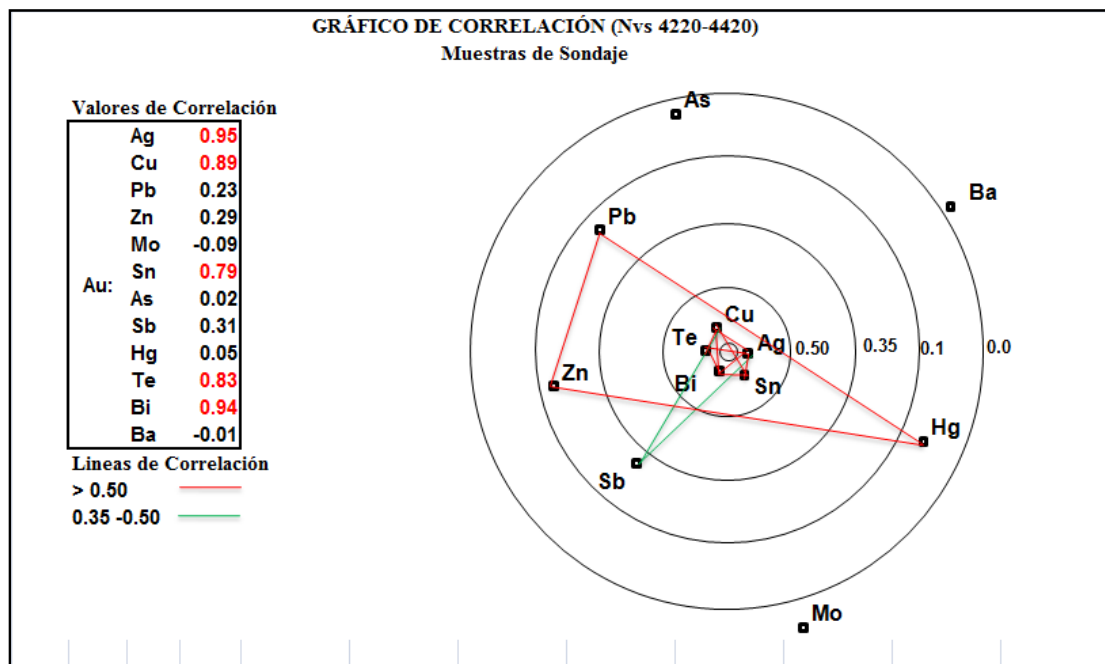


Fig. 60 Gráfico de correlación (Niveles 4220-4420).

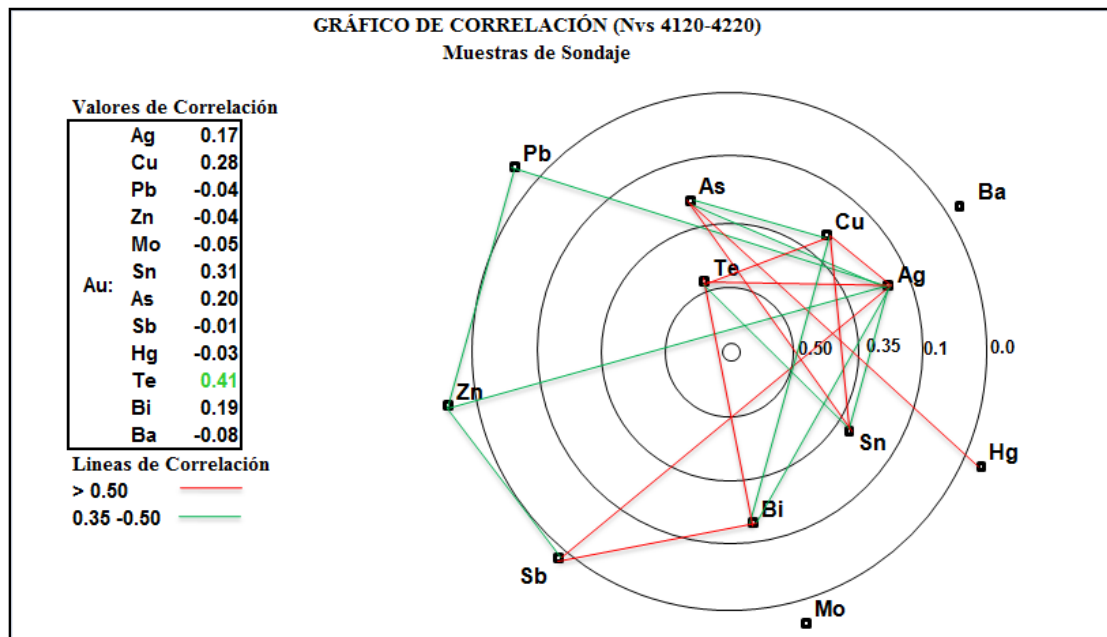


Fig. 61 Gráfico de correlación (Niveles 4120-4220).

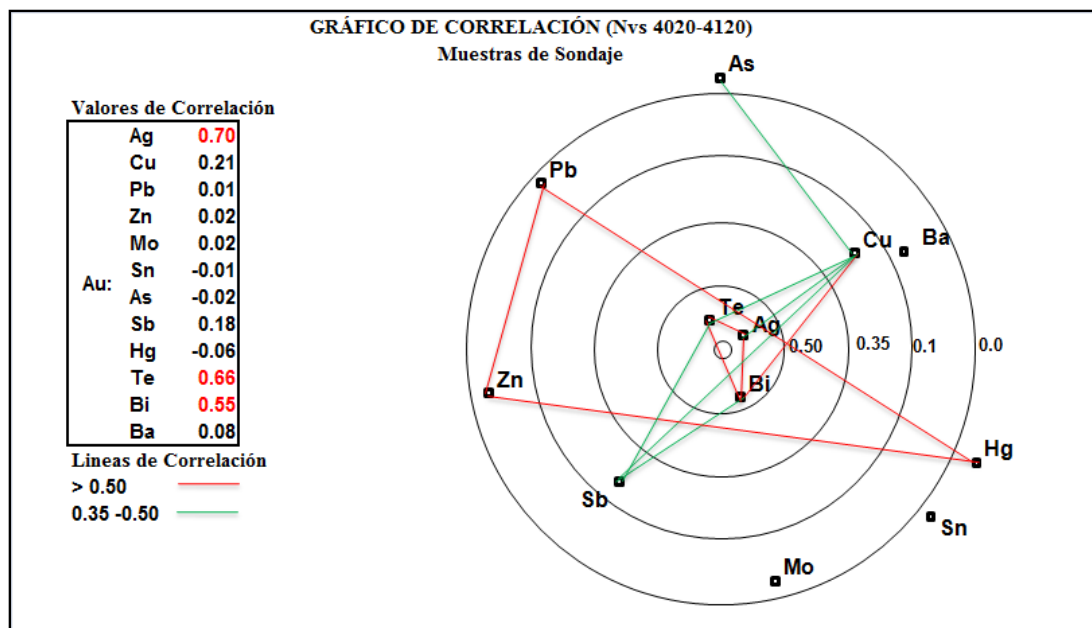


Fig. 62 Gráfico de correlación (Niveles 4020-4120).

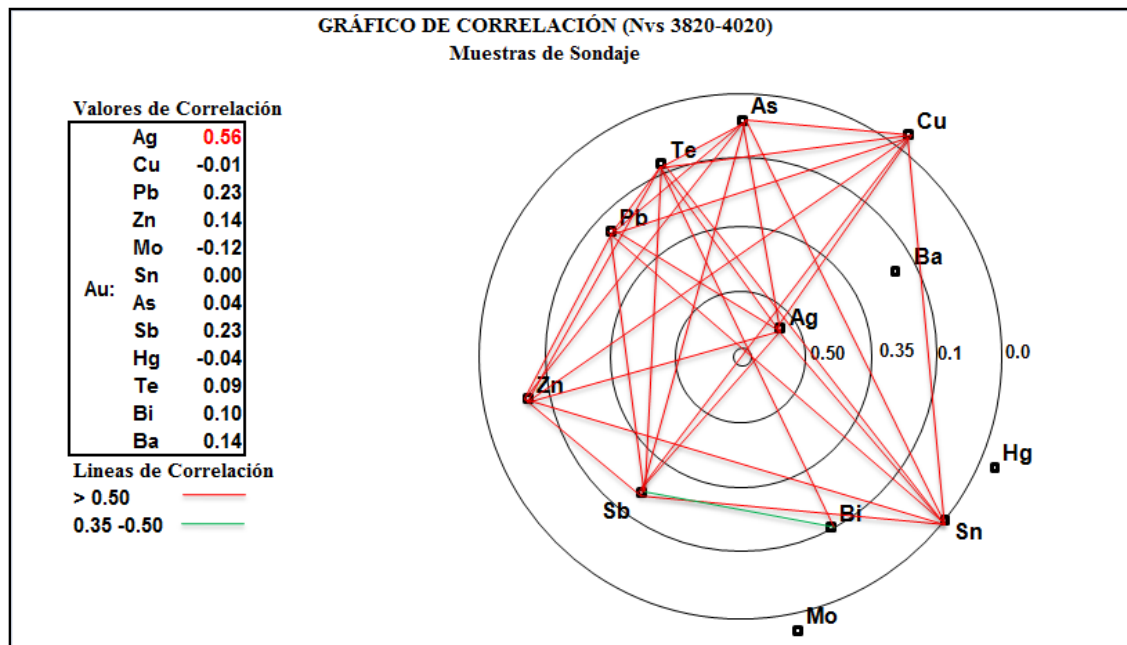


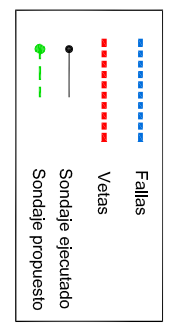
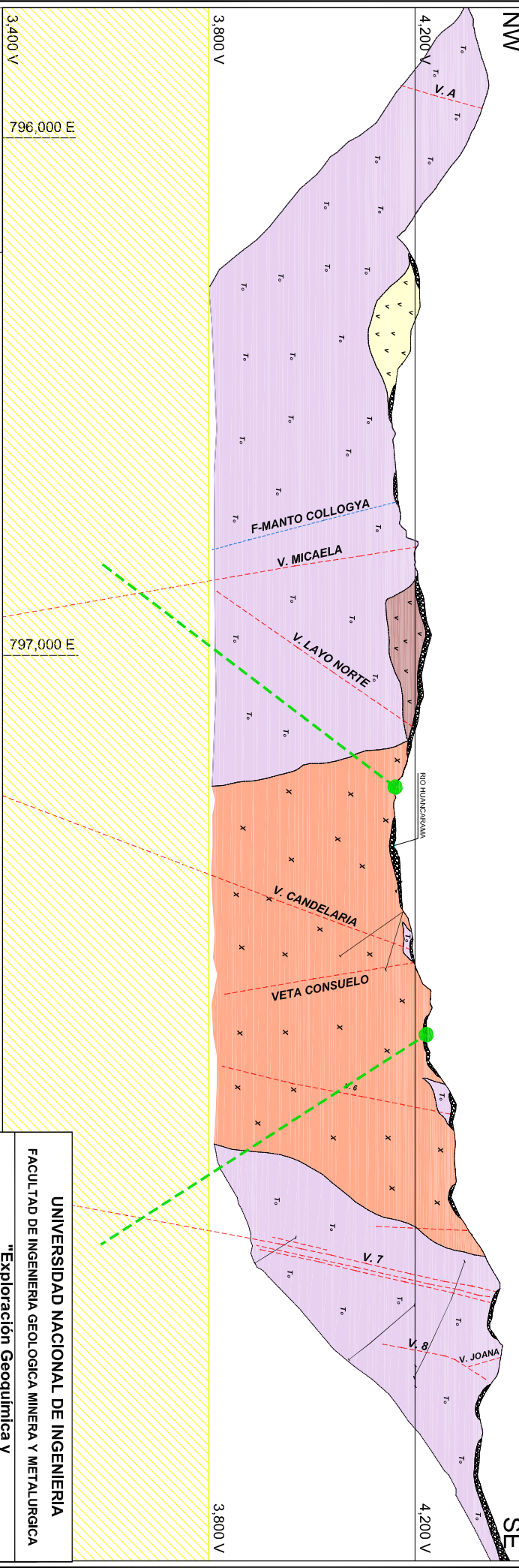
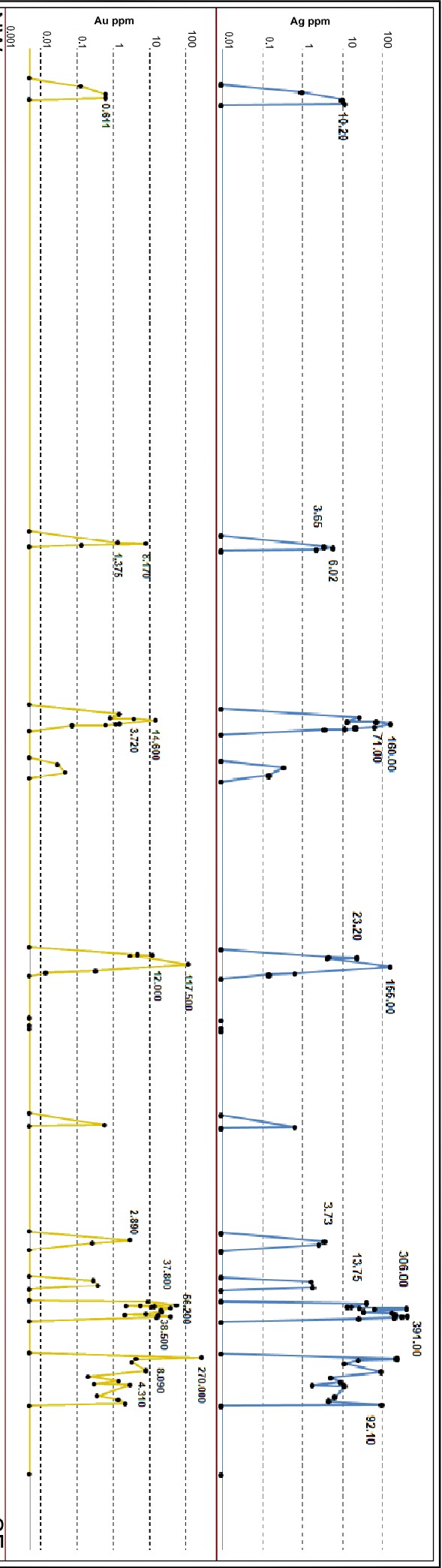
Fig. 63 Gráfico de correlación (Niveles 3820-4020).

