

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA



**"GEOQUÍMICA Y GEOTERMOMETRÍA DE LAS VETAS
DEL PROSPECTO CAMPANA AC, LA LIBERTAD -
PERÚ"**

TESIS

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO GEÓLOGO**

**ELABORADO POR:
RICARDO DANIEL ARANDA APOLINARIO**

**ASESOR:
Dr. EITEL ROLANDO CARRASCAL MIRANDA**

Lima - Perú

2015

Gracias a Dios por ser mi guía y darme fortaleza en cada paso de mi vida, a mis padres Victoria y Ricardo por su amor y dedicación para hacerme la persona que hoy soy, a mis profesores que con sus enseñanzas me guiaron a iniciar mi vida profesional, a mis amigos Víctor Sánchez y Andrés Yparraguirre pues sin su apoyo no hubiera sido posible este trabajo y a las personas que han contribuido día a día en mi desarrollo. Gracias a todos por depositar su confianza en mí.

INDICE

INTRODUCCION	6
CAPITULO I: GENERALIDADES	7
1.1 Objetivos	7
1.2 Metodología.....	8
1.3 Ubicación.....	9
1.4 Antecedentes	11
1.5 Clima	12
CAPITULO II: GEOLOGÍA REGIONAL	13
2.1 Estratigrafía	15
2.2 Rocas Intrusivas.....	20
2.3 Tectónica - Estructural.....	23
2.4 Contexto Metalogenetico Regional.....	27
CAPITULO III: GEOLOGÍA LOCAL.....	31
3.1 Aspectos Geomorfológicos.....	31
3.2 Litología.....	32
3.3 Estructural	35
3.4 Estructuras Mineralizadas	36
CAPITULO IV: ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LAS VETAS.....	40
4.1 Estructuras de Cuarzo.....	40
4.2 Estructuras de Cuarzo – Hematita – Magnetita.....	41
4.3 Estructuras de Magnetita - Hematita - Cuarzo	42
4.4 Estructuras de Epidota	42
CAPITULO V: GEOQUÍMICA.....	46
5.1 Muestreo Geoquímico	46
5.2 Ensayos.....	47
5.3 Resultados de los Análisis Químicos.....	48
5.4 Coeficiente de Correlación	50
5.5 Geoquímica de Rocas	52
5.6 Geoquímica de las Vetas	57
5.7 Distribución Geoquímica de Algunos Elementos.....	57
5.8 Distribución Vertical de las Anomalías y Perfiles Litogeoquímicos	68
5.9 Análisis Mediante Ratios	74
CAPITULO VI: PETROMINERALOGÍA	76
6.1 Estudio Petromineralógico.....	76
6.2 Secuencia Paragenética.....	89
6.3 Alteraciones Hidrotermales	89
CAPITULO VII: INCLUSIONES FLUIDAS	93
7.1 Definiciones.....	93
7.2 Estudio de Inclusiones Fluidas	100
7.3 Interpretación	116
CAPITULO VIII: INTERPRETACIÓN PRELIMINAR DEL MODELO GEOLÓGICO.....	117

CAPITULO IX: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	119
9.1 Conclusiones.....	119
9.2 Recomendaciones.....	121
BIBLIOGRAFÍA	122

RESUMEN

El prospecto Campana AC se ubica políticamente en el distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento de la Libertad, al borde Este del Batolito de la Costa.

Litológicamente el prospecto consiste en rocas intrusivas de composición granítica (Batolito de la costa) a diorítica, con alteración hidrotermal como halos (arcillas – sericita) en vetas de cuarzo, además epidota en vetillas y cloritas alterando máficos, en los intrusivos.

Se han definido dos eventos principales de emplazamiento de vetas y vetillas: primer evento N50°E de hematita - magnetita - cuarzo, relacionado con anomalías de Cu – Mo (Bi como elemento guía), el segundo evento N23°- 40 de cuarzo - hematita - magnetita con anomalías de Au - Ag – Pb. Los estudios mineragráficos en muestras de superficie evidencian la presencia, a nivel de trazas, de sulfuros primarios (pirita - calcopirita - esfalerita) en ambos sistemas.

Los estudios de tierras raras mostraron diferencias, al realizar los ratios entre Ga, Zr, Nb y Na además, el sistema N50°E presenta mayor contenido de Ga, Zr y Nb.

Con los estudios de termometría de inclusiones fluidas, se determinó que ambos sistemas de vetas presentan grupos de inclusiones fluidas con temperaturas entre 300°C y 450°C con salinidades mayores a 10% eq. peso de NaCl, lo cual evidencia el origen mesotermal de las vetas, posiblemente asociado a un intrusivo profundo (salinidad >20% eq. peso de NaCl).

Las características, litológicas, alteración hidrotermal, mineralógicas y geoquímicas, indican que las vetas son de origen mesotermal.

ABSTRACT

Campana AC Prospect is located in the District of Laredo, province of Trujillo, La Libertad region in northern Peru. It is at the eastern edge of the Coastal Batholith.

The principal lithologies in the prospect are intrusive rocks (Coastal Batholith) with from granitic to dioritic composition, weakly to moderated alteration as clay – sericite halo related to veins, epidote veinlets and chlorite altered mafic minerals.

The veins have been defined into two vein systems: The first one is hematite – magnetite – quartz vein system trends N50E, it has Cu – Mo anomalies (Bi as a pathfinder) and the second is quartz – hematite – magnetite vein system trends N23-10E, it has Au – Ag – Pb anomalies. The mineralogical research of surface samples shows in both vein systems there are hypogene sulfides (pyrite - chalcopyrite - sphalerite) as traces.

These systems show geochemical differences by performing Ga, Zr, Nb and Na ratios and the N50E system has higher content of Ga, Zn and Nb.

Both vein systems have groups of fluid inclusion with temperatures between 300 ° C and 450 ° C with salinities higher than 10%eq. weight of NaCl, which evidenced, the mesothermal origin of the veins, It could be related to deeper intrusive (Salinities > 20% eq. wt NaCl).

The geological, lithological, mineralogical and geochemical settings indicate that the mineralization is mesothermal veins type.

INTRODUCCION

Campana AC es un prospecto nuevo ubicado en el distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento de la Libertad, regionalmente ubicado al borde este del Batolito de la Costa. El presente trabajo de tesis tiene como objetivo principal realizar un análisis de la geoquímica superficial, geología estructural, inclusiones fluidas y la petromineralogía de las vetas del prospecto Camapana AC, con el objetivo de generar un modelo geológico preliminar que ayude a la exploración y posible desarrollo del prospecto. Se realizaron 4 campañas de campo en las cuales se trabajó el mapeo geológico - estructural y muestreo de rocas.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Objetivos

- El objetivo principal es realizar un análisis de la geoquímica superficial, geología estructural, inclusiones fluidas y la petromineralogía para encontrar patrones, que en conjunto con un adecuado mapeo nos permitan generar un modelo litogeoquímico del prospecto Campana AC.

Los objetivos específicos son:

- Realización del mapeo geológico - estructural 1/5000 del prospecto Campana AC (600 Ha), con énfasis en la: Litología, alteración, estructuras y mineralización.
- Tomar muestras para los análisis Geoquímicos, Inclusiones Fluidas y Petromineralogía.

- Realizar el análisis geoquímico, estructural, inclusiones fluidas y petromineralógico que ayuden a encontrar herramientas para la exploración del prospecto Campana AC.
- Interpretar el modelo geológico preliminar del prospecto Campana AC.

1.2 Metodología

Para el desarrollo del estudio se realizaron trabajos de campo, laboratorio y gabinete.

1.2.1 Trabajos de campo

- Extracción de muestras para los análisis geoquímicos, Inclusiones Fluidas y petromineralogía del prospecto Campana AC.
- Mapeo geológico estructural del prospecto Campana AC.

1.2.2 Trabajos en laboratorio

- Se realizaron los análisis geoquímicos, los estudios petromineralógicos y de inclusiones fluidas.

1.2.3 Trabajos en gabinete

- En esta etapa se realizará el análisis de los datos geológicos recolectados, se aplicaran herramientas gráficas y matemáticas para el análisis geoquímico y estructural.
- Comparar los resultados de la interpretación geoquímica – estructural con la petromineralogía e inclusiones fluidas.
- Con los resultados obtenidos se realiza la interpretación del modelo geológico de carácter preliminar del prospecto, para que sirvan como una herramienta de soporte para la exploración en el prospecto Campana AC.

1.3 Ubicación

El área de estudio se ubica en el distrito de Laredo, provincia de Trujillo, departamento de la Libertad, a 34Km de la ciudad de Trujillo, el acceso es a través de la carretera Trujillo - Otuzco.

Tabla 1. 1: Acceso al proyecto

TRAMO	DISTANCIA (km)	TIPO DE ACCESO	TIEMPO
Lima – Trujillo	575	Asfaltada	8 horas
Trujillo - Prospecto	28	Asfaltada / Afirmada	0.5 horas
TOTAL	603		8.5 horas

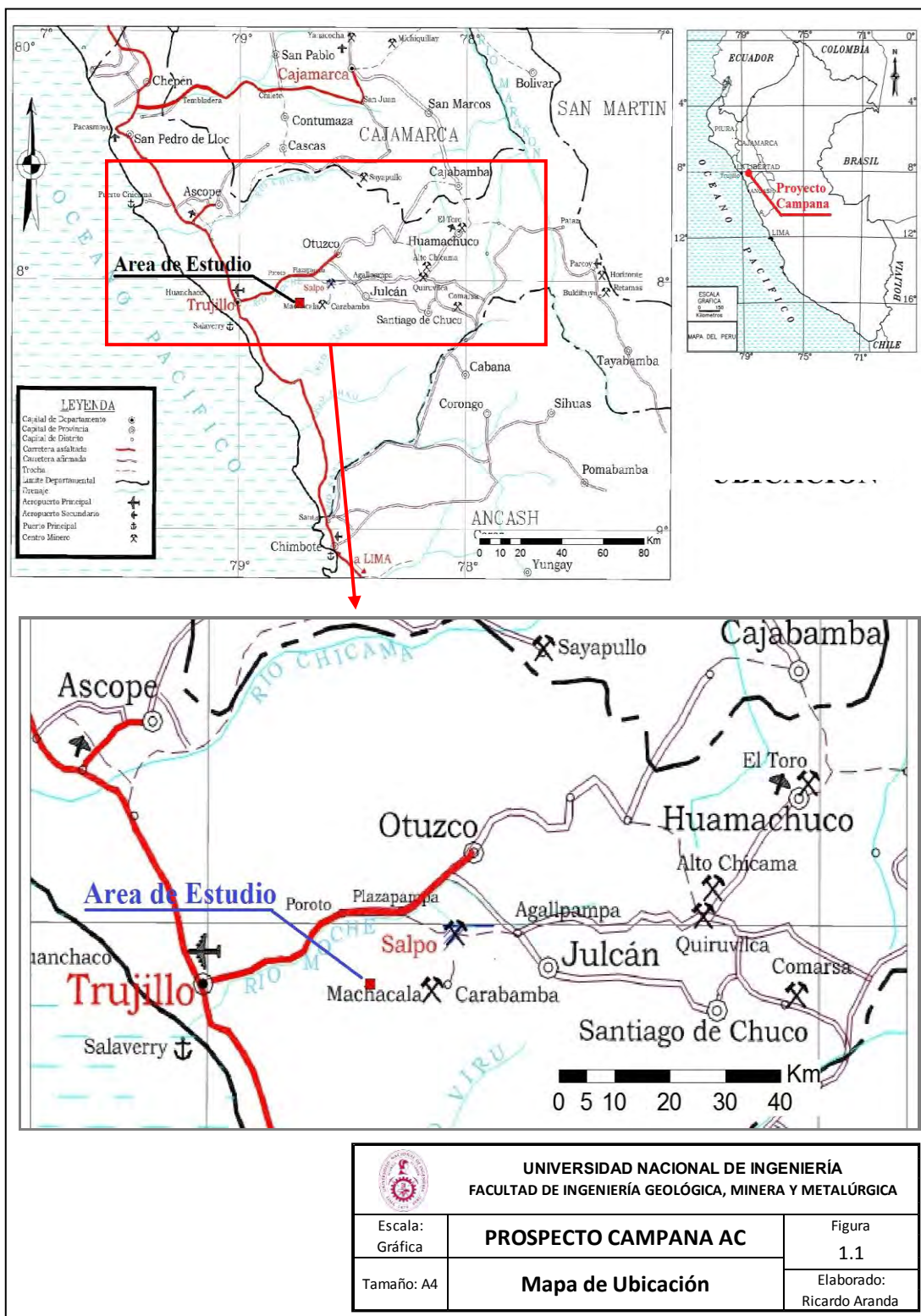


Figura 1. 1: Mapa de Ubicación

1.4 Antecedentes

- En el área de estudio y alrededores se han encontrado labores antiguas trabajadas artesanalmente en algunas vetas, las cuales dan indicio del potencial de la zona.
- A 11 Km al ESE del área de estudio en el distrito de Carabamba, provincia de Julcan, se viene desarrollando el proyecto Machacala por las empresas Affinity Gold y Corizona Mining Patherns, depósito epitermal de baja sulfuración de Au - Ag, fue explotado desde 1956 por: la compañía americana Acre Mining (1956 - 1965), Compañía Minera Santa Isabel (1979 - 1991) y la empresa canadiense Gold Hawk Resources a través de su subsidiaria en Perú la Minera San Juan (1996 – 2002); en el 2002 Gold Hawk Resources y Meridian Gold Inc. realizan una campaña de perforación diamantina de 8500m en 45 sondajes, en el 2012 Valley High Mining Company y Corizona Mining Patherns continúan las actividades de desarrollo del proyecto, en el 2013 la exploradora estadounidense Affinity Gold adquiere el 60% del proyecto.
- A 23 km al NE del área de estudio se desarrolla minería informal en el distrito de Salpo, provincia de Otuzco, la mina Salpo, depósito epitermal de baja sulfuración de Ag – Au, fue explotada desde 1922 por la empresa ASARCO a través de su subsidiaria Northern Perú Mining and Smelting (1922 – 1940), Compañía Minera Runatullo (1947 y 1954) y Compañía Minera Salpo (1976 - 1986); en 1998 Panamerican Silver realiza labores subterráneas, sin embargo deciden dejar el proyecto al encontrar problemas metalúrgicos y no obtener las leyes de Ag que esperaban, hasta la actualidad se ha intensificado la minería informal en esta zona.

- A 25 Km al este del área de estudio en el distrito de Julcán, provincia de Julcán, se encuentra el proyecto minero Urumalqui, depósito epitermal de baja a intermedia sulfuración de Ag - Au, propiedad de AndeanGold Ltd.
- A 45km al NE del área de estudio, se encuentra la mina Quiruvilca, depósito epitermal de baja sulfuración de Ag - (Cu-Pb-Zn- Au) actualmente operada por Southern Peak Mining, el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, es una de las minas más antiguas del Perú, la mineralización en la zona fue reportada por primera vez en 1789, desde 1907 el área fue explotada por la empresa ASARCO a través de su subsidiaria Northern Perú Mining and Smelting, en 1996 Pan-American Silver adquiere la mina y en el 2012 Southern Peaks Mining adquiere todas las acciones de Compañía Minera Quiruvilca.
- A 20 Km al Norte del área de estudio se encuentra el prospecto Llaguen de pórfido de Cu, de la empresa brasileña VALE.

1.5 Clima

Escasas lluvias, con una temperatura moderada que varía entre 14° y 30 °C y con temperatura promedio anual de 18° C.

CAPITULO II

GEOLOGÍA REGIONAL

El área de estudio se encuentra a 35 km de la ciudad de Trujillo, regionalmente ubicada en la zona septentrional del cuadrángulo 17f de Salaverry (Figura 2.1).

Se observa: al N y al SE (a 5 km aproximadamente) afloramientos de la formación Chicama del Jurásico superior, a 1.5 km al N afloramientos de los volcánicos Casma del Cretáceo inferior y a 5 km al E afloran los volcánicos Calipuy (Eoceno – Mioceno). En la zona de estudio afloran Intrusivos de composición granítica a diorítica correspondientes al Batolito de la Costa (Cretáceo superior – Terciario inferior) (Figura 2.1).

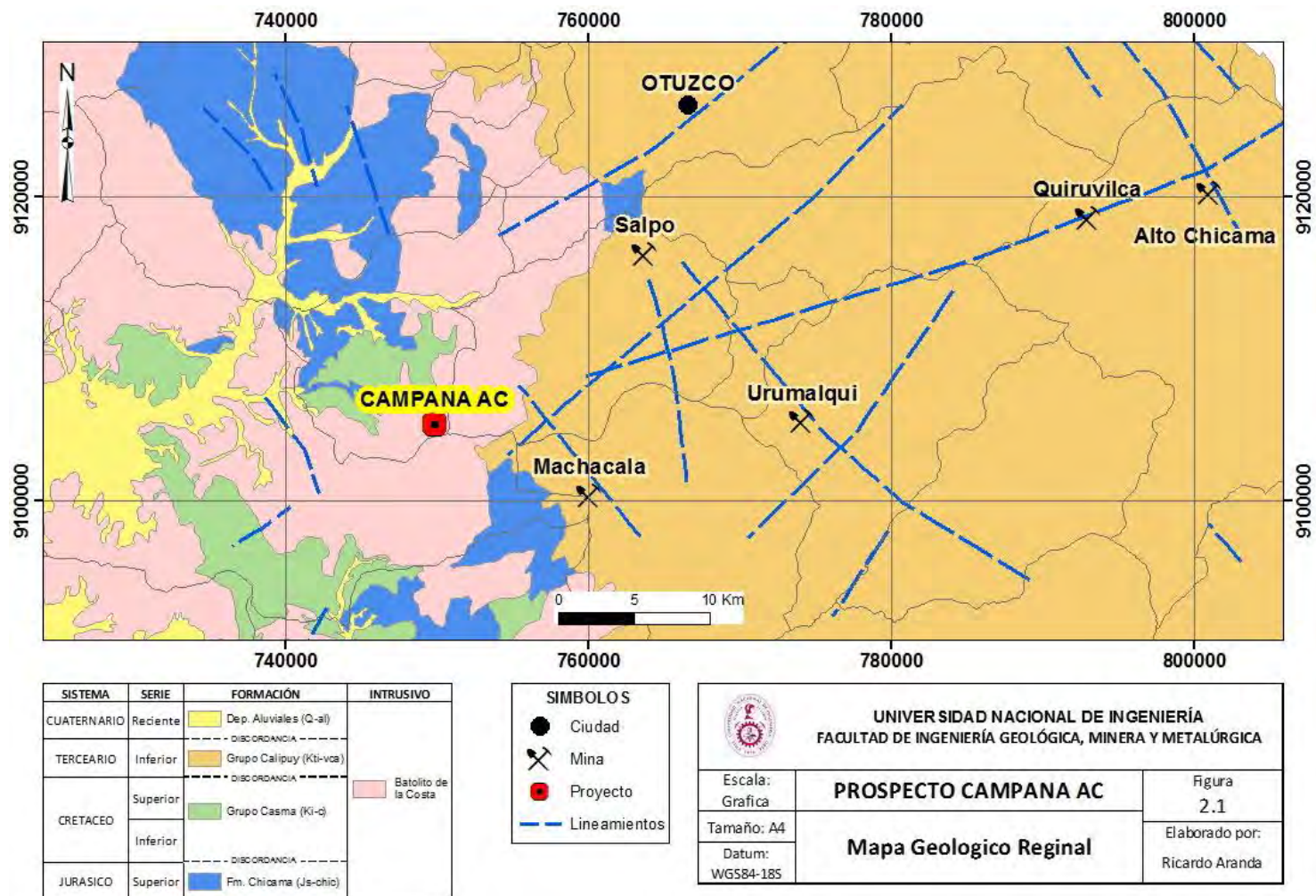


Figura 2. 1: Mapa Geológico Regional, modificado de INGEMMET (1998)

2.1 Estratigrafía

La columna estratigráfica regional en los cuadrángulos donde se localiza el proyecto comprende una secuencia de rocas sedimentarias y volcánicas comprendidas desde el Jurásico superior hasta el Cuaternario reciente (Figura 2.2).

2.1.1 Jurásico Superior

2.1.1.1 Formación Chicama

Bajo esta denominación, asignada por Sttappenbeck (1929), se describe una gruesa serie sedimentaria compuesta principalmente de lutitas pizarrosas, lutitas arenosas y ocasionales horizontes de areniscas, que tienen una amplia distribución en los cuadrángulos de Otuzco y Chocope.

La formación Chicama está representada por gruesos paquetes de lutitas de color negro, gris negruzco, gris verdoso y rojizo, algunas veces carbonosas y fosilíferas; ocasionalmente son nodulares y fisibles, presentando en algunos lugares marcada laminación. Las lutitas se hallan intercaladas con lechos delgados de cuarcita gris blanquecina, arenisca friable de colores pardo y marrón, de grano grueso a medio subredondeado, y escasos bancos de tufos de naturaleza intermedia hasta de 15 m de grosor. El conjunto sedimentario se presenta cortado por diques y sills de andesita y diabasa, así como por pequeños cuerpos de granodiorita y diorita de grano fino (Cossio, 1967).

El espesor estimado para la formación Chicama es mayor de 500 m (Cosio, 1967).

En el área de Salpo la Formación Chicama aflora en la zona central norte del área, como limoargillitas de capas medianas a gruesas con laminaciones, infrayace en discordancia angular al Grupo Calipuy.

Relaciones estratigráficas

En el área de Otuzco la formación Chicama (Titoniano) infrayace concordantemente a las areniscas Chimú (Valanginiano inferior) (Cosio, 1967).

Suprayacente con discordancia angular se encuentran los volcánicos andesíticos de la formación Casma (Albiano superior) en la hoja de Salaverry (Cosio, 1967).

Edad y correlación

La fauna fosilífera está constituida en su totalidad por ammonites, Stappenbeck, (1929) indica una edad Titoniana.

Se le correlaciona con la parte inferior del grupo Yura del área de Arequipa (Jenks, 1948) y con la formación Sarayaquillo del Oriente peruano (Kummel, 1949). Sus horizontes superiores son equivalentes a la parte basal de la formación Puente Piedra de los alrededores de Lima (Rivera, 1951), y a la formación Oyón de los Andes Centrales (Cosio, 1967).

2.1.2 Cretáceo Superior

2.1.2.1 Grupo Casma

Descrito por Trottereau, (1963) en los cuadrángulos de Casma y Chimbote como una secuencia mixta volcánica sedimentaria.

Aflora al oeste del Batolito Costanero como una secuencia de piroclásticos, derrames andesíticos y riolíticos que alcanzan un espesor de 1600 metros en el valle de Virú (Cossio, 1967).

Entre los valles de Virú y Santa, tiene una longitud de 60 km y su ancho máximo es de 25 km; este afloramiento consiste de metavolcánicos oscuros de naturaleza andesítica y dacítica, cortados por numerosos diques de microdiorita, andesita y algunos de aplita (Cossio, 1967).

Relaciones estratigráficas

Suprayace discordantemente a la Formación Chicama (Jurásico Superior), mientras que su techo se encuentra descubierto (Cossio, 1967).

Edad y correlación

El Grupo Casma es de edad Albiana superior hasta el Cenomaniano Inferior; se correlaciona con las formaciones Chulec, Pariatambo y Jumasha de la región andina, Cossio, (1967).

2.1.3 Terciario Inferior Eoceno - Mioceno

2.1.3.1 Grupo Calipuy

Descrito por Cossio (1964), como el vulcanismo que representa al magmatismo efusivo que siguió al emplazamiento del Batolito Costanero.

Su localidad típica es la Hacienda Calipuy, sierra de la Libertad, y se extiende hacia el sur hasta el NE de Lima y al norte hasta Lambayeque, Piura y Cajamarca.

Los afloramientos de estos volcánicos cubre una extensa parte de los cuadrángulos de Otuzco y Salaverry.

En el cuadrangulo de Otuzco está compuesto, litológicamente, en su parte inferior por derrames andesíticos y dacíticos muy alterados, de colores gris y rojizo, textura porfirítica, estratificados en bancos gruesos y medianos; se intercalan con lutitas arenosas, y lechos de aglomerados marrón violáceos. La parte superior consiste de derrames dacíticos de textura porfirítica, aglomerados de naturaleza dacítica, latítica, cuarzolítica y tobas riolíticas y dacíticas blanco amarillento; todos ellos estratificados en bancos gruesos que muestran cierta lenticularidad; tiene un grosor mayor de 1450 metros, Cossio, (1967).

En el área de Salpo se aprecia al Grupo Calipuy sobreyaciendo a la Formación Chicama y al Batolito costanero.

Relaciones estratigráficas

Sobreyace en discordancia angular a las formaciones plegadas y erosionadas del Jurásico Superior y Cretáceo.

Edad y correlación

Su edad es post fase Inca (Eoceno) hasta Mioceno Superior; Stewart, (1974) data al Grupo Calipuy entre 33 y 10 millones de años.

Cobbing et al. (1981) a partir de los resultados brindados por dataciones radiométricas K/Ar efectuadas por Wilson (1975) en la zona de Tapacocha (Huaraz) y Farrat y Noble (1976), indican que el Grupo Calipuy se emplazó entre 53.9 y 14.6Ma (Eoceno – Mioceno), elevándolo al rango de grupo para describir una serie inferior conformada por intercalaciones de aglomerados, tobas y lavas, cubiertas en discordancia angular por tobas.

Se correlaciona con los Volcánicos Tembladera, Chilete y San Pablo, en el área de Cajamarca; mientras que en el Cuadrángulo de Chongoyape se divide en Volcánicos Llama (edad por K/Ar de 16 millones de años según Turner, (1997)) y Volcánicos Porculla (edad por K/Ar de 12 millones de años según Turner, (1997)) edades datadas en la Mina Yanacocha; en Piura la parte inferior se denomina Volcánicos Huancabamba.

2.1.4 Plioceno

2.1.4.1 Formaciones Pliocénicas

Afloramientos discontinuos de ignimbritas y tufos de composición ácida, generalmente dacítica; el espesor es variable, pero no excede los 200 m, el promedio es de 20 a 40 m.

Relaciones estratigráficas

Sobreyace en discordancia erosional al Grupo Calipuy, mientras que su techo se encuentra expuesto y erosionado.

Edad y correlación

Su edad es post fase Quechua 2 (Mioceno Tardío) hasta el Plioceno. Se correlaciona con la Formación Huambos (Cajamarca), Formación Yungay, Formación Fortaleza y Formación Bosque de Piedras. Siendo datada la Formación Bosque de Piedras en una edad de 5.2 millones de años según Farrar y Noble (1976).

2.1.4.2 Depósitos Cuaternarios

Está formada por los antiguos conos de deyección de los ríos Chicama, Moche, Chao y Virú; en conjunto se trata de una llanura aluvial que esta surcada por los cauces de los ríos actuales; este material consiste de gravas,

arenas y arcillas generalmente mal clasificadas; su grosor varía desde pocos metros hasta más de 200 metros (Cossio 1967).

Los suelos coluviales se hallan formados por materiales gruesos (gravas) mezclados con limos y arcillas que han sufrido poco transporte, se localizan hacia la base de los cerros o en las pampas adyacentes (Cossio, 1967).

2.2 Rocas Intrusivas

2.2.1 Batolito de la Costa, Segmento Trujillo

El Segmento Trujillo del Batolito Costanero aflora de Chimbote a Chiclayo con una longitud de 200 kilómetros de largo (Cobbing, 1981), compuesto de grandes afloramientos de plutones y aislados stocks con dirección cordillerana (NW-SE) con extensiones variadas de 30 a 800 m.

La composición es de tonalítica a tonalítica - granodiorítica, con plagioclasas euhedrales, con límites mirmekíticos de cuarzo-feldespato-K; clinopiroxeno y hornblendas zonadas con biotitas y opacos en rocas silíceas (Pitcher, 1985). Intruye a las Formaciones Cretácicas y Jurasicas e infrayace discordantemente debajo del Grupo Calipuy.

Edad

La edad del Batolito se asigna del Cretáceo Superior al Terciario Inferior, fluctúa entre los 77 a 102 millones de años según Stewart (1974).

II.2.2 Intrusiones Terciarias

Afloran como stocks aislados de composición diorítica a granodiorítica. Se observa que estos stocks cortan a las secuencias volcánicas del Grupo Calipuy, en algunos casos se observa metamorfismo de bajo grado.

Se encuentra cortando secuencias sedimentarias Mesozoicas (Grupo Gollarisquizga) y secuencias volcánicas Terciarias (Grupo Calipuy).

La importancia de estos Stocks radica en que en contacto con rocas sedimentarias (cuarcitas) se han formado yacimientos Epitermales Au y Pórfidos Cu-Au (Comarsa, La Arena, Shahuindo).

Edad

Dataciones realizadas por Stewart (1974) al stock Terciario cerca del caserío de Purrupampa (Salpo) da una edad de 26 millones de años, mientras que dataciones de rocas intrusivas similares en la mina Quiruvilca dan una edad de 20 millones de años según Sirvas y Hollister (1979), los cuales serían comagmáticos con el Grupo Calipuy.