6.1.2 Perfiles litogeoquímicos de sondajes y anomalías geoquímicas

Se realizó la interpretación litológica-estructural y de alteraciones de los perfiles A-A' y BB'. Se puede observar que existe una clara relación de concentraciones de valores altos de oro con halos de alteración argílica avanzada y de vetas de cuarzo, sílice y zonas de falla ubicadas en el lado este del perfil A-A'. (Figs. 64, 65, 66 y 67).

- **ORO**

Se tiene concentraciones de anomalías a partir de 1 ppm en el lado este de la sección relacionados a las vetas 7, Porvenir, Esperanza, Linda y Falla 6 (Fig. 68).

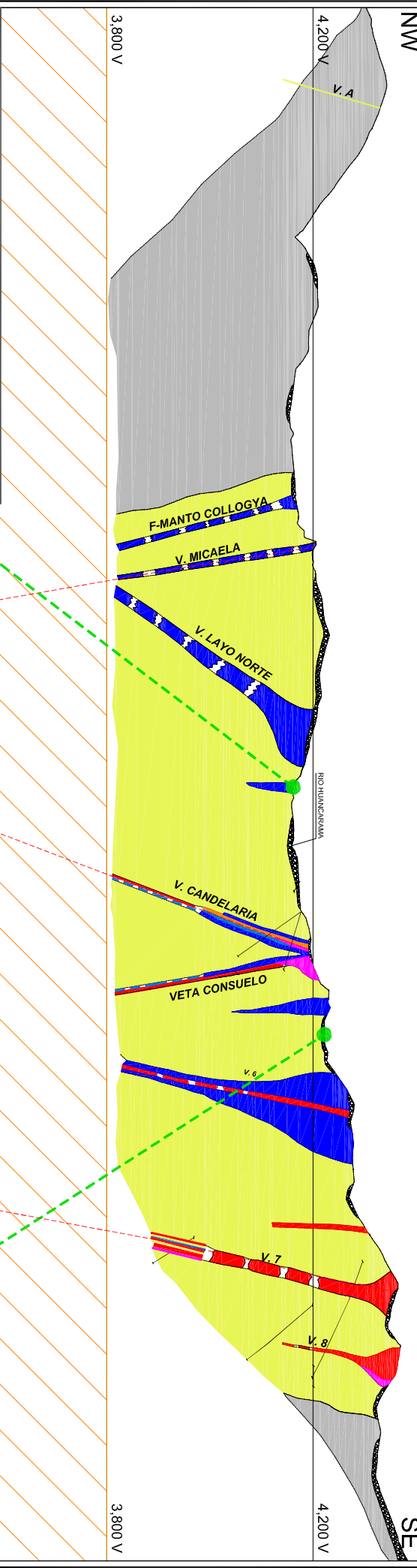
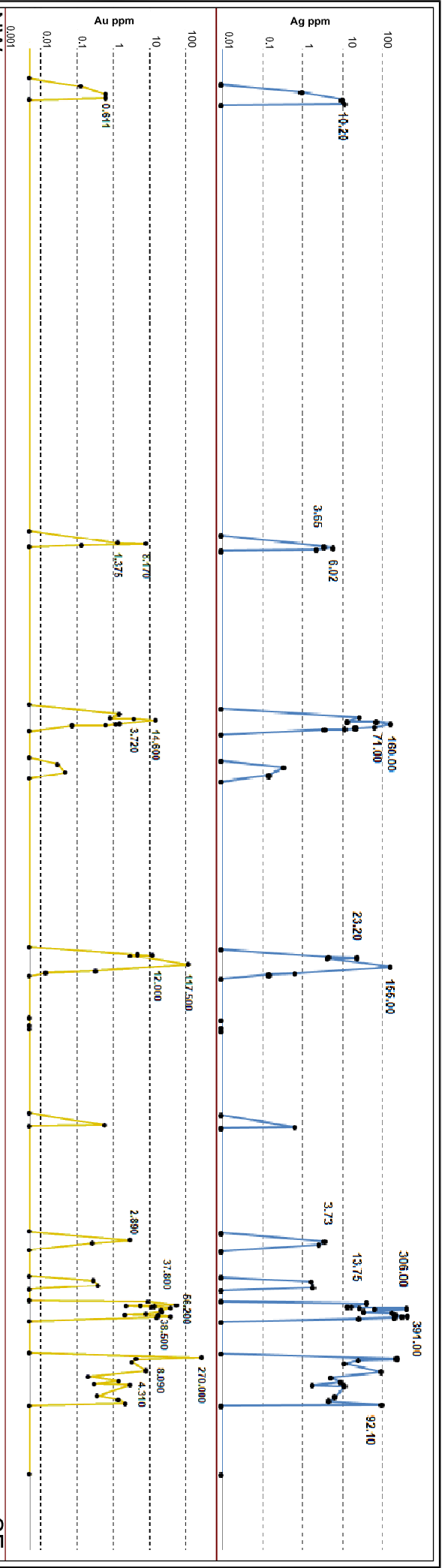


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

"Exploración Geoquímica y
 Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
 Proyecto Layo"

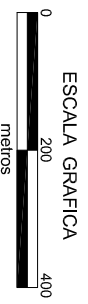
PERFIL LITOGEOQUIMICO BB'
 Au - Ag

Escala:	Gráfica
Fecha:	Nov.-2011
Autor:	Bachiller Alejandro Gomez Antipora
Figura N°:	64



- LEYENDA**
- Pridok, Pridokkao, PriKao, Dia, Diadok, Diakao, Diadokkao
 - Dck, DckKao, DckKaoMont
 - PriSer, PriKaoSer, PriSerMont, PriKaoSerMont
 - KaoSer, KaoSerIII, KaoSerMont, SerIII, SerIII Mont, SerMont
 - III, Kao, KaoIII, III Mont, KaoMont, Mont
 - Propilitico
 - Roca fresca

797,000 E

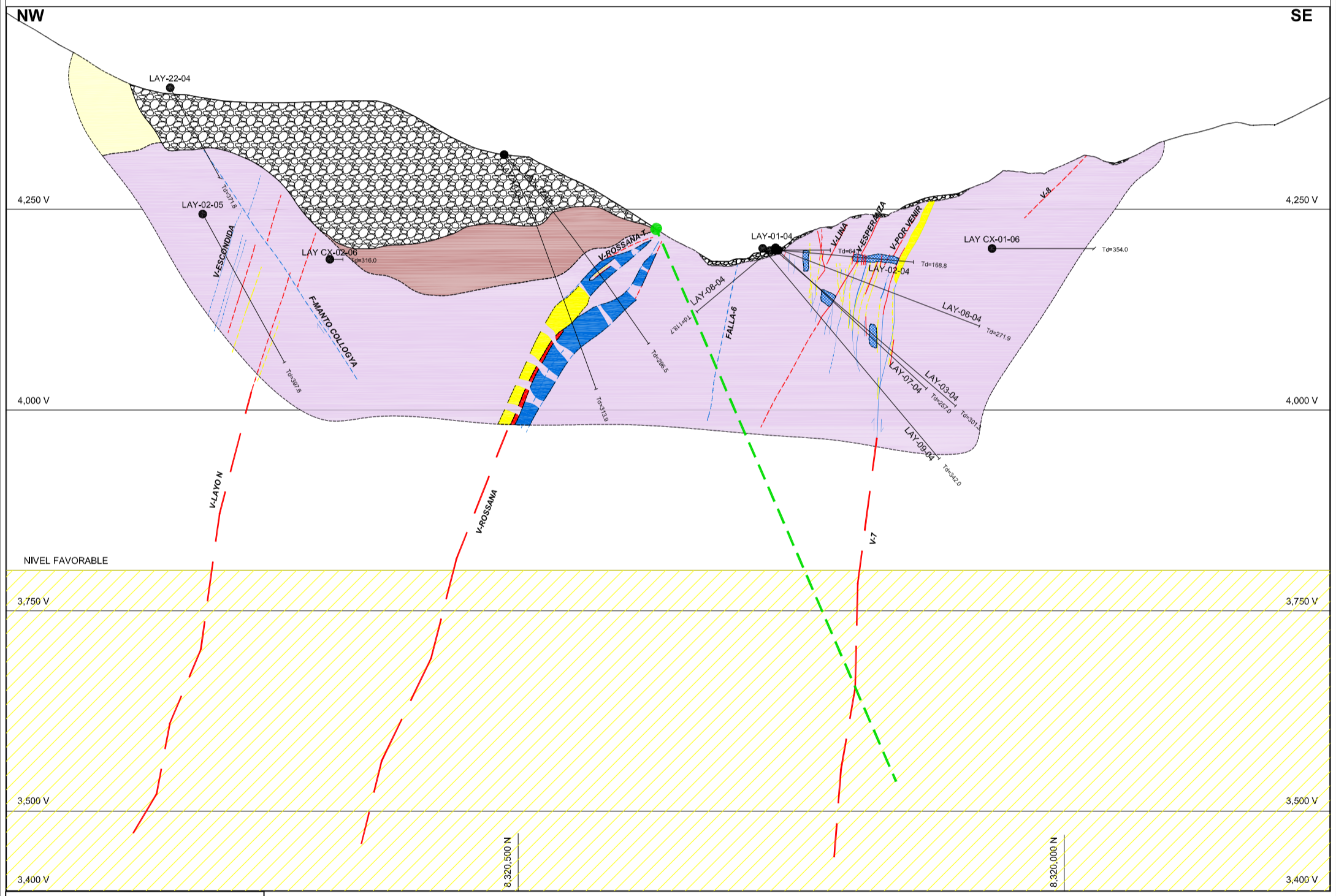
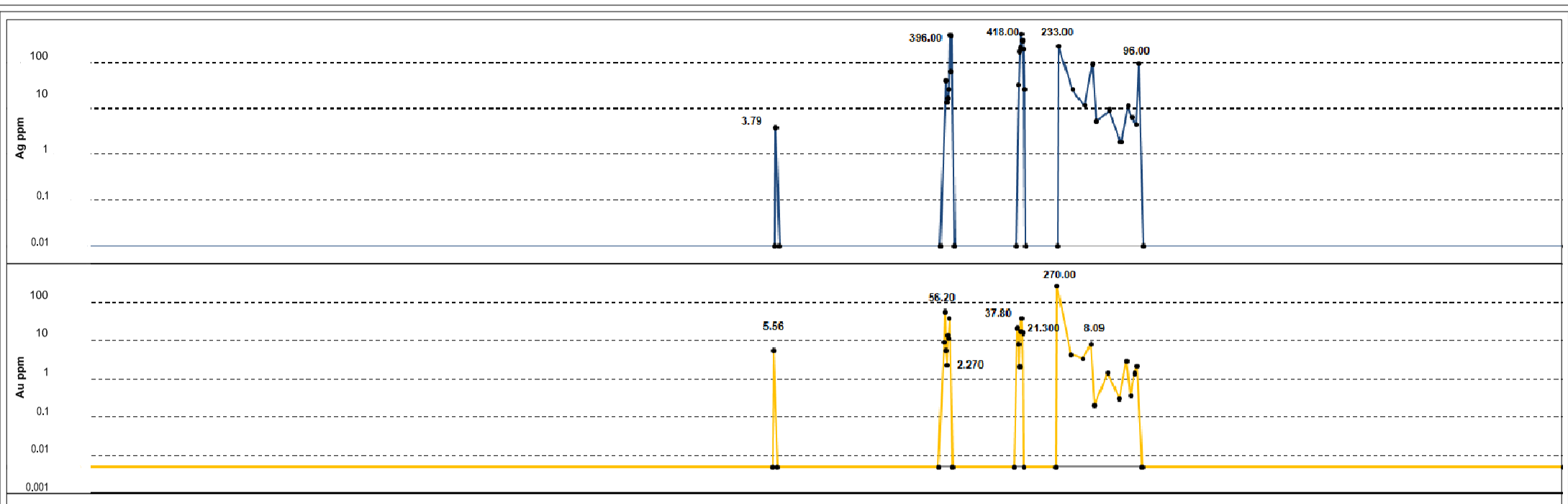


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

"Exploración Geoquímica y
 Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
 Proyecto Layo"

PERFIL LITOGEOQUIMICO BB'
ALTERACIONES

Escala:	Fecha:	Autor:	Figura N°:
Gráfica	Nov.-2011	Bachiller Alejandro Gomez Antipora	65



LITOLOGIA

- Material Coluvial Aluvial
- Volcanicos Andagua
- Domos y coladas de Sarpane
- Tufo Manto
- Falla
- Estructura de sillce
- Estructura de Cuarzo

- Sondaje ejecutado
- Sondaje propuesto

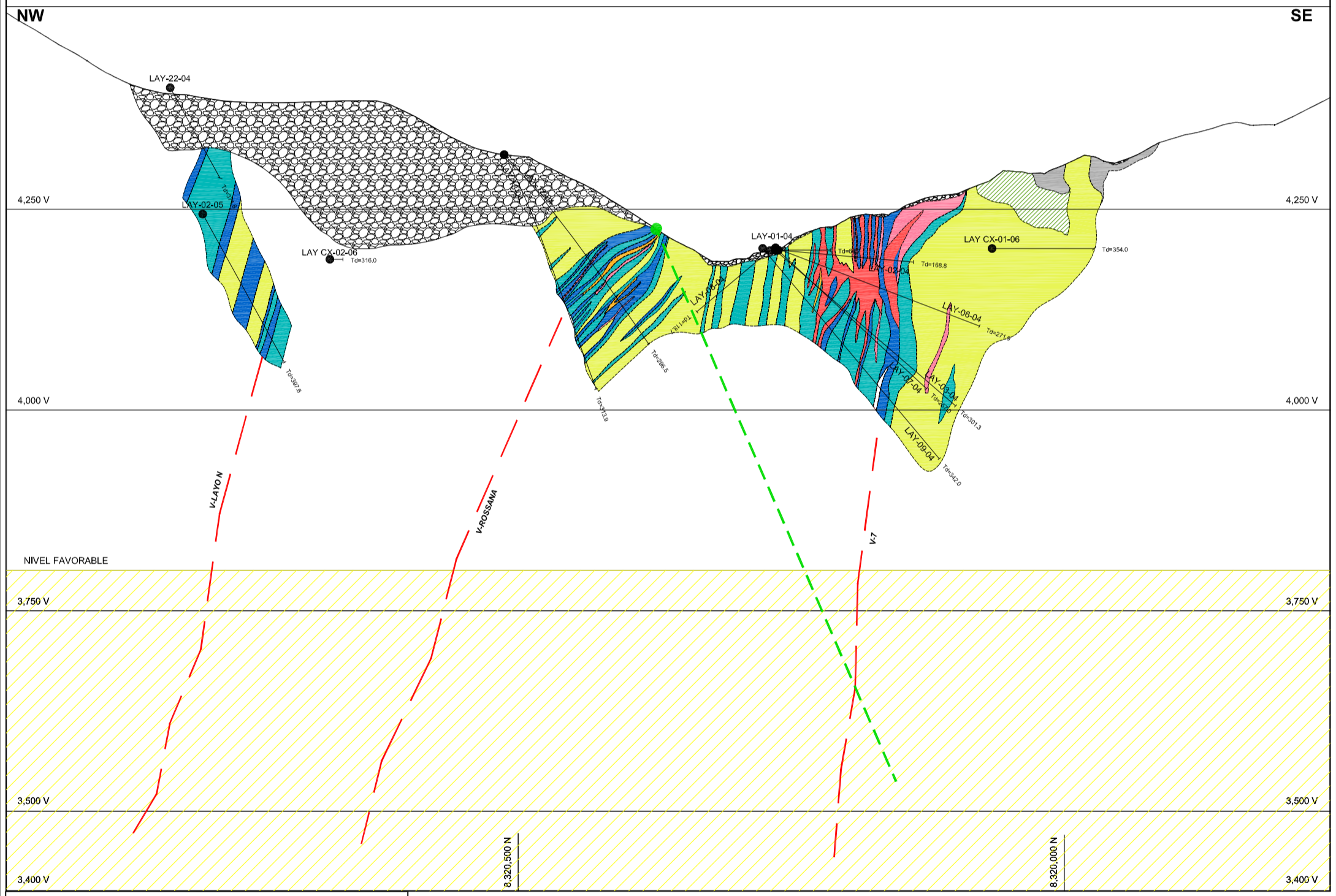
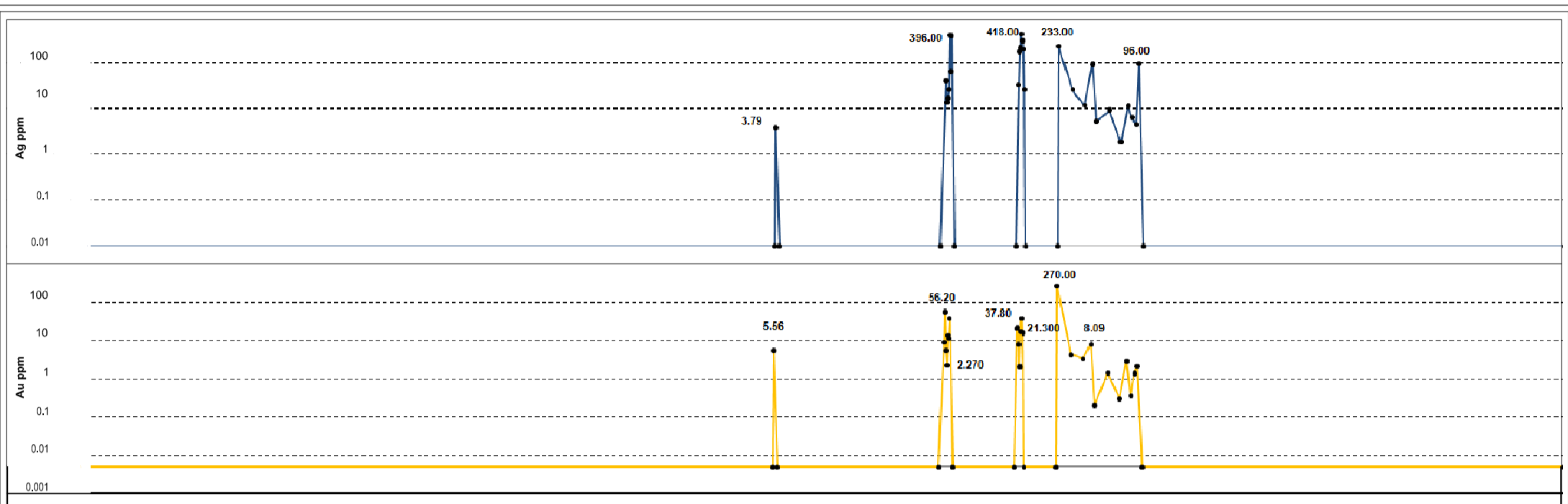


UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

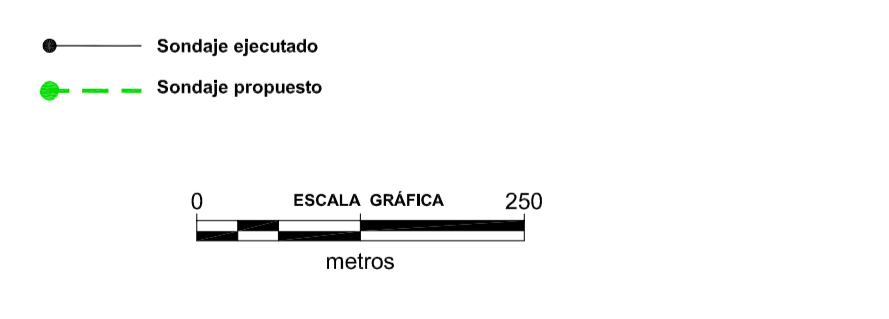
**"Exploración Geoquímica y
 Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
 Proyecto Layo - Arequipa Perú"**

**PERFIL LITOGEOQUÍMICO AA'
 (Litología - Estructural)**

Escala: Gráfica	Fecha: Dic.-2011	Autor: Bachiller Alejandro Gomez Antiporta	Figura N°: 66
--------------------	---------------------	---	------------------



ALTERACIÓN	
■	PyDik, PyDikKao, PyKao, Dia, DiaDik, DiaKao, DiaDikKao
■	Dik, DikKao, DikKaoMont
■	PySer, PyKaoSer, PySerMont, PyKaoSerMont
■	Ser
■	KaoSer, KaoSerIII, KaoSerMont, SerIII, SerIIIMont, SerMont
■	III, Kao, KaoIII, IIIMont, KaoMont, Mont
■	Propilitico
■	Roca sin Alteración



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA			
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA			
"Exploración Geoquímica y Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del Proyecto Layo - Arequipa Perú"			
PERFIL LITOGEOQUÍMICO AA' (ALTERACIONES)			
Escala: Gráfica	Fecha: Dic.-2011	Autor: Bachiller Alejandro Gomez Antipora	Figura N°: 67

- **PLATA**

Cerca al nivel 4,000 los valores de plata en la veta 7 se incrementan. En las vetas Rossana, Layo N y Escondida aproximadamente al nivel 4,100 se tiene anomalías moderadas de plata (Fig. 69).

- **COBRE**

Tiene buena concentración mayor al treshold (2,550 ppm) en el nivel 4,200 relacionado a las vetas 7, Porvenir, Esperanza y Linda se mantiene hasta el nivel 4,000 en la veta 7. Al lado NW no se observa anomalías de cobre (Fig. 70).

- **PLOMO**

La anomalía se restringe cerca al nivel 4,000 relacionadas a la veta 7 y cerca al nivel 4,100 relacionado a la veta Layo N (Fig. 71).

- **ZINC**

La dispersión del zinc es amplia y diferentes niveles como se aprecia en la (Fig. 72).

- **ESTAÑO**

Las anomalías de estaño se concentran al lado SE de la sección relacionadas a las vetas 7, Porvenir, Esperanza y Linda (Fig. 73).

- **MOLIBDENO**

Las anomalías de molibdeno se concentran principalmente al lado NW relacionadas a la veta Escondida y Layo N (Fig. 74).

- **ARSÉNICO**

Las anomalías a partir de 255 ppm tienen buena dispersión se ubican tanto al NW como al SE de la sección (Fig. 75).

- **ANTIMONIO**

Los valores anómalos tienen una mejor concentración al lado SE de la sección relacionados a las vetas 7, Porvenir, Esperanza y Linda (Fig. 76).

- **MERCURIO**

Las anomalías de mercurio se concentran mejor al lados NW de la sección relacionados a las vetas Escondida y Layo N y se correlacionan con valores altos de molibdeno (Fig. 77).

- **BISMUTO**

La mejor concentración de anomalías se ubica al lado SE de la sección relacionados a las vetas 7, Porvenir, Esperanza y Linda y tiende a disminuir a profundidad cerca al nivel 4,000 (Fig. 78).

- **TELURO**

Las anomalías a partir de 23 ppm tienen una mejor concentración en centro y SE de la sección ubicados en las vetas Falla 6, Linda, Esperanza, Porvenir y 7 (Fig. 79).

NW

4,500 V

SE

4,500 V

8,320,500 N

8,320,000 N

4,250 V

4,250 V

Nivel Favorable

LAY-02-05

LAY-02-08

LAY CX-01-06

Td=354.0

4,080 V

4,080 V

Td=371.8

Td=397.8

LAY-12-04

LAY-08-04

LAY-01-04

LAY-02-04

LAY-03-04

LAY-08-04

LAY-07-04

LAY-09-04

Td=342.0

4,000 V

4,000 V

Td=397.8

Td=397.8

Td=385.5

Td=371.8

Td=354.0

Td=342.0

Td=327.8

Td=313.3

Td=301.3

Td=287.0

3,750 V

3,750 V

8,320,500 N

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

"Exploración Geoquímica y
 Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
 Proyecto Layo - Arequipa Perú"

SECCIÓN SONDAJES AA'
GEOQUÍMICA DE ORO (ppm)

Estado:	Gráfica	Fecha:	Dic.-2011	Autor:	Bachiller Alejandro Gomez Antipora	Figura N°:	68
---------	---------	--------	-----------	--------	------------------------------------	------------	----

GEOQUIMICA SUP. Au g/t: GEOQUIMICA DDH Au g/t: GEOQUIMICA LABORES Au g/t:

- ◆ 0.000 - 0.500 ● 0.000 - 0.220 ■ 0.000 - 0.220
- ◆ 0.500 - 1.000 ● 0.220 - 1.000 ■ 0.220 - 1.000
- ◆ 1.000 - 3.500 ● 1.000 - 3.500 ■ 1.000 - 3.500
- ◆ 3.500 - 6.350 ● 3.500 - 10.000 ■ 3.500 - 10.000
- ◆ 6.350 - 51.000 ● 10.000 - 16.000 ■ 10.000 - 16.000
- ◆ 51.000 - 1000.000 ● 16.000 - 1000.000 ■ 16.000 - 1000.000



NW

4,500 V

8,320,500 N

SE

4,500 V

8,320,000 N

4,250 V

4,250 V

4,000 V

4,000 V

3,750 V

3,750 V

8,320,500 N

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

"Exploración Geoquímica y
 Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
 Proyecto Layo - Arequipa Perú"

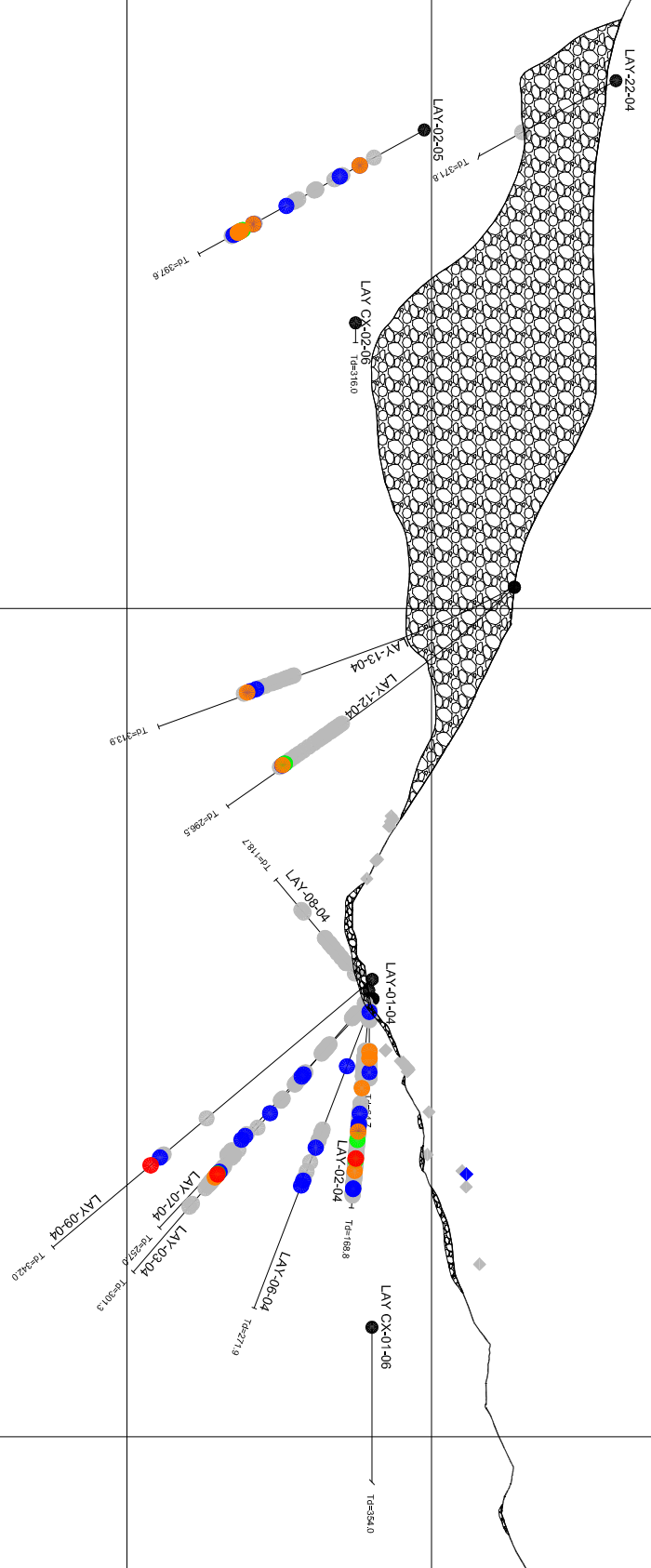
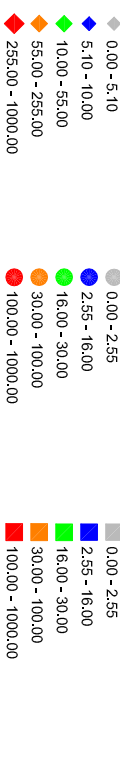
SECCIÓN SONDAJES AA'
GEOQUÍMICA DE PLATA (ppm)