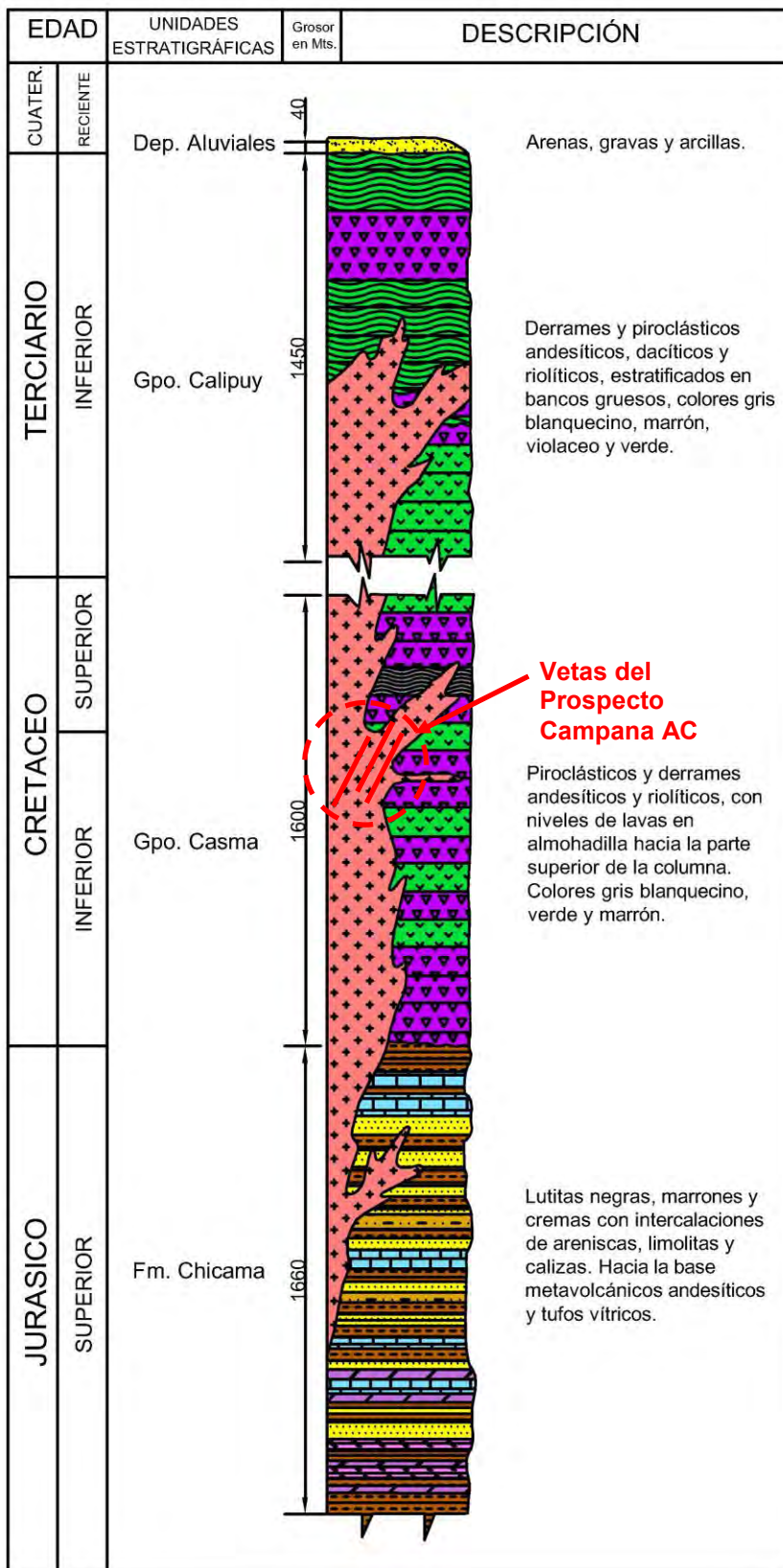


Figura 2. 2: Columna geológica regional, modificado de INGEMMET (1967)

2.3 Tectónica - Estructural

Los rasgos estructurales guardan estrecha relación con la naturaleza de las rocas expuestas.

Las rocas sedimentarias, principalmente las que afloran en el cuadrángulo de Otuzco, se hallan fuertemente plegadas con rumbo promedio NW-SE, inflexionando gradualmente hasta tomar el rumbo Este-Oeste que es la que predomina en la región.

El fallamiento de tipo compresivo es el más importante y se presenta asociado a pliegues y siguiendo generalmente el rumbo de estos. Estos rasgos estructurales se han originado por los esfuerzos producidos durante la orogenia Andina, a la que se han sumado los efectos del ulterior emplazamiento del batolito y el movimiento epirogénico de los Andes.

Las rocas volcánicas ocupan extensas áreas al oriente del área de estudio. Las estructuras más importantes en estas rocas consisten en anticlinales y sinclinales amplios, de flancos muy suaves, generalmente con buzamientos de 10° a 20°; ocasionalmente se presentan flexuras muy atenuadas. En esta secuencia volcánica no hay fallamientos de importancia. Estos rasgos estructurales sugieren que la orogénia andina del terciario afectó en forma moderada al volcánico Calipuy.

Finalmente, las rocas intrusivas en general presentan afloramientos en formas alargadas que coinciden con la orientación de los andes. Las rocas intrusivas presentan diversos sistemas de diaclasamiento, que al cortarse unos con otros dan lugar a una separación en bloques. Los principales sistemas de diaclasas se orientan de NW a SE, de NE a SW y de E a W. También los

plutones están afectados por fallas, principalmente de tipo normal, algunas de ellas presentan brechas y milonita.

2.3.1 Cretáceo Superior

La Cuenca Occidental en el norte y centro del Perú, continúa recibiendo sedimentación carbonatada y clástica entre varios episodios transgresivos y regresivos.

A fines del Cretácico, los mares se retiraron definitivamente de la región andina produciéndose regresiones paulatinas, y luego el levantamiento de la secuencia sedimentaria durante la primera Fase Orogénica Andina (Fase Peruana de Steinmann). Se producen luego amplios plegamientos en el sector Occidental, así como fallamientos, delineándose entonces la Cordillera Occidental.

Conjuntamente con esta fase tectónica se tuvo el emplazamiento del Batolito de la Costa (77 – 102 Ma, Steward et al., 1974).

2.3.2 Paleógeno

En tiempos del Eoceno, se producen perturbaciones locales que culminan en el Eoceno terminal con fuerte deformación compresional de la Fase Inca 2 de 55 – 40 Ma (Sánchez, 2010), evidenciadas por plegamientos que afectan a las Capas Rojas finicretácicas, así como por fallamiento inverso, siendo la región más afectada la zona norte y central de la Cordillera Occidental, luego de esta fase continua una intensa actividad erosiva. Durante este periodo hasta comienzo del Mioceno tienen lugar dos fases tectónicas más, Inca 3 y 4, de 40 – 25 Ma y 25 – 22 Ma respectivamente, (Sánchez, 2010), además de un gran número de stocks intrusiones a menudo sub volcánicas en la zona centro y norte del Perú.

La mineralización del prospecto Campana AC podría estar asociada a estas fases tectónicas, durante el volcanismo desarrollado en el Oligoceno, a una profundidad aproximada de 1.9 a 1.3 km (de acuerdo a los datos de las inclusiones fluidas), esto luego de un periodo de intensa erosión que siguió a la Fase Inca 2.

2.3.3 Neógeno

Durante el Mioceno la actividad volcánica explosiva fue intensa en la Cordillera Occidental, desarrollándose una gruesa y variada secuencia de piroclastos.

Entre el Mioceno y el Plioceno se produjeron más deformaciones, la deformación conocida como Fase Quechua 1, 21 - 14 Ma, (Sánchez, 2010), compresiva, aunque sus esfuerzos son menores que los de la “Fase Incaica”, con pliegues más abiertos y fallamiento reactivados. Posteriormente se produce una acción erosiva fuerte que genera la “Superficie Puna” extendida en toda la Cordillera Occidental.

Ocurren dos fases tectónicas compresivas Fase Quechua 2 de 14 – 6 Ma y Fase Quechua 3 de 6 - 4 Ma (Sánchez, 2010). Finalmente una última fase tensional en el plioceno denominada Fase Cuaternaria de 4 – 2 Ma (Sánchez, 2010).

Se interpreta que la tectónica en la región originó magmatismo Cretáceo - Paleógeno ocurrido en la fase Peruana y fase compresiva Inca I (Batolito de la Costa). Las estructuras dextrales ENE (vetas) que corresponderían a la fase cizallante NO - SE del Paleógeno - Neógeno, según se muestra en la Tabla 2.1.

Tabla 2. 1: Fases tectónicas de la zona de Pataz (Victor Sanchez, 2010)

FASE TECTÓNICA	EDAD (M.a.)	SISTEMA	SERIE	FASE	DIRECCIÓN	CINEMÁTICA	SISTEMA DE FALLAS	EVENTO
Cuaternaria	4-2	Neogeno	Plioceno	Tensional	N 130	Normal		
Quechua 3	6-4	Neogeno	Mioceno - Plioceno	Cizallante	E - O	Dextral	Dextrales E - O	VI Tectonismo
Quechua 2	10-6	Neogeno	Mioceno	Cizallante	N - S	Sinextral	Sinextrales N - S	V Tectonismo
	14-10	Neogeno	Mioceno	Tensional	E - O	Normal	Normales NNO	IV Tectonismo, magmatismo y mineralización
Quechua 1	21-14	Neogeno	Mioceno	Cizallante	NO - SE	Sinextral	Sinextrales NNO	III Tectonismo
Inca 4	25-22	Paleógeno - Neógeno	Oligoceno - Mioceno	Cizallante	NO - SE	Dextral	Dextrales ENE	II Tectonismo, magmatismo y mineralización
Inca 3	40-25	Paleógeno	Eoceno - Oligoceno					
Inca 2	55-40	Paleógeno	Paleoceno - Eoceno					
Inca 1	85-55	Paleógeno	Senoniense - Paleoceno	Compresiva	N - S	Inversa	Inversas E - O	I Tectonismo que origina sobreescurremientos y magmatismo pre - mineral.

2.4 Contexto Metalogenetico Regional

Dentro del contexto metalogenético el prospecto Campana se encuentra ubicado en la franja X de Pórfidos de Cu-Mo del Cretácico Superior, muy cerca al dominio de la franja XXI de Epitermales de Au-Ag del Mioceno (Figura 2.3).

A continuación se describen las principales minas y proyectos cercanos al prospecto Campana AC (Figura 2.3):

2.4.1 Mina Machacala (Ylazaca, 1996)

Ubicada a 11 Km al ESE del área de estudio, en el distrito de Carabamba, provincia de Julcan, departamento de La Libertad. Depósito de baja sulfuración de Au – Ag, del tipo relleno de falla abierta normal-dextral, con texturas masiva, crustiforme, sacaroide y bandeada, constituyen un sistema de 13 vetas de rumbo NW-SE con afloramientos que van de 0.5 a 3 Km de longitud y 1 a 3 metros de potencia, formando lazos sigmoides. La roca encajonante son dacitas y andesitas porfiríticas (Grupo Calipuy). La mineralogía consiste de: pirita – calcopirita – freibergita – galena y esfalerita con franjas mineralizadas irregulares con valores altos de Ag – Au.

2.4.2 Mina Salpo (Saenz, 2005)

Ubicada a 18 km al NE del área de estudio, en el distrito de Salpo, provincia de Otuzco, departamento de La Libertad. Emplazadas dentro de la franja volcánica del Grupo Calipuy. Depósito epitermal de baja sulfuración de Ag – Au, vetas intracaldera de rumbo NW, donde destacan: la veta Salpo de relleno de falla dextral normal con mineralogía de cuarzo, metales base, oro, platas rojas, cobres grises y galena argéntifera y la veta Milluachaqui de

relleno normal dextral con mineralogía de cuarzo, rodonita, óxidos de manganeso, platas rojas, cobres grises, galena argentífera y oro. Roca caja con alteración propilítica sobreimpuesta a alteración sericítica y sobreimpuesta a alteración argílica.

Este Yacimiento se encuentra dentro del sector metalogénico de yacimientos epitermales de baja sulfuración y vetas polimetálicas con Ag – Au de edad 16 a 7 millones de años y dentro del corredor estructural Huamachuco – Santa (Quiroz, 1997).

2.4.3 Proyecto Urumalqui (Tumialán, 1982)

Ubicado a 25 Km al este del área de estudio, en el distrito de Julcán, provincia de Julcán, departamento de La Libertad. Depósito epitermal de baja a intermedia sulfuración de Ag – Au, vetas de cuarzo tipo relleno de falla sinistral normal, de rumbo NW con alto buzamiento y potencia promedio de 3.5 m, se encuentra emplazado en lavas y tobas andesíticas - dacíticas (Grupo Calipuy). Presenta 1.8 Km de longitud de afloramiento, con ramales de rumbo E-W, hacia el SE la veta se divide en varios ramales (cola de caballo). La mineralogía consiste de pirita-Cobres Grises, galena-esfalerita y ganga de cuarzo - calcedonia.

2.4.4 Mina Quiruvilca (Díaz, 1999 y Bartos, 1984)

Ubicada a 45km al NE del área de estudio, en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad. Depósito epitermal de baja sulfuración de Ag - (Cu-Pb-Zn- Au), vetas de rumbo NE de 0.3m de espesor promedio y localmente hasta 2.5m de espesor, emplazadas en el Grupo Calipuy (Flujos y brechas andesíticas) e Intrusivos (Stocks, diques y lacolitos andesíticos). Estructuralmente tiene fallas regionales

dextrales y vetas que cortan la parte central de un estrato volcán. Presenta mineralización de metales base, sulfosales y carbonatos. Las alteraciones son: intensa sericitización, débil argilización y propilitización.

2.4.5 Mina Alto Chicama (Araneda, 2003)

Ubicada a 54 km al NE del área de estudio, en el distrito de Quiruvilca, provincia de Santiago de Chuco, departamento de La Libertad. Depósito epitermal de alta sulfuración de Au en brechas sedimentarias de cuarcitas (Formación Chimú) en contacto con Volcánicos (Grupo Calipuy). Los ensambles de alteración hidrotermal son: cuarzo-alunita, cuarzo-diaspora-pirofilita, al igual que en otros yacimientos aledaños (Comarsa, La Virgen).

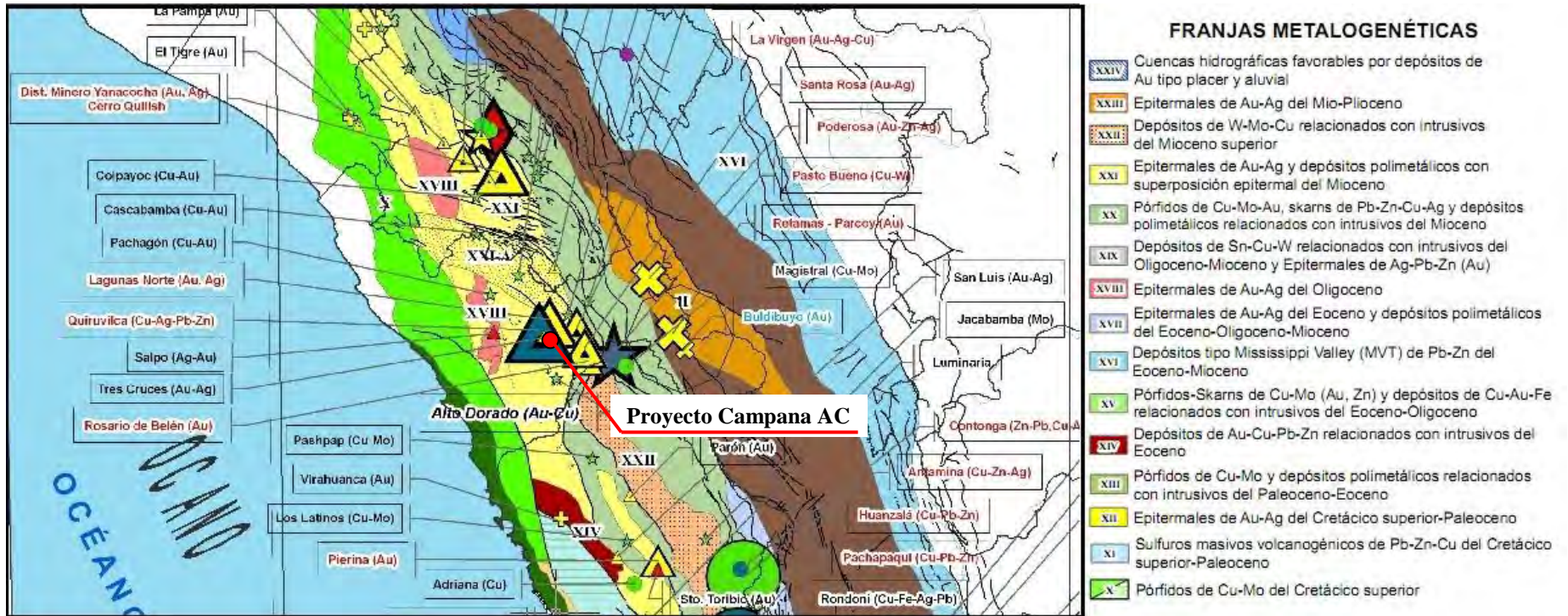


Figura 2. 3: Mapa Metalogénico Regional, INGEMMET (2011)

CAPITULO III

GEOLOGÍA LOCAL

3.1 Aspectos Geomorfológicos

El área de estudio presenta un relieve abrupto característico de las rocas intrusivas, de difícil acceso en algunas zonas, presenta tres quebradas principales de rumbo EW y NW.

Los valles se encuentran rellenos de material aluvial (Cuaternario reciente) con fragmentos y bloques sub redondeados de hasta 5 m de tamaño.

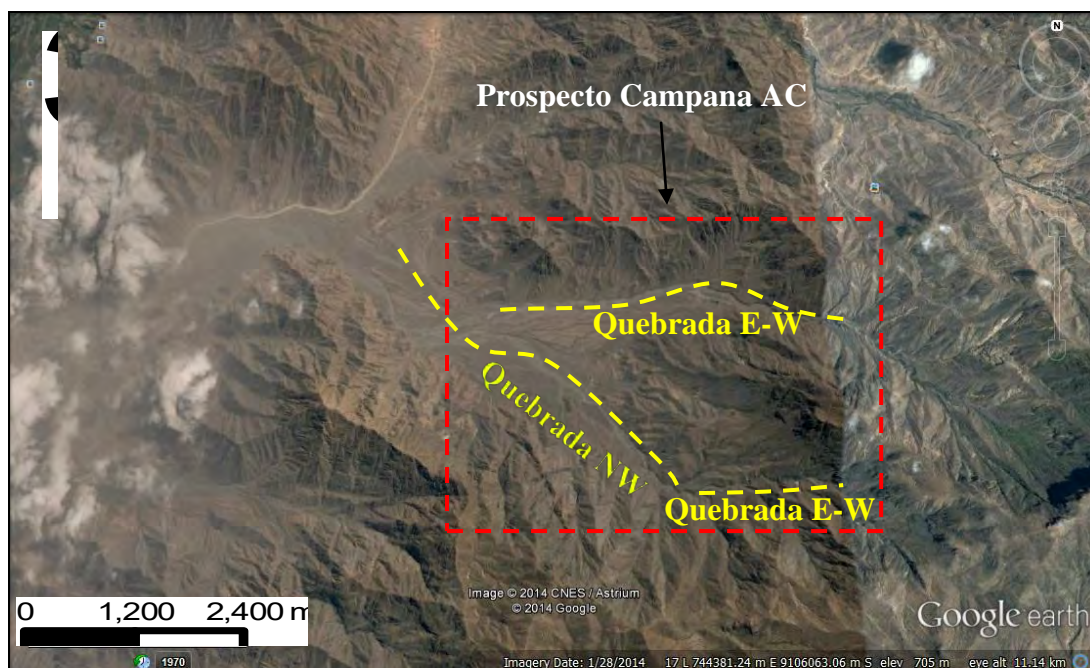


Figura 3. 1: Imagen Google Earth de la zona de estudio

3.2 Litología

En el área de estudio afloran principalmente rocas intrusivas, las cuales corresponden al batolito de la costa (Cretáceo superior – Terciario inferior, INGEMMET 1967).

A continuación se resume las características petrográficas y distribución de las rocas intrusivas:

Granodiorita: Intrusivo de textura fanerítica de tonalidad gris blanquecina, compuesta por 50% de plagioclasas, 15% de cuarzo y 10% de hornblendas. Aflora en la zona oeste del área de estudio, presenta meteorización esferoidal e incipiente oxidación de ferromagnesianos.

Granito: Intrusivo de textura fanerítica, de tonalidad rosada, compuesta por 30% de plagioclasas, 20% de feldespato potásico, 20%de cuarzo, 5% de

hornblendas y 5% de biotitas. Aflora en la zona este del área de estudio, presenta meteorización esferoidal e incipiente oxidación de los ferromagnesianos, en el contacto con la granodiorita forma brecha intrusiva con fragmentos sub redondeados de granodiorita (posterior a la granodiorita).

Diorita: Intrusivo de textura fanerítica, de coloración gris verdosa, compuesta por 60% de plagioclasas y 10% de hornblendas, con incipiente alteración clorita – epidota. Presenta múltiples afloramientos sobre toda el área de estudio con orientación NW-SE, en forma de stocks elongados y diques cortando a la granodiorita y el granito.

Diques: Se observan diques de composición aplítica de textura fina, coloración blanca. Aflora en la zona central y oeste del área de estudio, con orientación NW y EW, cortando la granodiorita, el granito y la diorita.



Figura 3. 2: Dique diorítico (N330°/83°) cortando intrusivo granítico.



Figura 3. 3: Dique aplítico (N260°/80°) cortando intrusivo granítico.

Brecha Intrusiva: Brecha intrusiva con matriz de composición granítica y fragmentos sub-redondeados a redondeados de granodiorita de 60cm en promedio (Figura 3.4), se presenta en el contacto entre la granodiorita y el granito.



Figura 3. 4: Brecha Intrusiva con fragmentos sub redondeados de granodiorita englobados por granito.

Algunos intrusivos presentan una débil alteración clorita – epidota asociada principalmente a la diorita y diques de composición diorítica; incipiente en el granito y la granodiorita, venillas de epidota cortan los intrusivos y diques.

Asimismo se desarrolla una débil alteración argílica en algunos diques dioríticos.

3.3 Estructural

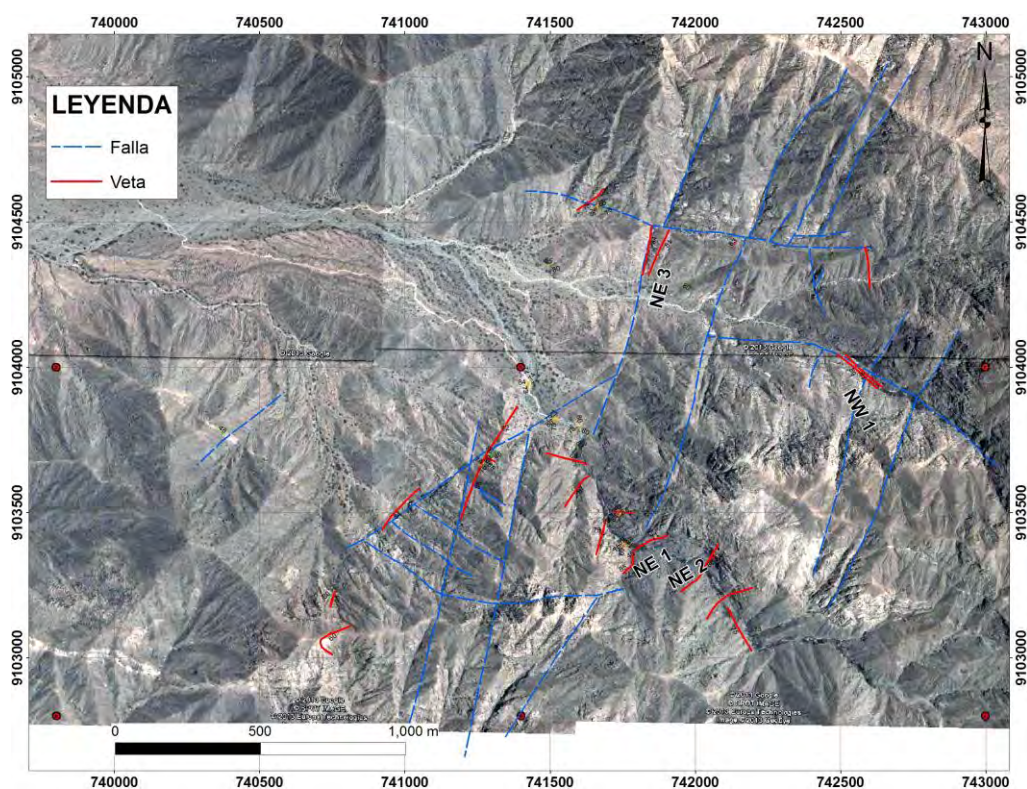


Figura 3. 5: Principales estructuras en el prospecto

En el área de estudio se observan 3 lineamientos principales (Figura 3.1):

EW: se observan 2 lineamientos principales en la zona norte y sur del prospecto. Los sistemas de veta (NE) podrían ser estructuras tensionales a estos sistemas de falla.

NW: Principal lineamiento de rumbo andino en la zona oeste del prospecto.

NE: Se observa muchas de estas estructuras dentro del área de estudio, posiblemente sean conjugadas a los sistemas anteriores (Figura 3.5).

3.4 Estructuras Mineralizadas

A continuación se describen las vetas principales en el prospecto:

3.4.1 Veta NE 1

Veta de azimut N235° y 45° de buzamiento al NW (**Sistema N50°E**) y 0.8 m de potencia promedio, presenta el ensamble hematita - cuarzo - magnetita (trazas) con patinas de jarosita y limonita (Figura 3.6).

3.4.2 Veta NE 2

Veta de azimut N45° y 86° de buzamiento al SE (**Sistema N50°E**) y 0.4 m de potencia promedio, presenta el ensamble magnetita – cuarzo prismático con trazas hematita como patinas (Figura 3.8)

3.4.3 Veta NE 3

Veta de azimut N16° y 84° de buzamiento al SE (**Sistema N23°-40°E**) y 0.1 m de potencia promedio, presenta el ensamble cuarzo - magnetita - hematita con trazas de jarosita, principalmente cuarzo granular y esporádicos cristales de cuarzo prismático, trazas de sulfuros (pirita - calcopirita) (Figura 3.9).

3.4.4 Veta NW 1

Veta de azimut N340° y 72° de buzamiento al SE (sistema subordinado N30°W al **sistema N23°-40°E**) y 0.25 m de potencia promedio, presenta el ensamble cuarzo - goetita - jarosita - hematita - hematita (trazas), dos eventos de cuarzo, cuarzo granular masivo y vetillas posteriores de cuarzo hialino (prismático), presenta trazas de sulfuros (py – cpy) (Figura 3.10).

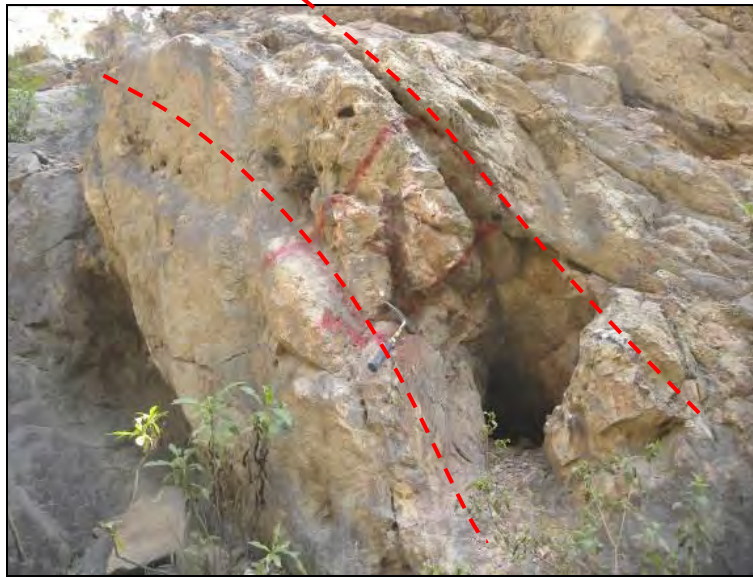


Figura 3. 6: Veta NE1, de hematita - cuarzo, puntos de jarosita y limonita como patina, trazas de magnetita, $235^{\circ}/45^{\circ}$ y 0.8 m de potencia promedio.

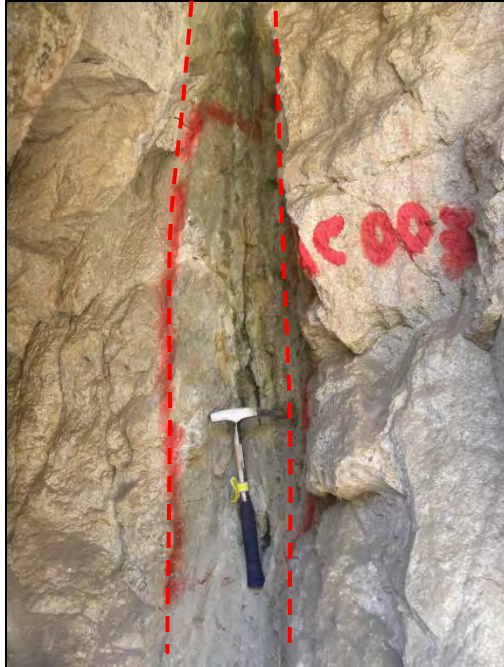


Figura 3. 7: Veta de magnetita - hematita - limonitas - cuarzo, $45^{\circ}/84^{\circ}$ y 0.4 m de potencia promedio.

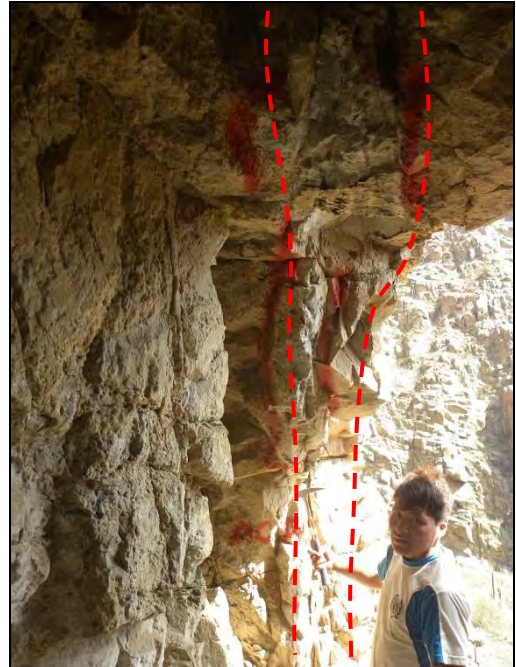


Figura 3. 8: Veta NE 2, de magnetita - cuarzo prismático, $45^{\circ}/86^{\circ}$ y 0.4 m de potencia promedio.