Escala: Gráfica Fecha: Dic.-2011 Autor: Bachiller Alejandro Gomez Antipora Figura N°: 69

GEOQUÍMICA SUP. Ag. g/t: 0.00 - 5.10 5.10 - 10.00 10.00 - 55.00 55.00 - 255.00 255.00 - 1000.00

GEOQUÍMICA DDH Ag. g/t: 0.00 - 2.55 2.55 - 16.00 16.00 - 30.00 30.00 - 100.00 100.00 - 1000.00

GEOQUÍMICA LABORES Ag. g/t: 0.00 - 2.55 2.55 - 16.00 16.00 - 30.00 30.00 - 100.00 100.00 - 1000.00



NW

4,500 V

8,320,500 N

8,320,000 N

SE

4,500 V

4,250 V

4,250 V

4,000 V

4,000 V

3,750 V

3,750 V

8,320,500 N

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

"Exploración Geoquímica y
 Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
 Proyecto Layo - Arequipa Perú"

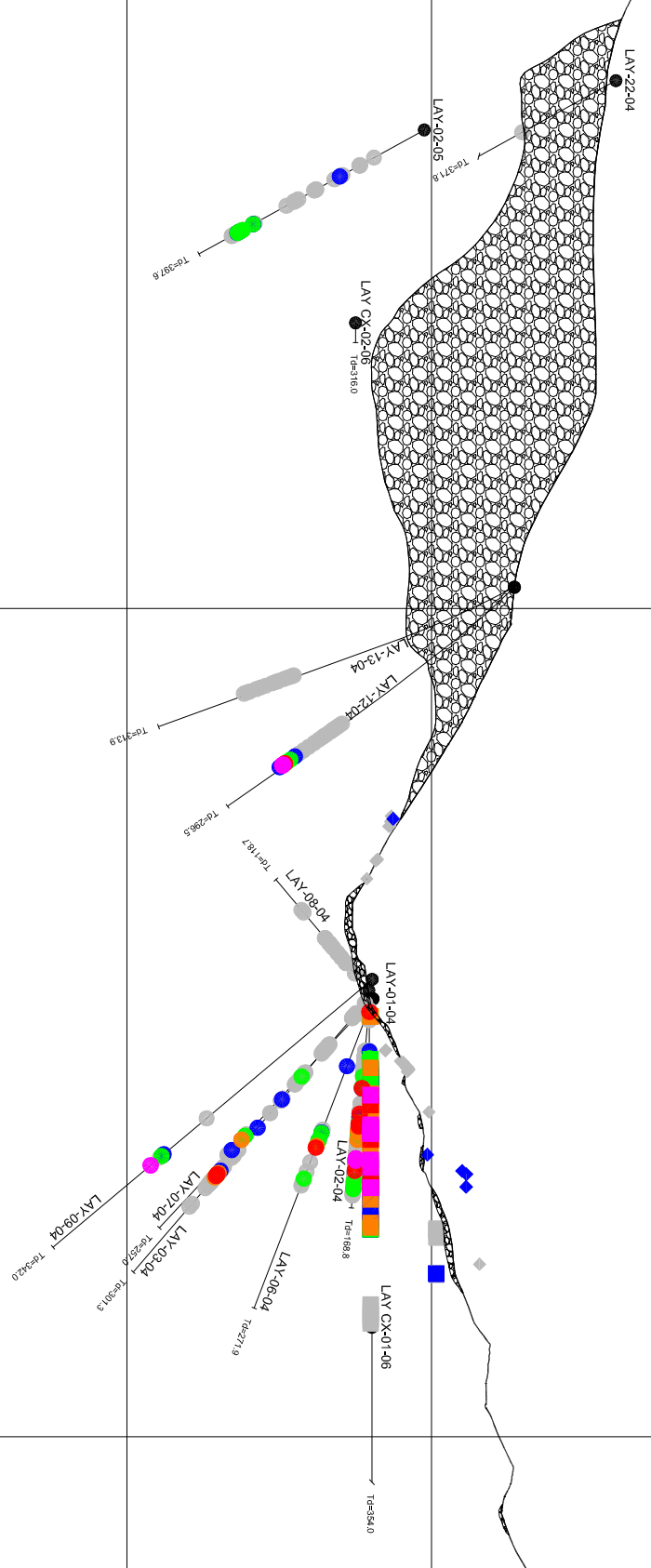
SECCIÓN SONDAJES AA'
GEOQUÍMICA DE COBRE (ppm)

Estado:	Gráfica
Fecha:	Dic.-2011
Autor:	Bachiller Alejandro Gomez Antipora
Figura N°:	70

GEOQUIMICA SUP. Cu ppm: 0 - 100, 100 - 510, 510 - 1000, 1000 - 3500, 3500 - 12600, 12600 - 35000

GEOQUIMICA DDH Cu ppm: 0 - 320, 320 - 1000, 1000 - 2550, 2550 - 10000, 10000 - 25500, 25500 - 100000

GEOQUIMICA LABORES Cu ppm: 0 - 320, 320 - 1000, 1000 - 2550, 2550 - 10000, 10000 - 25500, 25500 - 100000



NW

4,500 V

8,320,500 N

8,320,000 N

SE

4,500 V

4,250 V

4,250 V

4,000 V

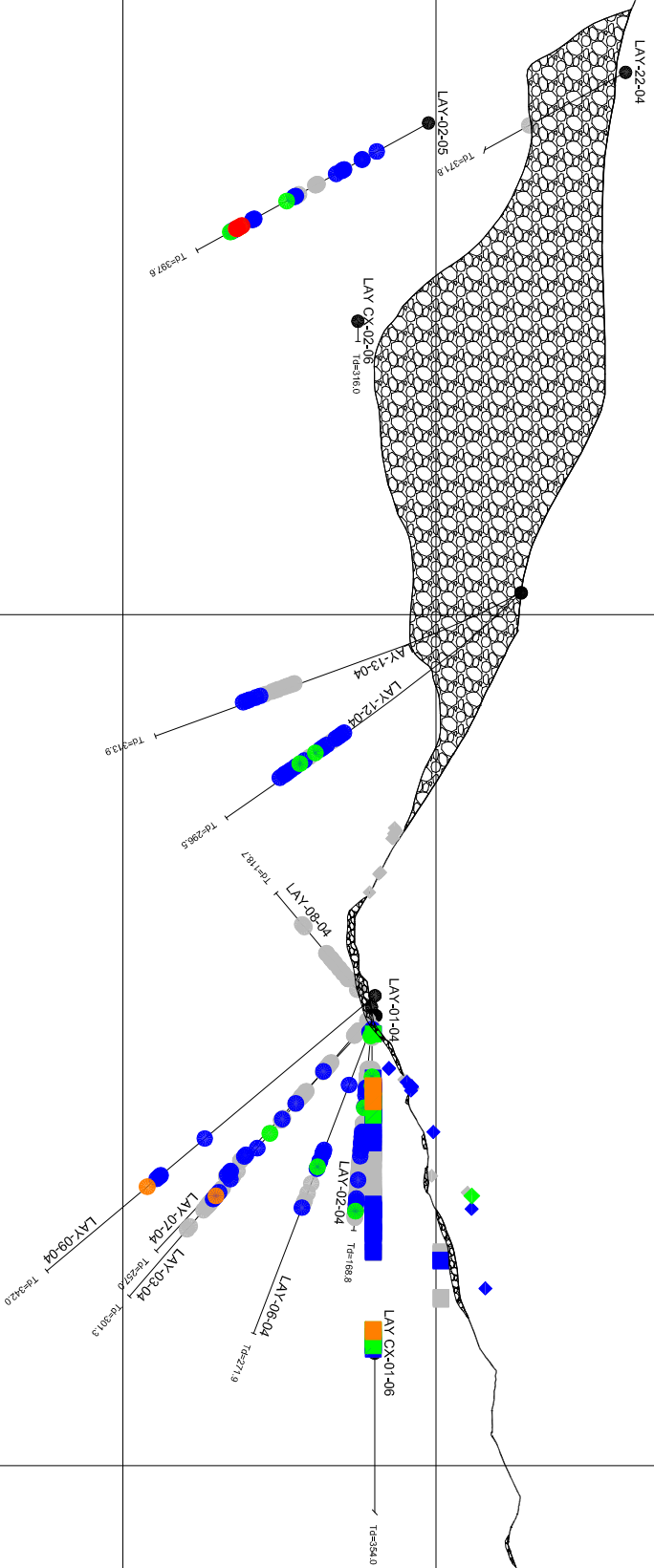
4,000 V

3,750 V

3,750 V

8,320,500 N

- GEOQUIMICA SUP. Pb. ppm:**
- ◆ 0 - 320
 - ◆ 320 - 1420
 - ◆ 1420 - 3500
 - ◆ 3500 - 8000
 - ◆ 8000 - 100000
- GEOQUIMICA DDH Pb. ppm:**
- 0 - 160
 - 160 - 570
 - 570 - 1000
 - 1000 - 2250
 - 2250 - 25500
- GEOQUIMICA LABORES Pb. ppm:**
- 0 - 160
 - 160 - 570
 - 570 - 1000
 - 1000 - 2250
 - 2250 - 25500



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

"Exploración Geoquímica y
Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
Proyecto Layo - Arequipa Perú"

SECCIÓN SONDAJES AA'
GEOQUIMICA DE PLOMO (ppm)

Estado:	Gráfica
Fecha:	Dic.-2011
Autor:	Bachiller Alejandro Gomez Antipora
Figura N°:	71

NW

4,500 V

8,320,500 N

SE

4,500 V

8,320,000 N

4,250 V

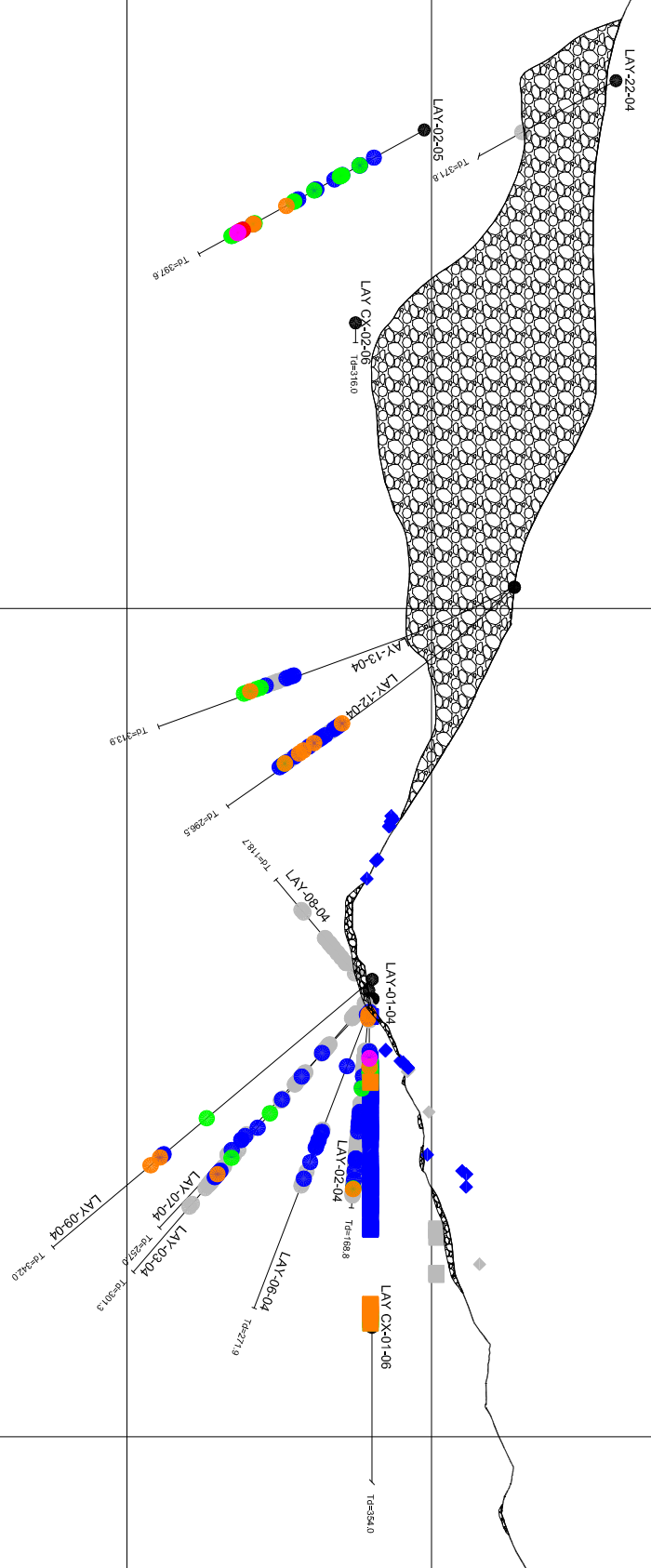
4,250 V

4,000 V

4,000 V

3,750 V

3,750 V



GEOQUIMICA SUP. Zn, ppm: ◆ 0 - 6 ◆ 6 - 225 ◆ 225 - 710 ◆ 710 - 35000

GEOQUIMICA DDH Zn, ppm: ● 0 - 13 ● 13 - 375 ● 375 - 1000 ● 1000 - 3500 ● 3500 - 13000 ● 13000 - 35000

GEOQUIMICA LABORES Zn, ppm: ■ 0 - 13 ■ 13 - 375 ■ 375 - 1000 ■ 1000 - 3500 ■ 3500 - 13000 ■ 13000 - 35000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

**"Exploración Geoquímica y
 Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
 Proyecto Layo - Arequipa Perú"**

SECCIÓN SONDAJES AA'
GEOQUÍMICA DE ZINC (ppm)

Escala:	Fecha:	Autor:	Figura N°:
Gráfica	Dic.-2011	Bachiller Alejandro Gomez Antipora	72

NW

4,500 V

8,320,500 N

8,320,000 N

SE

4,500 V

4,250 V

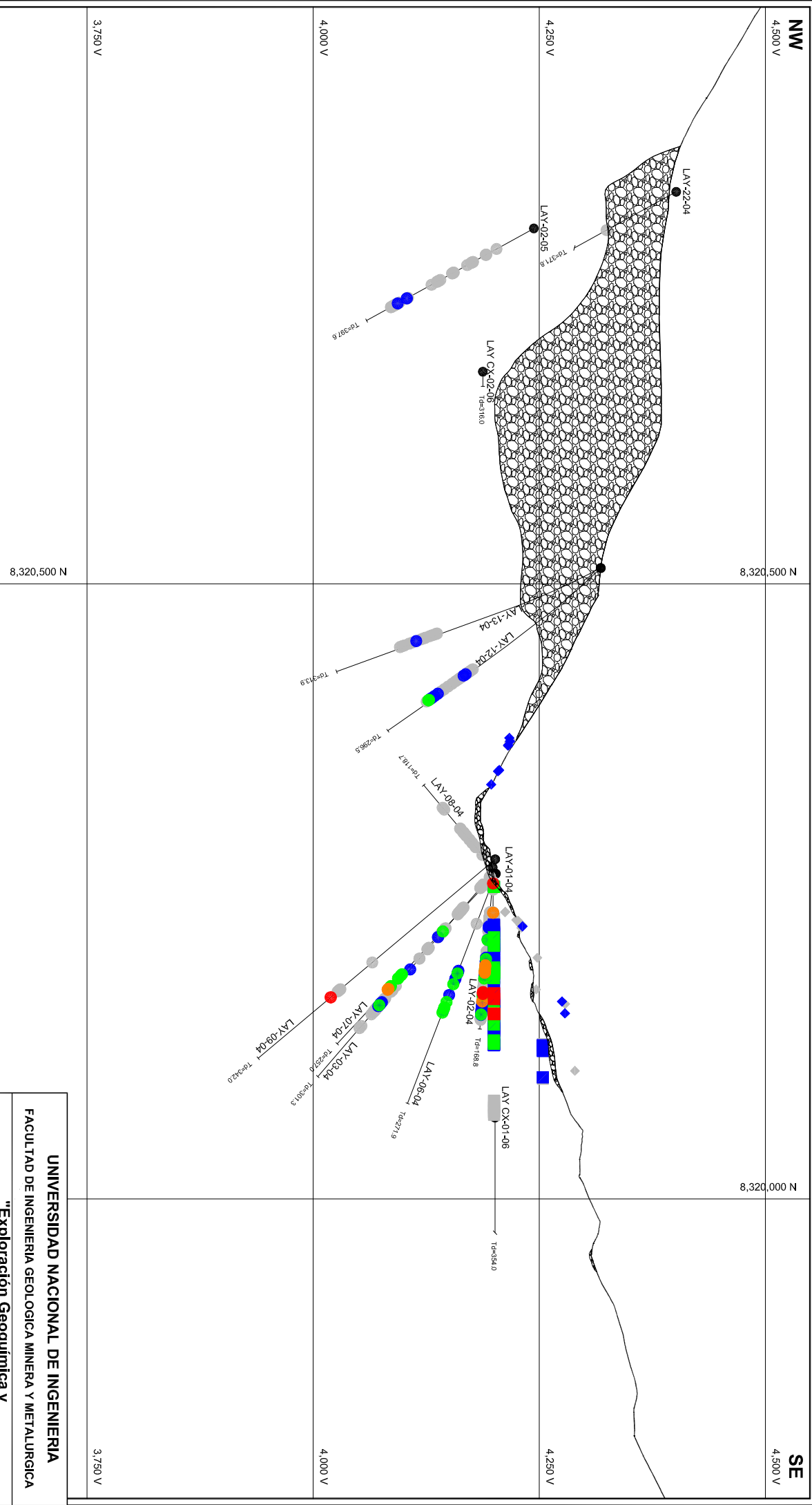
4,250 V

4,000 V

4,000 V

3,750 V

3,750 V



GEOQUIMICA SUP. Sn ppm: GEOQUIMICA DDH Sn ppm: GEOQUIMICA LABORES Sn ppm:

- ◆ 0 - 7 ● 0 - 13 ■ 0 - 13
- ◆ 7 - 350 ● 13 - 40 ■ 13 - 40
- ◆ 350 - 1000 ● 40 - 100 ■ 40 - 100
- ◆ 1000 - 1800 ● 100 - 200 ■ 100 - 200
- ◆ 1800 - 50000 ● 200 - 1000 ■ 200 - 1000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

**"Exploración Geoquímica y
Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
Proyecto Layo - Arequipa Perú"**

SECCIÓN SONDAJES AA'
GEOQUIMICA DE ESTAÑO (ppm)

Escala:	Fecha:	Autor:	Figura N°:
Gráfica	Dic.-2011	Bachiller Alejandro Gomez Antipora	73

NW

4,500 V

8,320,500 N

SE

4,500 V

8,320,000 N

4,250 V

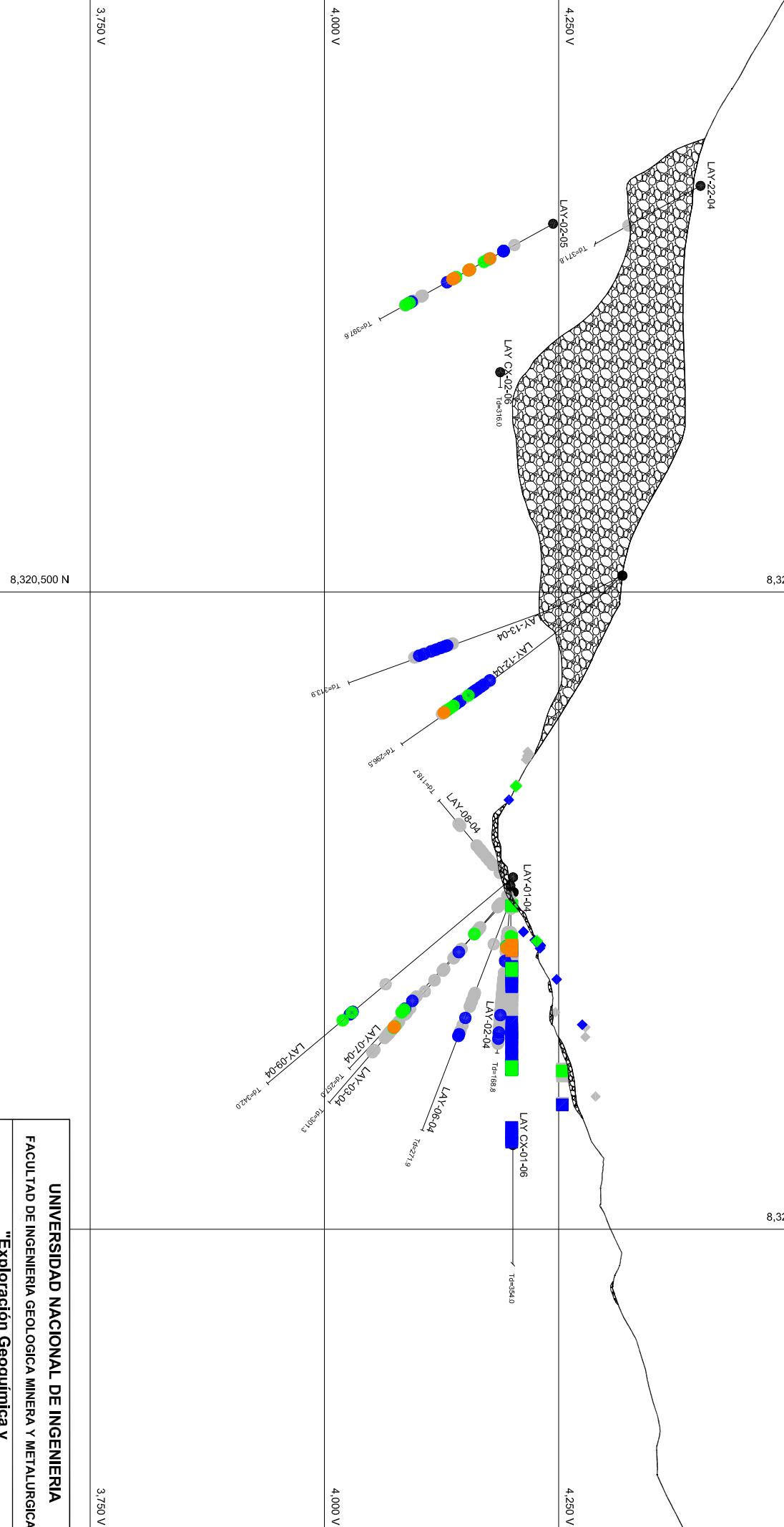
4,250 V

4,000 V

4,000 V

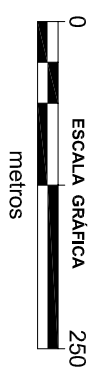
3,750 V

3,750 V



GEOQUIMICA SUP. Mo. ppm: GEOQUIMICA DDH Mo. ppm: GEOQUIMICA LABORES Mo. ppm:

- ◆ 0 - 7 ● 0 - 10 ■ 0 - 10
- ◆ 7 - 26 ● 10 - 26 ■ 10 - 26
- ◆ 26 - 100 ● 26 - 100 ■ 26 - 100
- ◆ 100 - 5000 ● 100 - 350 ■ 100 - 350
- ◆ 5000 - 50000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

**"Exploración Geoquímica y
Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
Proyecto Layo - Arequipa Perú"**

SECCIÓN SONDAJES AA'
GEOQUIMICA DE MOLIBDENO (ppm)

Escala:	Fecha:	Autor:	Figura N°:
Gráfica	Dic.-2011	Bachiller Alejandro Gomez Antipora	74

NW

4,500 V

SE

4,500 V

8,320,500 N

8,320,000 N

4,250 V

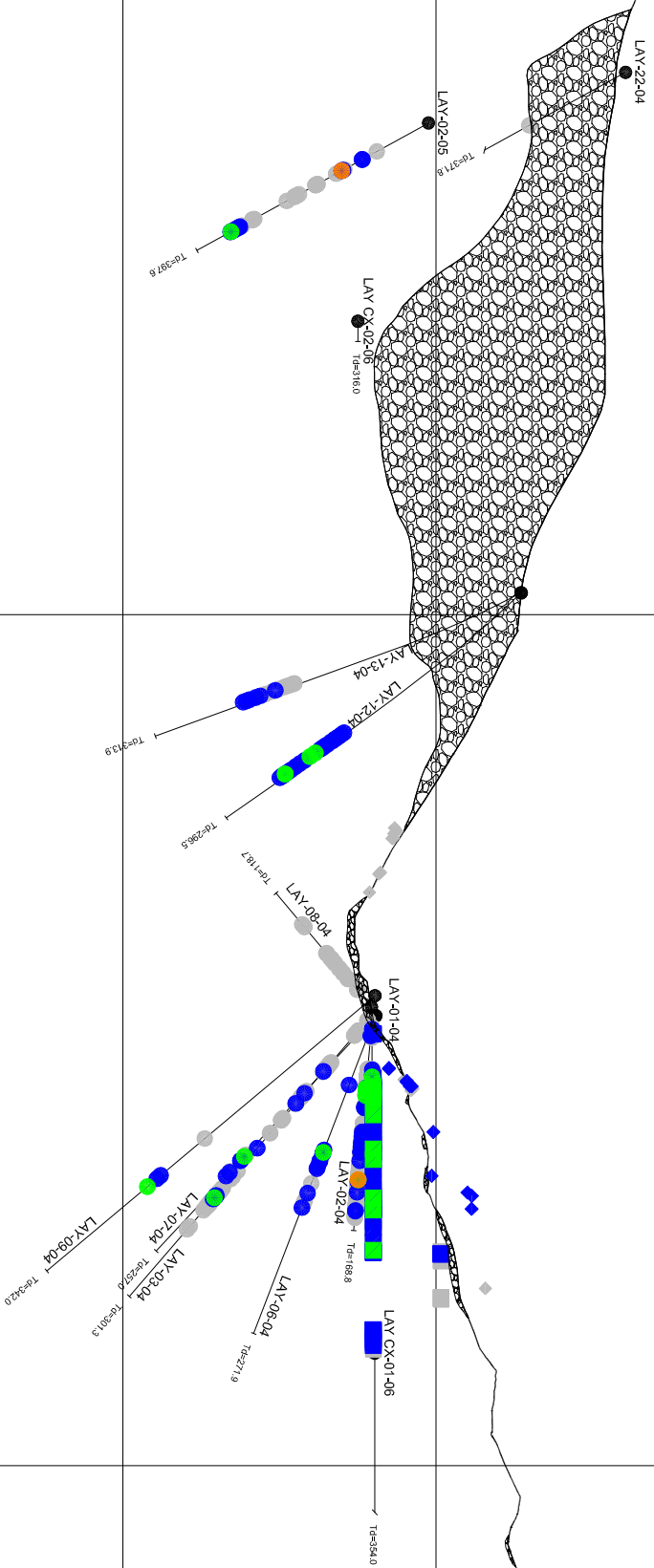
4,250 V

4,000 V

4,000 V

3,750 V

3,750 V



GEOQUIMICA SUP. As. ppm:

- ◆ 0 - 142
- ◆ 142 - 510
- ◆ 510 - 1000
- ◆ 1000 - 4050
- ◆ 4050 - 50000

GEOQUIMICA DDH As. ppm:

- 0 - 100
- 100 - 255
- 255 - 510
- 510 - 1000

GEOQUIMICA LABORES As. ppm:

- 0 - 100
- 100 - 255
- 255 - 510
- 510 - 1000



ESCALA GRAFICA 250 metros

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

"Exploración Geoquímica y
 Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
 Proyecto Layo - Arequipa Perú"
SECCIÓN SONDAJES AA'
GEOQUIMICA DE ARSÉNICO (ppm)

Estado:	Gráfica	Fecha:	Dic.-2011	Autor:	Bachiller Alejandro Gomez Antipora	Figura N°:	75
---------	---------	--------	-----------	--------	------------------------------------	------------	----