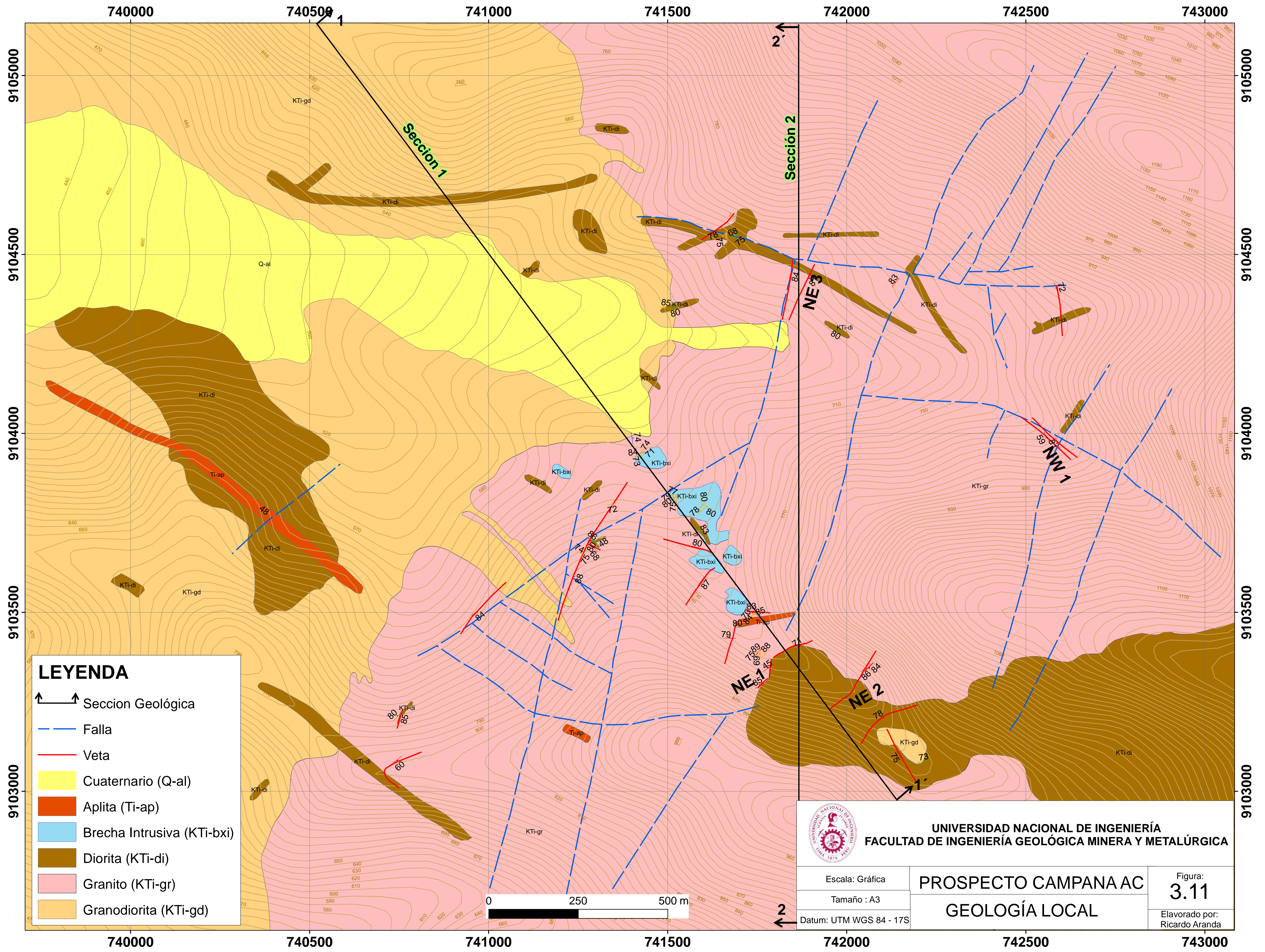
Figura 3. 9: Veta NE 3 de cuarzo - hematita – limonitas, trazas de pirita, granito como roca caja, $16^{\circ}/84^{\circ}$ y 0.1 m de potencia promedio.



Figura 3. 10: Veta NW 1 de cuarzo - hematita -limonitas, trazas de sericita en oquedades, granito como roca caja, $340^{\circ}/72^{\circ}$ y 0.25 m de potencia promedio.


3.4.5 Alteraciones Hidrotermales

Las vetas de cuarzo y cuarzo - hematita - magnetita presentan sericita rellenando cavidades y como halos centimétricos de alteración en la roca caja.



LEYENDA

- ↔ Seccion Geológica
- - - Falla
- Veta
- Cuaternario (Q-al)
- Aplita (Ti-ap)
- Brecha Intrusiva (KTi-bxi)
- Diorita (KTi-di)
- Granito (KTi-gr)
- Granodiorita (KTi-gd)

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA	
	Escala: Gráfica Tamaño: A3 Datum: UTM WGS 84 - 17S	PROSPECTO CAMPANA AC GEOLÓGIA LOCAL

CAPITULO IV

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LAS VETAS

Se distinguieron las siguientes venillas y vetas:

4.1 Estructuras de Cuarzo

Se observa el sistema predominante $N23^{\circ}/81^{\circ}$ (Figura 4.1) para estructuras de cuarzo la cual denominaremos sistema $N23^{\circ}E$ de estructuras de Cuarzo de alto ángulo (80° de buzamiento al SE).

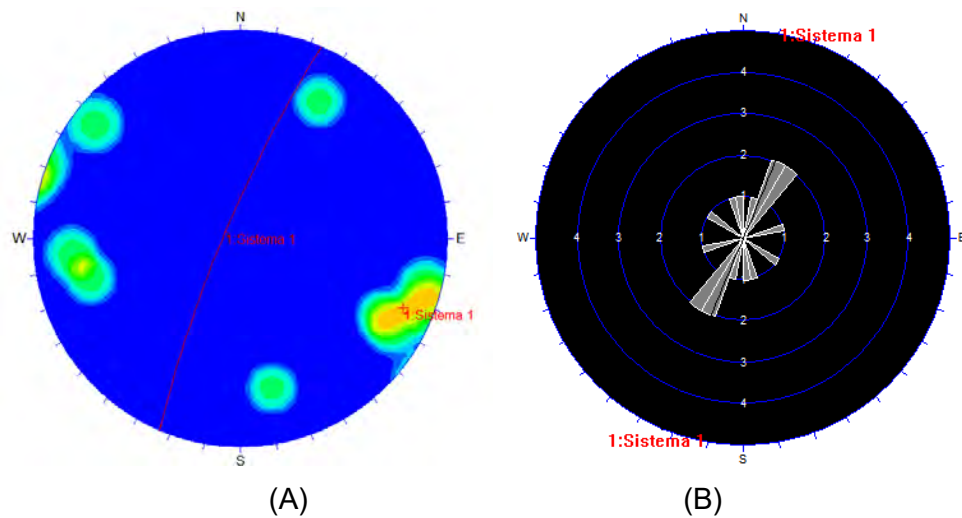


Figura 4. 1: Red estereográfica de estructuras de cuarzo, (A) y roseta (B) mostrando el sistema principal $N23^{\circ}/81^{\circ}$ (Sistema $N23^{\circ}E$) (Sistema 1 en la figura)

4.2 Estructuras de Cuarzo – Hematita – Magnetita

Se observa el sistema predominante $N40^{\circ}/84^{\circ}$ (Figura 4.2) la cual denominaremos sistema $N40^{\circ}E$ de estructuras de cuarzo – hematita – magnetita y un sistema subordinado $N30^{\circ}W$, ambos de alto ángulo ($70^{\circ} - 84^{\circ}$ de buzamiento al SE y SW respectivamente).

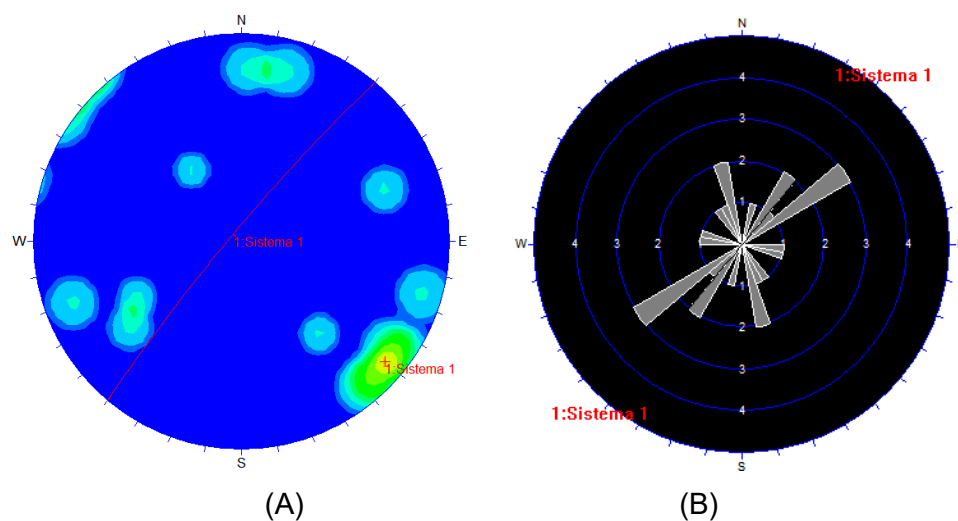


Figura 4. 2: Red estereográfica de estructuras de cuarzo – hematita – magnetita (A) y roseta (B) mostrando el sistema principal $N40^{\circ}/84^{\circ}$ (Sistema $N40^{\circ}E$, sistema 1 en la figura) y otro secundario $N150^{\circ}/70^{\circ}$ (Sistema $N30^{\circ}W$)

4.3 Estructuras de Magnetita - Hematita - Cuarzo

Se observa el sistema predominante $N235^{\circ}/82^{\circ}$ y el sistema secundario $N45^{\circ}/87^{\circ}$ (Figura 4.3) a los cuales denominaremos **sistema N50°E** de estructuras de magnetita a alto ángulo ($82-87^{\circ}$ de buzamiento al SE y NW).

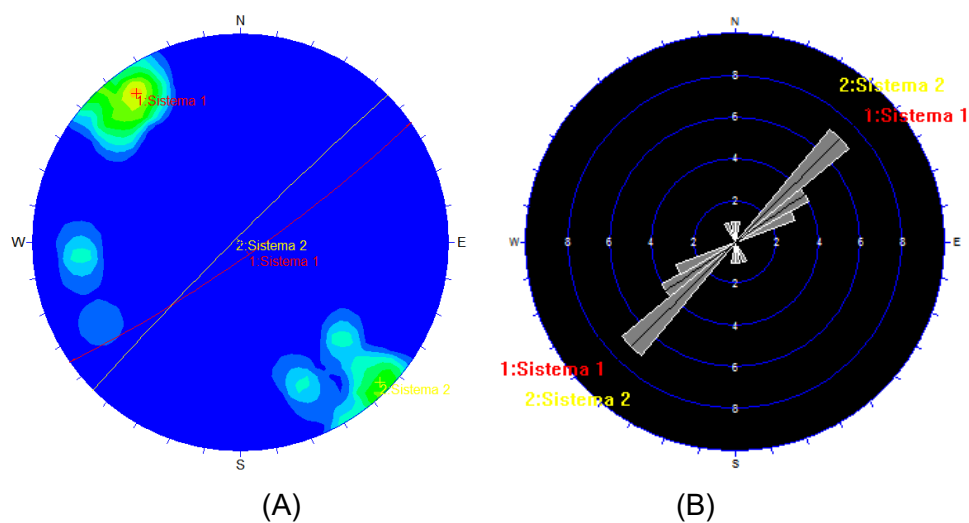


Figura 4. 3: Red estereográfica de estructuras de magnetita, (A) y roseta (B) mostrando los sistemas $N235^{\circ}/82^{\circ}$ (Sistema 1 en la figura) y secundario $N45^{\circ}/87^{\circ}$ (Sistema 2 en la figura), sistema $N50^{\circ}E$

4.4 Estructuras de Epidota

No se observa una clara tendencia de orientación de las estructuras de epidota.

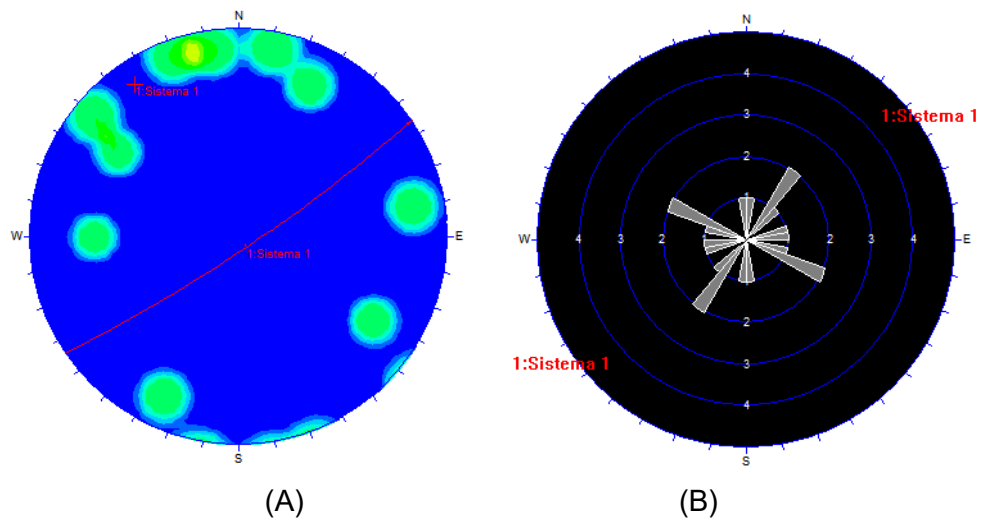


Figura 4. 4: Red estereográfica de estructuras de epidota, (A) y roseta (B) mostrando sistema principal N236°/83° (Sistema 1) y otros sistemas

En campo se observan venillas de epidota N285°/80° (aproximadamente EW) se presentan como tensionales a las venillas de magnetita N235°/82° (Sistema 1, Figura 4.3) correspondientes al **sistema N50°E** de estructuras de magnetita (Figura 4.5).

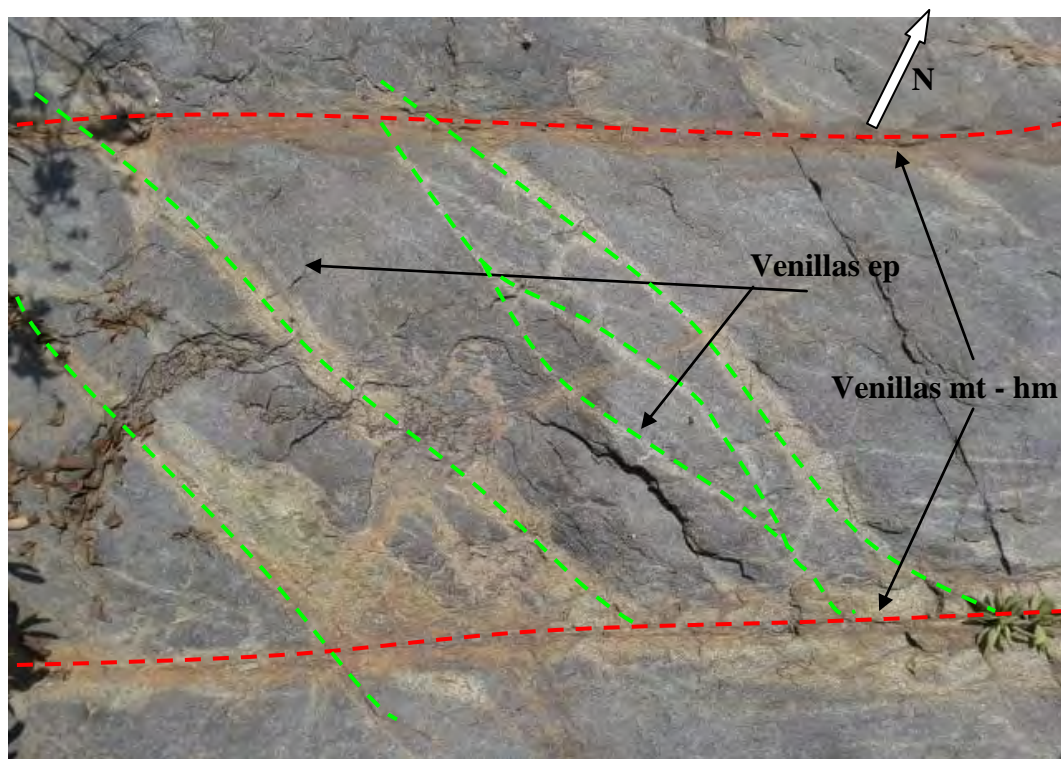


Figura 4. 5: Venillas de magnetita $N230^{\circ}/75^{\circ}$ (2cm de potencia, magnetita oxidándose a hematita) y venillas tensionales de epidota $N285^{\circ}/80^{\circ}$ (2cm de potencia).



Figura 4. 6: Venilla de epidota (ep) de 0.2 cm cortando venillas de magnetita (mt) de 0.1cm



Figura 4. 7: Venilla de cuarzo (qz) de 1cm cortando venillas de magnetita (mt) de 0.2 cm



Figura 4. 8: Venilla de cuarzo (qz) de 1cm cortando venilla de magnetita (mt) de 0.2 cm

Interpretación

Del análisis estructural de las vetas y vetillas se pueden definir los sistemas:
Sistema N23°E de estructuras de cuarzo, Sistema N40°E de estructuras de cuarzo – hematita – magnetita (con un sistema subordinado N30°W) y Sistema N50°E de estructuras de magnetita - hematita - cuarzo.

CAPITULO V

GEOQUÍMICA

5.1 Muestreo Geoquímico

Se realizaron 4 campañas de campo en el proyecto Campana AC entre los años 2012 y 2014. Durante la campaña se evaluó 600Ha, se tomaron 27 muestras para análisis geoquímico de multielementos, 9 muestras para geoquímica de tierras raras, 2 muestras para análisis de roca total, 4 muestras de petromineralogía y 4 muestras para termometría de inclusiones fluidas.

Se emplearon los siguientes tipos de muestreo en campo:

Canales: Se utilizó para muestrear las vetas, en canales rectangulares perpendiculares al buzamiento de la estructura mineralizada (veta), teniendo un ancho de 20 cm (hasta 50 cm si es necesario para alcanzar el peso la muestra), para extraer de 2 a 3 Kg de muestra (excepcionalmente 1Kg dependiendo de la potencia de la estructura).

Chip: Se utilizó para muestrear alteración u oxidación en roca en un área no definida como estructura, se extraen fragmentos de roca en un área mínima de 1mx1m, hasta obtener una muestra de 2 a 3 Kg.

Muestra de Mano: Muestras representativas enteras de 1 kg para realizar ensayos de roca total, secciones delgadas e inclusiones fluidas.

5.2 Ensayos

Los ensayos fueron realizados por el laboratorio SGS, donde utilizaron los siguientes métodos:

FAA313: Ensayo al fuego para muestras por oro, límite de detección de 5 a 5000ppb.

Se enviaron las muestras de veta y algunas muestras de intrusivo.

ICP40B: Por 36 elementos, digestión multiácida (ácido clorhídrico, ácido nítrico, ácido perclórico y ácido fluorhídrico).

Se enviaron las muestras de veta y algunas muestras de intrusivo.

ICP95A: Fusión de metaborato de litio disuelve la mayoría de los constituyentes de minerales de una roca, así como trazas de minerales, analizados por ICP-AES.

Se enviaron las muestras de intrusivo.

IMS95A: Fusión de metaborato de litio para trazas de elementos, analizado vía ICP-MS.

Se enviaron las muestras de intrusivo y algunas muestras de veta.

5.3 Resultados de los Análisis Químicos

Los resultados de los análisis químicos de las 27 muestras tomadas en superficie, presentan como mejores valores: Au (0.23 g/t Au), Cu (0.31% Cu), Mo (111 ppm Mo), Ag (8.6 g/t Ag), Zn (0.17% Zn) y Pb (0.04% Pb) que a pesar de no tener valor económico (se requeriría una mayor densidad de muestra para definir mejor el contenido mineral), evidencian actividad hidrotermal relacionada posiblemente a un depósito tipo pórfido a profundidad.

En la Tabla 5.1 se muestran los resultados de los análisis químicos, asimismo la estadística de los análisis químicos obtenidos para los elementos principales (Figura 5.1).

Tabla 5. 1: Resultados químicos

COD.	Au (ppb)	Ag (ppm)	As (ppm)	Ba (ppm)	Bi (ppm)	Cu (ppm)	Mo (ppm)	Pb (ppm)	Zn (ppm)
AC001	11	0.4	17	1961	10	76.8	45	69	172
AC002	43	0.6	1	518	8	16.9	2	62	130
AC003	11	0.2	1	329	35	709.5	1	45	1745
AC004	<5	0.7	3	444	6	45.2	6	16	103
AC005	<5	0.4	5	1843	5	32	2	38	65
AC006	<5	0.6	1.5	741	<2	56.1	8	50	145
AC008	69	2.2	49	601	7	12.7	18	30	74
AC009	<5	0.2	4	47	6	62.2	8	44	137
AC012	8	<0.2	2	20	1	16	2	5	25
AC014	5	0.3	1	30	5	74	3	32	98
AC016	10	1	51	151	<2	167.4	16	41	120.6
AC017	231	8.6	16	71	6	156.3	13	415	425.4
AC018	140	5.7	65	138	<2	68.2	41	48	104.7
AC021	6	<0.2	14	313	14	20.6	6	9	311.7
AC023	<5	0.6	3	30	4	123	4	10	25
AC024	7	0.5	10	2777	<2	82.8	9	20	76.4
AC025	8	<0.2	70	20	<2	647	15	177	324
AC026	<5	1.4	28	10	2	3150	11	13	68
AC028	8	<0.2	295	832	<2	132.3	11	25	40.7
AC030	10	<0.2	14	231	6	29.4	13	28	25.8
AC031	17	9.7	89	244	27	121.8	81	199	179.3
AC032	6	0.2	16	112	6	40.5	15	38	42.3
AC035	<5	<0.2	<2	420	10	20	1	9	98.2
AC036	5	0.3	11	600	24	595.4	15	56	469.4
AC037	13	0.3	37	1080	28	150.7	70	88	433.1
AC038	72	0.6	100	18	34	252.6	111	84	682.8
AC039	7	<0.2	5	837	2.5	44	5	22	73.6

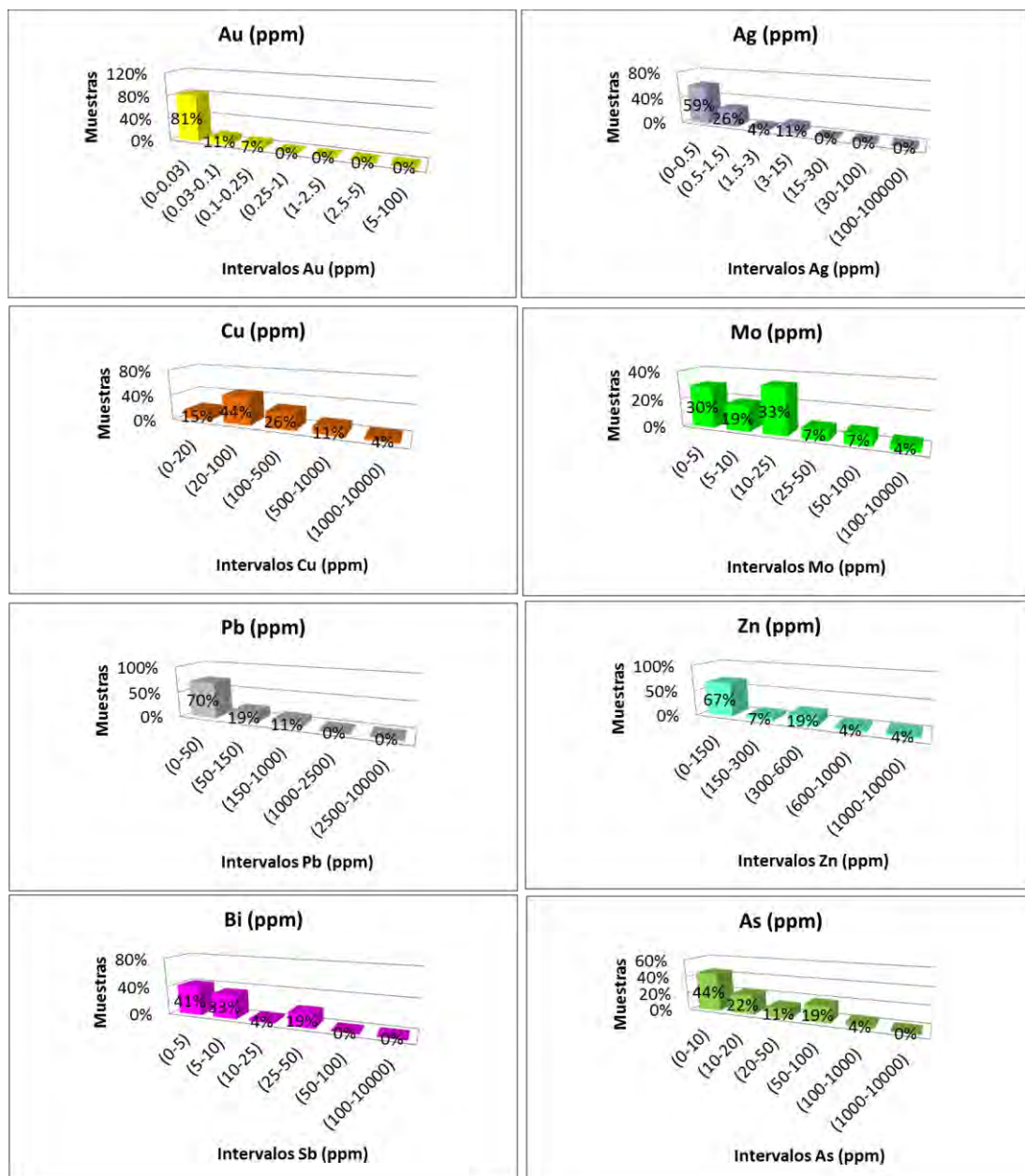


Figura 5. 1: Estadística de los análisis químicos obtenidos para los principales elementos

5.4 Coeficiente de Correlación

Se utilizó tablas de coeficiente de correlación para relacionar grupos de elementos que ayuden a identificar eventos de mineralización en el prospecto (Tabla 5.2).

Se trabajaron los 36 elementos del ICP40B y el Au (FAA313).

5.4.1 Interpretación

De la Tabla 5.2 se puede distinguir 5 asociaciones: Cu – Zn (calcopirita – esfalerita) teniendo como elementos guía el Bi, la asociación Au - Ag - Pb (electrum? – galena?), Pb - Ag (galena?) con Sn - S como elementos trazas, Fe - S (pirita) con Sn - W como elementos traza, Al - Na - Ca (Feldespatos) Sr - Ti - La – Y como elementos traza, el Mo se muestra aparentemente independiente a los anteriores.

Tabla 5. 3: Interpretación de coeficientes de correlación

ASOCIACIÓN	INTERPRETACIÓN
Au - Ag - Pb	Electrum? y galena?
Pb - Ag - (Sn - S)	Galena? con Sn, S como elementos traza.
Cu - Zn - Bi - (Fe)	Calcopirita – esfalerita – magnetita, corroborado con minerografía, Bi como elemento guía.
Fe - S - (Sn – W)	Pirita con Sn, W como elementos traza.
Al - Na - Ca - (Sr - Ti - La – Y)	Al, Ca, Na como constituyentes principales de los feldespatos, Sr, Ti, La, Y como elementos trazas.

5.5 Geoquímica de Rocas

Se tomaron 2 muestras de roca caja (intrusivos) y se realizó ensayos de roca total y elementos traza para determinar su composición y el potencial económico del magma y si existe asociación con la mineralización.

Con los resultados de los ensayos se determinó la composición de dos intrusivos: el granito (Muestra AC 005) corresponde al mayor cuerpo intrusivo

(Batolito de la costa) y la diorita (Muestra AC 006) posterior al batolito de la costa (Figura 5.2 y 5.3).

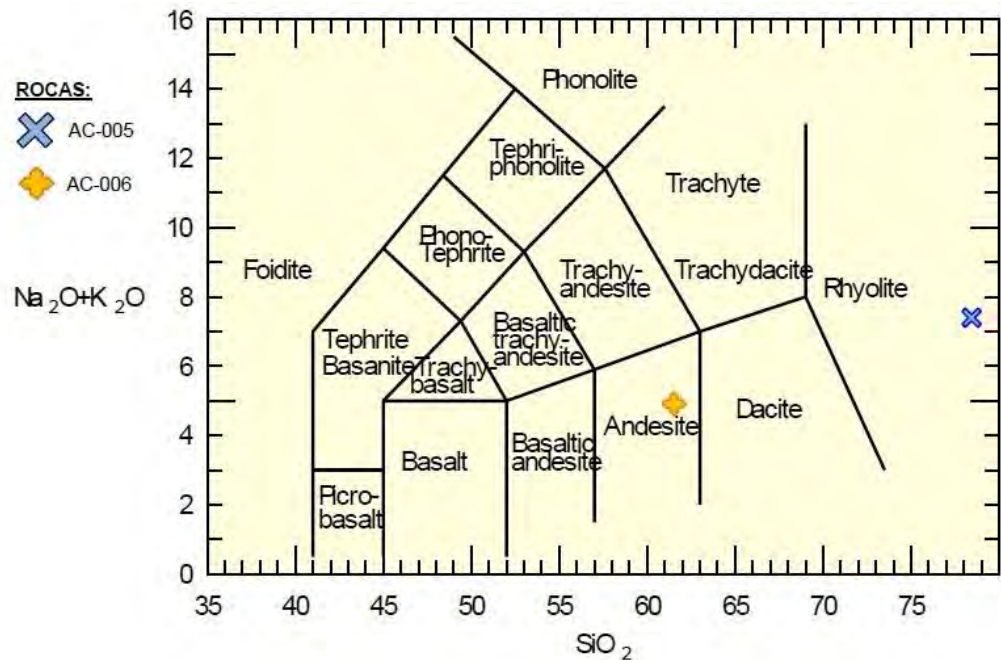


Figura 5. 2: Diagrama TAS (Equivalento Volcánico) LeBas et al. 1986

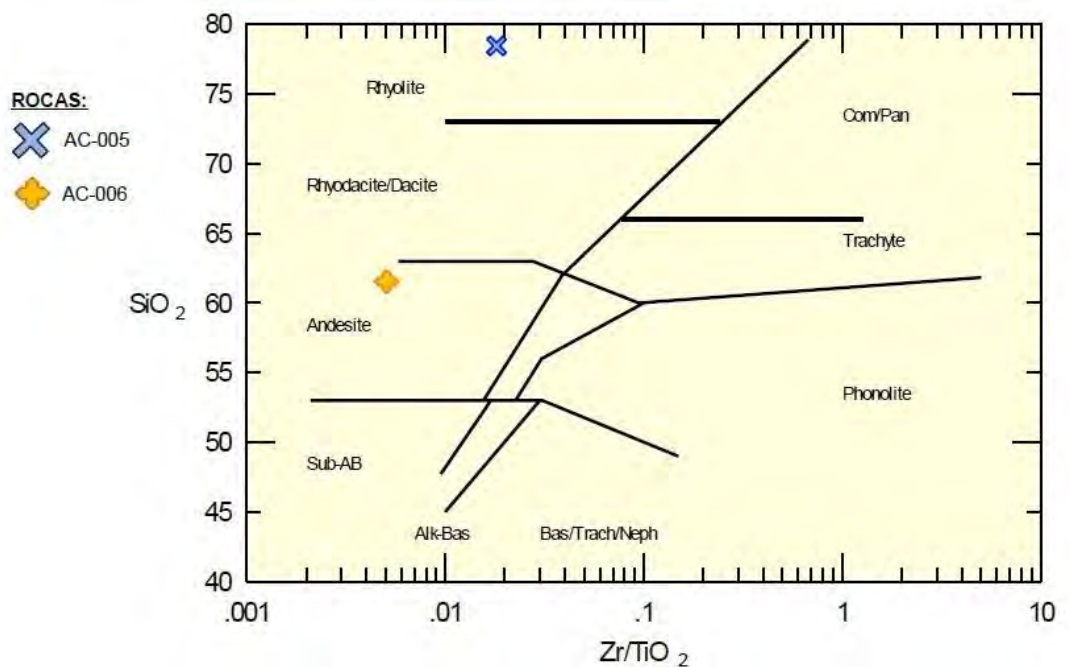


Figura 5. 3: Diagrama Zr/TiO_2 vs SiO_2 de Winchester y Floyd (1977) (Equivalento Volcánico)

Por otro lado se confirma que los dos intrusivos provienen de un ambiente geodinámico de subducción como lo son los granitos de arco volcánico (tipo I) de afinidad calcoalcalina (Figura 5.4 y Figura 5.5).