NW

4,500 V

8,320,500 N

SE

4,500 V

8,320,000 N

4,250 V

4,250 V

4,000 V

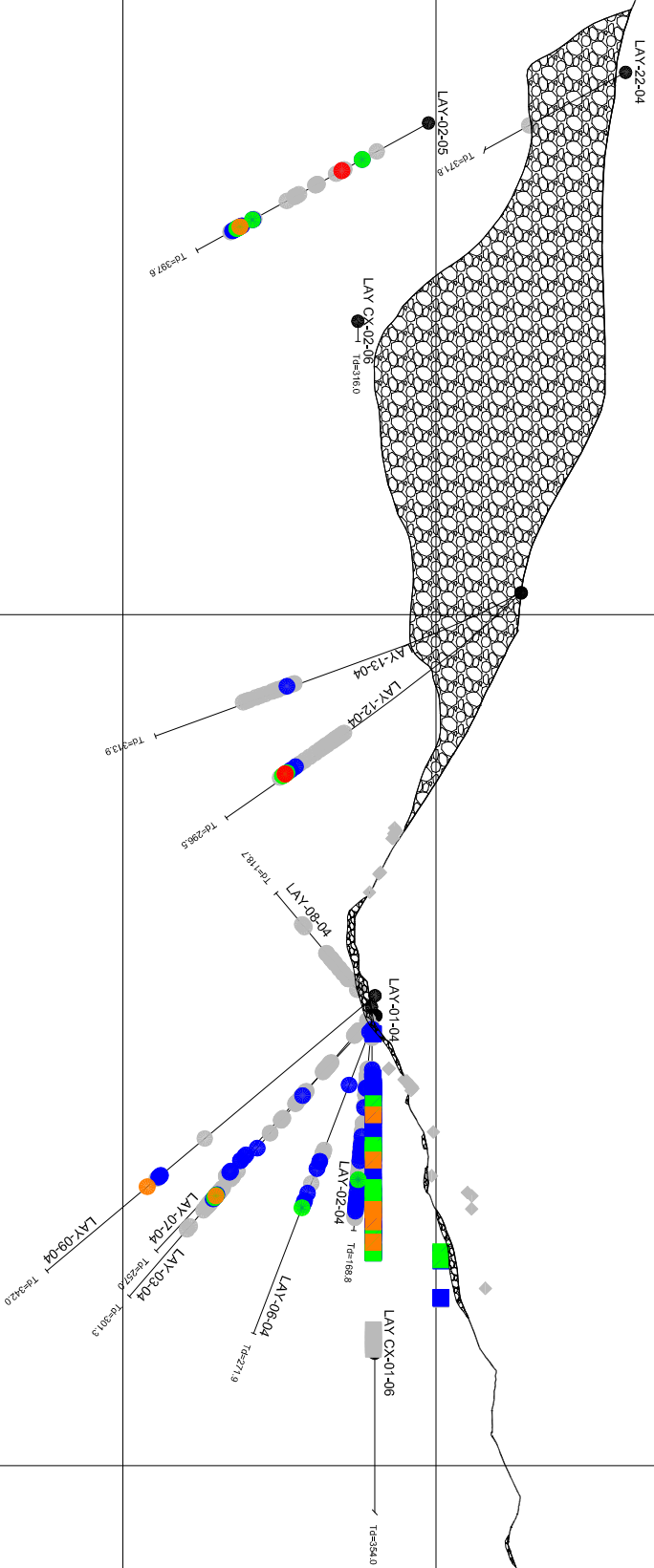
4,000 V

3,750 V

3,750 V

8,320,500 N

- GEOQUIMICA SUP. Sb. ppm:**
- ◆ 0 - 45
 - ◆ 45 - 255
 - ◆ 255 - 1000
 - ◆ 1000 - 5100
 - ◆ 5100 - 50000
- GEOQUIMICA DDH Sb. ppm:**
- 0 - 13
 - 13 - 51
 - 51 - 100
 - 100 - 255
 - 255 - 500
- GEOQUIMICA LABORES Sb. ppm:**
- 0 - 13
 - 13 - 51
 - 51 - 100
 - 100 - 255
 - 255 - 500



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

"Exploración Geoquímica y
Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
Proyecto Layo - Arequipa Perú"

SECCIÓN SONDAJES AA'
GEOQUÍMICA DE ANTIMONIO (ppm)

Estado:	Gráfica	Fecha:	Dic.-2011	Autor:	Bachiller Alejandro Gomez Antipora	Figura N°:	76
---------	---------	--------	-----------	--------	------------------------------------	------------	----

NW

4,500 V

8,320,500 N

SE

4,500 V

8,320,000 N

4,250 V

4,250 V

4,000 V

4,000 V

3,750 V

3,750 V

8,320,500 N

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

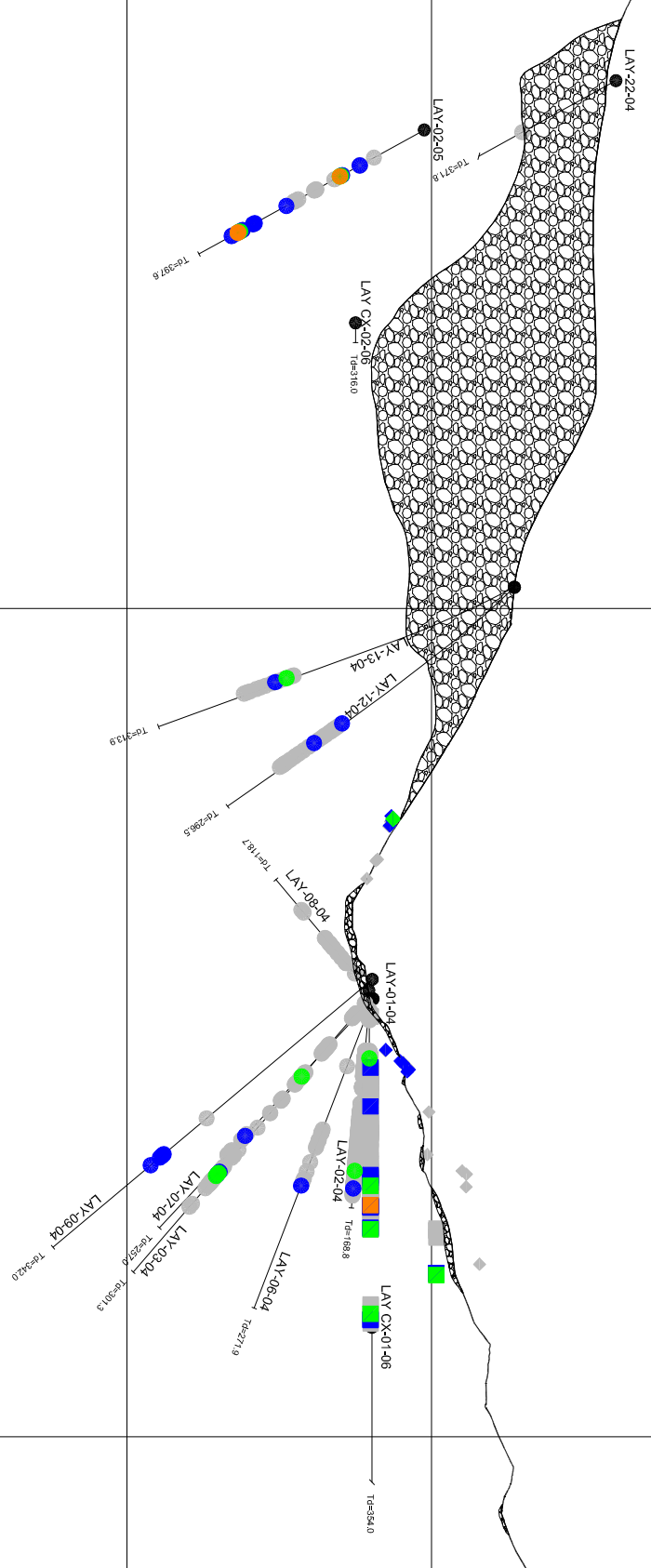
"Exploración Geoquímica y
 Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
 Proyecto Layo - Arequipa Perú"

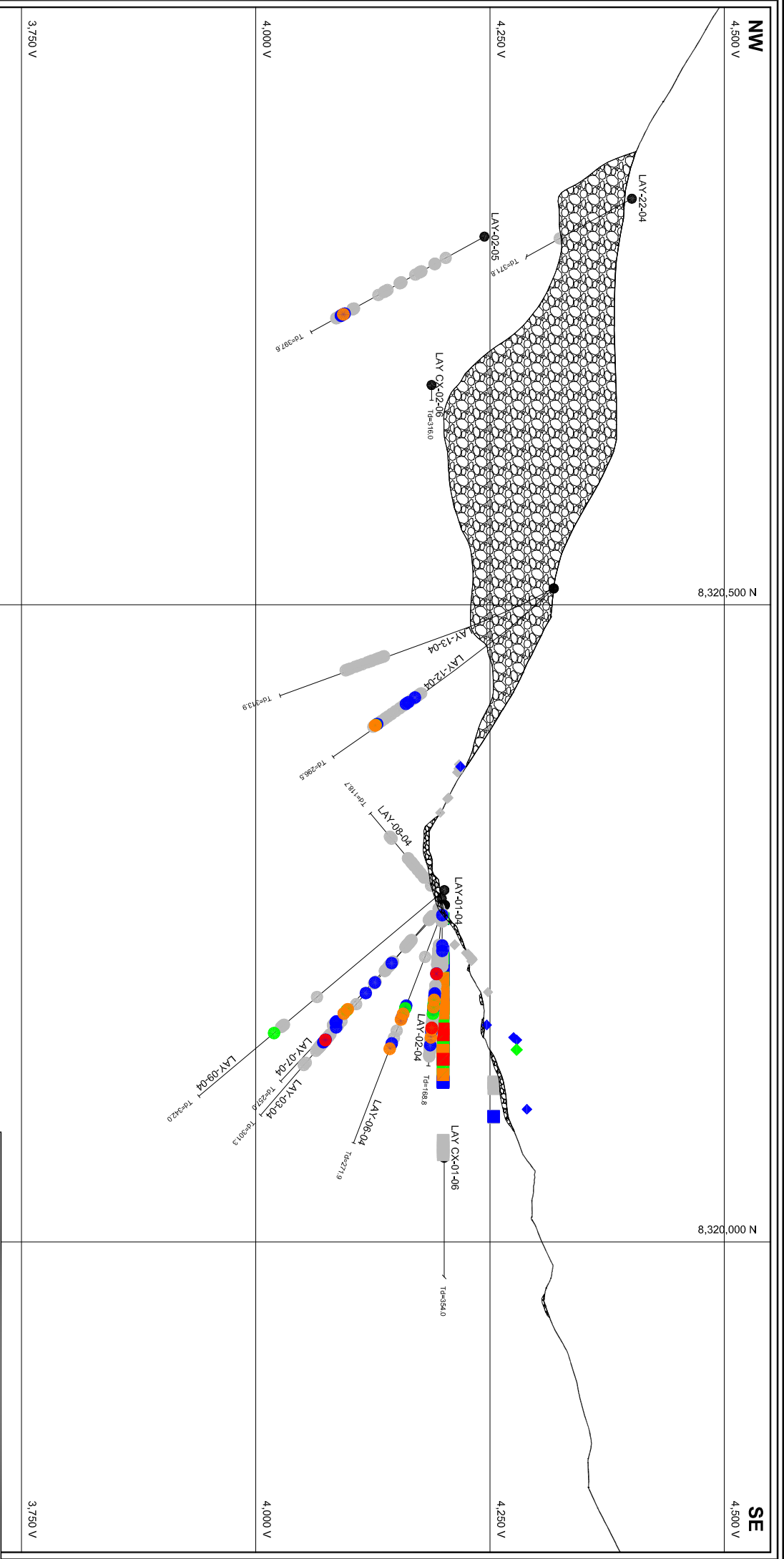
SECCIÓN SONDAJES AA'
GEOQUÍMICA DE MERCURIO (ppm)

Escala:	Gráfica
Fecha:	Dic.-2011
Autor:	Bachiller Alejandro Gomez Antipora
Figura N°:	77

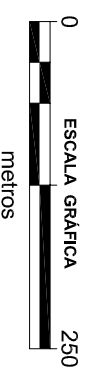
GEOQUIMICA SUP. Hg. ppm: GEOQUIMICA DDH Hg. ppm: GEOQUIMICA LABORES Hg. ppm:

- ◆ 0.00 - 0.03 ● 0.00 - 0.03 ■ 0.00 - 0.03
- ◆ 0.03 - 0.25 ● 0.03 - 0.08 ■ 0.03 - 0.08
- ◆ 0.25 - 1.00 ● 0.08 - 0.25 ■ 0.08 - 0.25
- ◆ 1.00 - 1.42 ● 0.25 - 3.50 ■ 0.25 - 3.50
- ◆ 1.42 - 35.00





- GEOQUIMICA SUP. BI. ppm:**
- ◆ 0 - 13
 - ◆ 13 - 129
 - ◆ 129 - 350
 - ◆ 350 - 1000
 - ◆ 1000 - 50000
- GEOQUIMICA DDH BI. ppm:**
- 0 - 13
 - 13 - 51
 - 51 - 100
 - 100 - 400
 - 400 - 1000
- GEOQUIMICA LABORES BI. ppm:**
- 0 - 13
 - 13 - 51
 - 51 - 100
 - 100 - 400
 - 400 - 1000



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

**"Exploración Geoquímica y
 Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
 Proyecto Layo - Arequipa Perú"**

SECCIÓN SONDAJES AA'
GEOQUÍMICA DE BISMUTO (ppm)

Escala:	Fecha:	Autor:	Figura N°:
Gráfica	Dic.-2011	Bachiller Alejandro Gomez Antipora	78

NW

4,500 V

8,320,500 N

8,320,000 N

SE

4,500 V

4,250 V

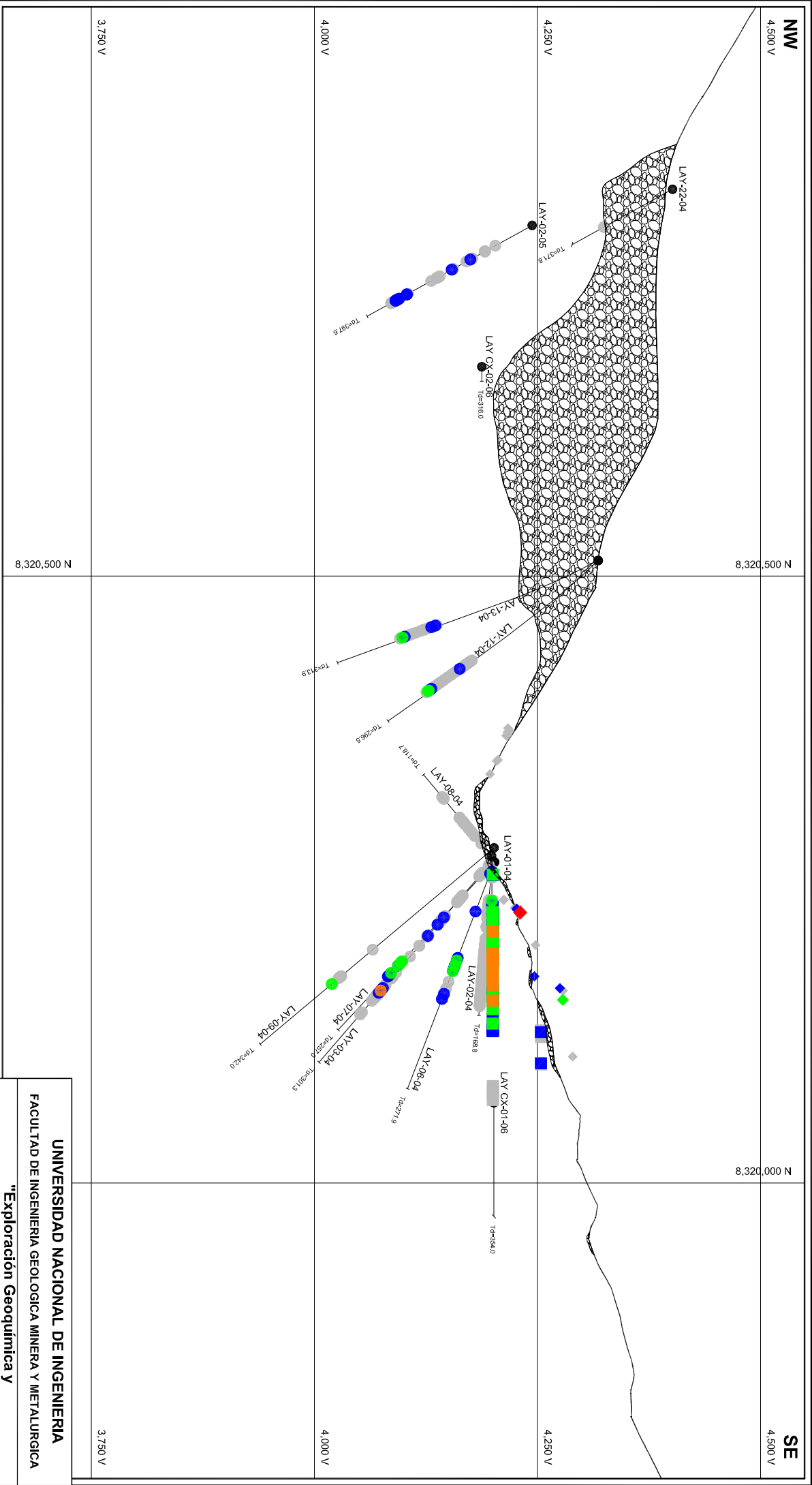
4,250 V

4,000 V

4,000 V

3,750 V

3,750 V



GEOQUIMICA SUP. Te. ppm: GEOQUIMICA DDH Te. ppm: GEOQUIMICA LABORES Te. ppm:

- ◆ 0 - 10 ● 0 - 5 ■ 0 - 5
- ◆ 10 - 35 ● 5 - 23 ■ 5 - 23
- ◆ 35 - 100 ● 23 - 180 ■ 23 - 180
- ◆ 100 - 350 ● 180 - 500 ■ 180 - 500
- ◆ 350 - 900
- ◆ 900 - 3500



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

**"Exploración Geoquímica y
Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
Proyecto Layo - Arequipa Perú"**

SECCIÓN SONDAJES AA'
GEOQUIMICA DE TELURO (ppm)

Escala:	Fecha:	Autor:	Figura N°:
Gráfica	Dic.-2011	Bachiller Alejandro Gomez Antipora	79

NW

4,500 V

8,320,500 N

SE

4,500 V

8,320,000 N

4,250 V

4,250 V

4,000 V

4,000 V

3,750 V

3,750 V

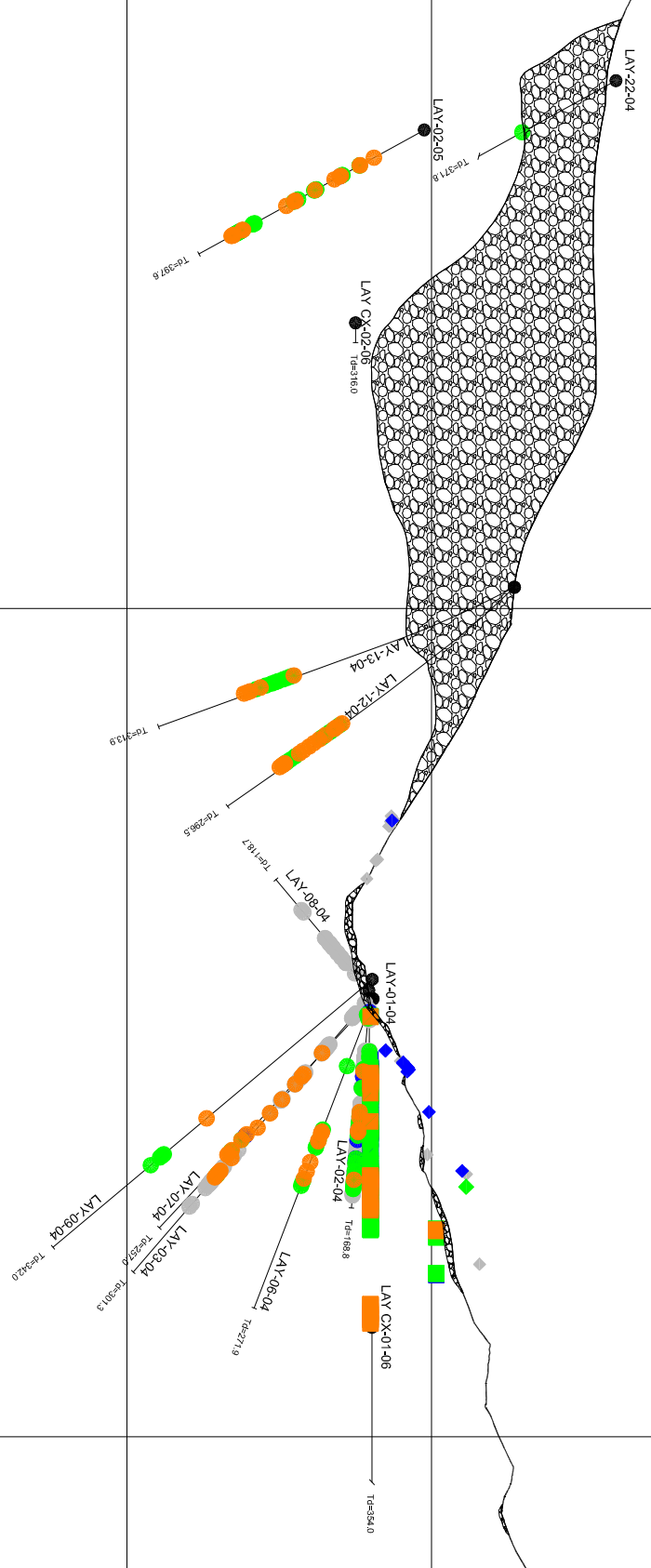
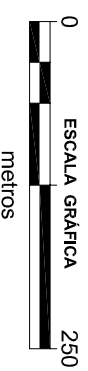
8,320,500 N

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERIA
 FACULTAD DE INGENIERIA GEOLOGICA MINERA Y METALURGICA

"Exploración Geoquímica y
 Caracterización de Alteraciones Hidrotermales del
 Proyecto Layo - Arequipa Perú"

SECCIÓN SONDAJES AA'
GEOQUÍMICA DE BARIO (ppm)

- GEOQUÍMICA SUP. Ba. ppm:**
- ◆ 0 - 320
 - ◆ 320 - 1000
 - ◆ 1000 - 1600
 - ◆ 1600 - 10000
- GEOQUÍMICA DDH Ba. ppm:**
- 0 - 17
 - 17 - 100
 - 100 - 315
 - 315 - 1000
- GEOQUÍMICA LABORES Ba. ppm:**
- 0 - 17
 - 17 - 100
 - 100 - 315
 - 315 - 1000



Estado:	Gráfica	Fecha:	Dic.-2011	Autor:	Bachiller Alejandro Gomez Antipora	Figura N°:	80
---------	---------	--------	-----------	--------	------------------------------------	------------	----

- **BARIO**

La dispersión del bario es amplia y a diferentes niveles como se aprecia en la (Fig. 80).

6. CARACTERIZACION DE ALTERACIONES HIDROTERMALES

6.1 Metodología

6.1.1 Recolección de datos

Se recolecto tanto muestras de superficie como muestras de sondajes diamantinos.

- **Superficie**

Se analizarón un total de 351 muestras de roca que fueron recolectadas de forma sistemática en líneas NW-SE, con una separación de 25 metros entre líneas y 25 metros aproximadamente entre muestras en el área de estudio en una extensión de 375 ha. En cada punto de muestreo se tomo un ejemplar de mano; los puntos de muestreo fueron condicionados por la presencia de afloramientos. Los coordenadas para cada punto de muestreo se obtuvo con un GPS.

- **Sondajes**

Se analizaron 2,319 muestras de 38 sondajes diamantinos realizadas desde superficie como de interior mina, que fueron obtenidas de forma sistemática cada 0.20 m a 2.0 m aproximadamente en estructura y de 2.0 m a 5.0 m en roca caja cubriendo la longitud total de todos los sondajes. En cada punto de muestreo se tomó un ejemplar de mano.

6.1.2 Análisis y procesamiento de datos

La totalidad de muestras fue analizada con un espectrómetro PIMA SP. Los minerales identificados mediante estudio de espectrometría infrarroja se agruparon en ensambles de alteración sugeridos como se muestran en las tablas 2 y 3. También se realizó análisis de secciones delgadas mediante microscopía de luz transmitida y difracción de rayos X en algunas muestras.

Son tres tipos principales de alteración hidrotermal que se han diferenciado en el yacimiento. Los mismos que se disponen simétricamente a ambos lados de las estructuras de cuarzo y sílice. En orden secuencial del centro hacia las cajas se cuenta con estructuras de cuarzo, sílice y fallas, pasando a una argilización avanzada, seguidas por una alteración filica a una profusa y extensa argilización (Fig. 81).

- **Alteración Argílica Avanzada**

Asociada a estructuras de cuarzo, sílice y fallas. Este tipo de alteración se presenta en la zona de Layo Sur. Constituido principalmente por minerales como cuarzo, pirofilita, dickita, caolinita y diáspora. Se tiene dos ensambles sugeridos: Qz Prl Dia (Dck Kao) y Qz Dck (Kao).

- **Alteración Fílica**

En el sector de Layo Sur se presenta contigua a la alteración argílica avanzada, mientras en Layo norte se encuentra asociada a estructuras de cuarzo, sílice y fallas. Se presenta minerales como cuarzo, sericita, principalmente y en menor abundancia pirofilita, caolinita, illita y montmorillonita. Se tiene 4 ensambles sugeridos: Qz Ser (Prl Dck Kao), Qz Ser adyacentes a la alteración argílica avanzada y Qz Ser (Kao Ill Mont) adyacentes a la alteración argílica.

- **Alteración Argílica**

Las rocas con esta profusa y extensa alteración hidrotermal están constituidas por mineralogías del grupo de las arcillas como caolinita, illita y montmorillonita. Los afloramientos afectados por esta alteración se encuentran por lo general cubiertos por la facilidad con que son erosionados.

Tabla 2 Superficie – Ensamblajes y minerales

Zona de Alteración	Ensamble Sugerido	Asociación mineral identificada SWIR	Total	
Argílica Avanzada	PrI Dia (Dck Kao)	Dia	1	
		DiaDck	1	
		DiaDckKao	2	
		DiaKao	3	
		PrI	6	
		PrIDiaDck	1	
		PrIDck	1	
		PrIDckKao	16	
		PrIKao	37	
	PrIKaoMon	2		
Dck (Kao Mon)	Dck (Kao Mon)	Dck	5	
		DckKao	19	
		DckKaoMon	3	
Fílica	Ser (PrI Dck Kao)	SerPrIKao	2	
		SerPrI	4	
		SerDckKao	4	
		SerDck	3	
	Ser (Kao III Mon)	Ser (Kao III Mon)	Ser	15
			SerKao	11
			SerKaOIII	10
			SerKaoMon	10
			SerIII	8
			SerIIIMon	33
SerMon	28			
Argílica	Kao III Mon	III	3	
		IIIMon	24	
		Kao	22	
		KaoIII	25	
		KaoIIIMon	34	
		KaoMon	6	
		Mon	12	
Total			351	

Tabla 3 Sondajes Diamantinos – Ensamblajes y minerales

Zona de Alteración	Ensamble Sugerido	Asociación mineral identificada SWIR	Total	
Argílica Avanzada	PrI Dia (Dck Kao)	PrI	12	
		PrIDiaKao	1	
		PrIDck	3	
		PrIDckKao	33	
		PrIDckKaoMon	1	
		PrIDckKaoSer	8	
		PrIDckKaoSerMon	1	
		PrIDckSer	2	
		PrIKao	93	
		PrIKaoMon	7	
		PrIMon	2	
		Dia	1	
		DiaDckKaoSer	1	
		DiaKao	3	
DiaKaoSer	3			
Argílica Avanzada	Dck (Kao)	Dck	18	
		DckKao	47	
Fílica	Ser (PrI Dck Kao)	SerPrIKao	45	
		SerPrIKaoMon	1	
		SerPrI	40	
		SerPrIMon	2	
		SerDckKao	40	
		SerDck	8	
	Ser	Ser	515	
	Fílica	Ser (Kao III Mon)	SerKao	156
			SerKaolIII	58
			SerKaolIIIMon	10
SerKaoMon			7	
SerIII			115	
SerIIIMon			51	
SerMon	65			
Argílica	Kao III Mon	III	68	
		IIIMon	83	
		Kao	278	
		KaoIII	245	
		KaoIIIMon	61	
		KaoMon	55	
		Mon	180	
Total		2319		