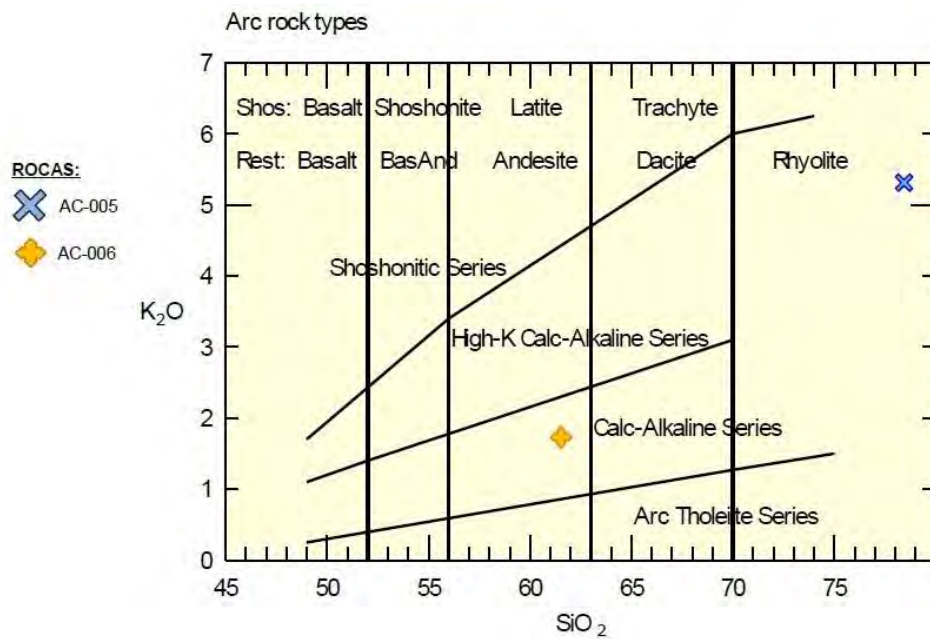


Figura 5. 4: Diagrama SiO₂ vs K₂O de Peccerillo y Taylor (1976) de rocas intrusivas

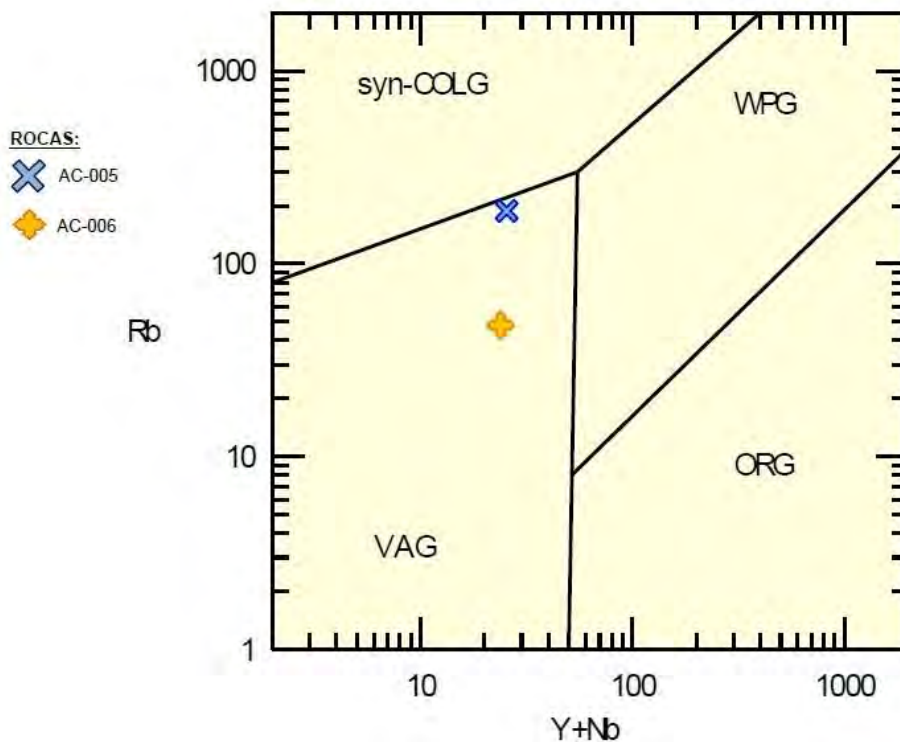


Figura 5. 5: Diagrama Y+Nb vs Rb de Pearce et al. (1984) de los intrusivos

Para determinar el potencial económico de los intrusivos se utilizó la relación La – Yb para comparar los valores de los intrusivos del prospecto con depósitos de clase mundial, se observa que los intrusivos presentan valores muy por debajo de lo que se consideraría un magma fértil, sin embargo es probable que el intrusivo que dio origen a la mineralización sea más joven y no este aflorando.

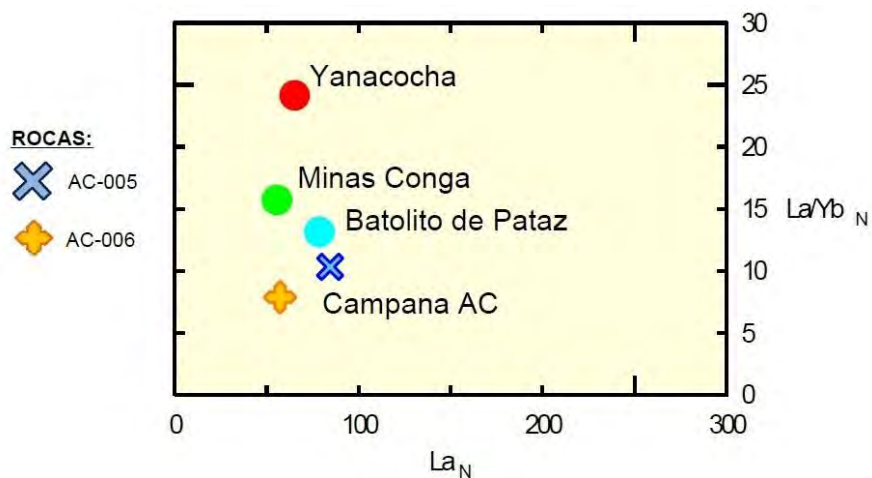


Figura 5. 6: Diagrama La vs La/Yb de los intrusivos del prospecto, comparado con otros yacimientos.

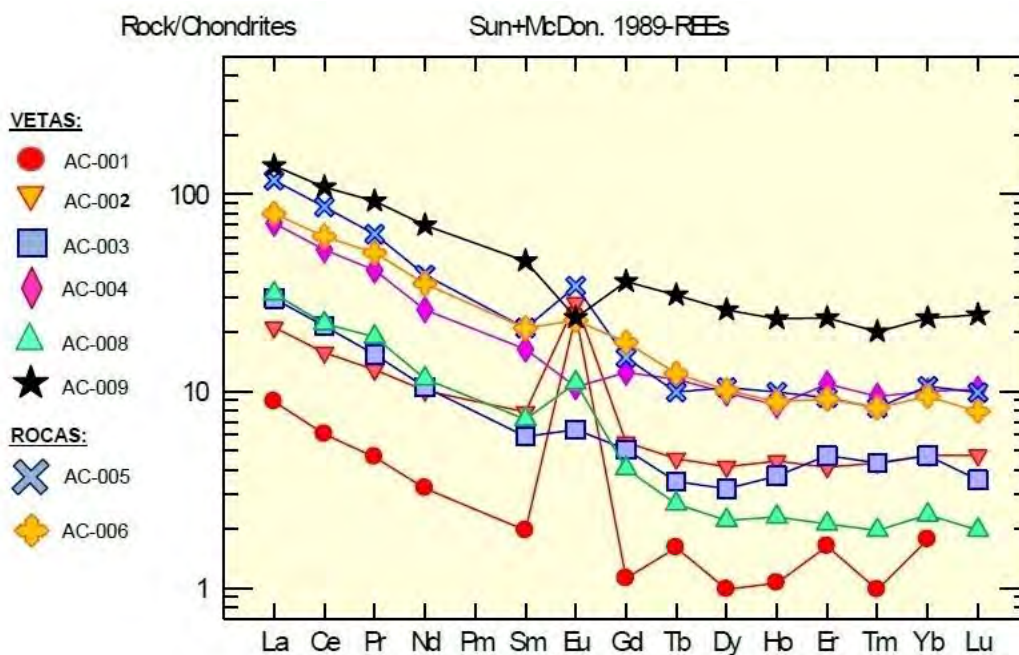


Figura 5. 7: Diagrama Spider normalizado a la condrita para rocas y vetas

Finalmente en base a los resultados de tierras raras se determina que el granito y la diorita presentan un exceso de Eu (Figura 5.7) indicando poca diferenciación magmática. Las muestras de veta muestran ser de una fuente distinta a los intrusivos mencionados (Figura 5.7).

5.6 Geoquímica de las Vetas

Se han analizado muestras provenientes de las vetas y de acuerdo a los coeficientes de correlación se interpreta los siguientes eventos: Cu – Zn (calcopirita – esfalerita) teniendo como elementos guía el Bi, la asociación Au - Ag - Pb (electrum? – galena?), Pb - Ag (galena?) con Sn - S como elementos trazas, Fe - S (pirita) con Sn - W como elementos traza, Al - Na - Ca (Feldespatos) Sr - Ti - La – Y como elementos traza, y Mo (aparentemente independiente a los anteriores).

5.7 Distribución Geoquímica de Algunos Elementos

A continuación se describe la distribución geoquímica de los elementos más importantes obtenidos en las vetas.

Oro (Au): Anomalías de Au (>100ppb) hacia la zona NE del área de estudio, en vetas del sistema N23°-40°E (Figura 5.8).

Plata (Ag): Anomalías de Ag (>5ppm) hacia la zona NE del área de estudio en vetas del sistema N23°-40°E y su sistema subordinado N23W (Figura 5.9).

Cobre (Cu): Anomalías de Cu (>250ppm) hacia la zona sur del área de estudio, principalmente en las vetas del sistema N45°E (Figura 5.10).

Plomo (Pb): Ambos sistemas de vetas presentan anomalías en Pb (>100ppm) (Figura 5.11).

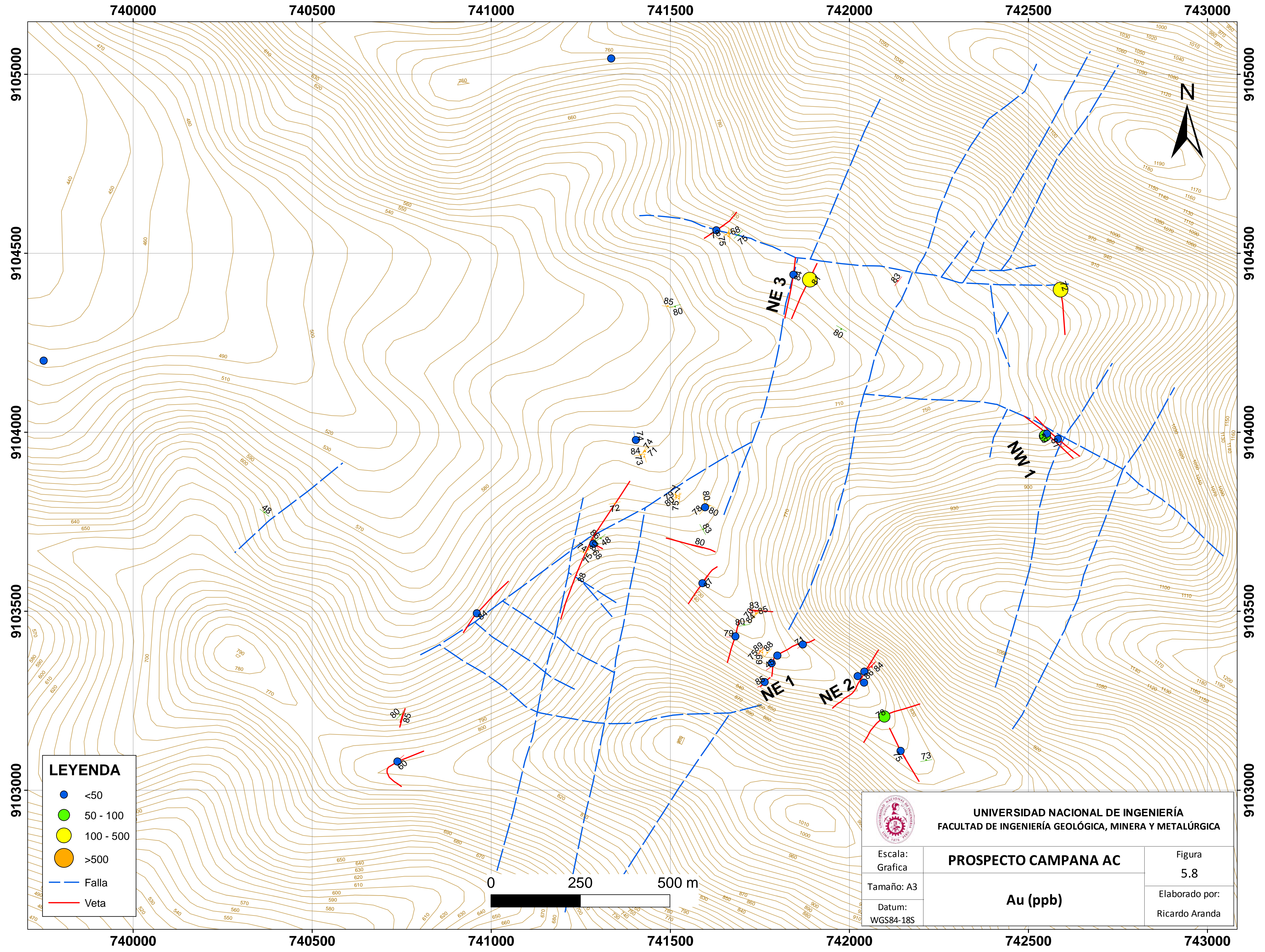
Zinc (Zn): Ambos sistemas de vetas presentan anomalías en Zn (>250ppm) (Figura 5.12).

Molibdeno (Mo): Anomalías de Mo (>60ppm) en ambos sistemas de vetas, vetas NE 1, NE 2 y NW1 (Figura 5.13), estas anomalías posiblemente debidas a que las vetas se asocian a un intrusivo profundo.

Hierro (Fe): Se observa que la mayoría de vetas presentan valores de Fe por encima de 7% (Figura 5.14).


Bismuto (Bi): Resaltan anomalías de Bi (>20ppm) en las vetas NE 1, NE 2 y NW1 (Figura 5.15).

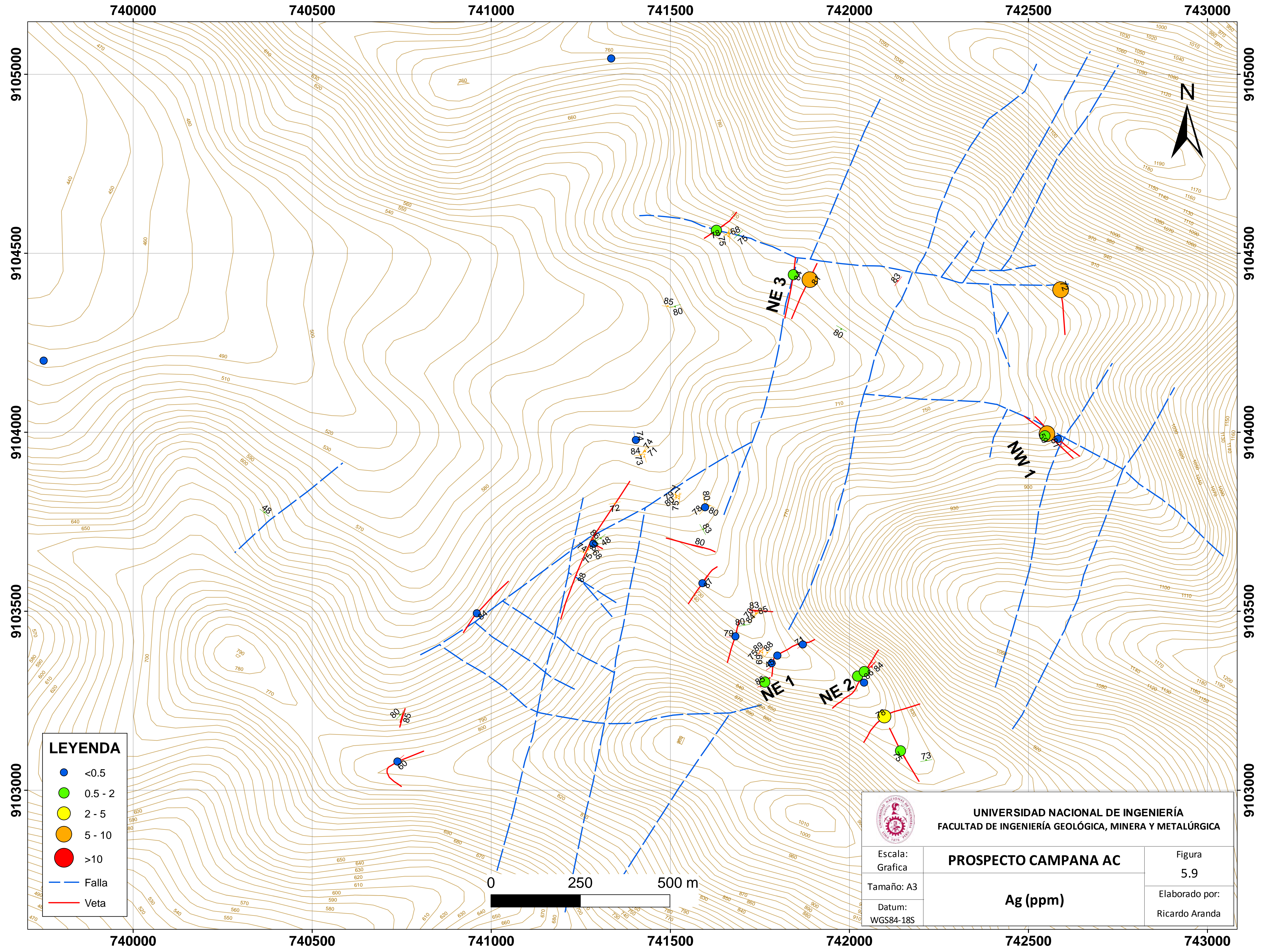
Anomalías Geoquímicas: Se observa las anomalías geoquímicas de los principales sistemas de vetas N50°E, principalmente anomalías de Cu - Mo – Bi (zona sur del área de estudio) y N23°-40°E principalmente con anomalías de Au-Ag (zona norte del área de estudio) (Figura 5.16).



LEYENDA

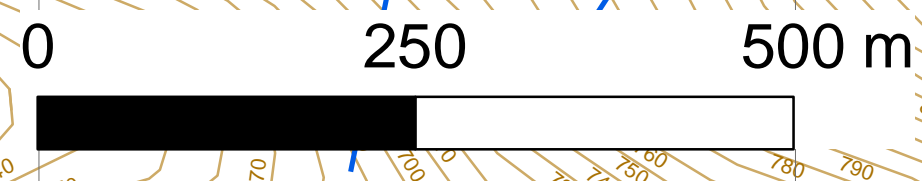
- <50
- 50 - 100
- 100 - 500
- >500
- Falla
- Veta

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA</p>		
Escala: Gráfica	PROSPECTO CAMPANA AC	Figura 5.8
Tamaño: A3	Au (ppb)	Elaborado por: Ricardo Aranda
Datum: WGS84-18S		

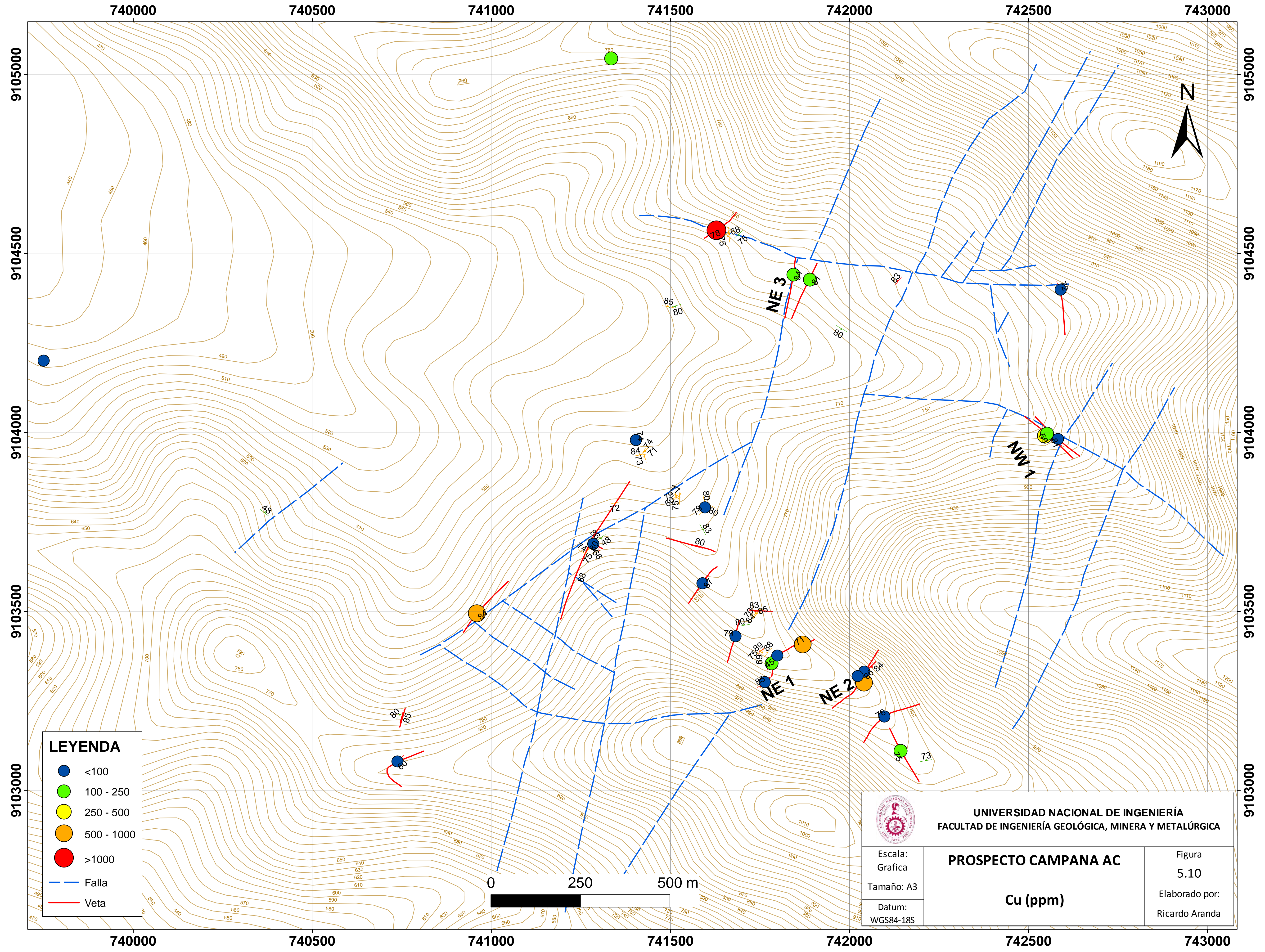


LEYENDA

- <math><0.5</math>
- 0.5 - 2
- 2 - 5
- 5 - 10
- >10
- Falla
- Veta

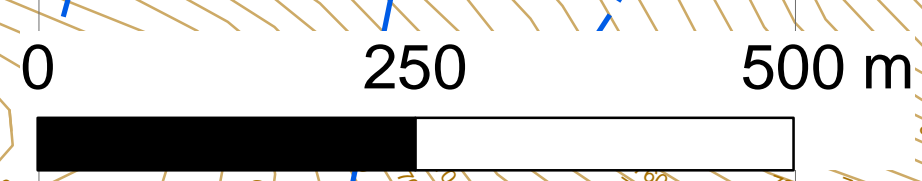


 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA		
Escala: Grafica	PROSPECTO CAMPANA AC	Figura 5.9
Tamaño: A3	Ag (ppm)	Elaborado por: Ricardo Aranda
Datum: WGS84-18S		

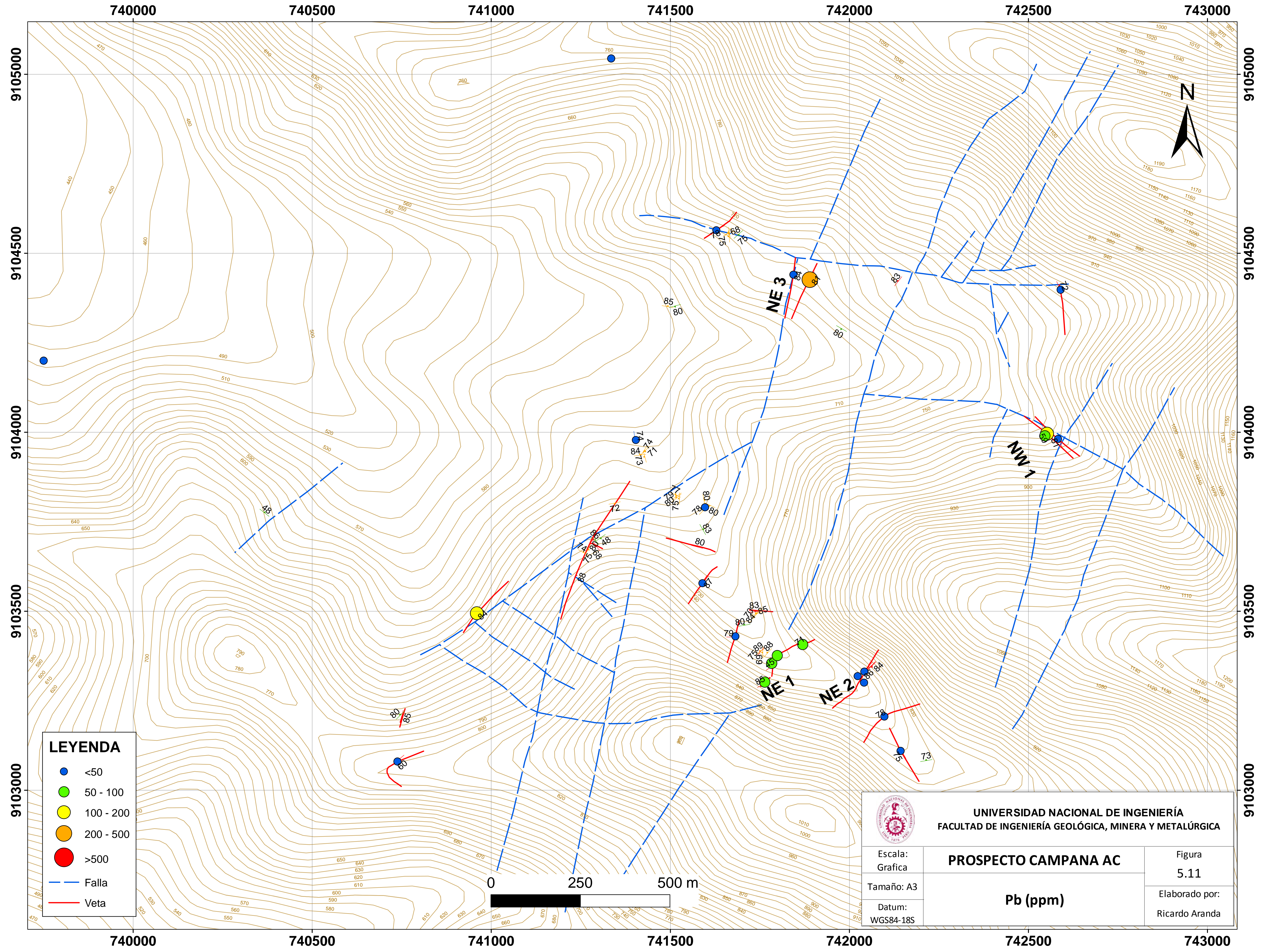


LEYENDA

- <100
- 100 - 250
- 250 - 500
- 500 - 1000
- >1000
- Falla
- Veta



 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA</p>		
Escala: Gráfica	PROSPECTO CAMPANA AC	Figura 5.10
Tamaño: A3	Cu (ppm)	Elaborado por: Ricardo Aranda
Datum: WGS84-18S		



LEYENDA

- <50
- 50 - 100
- 100 - 200
- 200 - 500
- >500
- Falla
- Veta



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

Escala:
 Grafica

Tamaño: A3

Datum:
 WGS84-18S

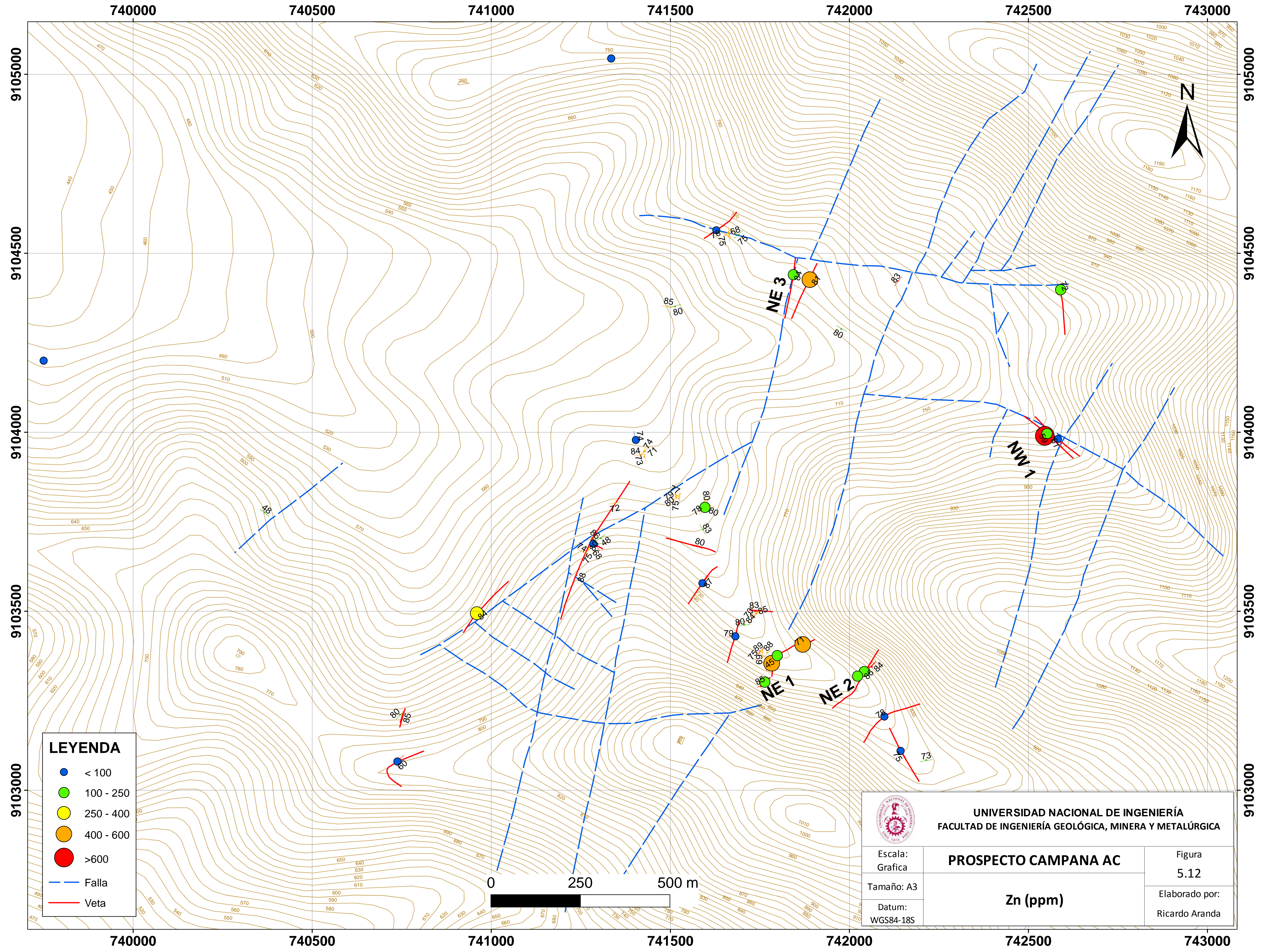
PROSPECTO CAMPANA AC

Pb (ppm)

Figura
 5.11

Elaborado por:
 Ricardo Aranda




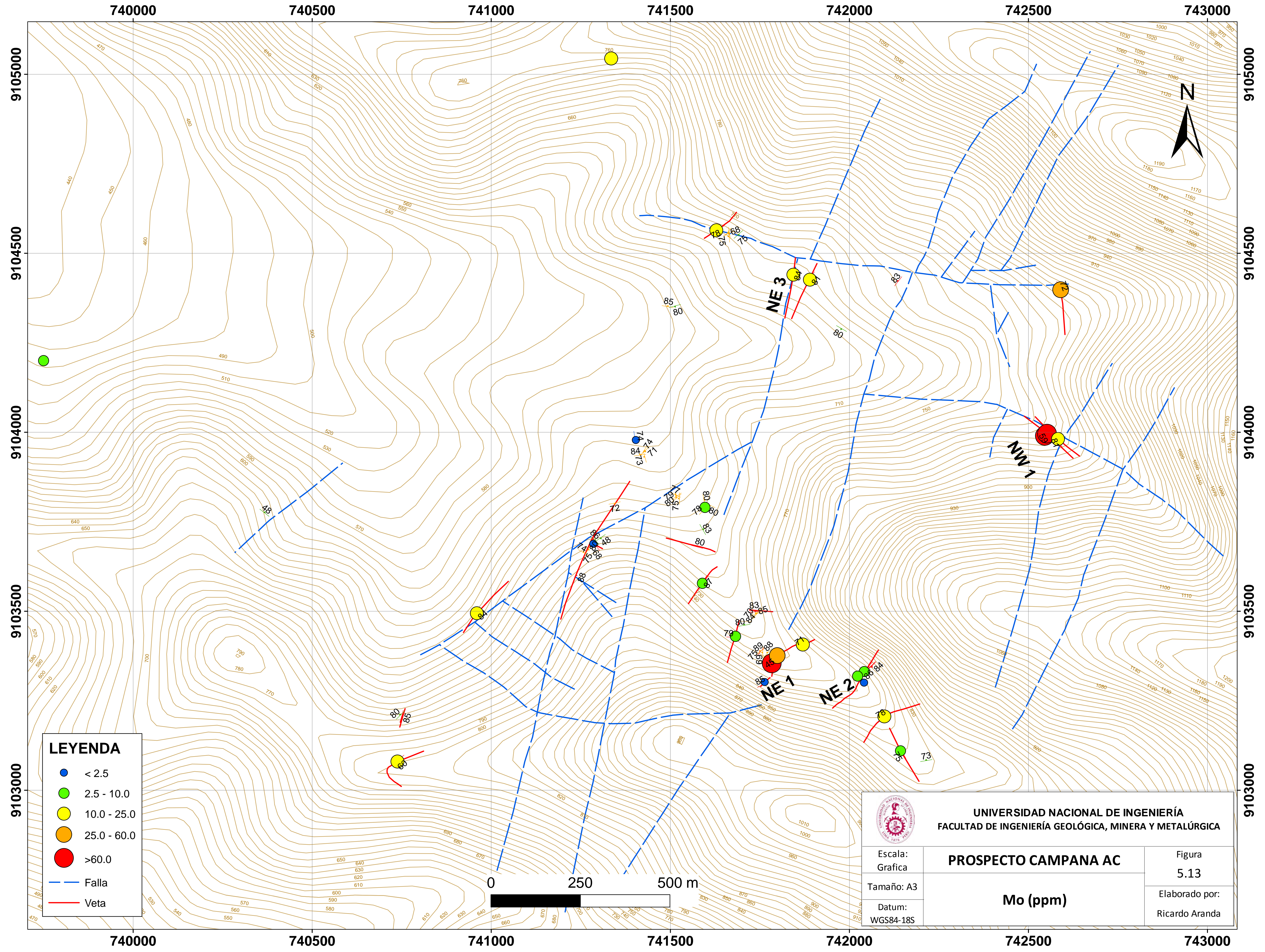


LEYENDA

- < 100
- 100 - 250
- 250 - 400
- 400 - 600
- > 600
- Falla
- Veta

0 250 500 m


 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA</p>		
Escala: Gráfica	PROSPECTO CAMPANA AC	Figura 5.12
Tamaño: A3	Zn (ppm)	Elaborado por: Ricardo Aranda
Datum: WGS84-18S		

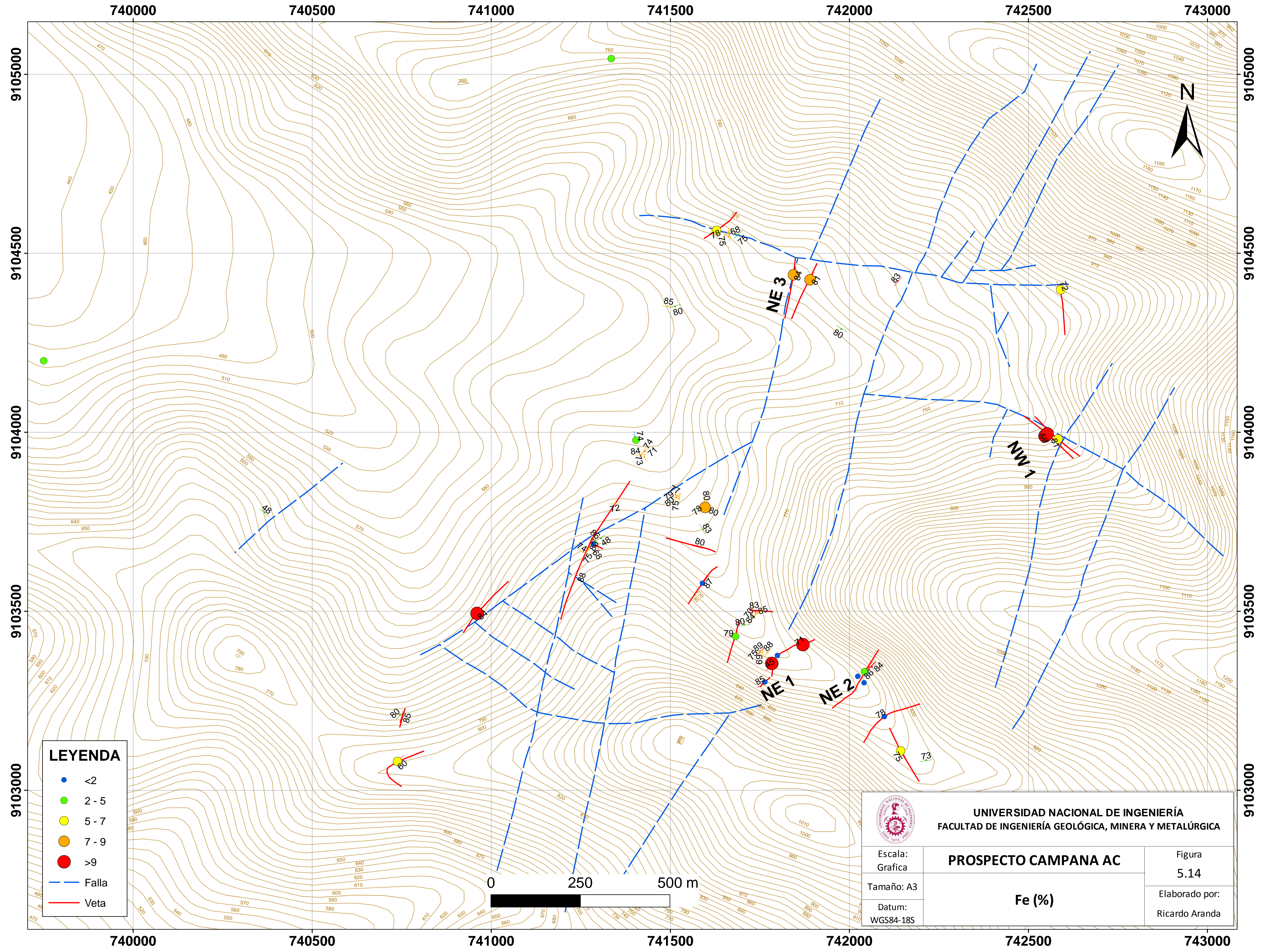


LEYENDA

- < 2.5
- 2.5 - 10.0
- 10.0 - 25.0
- 25.0 - 60.0
- >60.0
- Falla
- Veta



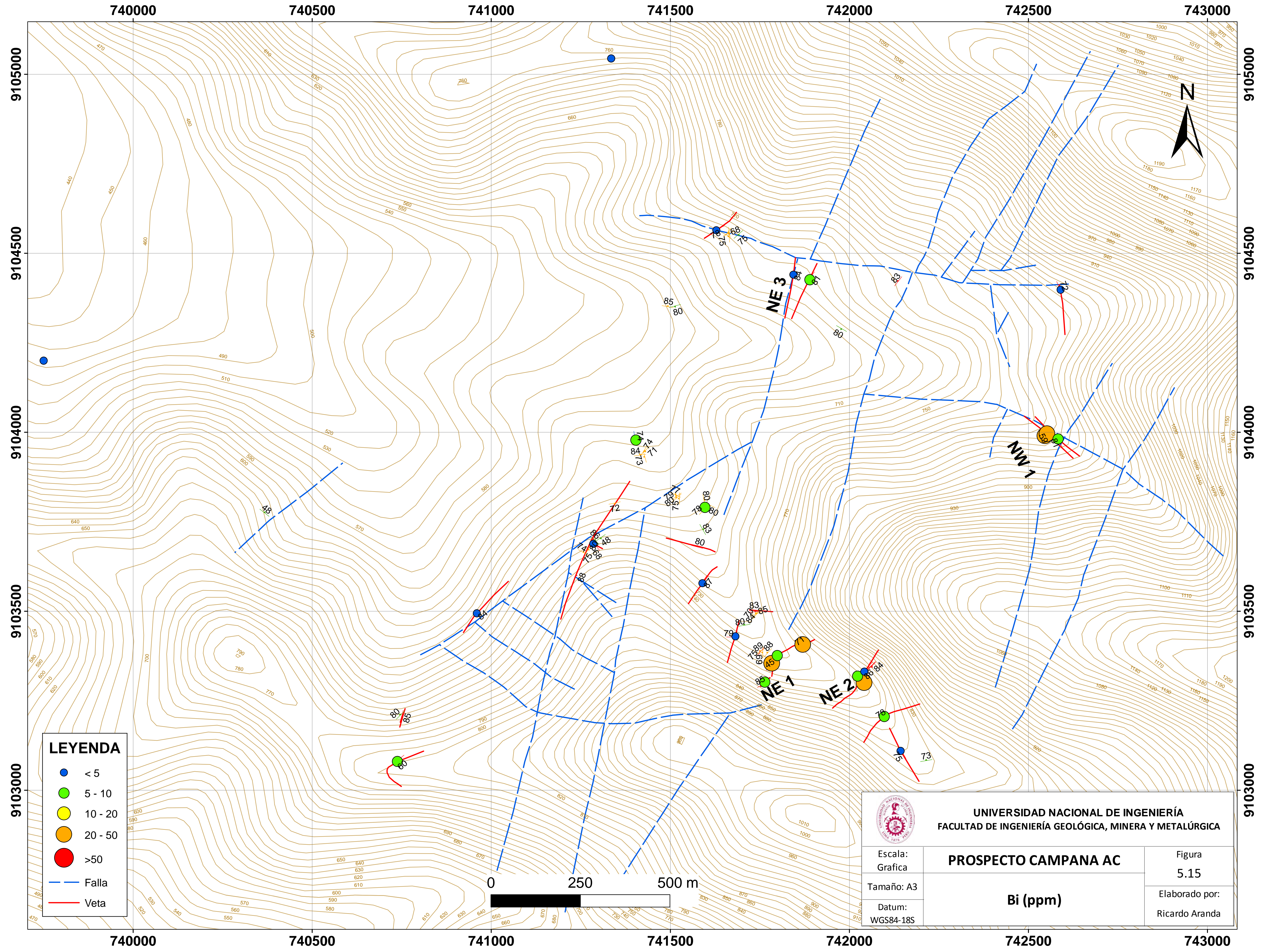
 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA</p>		
Escala: Gráfica	PROSPECTO CAMPANA AC	Figura 5.13
Tamaño: A3	Mo (ppm)	Elaborado por: Ricardo Aranda
Datum: WGS84-18S		



LEYENDA

- <2
- 2 - 5
- 5 - 7
- 7 - 9
- >9
- Falla
- Veta

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA		
Escala: Grafica	PROSPECTO CAMPANA AC	Figura 5.14
Tamaño: A3	Fe (%)	Elaborado por: Ricardo Aranda
Datum: WGS84-18S		

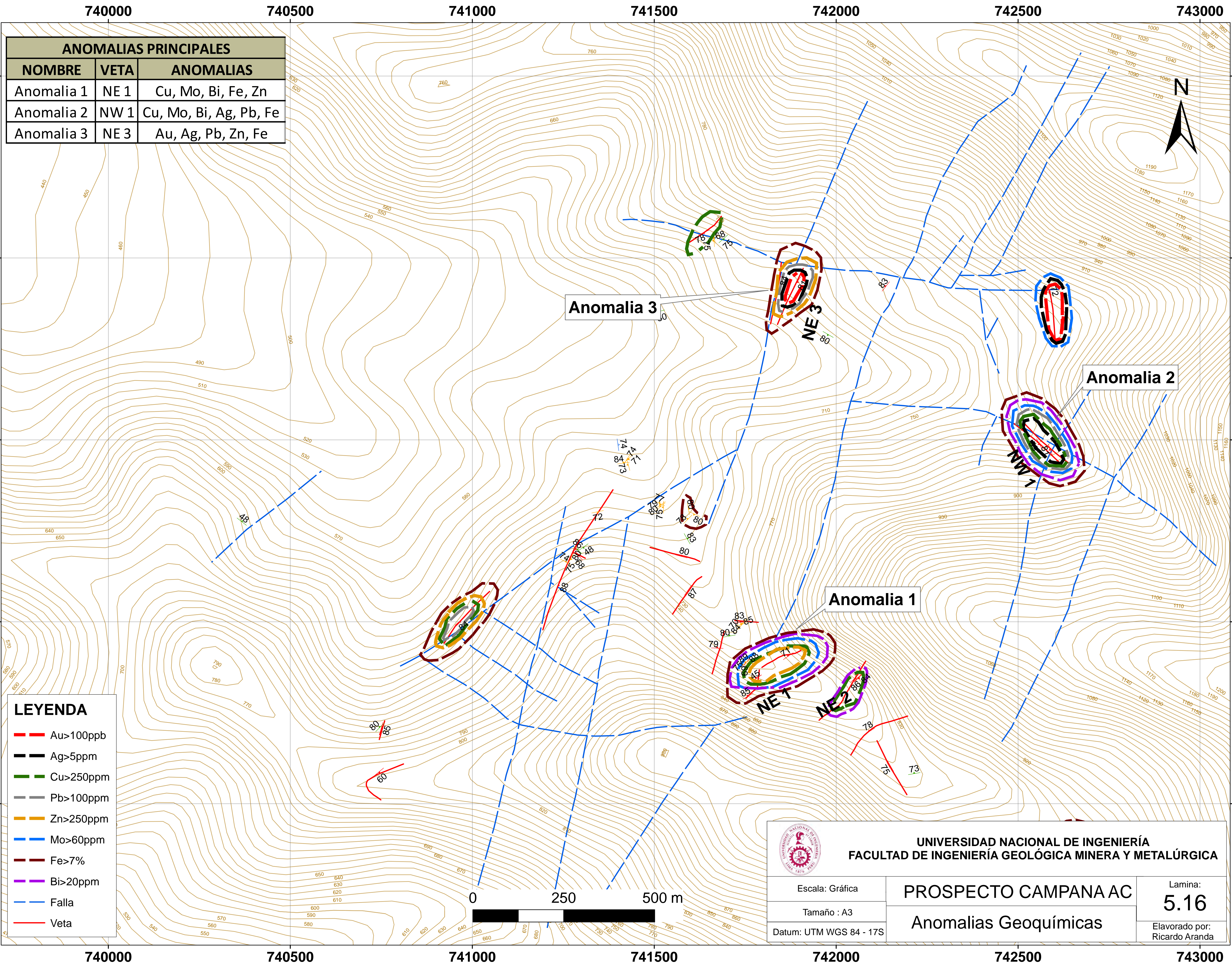


LEYENDA

- < 5
- 5 - 10
- 10 - 20
- 20 - 50
- >50
- Falla
- Veta

0 250 500 m

 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA Y METALÚRGICA</p>		
Escala: Gráfica	PROSPECTO CAMPANA AC	Figura 5.15
Tamaño: A3	Bi (ppm)	Elaborado por: Ricardo Aranda
Datum: WGS84-18S		



ANOMALIAS PRINCIPALES		
NOMBRE	VETA	ANOMALIAS
Anomalia 1	NE 1	Cu, Mo, Bi, Fe, Zn
Anomalia 2	NW 1	Cu, Mo, Bi, Ag, Pb, Fe
Anomalia 3	NE 3	Au, Ag, Pb, Zn, Fe

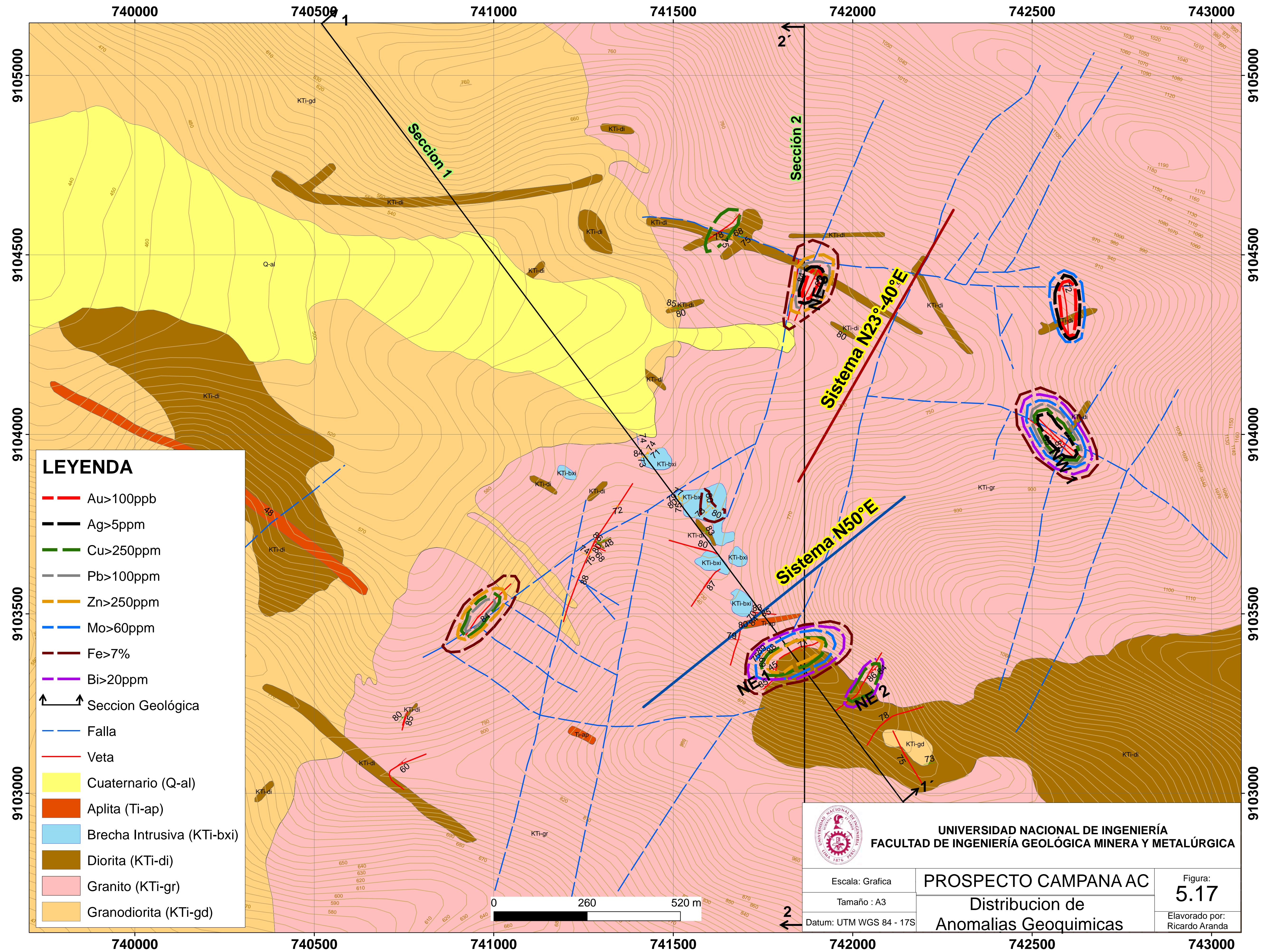
LEYENDA	
	Au > 100ppb
	Ag > 5ppm
	Cu > 250ppm
	Pb > 100ppm
	Zn > 250ppm
	Mo > 60ppm
	Fe > 7%
	Bi > 20ppm
	Falla
	Veta

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y METALÚRGICA		
Escala: Gráfica Tamaño: A3 Datum: UTM WGS 84 - 17S	PROSPECTO CAMPANA AC Anomalias Geoquímicas	Lamina: 5.16 Elaborado por: Ricardo Aranda

5.8 Distribución Vertical de las Anomalías y Perfiles Litogeoquímicos

Se han realizado e interpretado dos secciones transversales a las estructuras mineralizadas (vetas).

Se muestra las anomalías asociadas a ambos sistemas de vetas (N50°E y N23°-40°E), la veta NE 1 con anomalías de Cu - Mo – Bi – Zn y la veta NE 3 con anomalías de Au-Ag-Pb-Zn.



Sección 01:

Se observa las anomalías geoquímicas del sistemas de vetas N50°E (Cu - Mo - Bi - Zn) destacadas principalmente en la veta NE1, emplazada en el contacto entre el granito y la diorita.

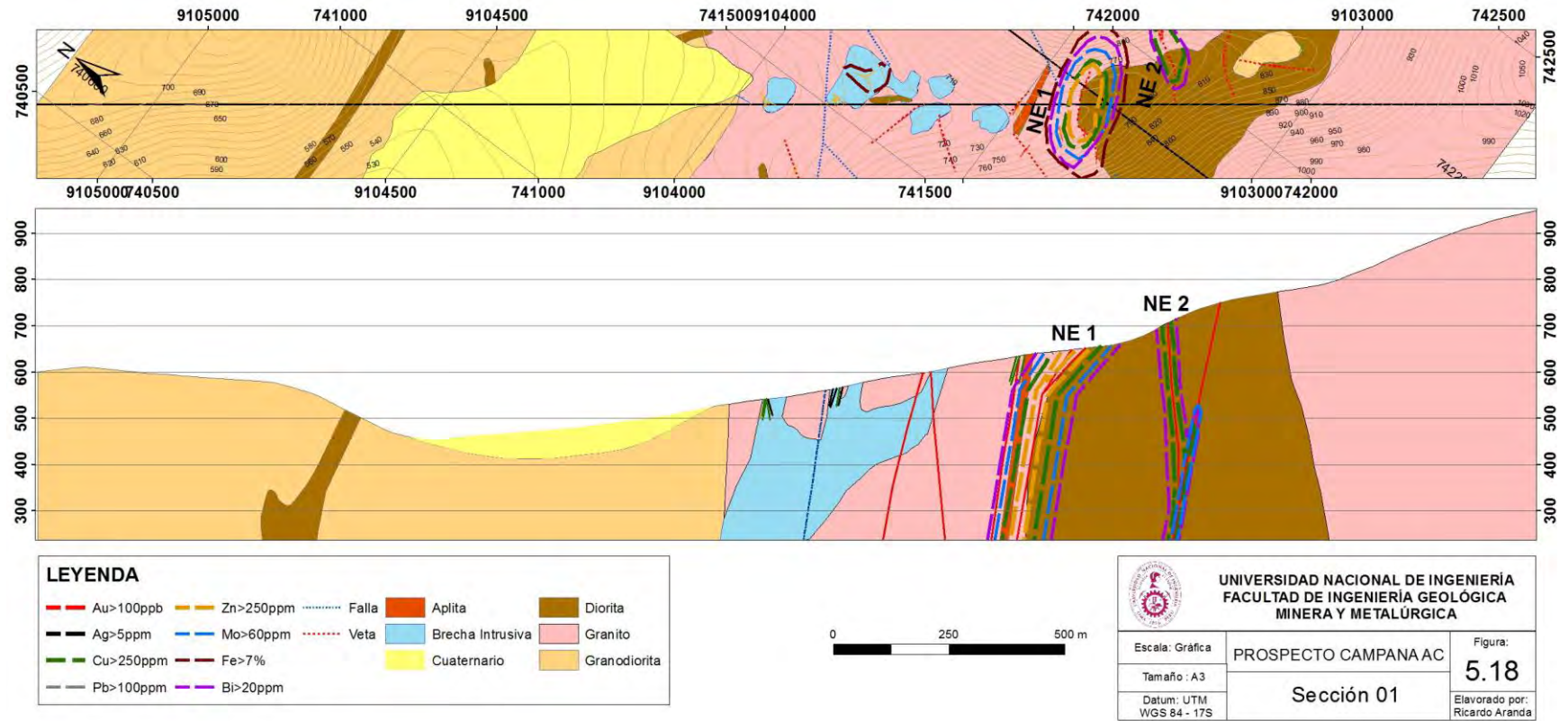


Figura 5. 18: Sección 1 - Litogeoquímica NW-SE mirando al NE, muestra las anomalías geoquímicas del sistemas de vetas N50°E (Cu - Mo - Bi - Zn)

Sección 02:

Se observa las anomalías geoquímicas de los principales sistemas de vetas N50°E, veta NE 1 con anomalías de Cu - Mo – Bi – Zn y N23°-40°E, veta NE 3 con anomalías de Au-Ag-Pb-Zn.