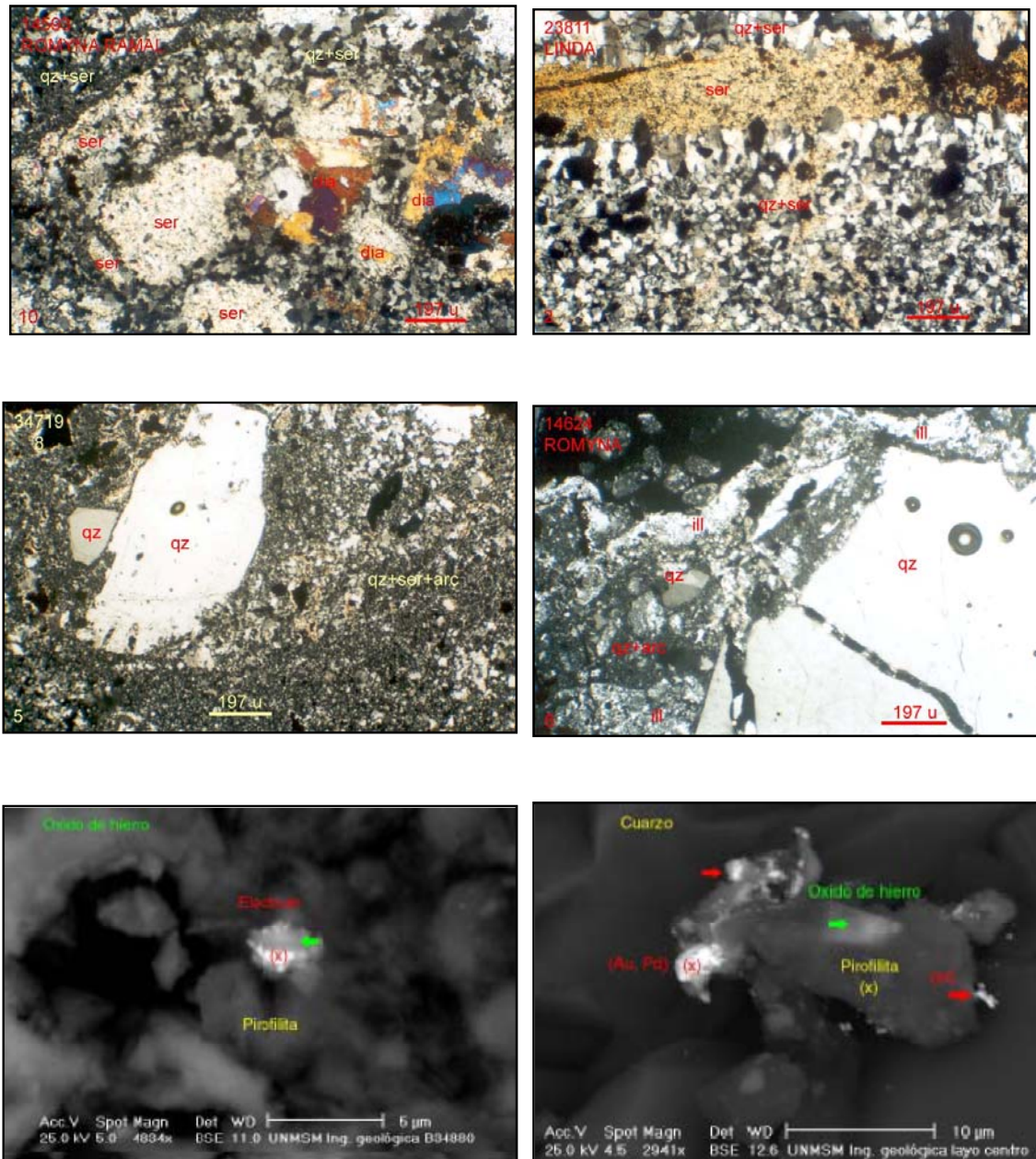


Fig. 81 Fotomicrografías al microscopio de luz reflejada e imágenes de microscopía electrónica de los diferentes ensambles de alteración hidrotermal.

- (a) Moldes de fenocristales de plagioclasa constituidas por el agregado microlaminar de sericita (ser) y cuarzo (qz) microgranoblástico. Adyacente a ellos está el agregado tabular de cristales de diáspora (dia). Todo el conjunto se encuentra envuelto por la matriz microgranoblástica de cuarzo (qz) y sericita (ser). Veta Romyna
- (b) Microvenilla de sericita que atraviesa al agregado microgranoblástico de cuarzo (qz) y sericita (ser). Muestra: 23811. Veta Linda. 40X.
- (c) Remanente de fenocristal de cuarzo (qz) envuelto por la matriz microcristalina integrada por el agregado de cuarzo (qz), sericita (ser) y arcilla (arc). Muestra: 34719 Veta 8. 40X.
- (d) En la parte superior de la vista se observan agregados microlaminares de illita (ill), hacia abajo el fenocristal de cuarzo (qz), los cuales están englobados por la matriz microcristalina de cuarzo (qz) y arcilla (arc). Muestra: 14624 ROMYNA. 40X.
- (e) La pirofilita se presenta como agregados de cristales euhedrales de tamaño menor a 20 micras diseminados en cuarzo. Muestra 34880. Veta 7.
- (f) La pirofilita se encuentra como inclusiones finas (menores a 10 micras). Layo centro superficie.

6.1.3 Análisis de planos de alteración

Con los resultados obtenidos del análisis de muestras, se ploteo los puntos de muestreo de superficie y sondajes en las secciones AA' y BB' con los ensambles de alteración sugeridos para su interpretación y delimitación de las diferentes zonas de asociaciones minerales.

Del plano de alteraciones en planta (Fig. 6) se puede observar que las vetas 6, 7 y 8 presentan un halo de alteración argílica avanzada Qz Prl Dia (Dck Kao), Qz Dck (Kao Mon) gradando a una alteración argílica Kao Ill Mont. También se observa que hacia el lado NW las vetas Layo, Layo N y Micaela están asociadas con halos de alteración fílica como Qz Ser Prl (Kao Mon), Qz Ser Dck (Kao), Qz Ser , Qz Ser (Kao ill Mon) gradando a una alteración argílica, Kao Ill Mon.

Del Perfil Litogeoquímico A-A' (Alteraciones) (Fig. 67) de forma similar al plano de superficie se observa que las vetas Linda, Esperanza y 7 están asociadas a halos de alteración argílica avanzada presentando un mejor desarrollo desde el nivel 4100 al 4250. Por debajo del nivel 4100 tiende a reducirse. Se puede apreciar que ocurre una gradación a una alteración fílica con ensamble Qz Ser, Qz Ser (Kao Ill Mon) hasta llegar a una alteración argílica.

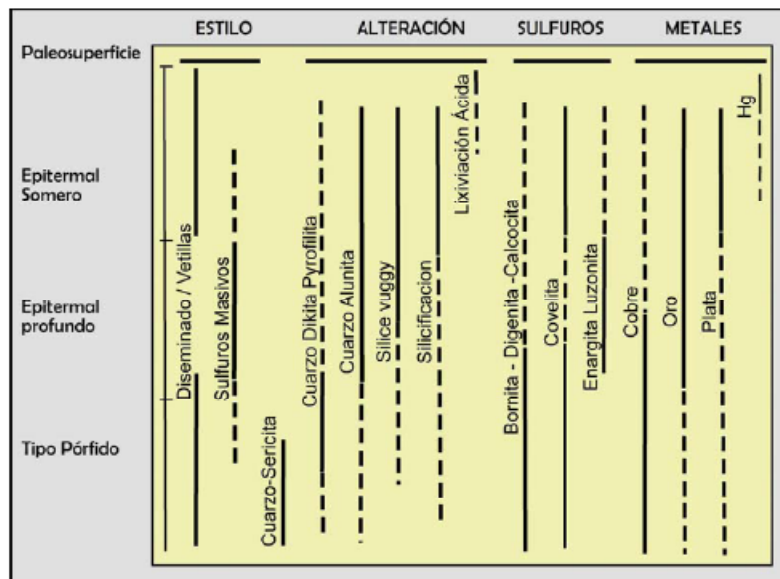


Fig. 82 : Principales características de zonamiento vertical de: estilo de mineralización, alteración, sulfuros y metales en sistemas de alta sulfuración (Sillitoe, 1999).

7. INTERPRETACIÓN Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- La zona de Layo Sur correspondería a un ambiente de formación profundo y de alta temperatura esto debido a la presencia de minerales de ensamble de alteración argílica avanzada tales como el cuarzo, pirofilita, dickita, diaspora además de anomalías geoquímicas de oro, plata, arsénico, antimonio, telurio, bismuto, cobre y minerales como cuarzo, pirita, calcopirita, óxidos de hierro, enargita-, telururos características típicas de un sistema de epitermal de alta sulfuración. Incluso se observa la presencia de ensambles de minerales de alteración fílica aun de mayor profundidad.

Por otro lado en la zona de Layo Norte correspondería a un sistema de intermedia sulfuración a baja sulfuración donde se tiene presencia de minerales con ensambles de

alteración Filica (cuarzo sericita) a argílica (caolinita , illita , montmorillonita) no se observa presencia de minerales con condiciones de formación de alta temperatura y ph ácido como pirofilita, dickita, diaspora. Minerales como calcopirita, esfalerita, galena-, tetraedrita-tenantita-, en esta zona la mineralización se dan en telururos (en menor cantidad) asociados a la tetraedrita y galena. Anomalia geoquímica de zinc, plomo , oro y plata.

En la sección litogeoquímica BB' se observa que existe una gradación del lado SE al lado NW de un sistema epitermal de alta sulfuración (Layo Sur) a un sistema de intermedia sulfuración a baja sulfuración (Layo Norte).

8. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- De la geoquímica superficial se puede concluir que:
 - Se pudo identificar 04 blancos de exploración en base a la cantidad de muestras con valores altos de oro. El orden de prioridad de los blancos va desde el Este como prioridad 1 que comprende las Vetas 8, 7, Esperanza, Linda, Romyna, Joana y Rossana hasta el Oeste en menor grado de prioridad. (Fig. 18).
 - El telurio, bismuto y en menor intensidad la plata son los elementos que muestran mejor correlación con el oro.
 - Se tiene 3 familias de elementos afines: Pb-Zn-Hg se manifiesta a partir de la población “cut off” 1 ppm de Au, Sb-Te-Cu se manifiesta a partir de la población mayor a 3.5 ppm de Au, Te-Bi-Ag se expresa muy bien para la población total y valores mayores a 1 ppm de Au.

- De la geoquímica sondajes se puede concluir que el nivel favorable de mineralización aurífera se encuentra desde el Nv 4060 al Nv 4250 msnm. En base a los valores altos de oro interceptados por los sondajes ejecutados. (Fig. 68).
- La buena correlación del Te, Bi, Ag y Au debido a la asociación mineral de la calaverita (AuTe_2), hessita (Ag_2Te) aurífera, telurobismutinita (Bi_2Te_3) y Silvanita (AuAgTe_4).
- De los perfiles litogeoquímicos AA' y BB' (Alteraciones) se observa que la alteración argílica avanzada (cuarzo, pirofilita, dickita, diáspora y caolinita) se correlaciona con valores altos de oro y plata de superficie y sondajes, asociados a estructuras de cuarzo, sílice y fallas, que se ubican en la zona de Layo Norte. (Figs. 65 y 67).
- El método espectrométrico SWIR (Infrarojo de Onda Corta) PIMA (Analizador Portátil Infrarojo de Minerales) es una valiosa herramienta que nos permite rápidamente con calidad y confiabilidad identificar ciertos grupos minerales incluso de grano muy e incluso intermezclado que son importantes para establecer las diferentes zonas de alteración y como consecuencia generar guías de exploración.
- Se recomienda completar el muestreo para análisis PIMA de los sondajes

faltantes (9) para tener mayor información de la distribución de los ensambles de alteración a profundidad.

- Realizar estudios de difracción de rayos X cuantitativa, para tener información porcentual de contenido de los minerales de alteración, mena y ganga.

- Proponer sondajes a profundidad en los niveles de los 3800 a 3400 msnm tanto en Layo Sur como en Layo Norte. Niveles favorables de mineralización económica de mina Chipmo, teniendo en cuenta que los yacimientos de Layo y Chipmo tienen varias similitudes geológicas, mineralógicas e incluso geoquímicas.

Apéndice A : Abreviaciones de minerales usados en este estudio

Nombre del Mineral	Formula Química	Abreviación
Baritina	BaSO ₄	Bar
Benjaminita	(Ag,Cu) ₃ (Bi,Pb) ₇ S ₁₂	Bjt
Bismuthinita	Bi ₂ S ₃	Bis
Calaverita	AuTe ₂	Clv
Calcopirita	CuFeS ₂	Cpy
Caolinita	Al ₄ [Si ₄ O ₁₀](OH) ₈	Kao
Casiterita	SnO ₂	Cst
Cuarzo	SiO ₂	Qz
Diaspora	AlO(OH)	Dia
Electrum	(Au, Ag)	Elc
Esfalerita	ZnS	Esf
Galena	PbS	Gn
Hessita	Ag ₂ Te	Hst
Illita	(K,H ₃ O)(Al, Mg, Fe) ₂ (si, Al) ₄ O ₁₀ [(OH) ₂ ,H ₂ O]	Ill
Kawazulita	Bi ₂ Te ₂ Se	Kwz
Montmorillonita	(Na,Ca) _x (Al,Mg) ₂ (OH) ₂ [Si ₂ O ₅] ₂ .nH ₂ O.	Mon
Petzita	Ag ₃ AuTe ₂	Pt
Pirita	FeS	Py
Pirofilita	Al ₂ Si ₄ O ₁₀ (OH) ₂	Prl
Sericita	KAl ₂ [AlSi ₃ O ₁₀](OH) ₂	Ser
Silvanita	AuAgTe ₄	Syl
Telurobismutinita	Bi ₂ Te ₃	Tbs
Tenantita	Cu ₁₂ As ₄ S ₁₃	Tn
Tetraedria	Cu ₁₂ Sb ₄ S ₁₃	Td
Uytenbogaardtita	Ag ₃ Au S ₂	Uyb

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Donald C. Noble (1992) *Apreciación de la Geología del Cuadrangulo de Orcopampa, en el sur del Perú. Informe Interno de Cia de Minas Buenaventura.*

- Carlos Bermúdez (1993), *Informe Geológico del Prospecto Layo, Mapeo de Superficie y Labores Subterráneas, Reconocimiento Geológico de Denuncios. Informe Interno de Cia de Minas Buenaventura.*

- Arenas, F., (1975) *Geología de la Mina Orcopampa y alrededores, Arequipa. Sociedad Geológica del Perú. Vol. 46.*

- Salazar, J. C., (2008). *Epithermal gold-telluride mineralization in the Chipmo deposit, Orcopampa district, Arequipa, Peru. A Thesis submitted in partial Fulfillment of the requirements for the Degree of Master of Science in Ore Deposit Geology and Evaluation.*

- Lara J. (2005). *Análisis Estadístico de los Tamaños de Partículas de Minerales de oro en una muestra de roca por Microscopio Electrónico de Barrido. Muestra DDH-154-04(22); Profundidad de 211.75 a 212 m.*

- Mauler A. (2004). *Estudio por Microscopía Electrónica de Barrido y Energía Dispersiva de Rayos X de 3 Muestras de Mano.*

- Miranda, M. A. (2009). Evolución volcánica e hidrotermal del Deposito Au Poracota .Sistema de Alta Sulfuración, Sur del Perú. Lito-Geoquímica, Control Estructural, Estilos de Alteración y Mineralización.