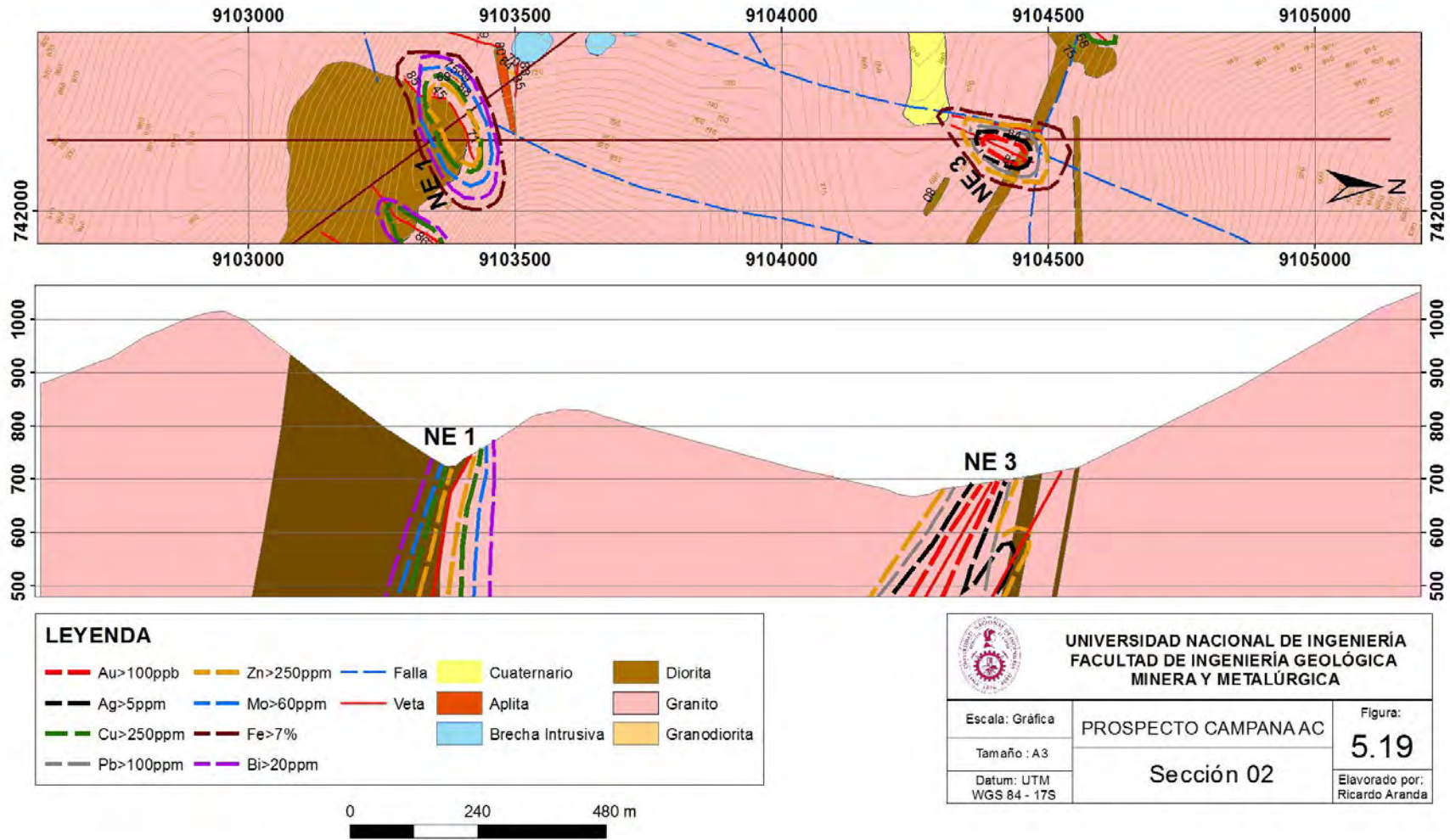


Figura 5. 19: Sección 2 - Litogeoquímica NS mirando al W

De las Figuras 5.17, 5.18 y 5.19 observamos que el sistema N50°E se caracteriza por anomalías en Cu - Mo - (Bi como elemento guía), mientras el sistema N30-40°E presenta anomalías en Au - Ag - Pb. Lo que correspondería a un primer evento de mineralización Cu - Mo - Bi (Sistema N50°E) y un segundo evento Au - Ag - Pb (sistema N23-40°E), esto evidenciado por la relación de corte de vetillas de cuarzo posteriores a vetillas de magnetita (Figura 4.7 y 4.8)

5.9 Análisis Mediante Ratios

Se ha analizado algunos elementos mediante la relación de ratios obteniéndose la distribución mostrada en la Figura 5.20.

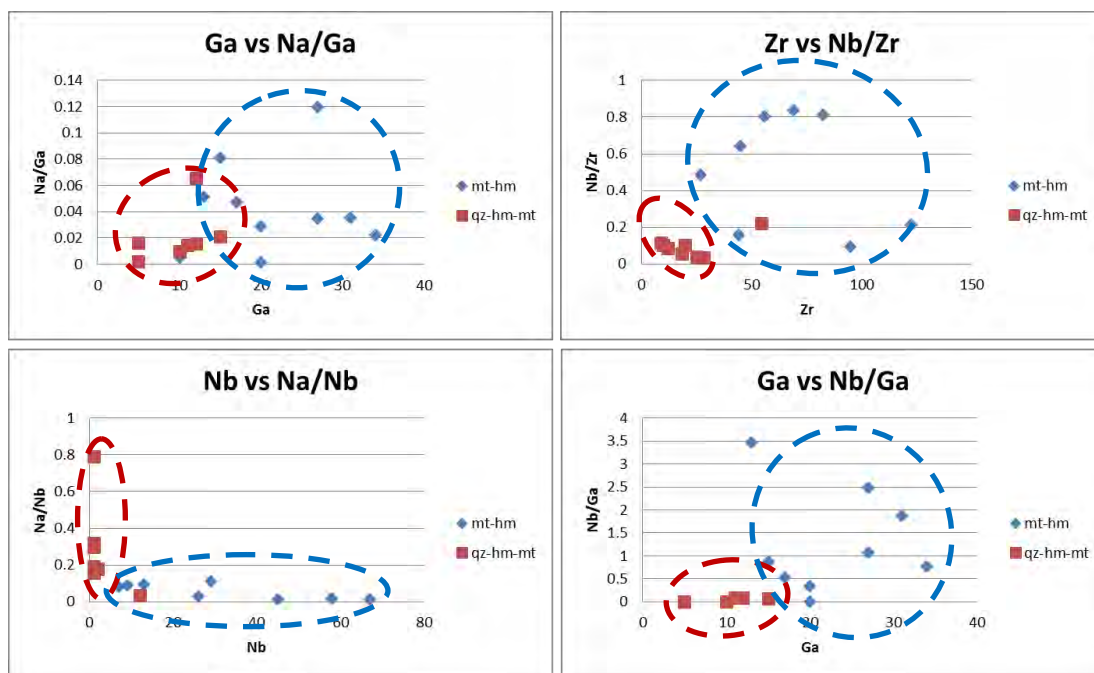


Figura 5. 20: Ratios geoquímicos de algunos elementos

En la Figura 5.20 se observa que los ratios de los elementos Ga, Zr, Na y Nb marcan una clara diferencia geoquímica entre los sistemas N40°E (y su subordinado N30°W) de estructuras cuarzo - hematita - magnetita (puntos rojos en la Figura 5.20) y el sistema N50°E de estructuras de magnetita - hematita - cuarzo (puntos azules en la Figura 5.20). Lo cual evidencia la ocurrencia de dos pulsos hidrotermales que dieron origen a esta mineralización en el área de estudio.

Ademas se puede observar que el sistema N50°E (primer evento) de estructuras de magnetita - hematita - cuarzo (puntos azules en la Figura 5.20) presenta mayor concentración de Ga, Zr y Nb, lo que nos estaría indicando mayor temperatura.

CAPITULO VI

PETROMINERALOGÍA

6.1 Estudio Petromineralógico

Se ha realizado el estudio petromineralógico de 5 muestras, las cuales se detallan a continuación:

6.1.1 Lamina Ac - 007



Figura 6. 1: Foto de lámina transparente doblemente pulida AC-007, observándose cristales de cuarzo con magnetita relleno de cavidades

Descripción Macroscópica

Muestra correspondiente a una veta de magnetita - cuarzo N45°/86° (Sistema N50°E), de 40cm de potencia con trazas hematita como patinas.

Descripción Microscópica

Se ha identificado los siguientes minerales:

La **especularita** se aprecia como cristales subhedrales de hábitos tabulares y agregados aciculares con tamaños milimétricos. Se aprecia disperso y relleno de cavidades por toda la muestra.

Presencia de formas irregulares con tamaños centimétricos de **magnetita** la cual se encuentra reemplazada débilmente por hematita y maeghmita.

El cuarzo se aprecia como cristales subhedrales y anhedrales con hábitos prismáticos, formas irregulares y agregados granulares con tamaños menores a 0.8mm. Se muestra formando parte del filón.

La **pirita** se encuentra como agregados relícticos con tamaños menores a 0.1mm. Se encuentra como disseminaciones por toda la muestra. Se encuentran reemplazados por minerales secundarios de hierro.

La **calcopirita** se muestra como cristales anhedrales de formas granulares e irregulares con tamaños menores a 4 µm. Se presenta como relicto por toda la muestra.

Escasa **esfalerita** con tamaños menores a 0.2mm. Rellena cavidades por toda la muestra.

Presencia de **hematita**, **limonitas** los cuales se observan como pseudomorfos tabulares y cúbicos. Reemplazan a la magnetita y specularita.



Figura 6. 2: Fotomicrografía LR, magnetita (mt) con hábitos cúbicos relleno de cavidades por toda la muestra. LR: Luz reflejada



Figura 6. 3: Fotomicrografía LR, pirita (py) rodeada por esfalerita (ef) y relictos de calcopirita (cp) sobre ganga (GGs). LR: Luz reflejada

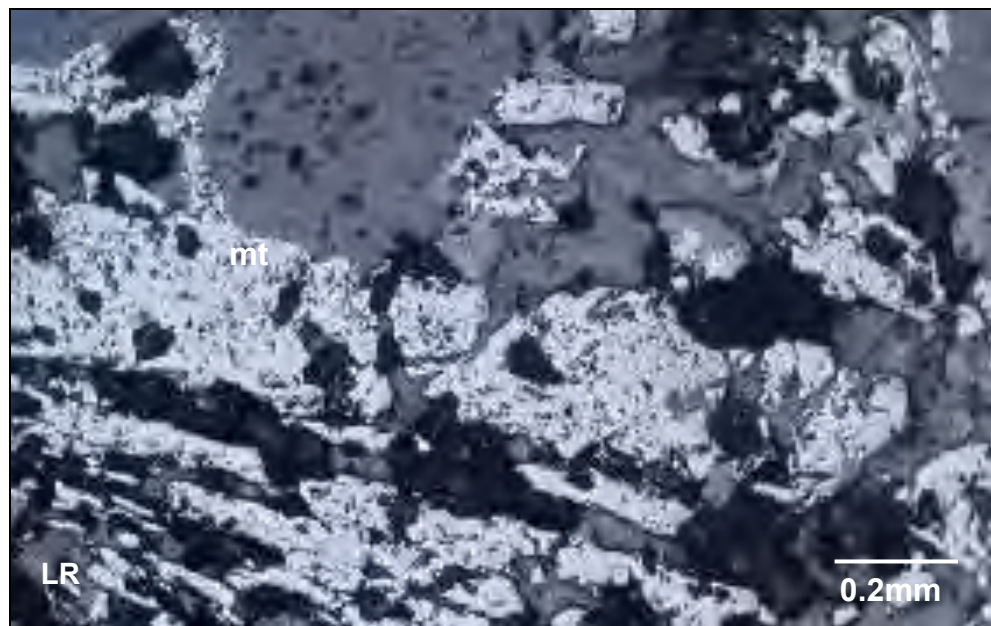


Figura 6. 4: Fotomicrografía LR, playas irregulares de magnetita (mt) reemplazada débilmente por hematita (hm). LR: Luz reflejada

6.1.2 Lamina Ac - 010

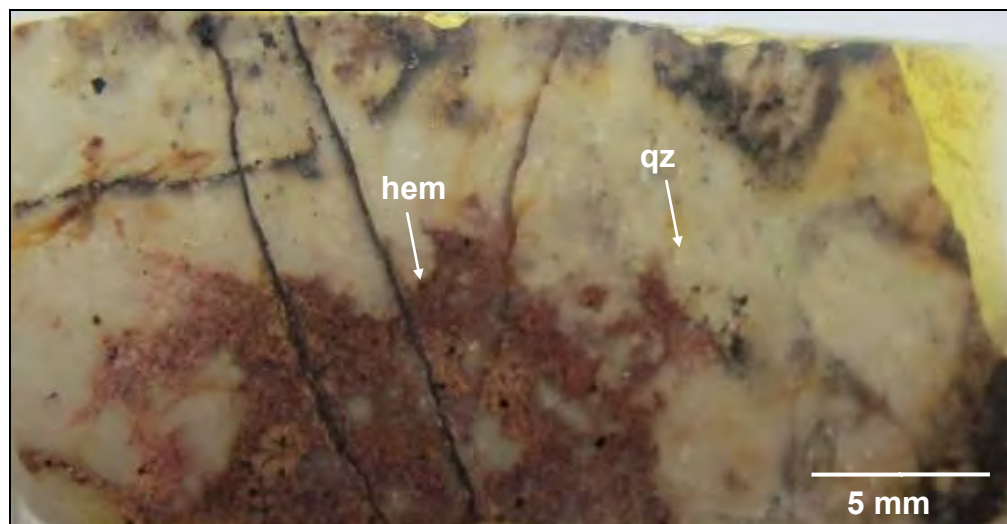


Figura 6. 5: Foto de lámina transparente doblemente pulida AC-010, observándose intercrecimiento de cuarzo – especularita – magnetita

Descripción Macroscópica

Veta de specularita - magnetita - cuarzo de 235°/45° (sistema N50°E) de 80cm de potencia en el contacto entre el granito y la diorita.

Descripción Microscópica

Presencia de relictos tabulares de **especularita** con tamaños milimétricos. Se aprecia disperso y rellenando cavidades por toda la muestra.

El **cuarzo** se manifiesta como cristales subhedrales y anhedrales con hábitos prismáticos, formas irregulares y agregados granulares con tamaños menores a 1.5mm. Se encuentra como mineral mayoritario en la estructura. Se observan numerosas inclusiones fluidas primarias y secundarias con formas redondeadas, alargadas y triangulares de los tipos bifásicos ricos en vapor y polifásicos con tamaños menores a 20µm.

La **pirita** ocurre como agregados relicticos con tamaños menores a 0.1mm. Se encuentra como disseminaciones por toda la muestra. Se encuentran reemplazados por minerales secundarios de hierro.

La **hematita y limonitas**, se observan como pseudoformas cubicas, agregados terrosos y pulverulentos. Se muestran rellenando cavidades y fracturas por toda la muestra. Reemplazan a la pirita.



Figura 6. 6: Fotomicrografía LR, pirita con formas redondeadas reemplazadas por hematita (hm) y dispersas por toda la muestra. LR: Luz reflejada

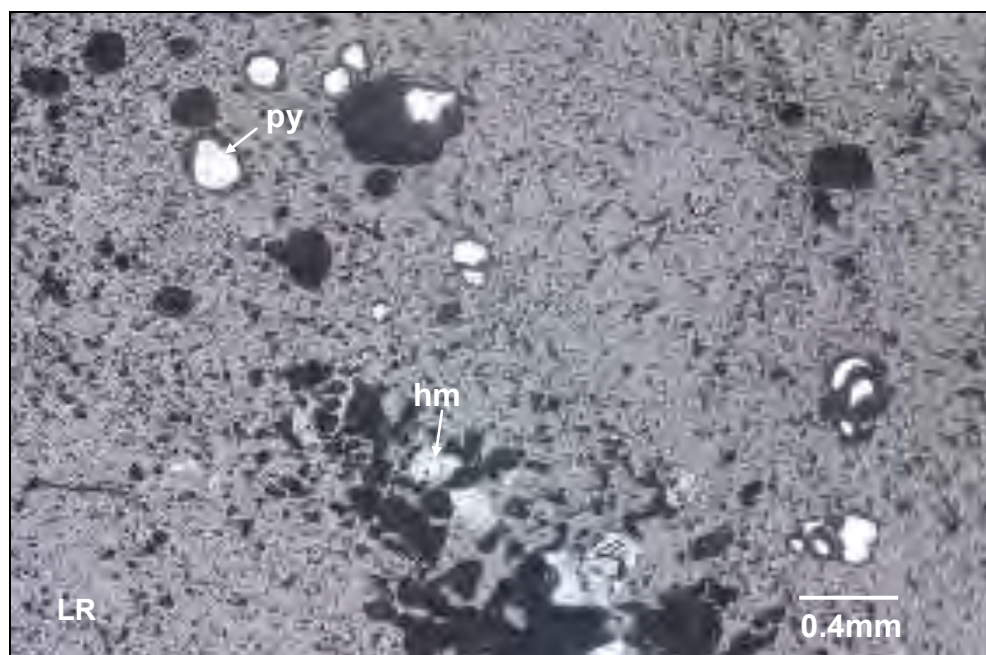


Figura 6. 7: Fotomicrografía LR, pirita con formas redondeadas reemplazadas por hematita (hm) y dispersas por toda la muestra. LR: Luz reflejada

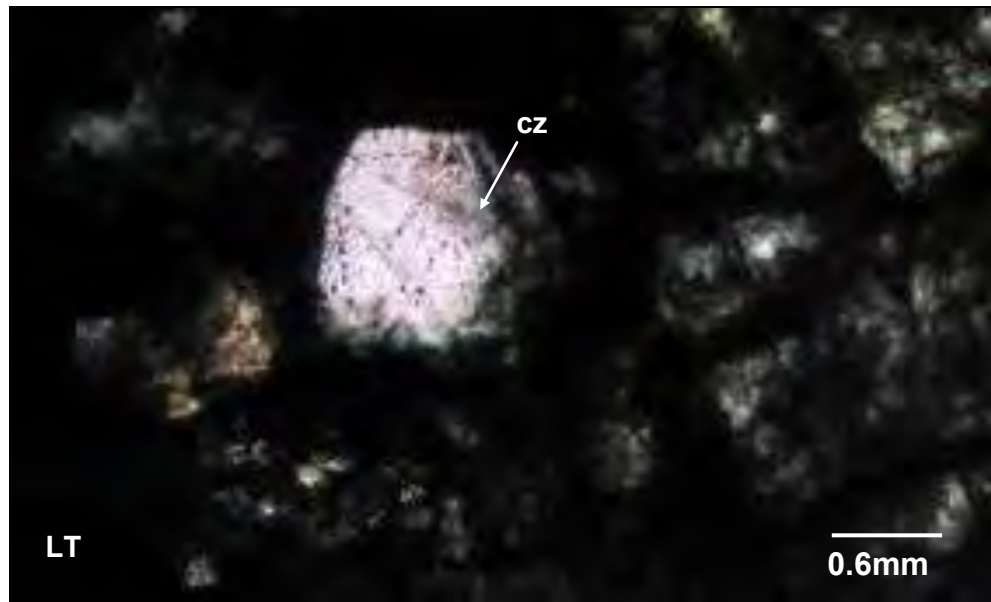


Figura 6. 8: Fotomicrografía LT-N//, cristal subhedral de cuarzo (cz) con numerosas microfracturas rellenas por inclusiones fluidas. LT: Luz transmitida

6.1.3 Lamina Ac – 016

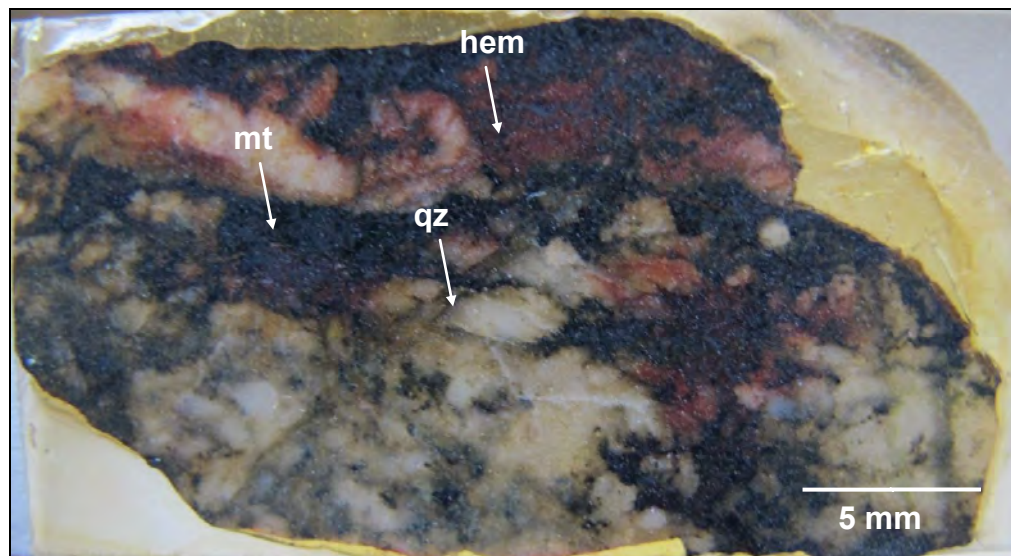


Figura 6. 9: Foto de lámina transparente doblemente pulida AC – 018, observándose el intercrecimiento de cuarzo – magnetita, magnetita alterándose a hematita.

Descripción Macroscópica

Veta de cuarzo - magnetita - hematita 16°/84° (Sistema N23°-40°E) con trazas de jarosita, principalmente cuarzo hialino (prismático), trazas de sulfuros (pirita - calcopirita).

Descripción Microscópica

Se han identificado los siguientes minerales:

La **pirita** es el sulfuro más abundante (trz), se encuentra en formas anhedrales a subhedrales, con tamaños de hasta 15um se encuentra asociado a la calcopirita.

La **calcopirita** se encuentra en formas anhedrales a subhedrales, con tamaños de hasta 10um.

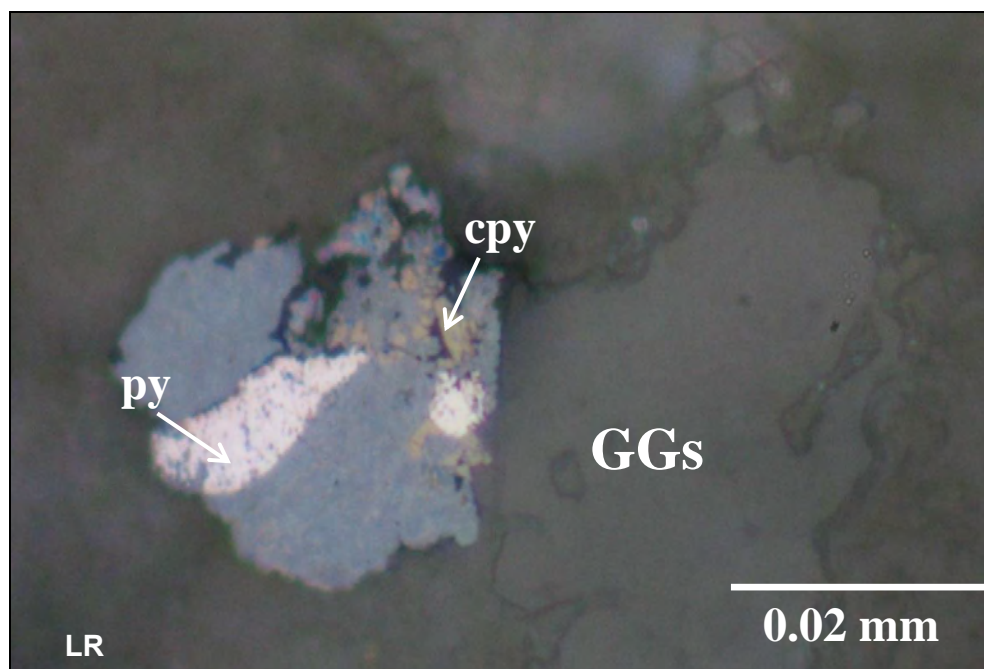


Figura 6. 10: Fotomicrografía LR, cristales anhedrales de pirita (py) calcopirita (cpy) diseminadas en la ganga. LR: Luz reflejada

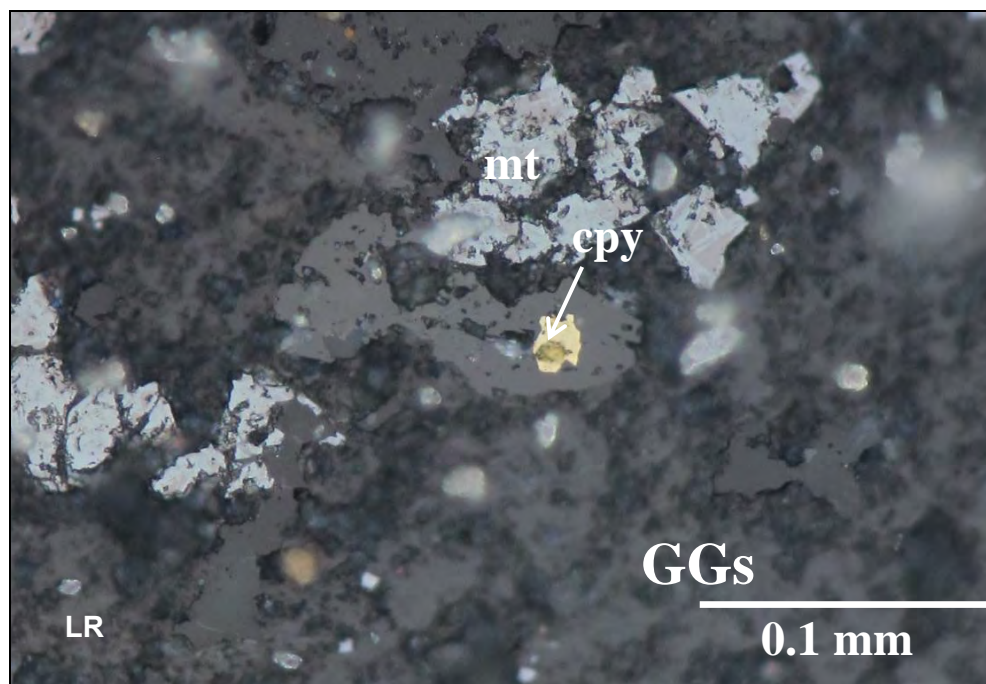


Figura 6. 11: Fotomicrografía LR, cristal anhedral de calcopirita (cpy) diseminada en la ganga y granos de magnetita (mt) alterándose a maghemita. LR: Luz reflejada

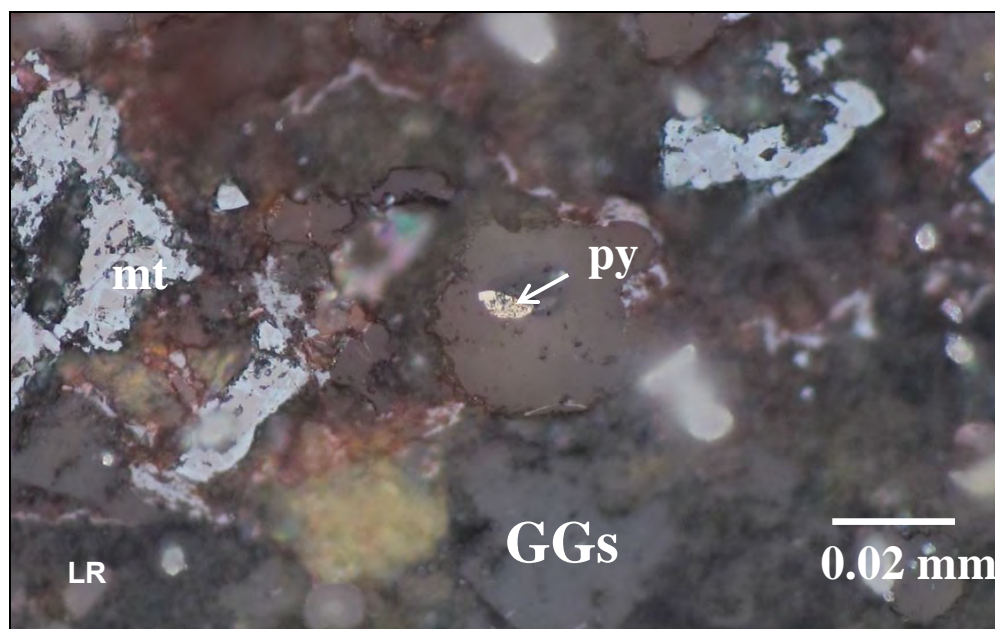


Figura 6. 12: Fotomicrografía LR, cristal anhedral de pirita (py) y granos de magnetita alterándose a maghemita. LR: Luz reflejada

6.1.4 Lamina Ac - 018

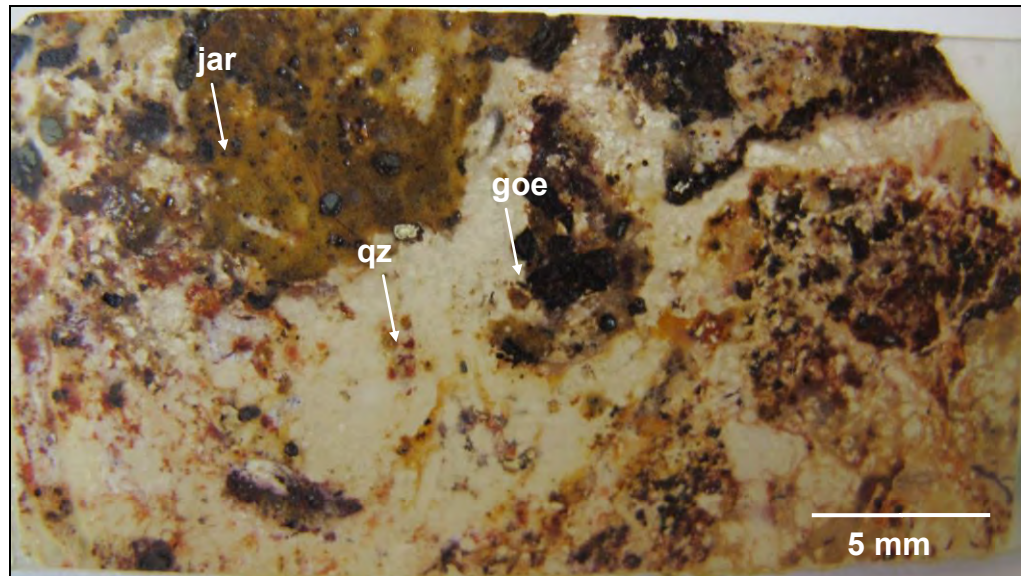


Figura 6. 13: Foto de lámina transparente doblemente pulida AC – 018

Descripción Macroscópica

Veta de cuarzo – hematita – limonita $340^{\circ}/72^{\circ}$ (Sistema N30W, subordinado al sistema N23°-40°E). La muestra se encuentra muy oxidada (goetita - jarosita - hematita), dos eventos de cuarzo, cuarzo granular masivo y vetillas posteriores de cuarzo hialino (prismático), presenta trazas de sulfuros (pirita - calcopirita), y magnetita.

Descripción Microscópica

Se han identificado los siguientes minerales:

La **pirita** es el sulfuro más abundante, se encuentra en formas anhedrales a subhedrales, con tamaños de hasta 1mm se encuentra asociado a la calcopirita.

La **calcopirita** se encuentra en formas anhedrales a subhedrales, con tamaños de hasta 12um.

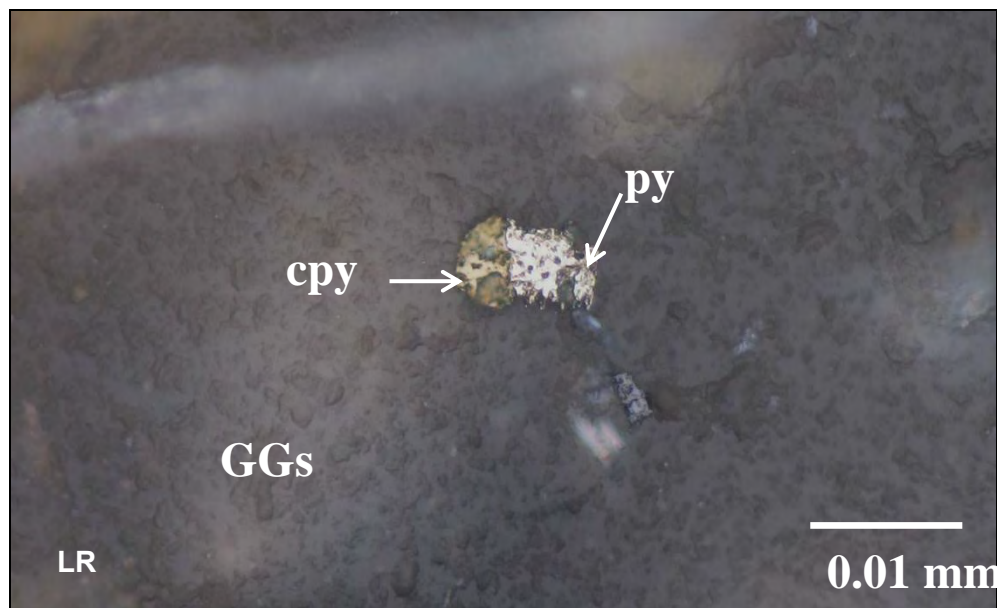


Figura 6. 14: Fotomicrografía, se puede apreciar granos de 8 y 6 μm de pirita (py) y calcopirita (cpy) respectivamente en una ganga de cuarzo – óxidos. LR: Luz reflejada

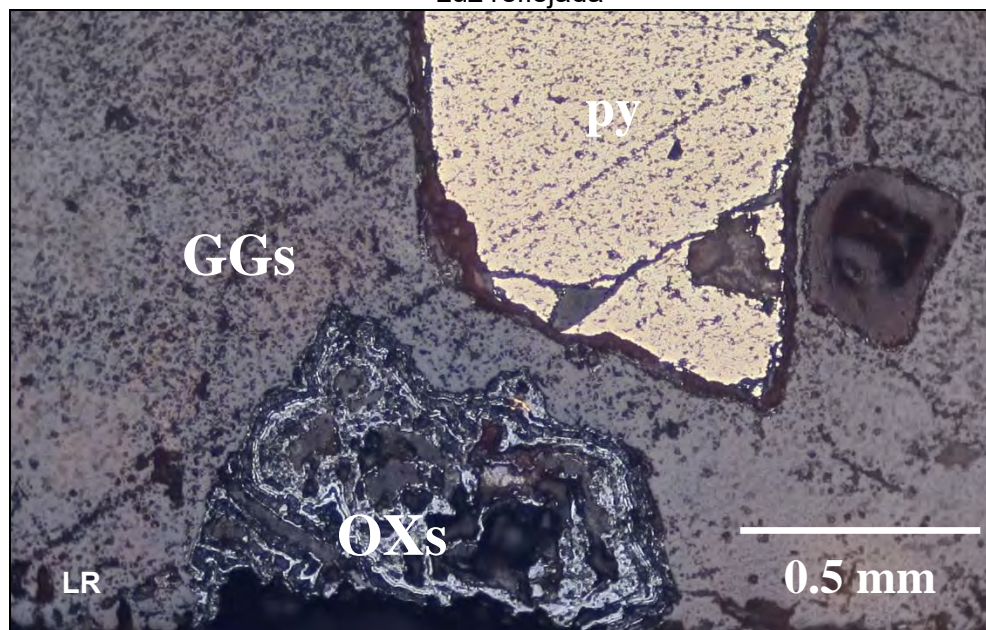


Figura 6. 15: Fotomicrografía LR, se puede apreciar un cristal de pirita (py) de 1mm, y un pseudomorfo de óxido (py). LR: Luz reflejada

6.1.5 Lamina Ac - 031

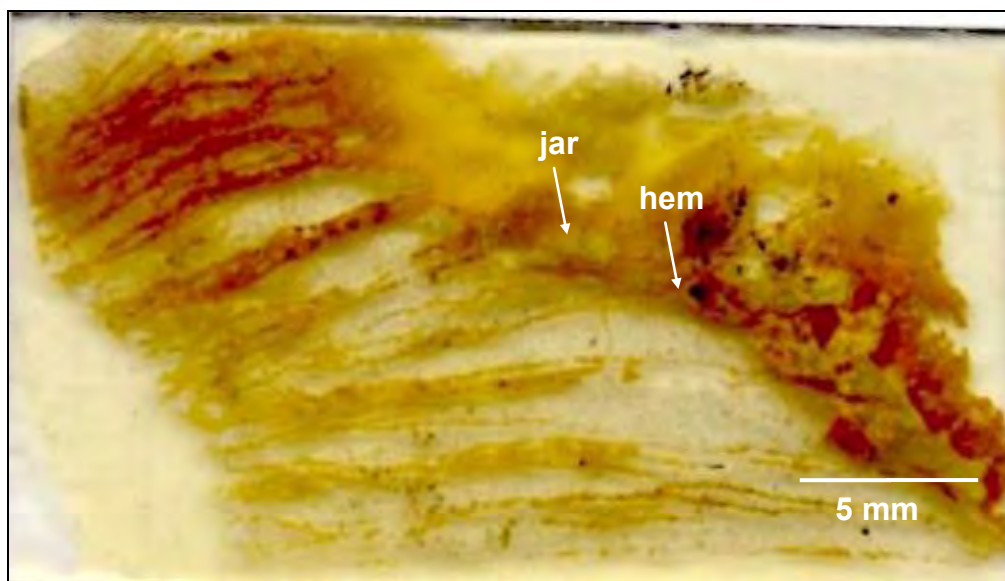


Figura 6. 16: Foto de lámina delgada pulida AC - 031

Descripción Macroscópica

Veta de cuarzo – hematita – limonita $152^{\circ}/59^{\circ}$ (Sistema N30W, subordinado al sistema N23°-40°E) La muestra presenta moderada oxidación (hematita – jarosita), observamos principalmente cuarzo granular, presenta trazas de sulfuros (pirita).

Descripción Microscópica

Se han identificado los siguientes minerales:

La **pirita** es el sulfuro más abundante (trazas), se encuentra en formas anhedrales a subhedrales, con tamaños de hasta 12um se encuentra asociado a la calcopirita.

La **calcopirita** se encuentra en formas anhedrales a subhedrales, con tamaños de hasta 10um.

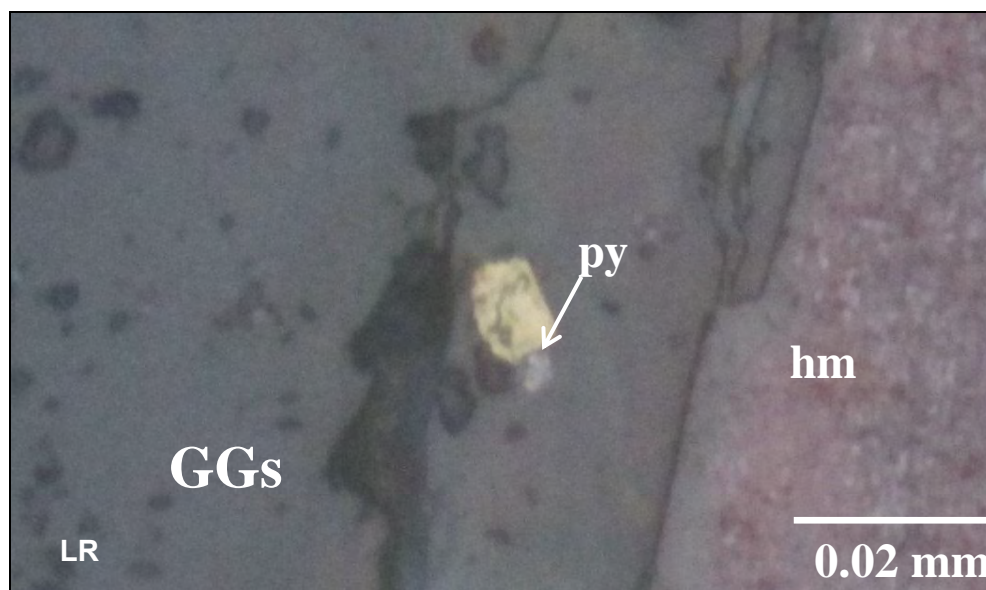


Figura 6. 17: Fotomicrografía LR, cristal de pirita (py) diseminado en la ganga (Hematita lado derecho). LR: Luz reflejada

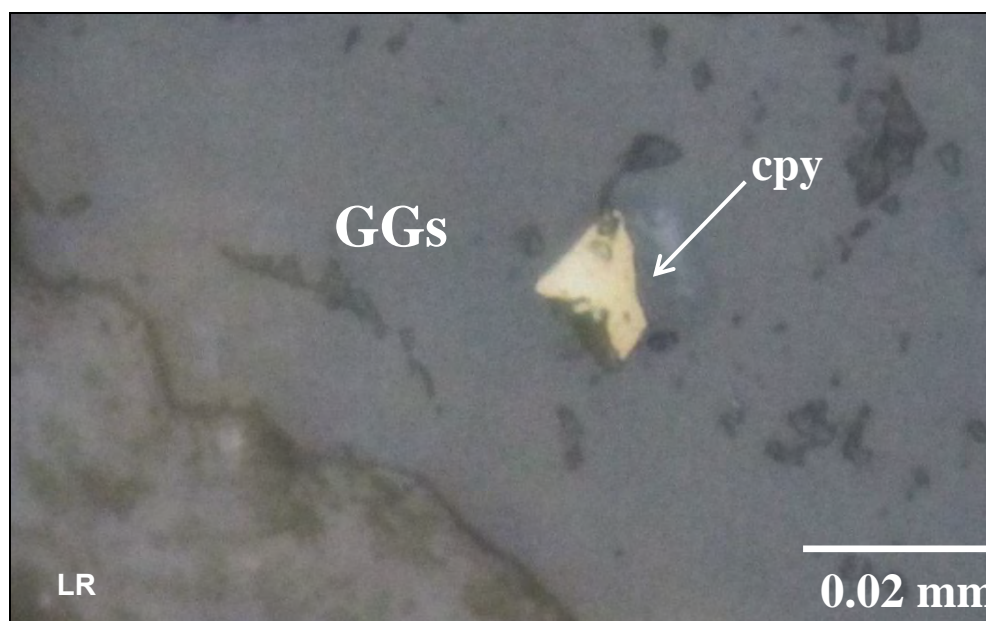


Figura 6. 18: Fotomicrografía LR, cristal de calcopirita (cpy) diseminado en la ganga. LR: Luz reflejada

6.2 Secuencia Paragenética

De acuerdo a las texturas de intercrecimiento observadas, se interpreta la posible secuencia paragenética para las vetas estudiadas:

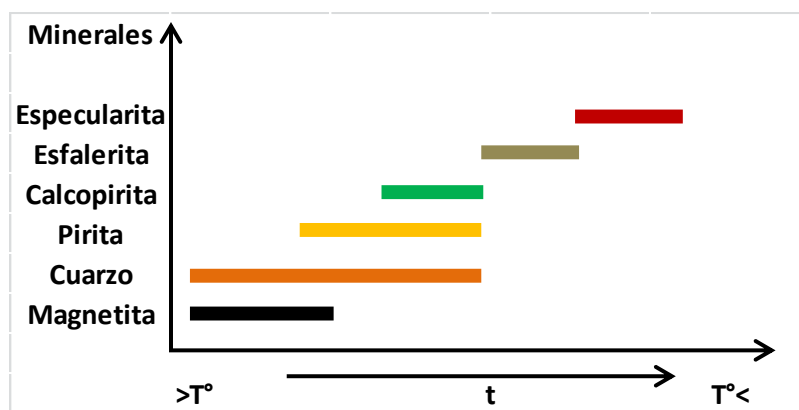


Figura 6. 19: Posible secuencia paragenética

6.3 Alteraciones Hidrotermales

Se tomó una muestra de granodiorita con moderada argilización.

6.3.1 Lamina Ac – 039



Figura 6. 20: Muestra de mano AC-039

Descripción Macroscópica

Roca granodiorítica disgregable a la mano, 30% plagioclasas, 15% cuarzo y 15% biotita. Moderada argilización, leve oxidación, biotitas oxidándose a goetita y plagioclasas alterándose a arcillas.

Descripción Microscópica

Se observan cristales subhedrales de cuarzo de 50-100um, cristales de plagioclasas de 300um (0.3mm), biotita oxidada, arcillas y trazas de sericita. Aproximadamente 30% cuarzo, 25% plagioclase y 15% biotita, lo cual corresponde con la descripción macroscópica.

Moderada alteración argílica y leve oxidación de biotitas.

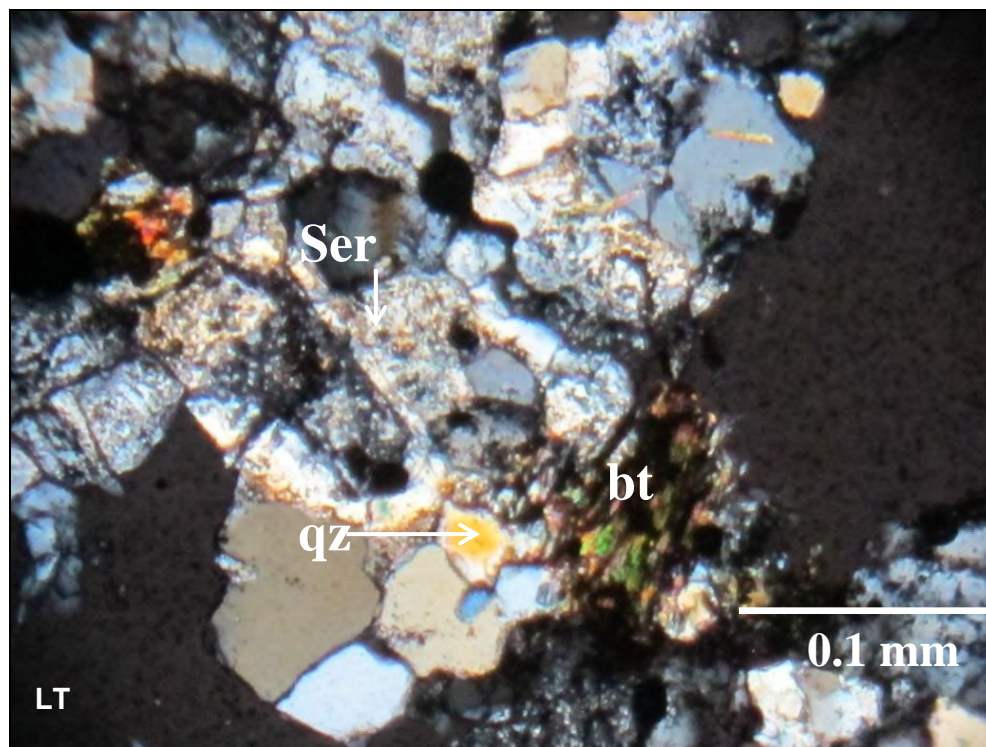


Figura 6. 21: Fotomicrografía LT-NX, mostrando cristales de cuarzo subhedrales (50um), biotitas oxidadas y trazas de sericita.

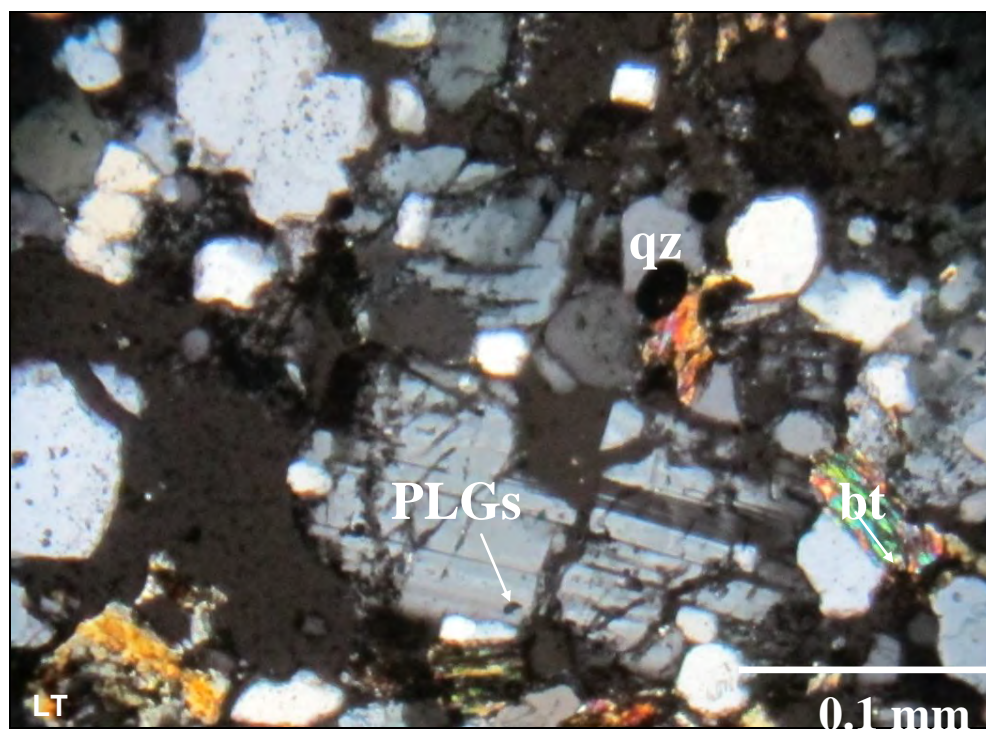


Figura 6. 22: Fotomicrografía LT-NX, mostrando cristales de subhedrales de plagioclasa, cuarzo (65um) y biotitas oxidadas.

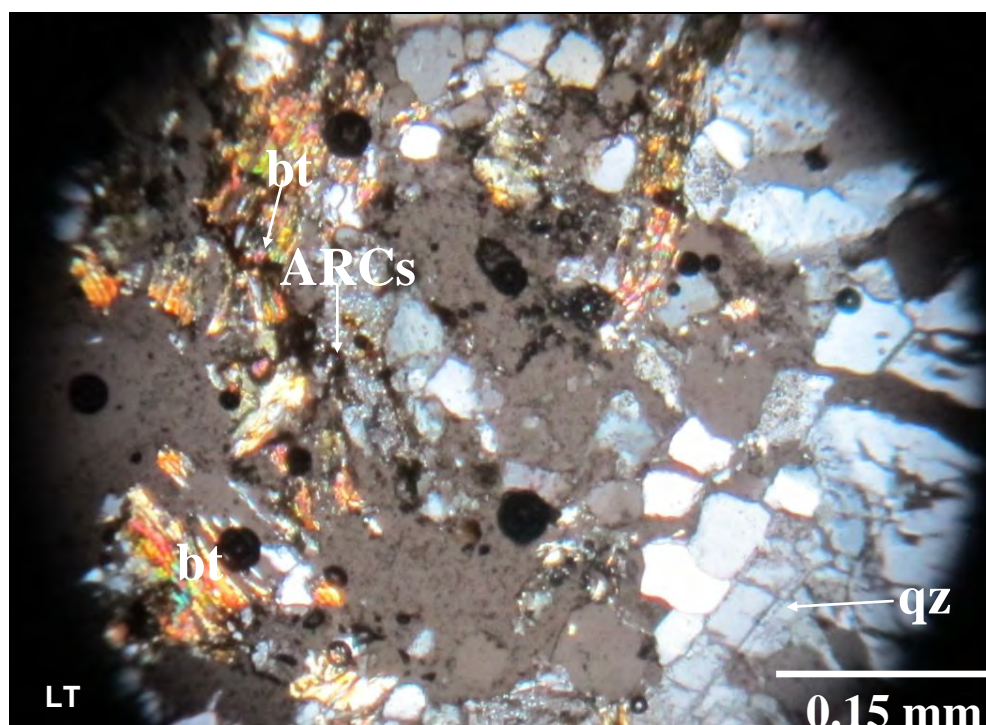


Figura 6. 23: Fotomicrografía LT-NX, mostrando cristales de cuarzo subhedrales (75um) y biotitas oxidadas.

Se puede concluir que los dos sistemas mineralizados presentan sulfuros primarios (Pirita - calcopirita - esfalerita) a nivel de trazas lo cual caracteriza los sistemas mesotermiales.

Se establece la siguiente secuencia paragenética de acuerdo a las relaciones minerográficas y temperaturas de formación de los sulfuros: magnetita - pirita - calcopirita – esfalerita (Figura 6.19).

Todas las muestras presentan abundante contenido de óxidos por alteración supérgena.

CAPITULO VII

INCLUSIONES FLUIDAS

7.1 Definiciones

Inclusión de Fluidos

Es una vacuola o cavidad, habitualmente microscópica y del orden de dimensiones de micrómetros (μm), que contiene una muestra del fluido presente en el momento de la precipitación del mineral (inclusiones primarias) o que circulaba posteriormente, por ejemplo, a lo largo de microfisuras (inclusiones secundarias).

Contenidos de las Inclusiones de Fluidos

De acuerdo a la naturaleza los contenidos de las inclusiones, estarían compuestas por gases, líquidos y sólidos en diferentes proporciones. Desde este punto de vista podemos clasificarlas en:

a) Monofásicas: Existen las formadas completamente por líquido (L), gas (V) o sólidos (S o inclusiones minerales). Entre los fluidos más frecuentes son los

rellenos de líquidos acuosos, en general formadas a muy baja temperatura. Las que se encuentran completamente rellenas de gas son mucho más raras (e.g., aparecen en ambientes en los que se ha producido la ebullición de las soluciones acuosas).

b) Bifásicas: Presentan sólo dos fases, siendo más frecuentes las que tienen vapor (V) y líquido (L). No obstante, tendríamos que considerar varios subtipos:

- Ricas en líquido (L + V). En estas podemos encontrar volúmenes variables de gas según la temperatura de formación. En ocasiones las diminutas esferas de gas, al ser activadas por el paso de la luz se mueven en el interior del líquido de la inclusión, chocando con las paredes y rebotando en una agitación "browniana".

- Ricas en gases (V + L). Presentan un volumen de vapor superior al del líquido que queda restringido a menos de la mitad del volumen. Son frecuentes en ambientes de ebullición.

c) Trifásicas: Cuando aparecen más de dos fases el esquema de clasificación se complica, ya que unas veces son predominantemente líquidos, otros gases con líquidos inmiscibles (L + L' +V) o con baja proporción de sólidos (L + V + S), mientras que en otros son muy abundantes los sólidos (S + L ± V). Los más típicos son las carbónicas con dos fases: líquidos (L=LH₂O y L'=LCO₂) y vapor (V CO₂).

d) Polifásicas o multifásicas: Las inclusiones más complejas las tenemos cuando aparecen varios tipos de sólidos ("daughter minerals") junto con el líquido o líquidos inmiscibles y con la burbuja de gas. Entre los sólidos más frecuentes tenemos halita, silvita, anhidrita, hematites, cuarzo, sulfuros de

hierro, dawsonita ($\text{NaAlCO}_3(\text{OH})_2$), etc.; mientras que los líquidos inmiscibles que aparecen con mayor frecuencia son: fase acuosa junto con líquido CO_2 con presencia de $\pm \text{CH}_4$, $\pm \text{N}_2$ y/o $\pm \text{H}_2\text{S}$.

Según estos criterios, que se relacionan con la composición, se han propuesto varios tipos de clasificaciones. De todas estas la más conocida es la de Nash (1976) que distingue cuatro tipos de inclusiones (L=líquido; V=vapor; S=sólido; C=carbónicas):

Tipo L de moderada salinidad, con dos fases: una líquida (agua) y otra gaseosa (Vapor de agua) con diferente volumen, según la temperatura de atrape.

Tipo V ricas en gas (normalmente vapor de agua representando más del 60% de la inclusión); como se ha comentado anteriormente este tipo es un buen indicador de la existencia de ebullición, especialmente cuando se encuentran coexistiendo con las de tipo L. Aunque sean predominantemente acuosas, pueden contener algo de CO_2 .

Tipo S muy salinas, conteniendo pequeños cristales de halita de hábito cúbico y en ocasiones de silvita, anhidrita, hematita, etc.

Tipo C ricas en CO_2 , con una relación $\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ variable pero casi siempre comprendida entre 3 y 30% del volumen, según se acerquen a los tipos anteriores.

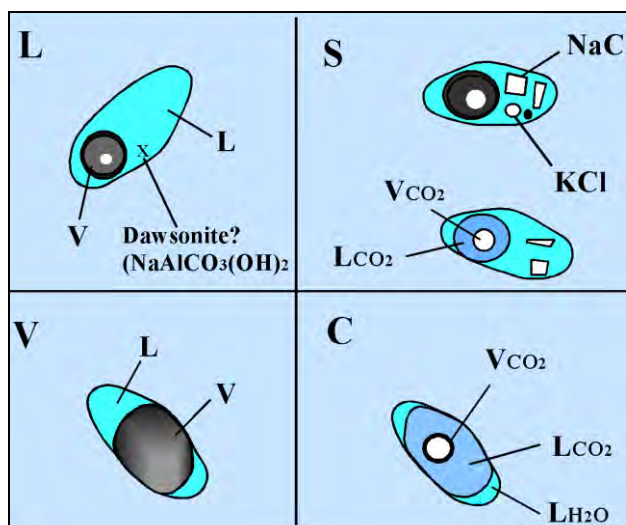


Figure 7. 1: Clasificación de Nash (1976) mostrando los cuatro tipos más importantes de inclusiones fluidas. (L=líquido; V=vapor; S=sólido; C=carbónicas).

Mecanismos de precipitación mineral

Los mecanismos de precipitación mineral pueden ser de una naturaleza tan diversa como los propios yacimientos y en uno solo de ellos pueden haberse producido varios mecanismos, incluso al mismo tiempo. Entre ellos se cuentan ebullición, efervescencia, evaporación, sedimentación, cristalización mezcla de fluidos, reacciones entre fluidos y rocas o entre rocas, enfriamiento conductivo y acción de microorganismos. Algunos de estos procesos pueden identificarse petrográfica y/o microtermométricamente.

Ebullición, o separación de vapor de un fluido acuoso. Una ebullición genera salmueras progresivamente más salinas y densas por la fuerte partición de las sales hacia las fases líquidas. Como resultado de expansión adiabática, estas salmueras pueden también experimentar un cierto enfriamiento (Wilkinson, 2001). Sin embargo, la ebullición también genera vapores de mayor temperatura que el fluido pre-ebullición, que eventualmente pueden condensarse y generar líquidos de muy baja salinidad y alta acidez, independientemente del quimismo del fluido pre-ebullición. Los mismos

efectos pueden registrarse tras la efervescencia de los fluidos mineralizantes. Este mecanismo de deposición es especialmente eficiente en depósitos epitermales, skarns y pórfidos metalíferos.

Efervescencia, o separación de CO₂, CH₄ u otros gases a partir de un fluido acuoso. Si la presencia de dichos compuestos (en fluidos pre-efervescencia o en condensados someros post-efervescencia) no puede ser determinada ópticamente, su presencia puede detectarse mediante la fusión de clatratos o mediante el uso de técnicas analíticas adicionales (Ej.: microespectroscopía Raman). Este mecanismo de deposición es común en yacimientos tipo MVT y asociados.

Mezcla de fluidos. Este proceso precisa de una identificación correcta de la temperatura y salinidad de los miembros extremos que lo experimentan. La trayectoria de datos reveladores de un proceso de este tipo depende de las características de dichos miembros, y pueden llegarse a confundir con las trayectorias debidas a otros procesos. En algunos casos (Ej.: depósitos tipo MVT) se ha determinado que el azufre y los metales necesarios para formar cuerpos de sulfuros no pueden ser transportados en el mismo fluido, por lo que la precipitación mineral se produce por mezcla de dos fluidos (Sverjensky, 1984). Los casos de mezcla más comunes en la naturaleza son:

Dilución, Este es un caso especialmente abundante en la naturaleza, en que aguas meteóricas relativamente frías y poco salinas (aunque hayan experimentado un cierto grado de interacción cortical) pueden mezclarse con salmueras acuosas hipogénicas de origen profundo, más calientes y salinas. Estas últimas pueden ser aguas meteóricas con un grado de interacción cortical profundo y muy prolongado. Aunque no siempre es fácil explicar este

tipo de mezclas por las diferencias en densidad de los fluidos que intervienen en ellas, la turbulencia de los fluidos ascendentes es permisiva para una mezcla eficiente. Se reconoce cuando el comportamiento de los datos disminución de temperatura y salinidad al mismo tiempo. Este mecanismo de deposición es común en yacimientos tipo MVT someros y en muchas otras tipologías, incluyendo depósitos de origen magmático-hidrotermal.

Mezcla isotérmica. Este proceso se produce generalmente entre fluidos con un remarcable contraste en la salinidad pero a temperaturas muy parecidas, debido a que ambos se encuentran en un régimen geotérmico análogo y han adquirido el mismo grado de equilibrio térmico con el medio. Se caracteriza por presentar conjuntos de datos con variaciones apreciables en salinidad aunque no de temperatura.

Enfriamiento conductivo. Se produce cuando un fluido pierde calor por conducción a través de las rocas circundantes sin que varíe significativamente la composición química del fluido. Se caracteriza por presentar conjuntos de datos con variaciones apreciables en temperatura, hacia temperaturas más bajas con el tiempo, aunque no de salinidad. Como mecanismo de precipitación es común en depósitos formados en la porción superior de la corteza, pues en las porciones más profundas de la misma no existen gradientes térmicos lo suficientemente extremos como para inducir precipitación mineral (Wilkinson. 2001).

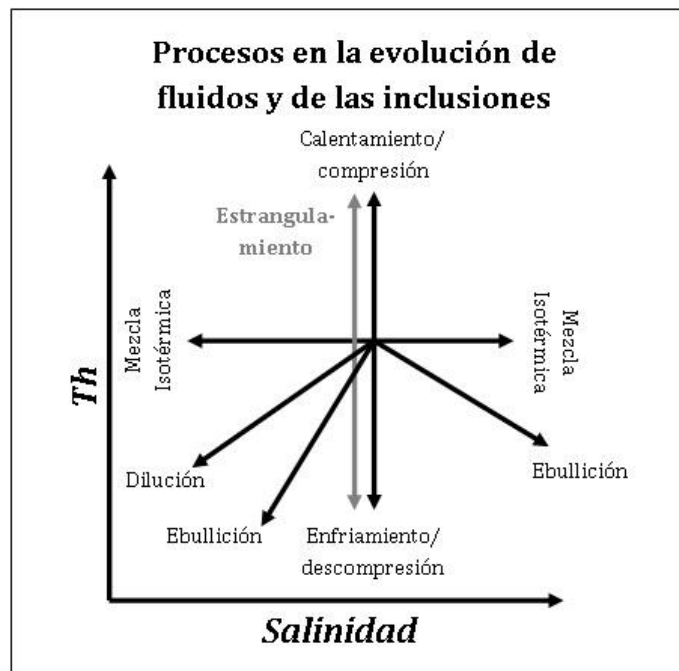


Figure 7. 2: Procesos en la evolución de fluidos y de las inclusiones fluidas, modificado de Wilkinson (2001).

A continuación se describe la simbología utilizada en las tablas de análisis microtermométricos de cada estudio IF:

- **Nº** = Número de Inclusiones de fluidos (IF)
- **CLAF.**= Clasificación de las IF si son primarias (P) o secundarias(S). Además Lw-NaCl (fluido con cloruro de sodio) y Lw-H₂O (fluido con agua).
- **MIN** = Mineral donde está contenido la IF, para este caso es CZ (cuarzo).
- **TIPO** = Tipo de inclusión Fluida: BIF (IF Bifásica) y POL (IF polifásicas).
- **Ø μ** = diámetro de la IF en micrómetros.
- **FILL** = Grado de relleno IF.
- **-Tf** = Temperatura de fusión (°C).
- **Th** = Temperatura de homogeneización (°C).
- **Th (L/V)** = Temperatura de homogeneización del líquido-vapor (°C).

- **T_m** = Temperatura de fusión de la halita (°C).
- **NaCl** = Grado de salinidad (%).

7.2 Estudio de Inclusiones Fluidas

Se seleccionaron algunas muestras para realizar los estudios de inclusiones fluidas, a continuación se describen los estudios realizados:

7.2.1 Preparación de las Secciones

El objetivo de la preparación de las muestras para inclusiones fluidas es permitir que las inclusiones fluidas se revelen con suficiente claridad para que las IF sean visibles y además conservar una considerable cantidad de IF para poder realizar las mediciones.

Por lo cual se prepararon láminas doblemente pulidas de 100um de espesor cada una, montadas sobre portaobjetos de vidrio.

7.2.2 Estudio de las Secciones:

Se trabajó con un microscopio de polarización Olympus BX-51 con objetivo Plan - fluorita 50X (distancia de trabajo 10.6mm) y platina de calentamiento/enfriamiento THMSG-600 Linkam (figura 7.3).

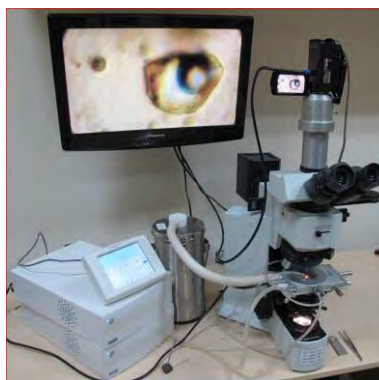


Figure 7. 3: Equipo para inclusiones fluidas.

Para los estudios se procedió de la siguiente manera:

1. Se estudió las secciones en microscopio de polarización para registrar las familias de inclusiones fluidas características en cada una de ellas.
2. Se sumergió las láminas en un recipiente con acetona para separar las briquetas de roca de los portaobjetos de vidrio.
3. Se fragmentó las briquetas de roca en sectores para poder ingresarlas dentro de la platina de calentamiento – enfriamiento tipo linkam.
4. Finalmente se procedió con la medición de la temperatura de homogenización y fusión de las inclusiones fluidas contenidas en cada uno de los fragmentos.

7.2.2.1 Lámina Ac – 007

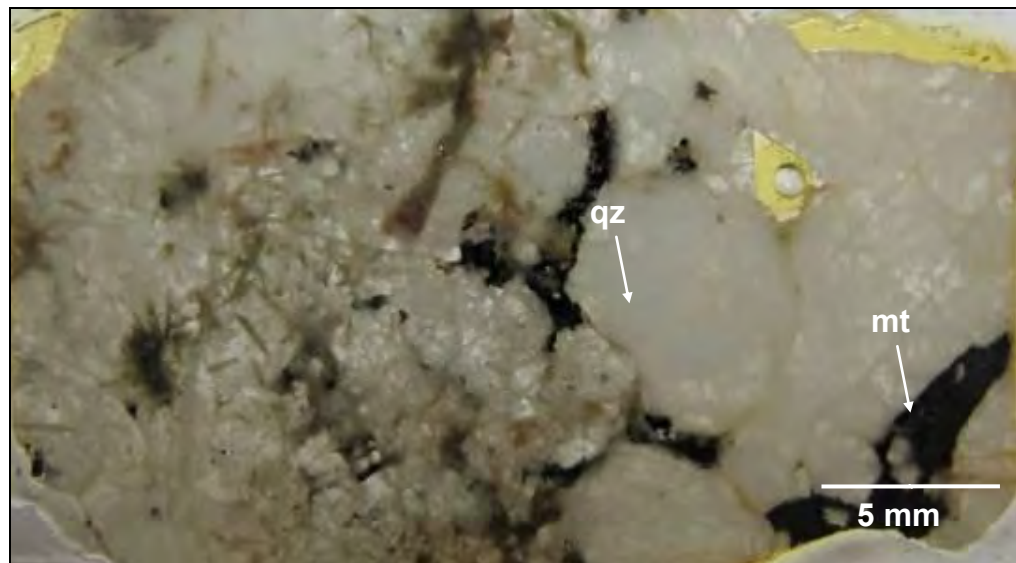


Figure 7. 4: Lámina transparente doblemente pulida AC-007.

La sección estudiada corresponde a la veta de magnetita - cuarzo $45^{\circ}/86^{\circ}$ (Sistema $N50^{\circ}E$), de 40cm de potencia con trazas hematita como patinas.

El cuarzo se aprecia como cristales subhedrales y anhedrales con hábitos prismáticos, formas irregulares y agregados granulares con tamaños menores

a 0.8mm. Se muestra formando parte del filón. Presencia de abundantes inclusiones fluidas del tipo bifásicas ricas en vapor con tamaños menores a $16\mu\text{m}$ y grado de relleno de 0.30 de líquido con respecto al vapor y monofásicas ricas en líquido. También se aprecia inclusiones fluidas de los tipos polifásicos ricos en cristales hijos de halita y ricos en CO_2 .

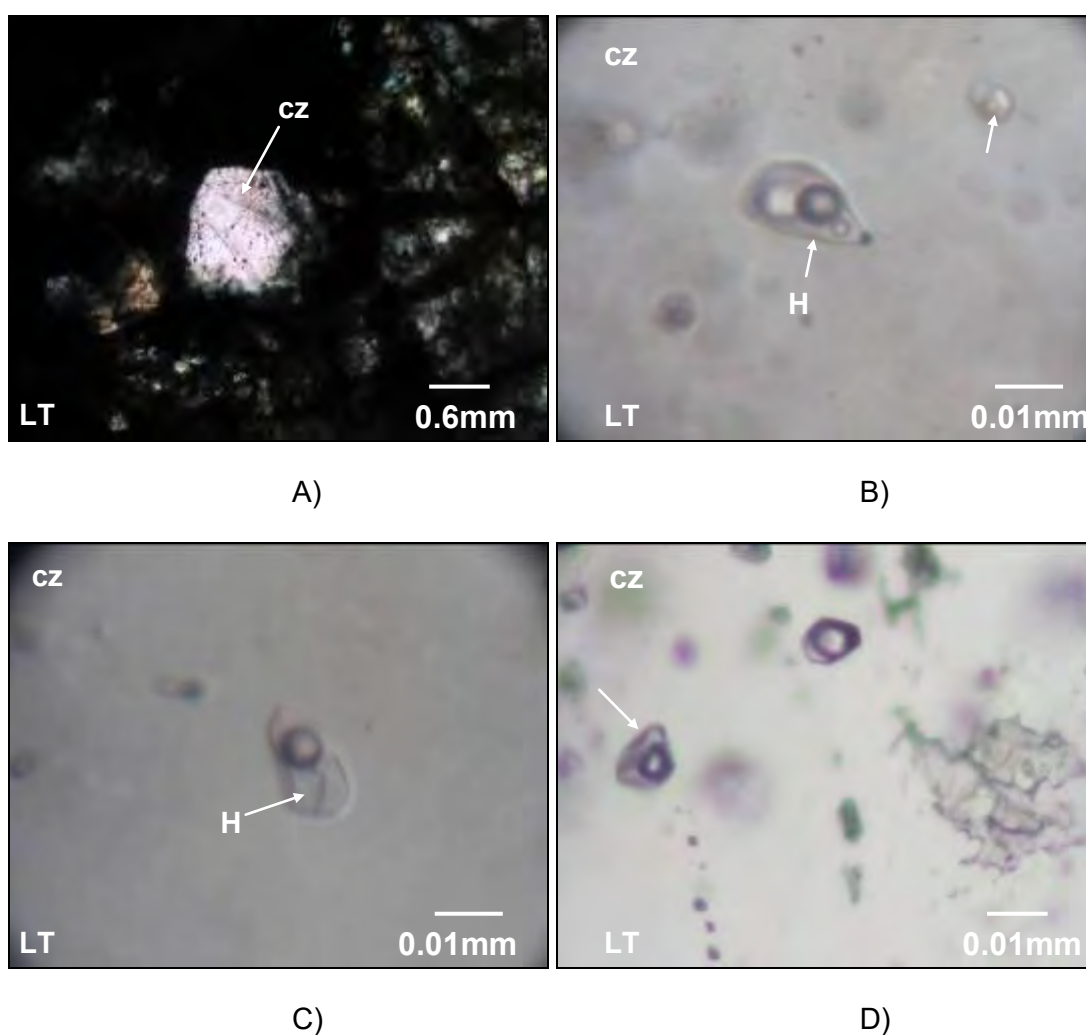


Figure 7. 5: A) Cristal subhedral de cuarzo (CZ) con numerosas microfracturas rellenas por inclusiones fluidas; B y C) Inclusiones fluidas polifásicas con tamaños de $20\mu\text{m}$ con formas ovaladas y con cristales hijos en su interior; D) Inclusiones fluidas bifásicas con formas rectangulares y globulares con tamaños a $15\mu\text{m}$ capturas en cuarzo. LT: Luz transmitida

Resultados de análisis Microtermométrico

De los resultados se obtienen los histogramas donde se aprecia que las temperaturas de homogeneización (T_h °C) se encuentran entre 150°C y 400°C con salinidades en dos grupos de 5 y 10% con 30y 35%eq. peso de NaCl; las cuales se pueden clasificar como depósitos Epitermales y Mesotermales asociados a intrusivos (fluidos hipersalinos).

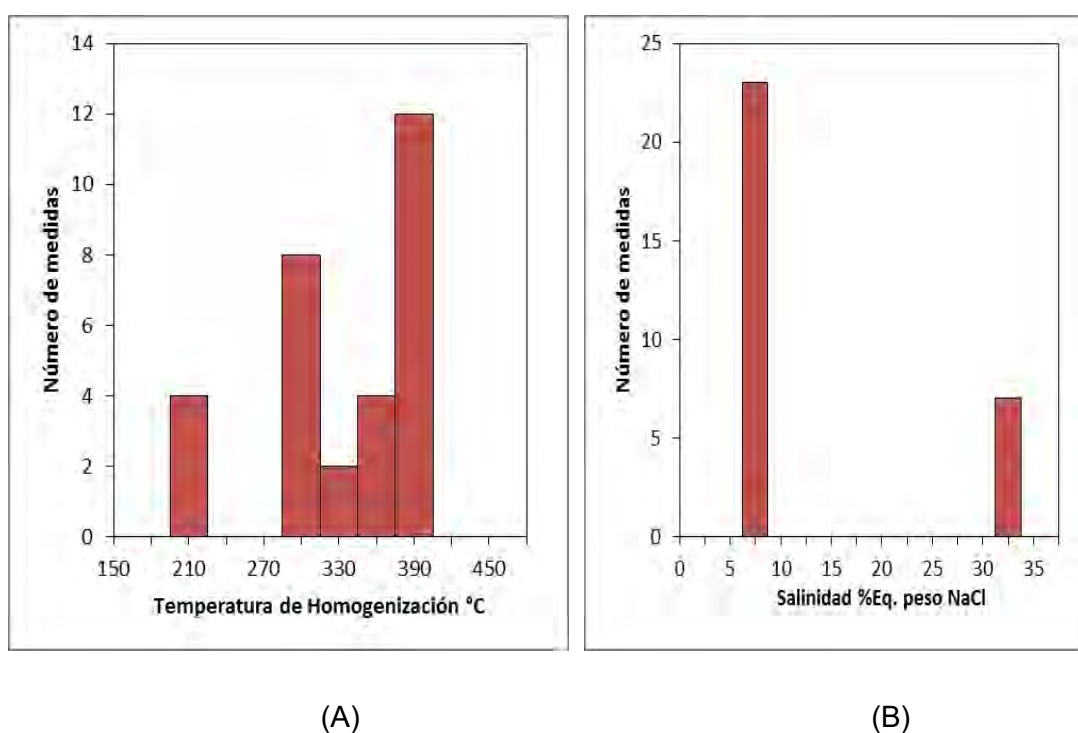


Figure 7. 6: (A) Histogramas de temperatura de homogeneización (T_h °C) vs Frecuencia; (B) Histogramas salinidad (% wt NaCl) vs Frecuencia.

7.2.2.2 Lamina Ac – 010

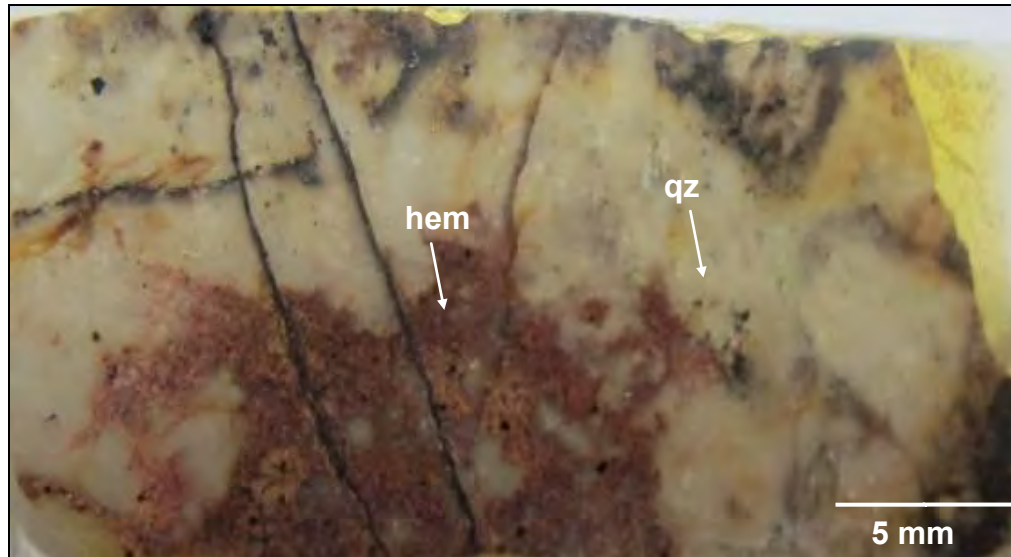


Figure 7. 7: Lámina transparente doblemente pulida AC-010.

Veta de specularita - magnetita - cuarzo de $235^{\circ}/45^{\circ}$ (sistema $N50^{\circ}E$) de 80cm de potencia en el contacto entre el granito y la diorita.

El cuarzo se manifiesta como cristales subhedrales y anhedrales con hábitos prismáticos, formas irregulares y agregados granulares con tamaños menores a 1.5mm. Se encuentra como mineral mayoritario en la estructura. Se observan numerosas inclusiones fluidas primarias y secundarias con formas redondeadas, alargadas y triangulares de los tipos bifásicos ricos en vapor con tamaños menores a $20\mu m$.

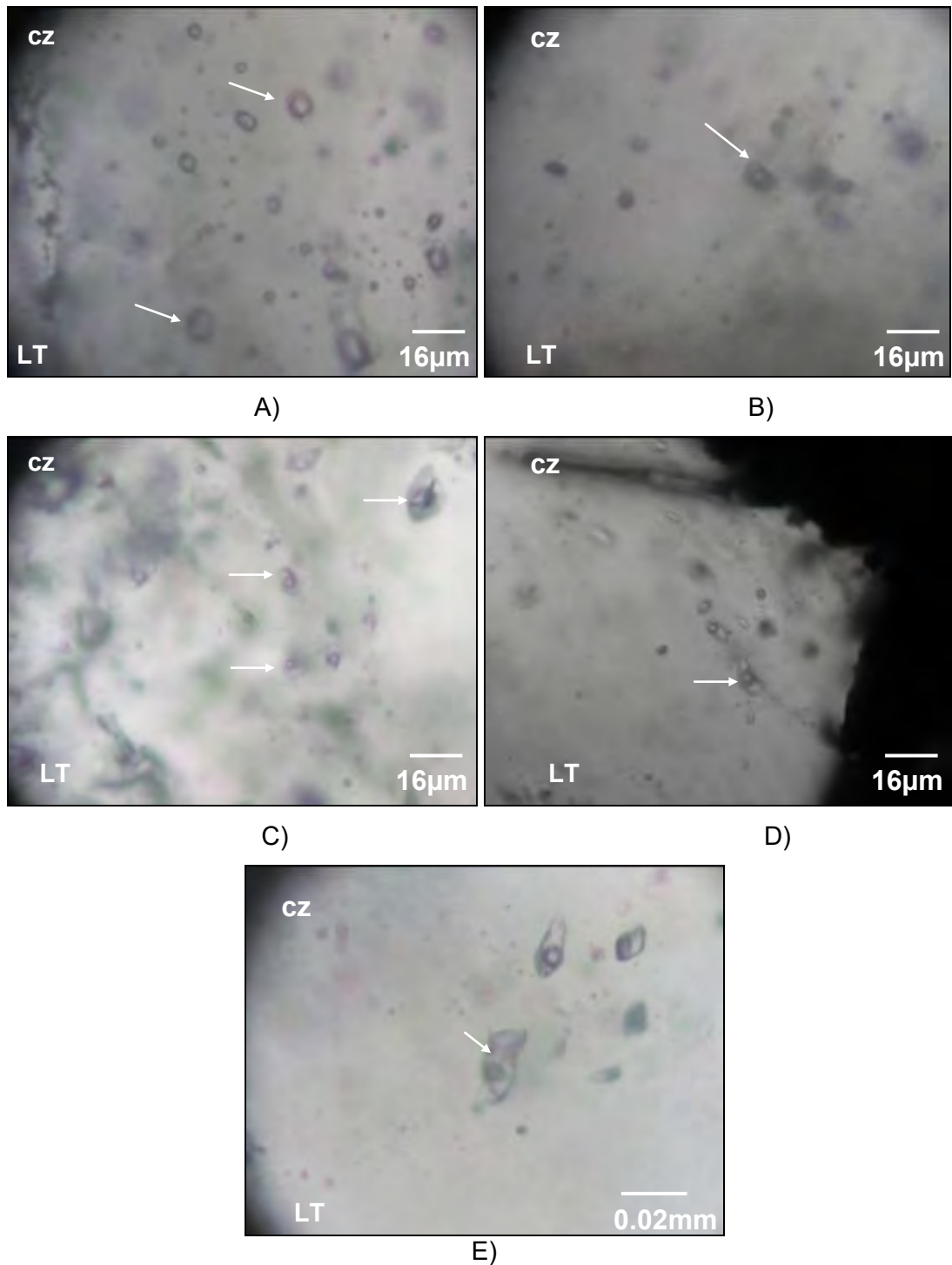


Figure 7. 8: A) Inclusiones fluidas con formas redondeadas ricas en vapor con posible CO₂ con tamaños menores a 16µm alojadas en cuarzo; B, C y D) Inclusiones fluidas de formas rectangulares, redondeadas y alargadas con tamaños menores a 16µm capturas en cuarzo; E) Inclusiones fluidas primarias con formas redondeadas y alargadas con tamaños menores a 10µm capturas en cuarzo (cz). LT: Luz transmitida

Resultados de análisis Microtermométrico

De los resultados se obtienen los histogramas donde se aprecia que las temperaturas de homogeneización (T_h °C) se encuentran entre 250°C y 500°C con salinidades entre 5% y 25% eq. peso de NaCl; las cuales se pueden clasificar como depósitos Epitermales y Mesotermales asociados a intrusivos (fluidos hipersalinos).

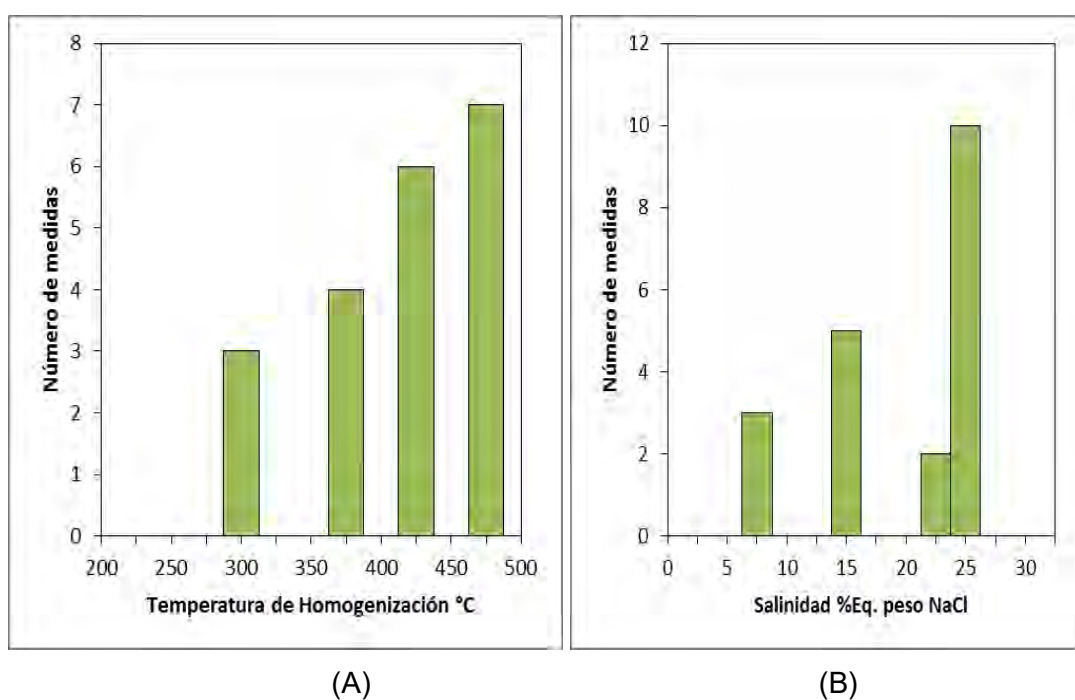


Figure 7. 9: (A) Histogramas de temperatura de homogeneización (T_h °C) vs Frecuencia; (B) Histogramas salinidad, % eq. peso NaCl vs Frecuencia

7.2.2.3 Lamina Ac – 016

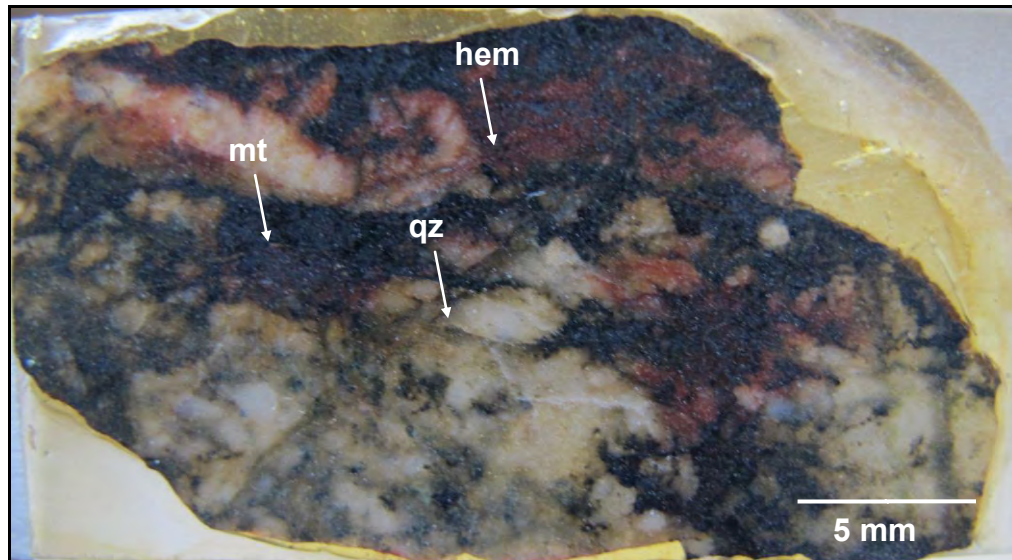


Figure 7. 10: Lámina transparente doblemente pulida AC-016

Veta de cuarzo - magnetita - hematita $16^{\circ}/84^{\circ}$ (Sistema $N23^{\circ}-40^{\circ}E$) con trazas de jarosita, principalmente cuarzo granular y esporádicos cristales prismáticos, trazas de sulfuros (pirita - calcopirita).

El cuarzo se aprecia como cristales subhedrales y anhedrales con hábitos prismáticos, formas irregulares y agregados granulares con tamaños menores a 0.7mm. Se muestra formando parte del filón. Se observan numerosas inclusiones fluidas primarias y secundarias con formas redondeadas, alargadas y triangulares de los tipos bifásicos con tamaños menores a $10\mu m$ y monofásicas ricas en líquido.

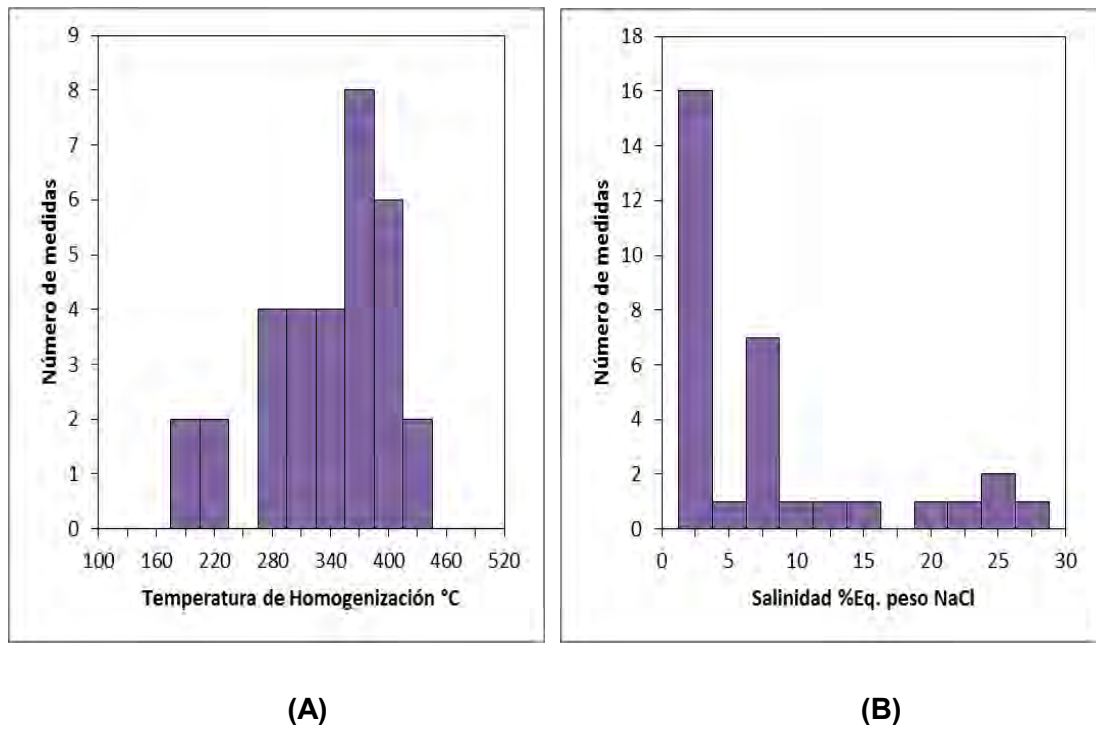


Figure 7. 12: (A) Histogramas de temperatura de homogeneización (Th °C) vs Frecuencia; (B) Histogramas salinidad, % eq. peso NaCl vs Frecuencia

7.2.2.4 Lamina Ac – 018



Figure 7. 13: Lámina transparente doblemente pulida AC-018

Veta de azimut N340° y 72° de buzamiento al NE (sistema subordinado N30°W al **sistema N23° - 40°E**) La muestra se encuentra muy oxidada (goetita – jarosita - hematita), dos eventos de cuarzo, cuarzo granular masivo y vetillas posteriores de cuarzo hialino (prismático), presenta trazas de sulfuros (py – cpy), y magnetita.

El cuarzo se aprecia como cristales subhedrales y anhedrales con hábitos prismáticos, formas irregulares y agregados granulares con tamaños menores a 1mm. Presencia de abundantes inclusiones fluidas del tipo bifásicas ricas en vapor con formas redondeadas, alargadas y triangulares con tamaños menores a 20µm y monofásicas ricas en líquido.

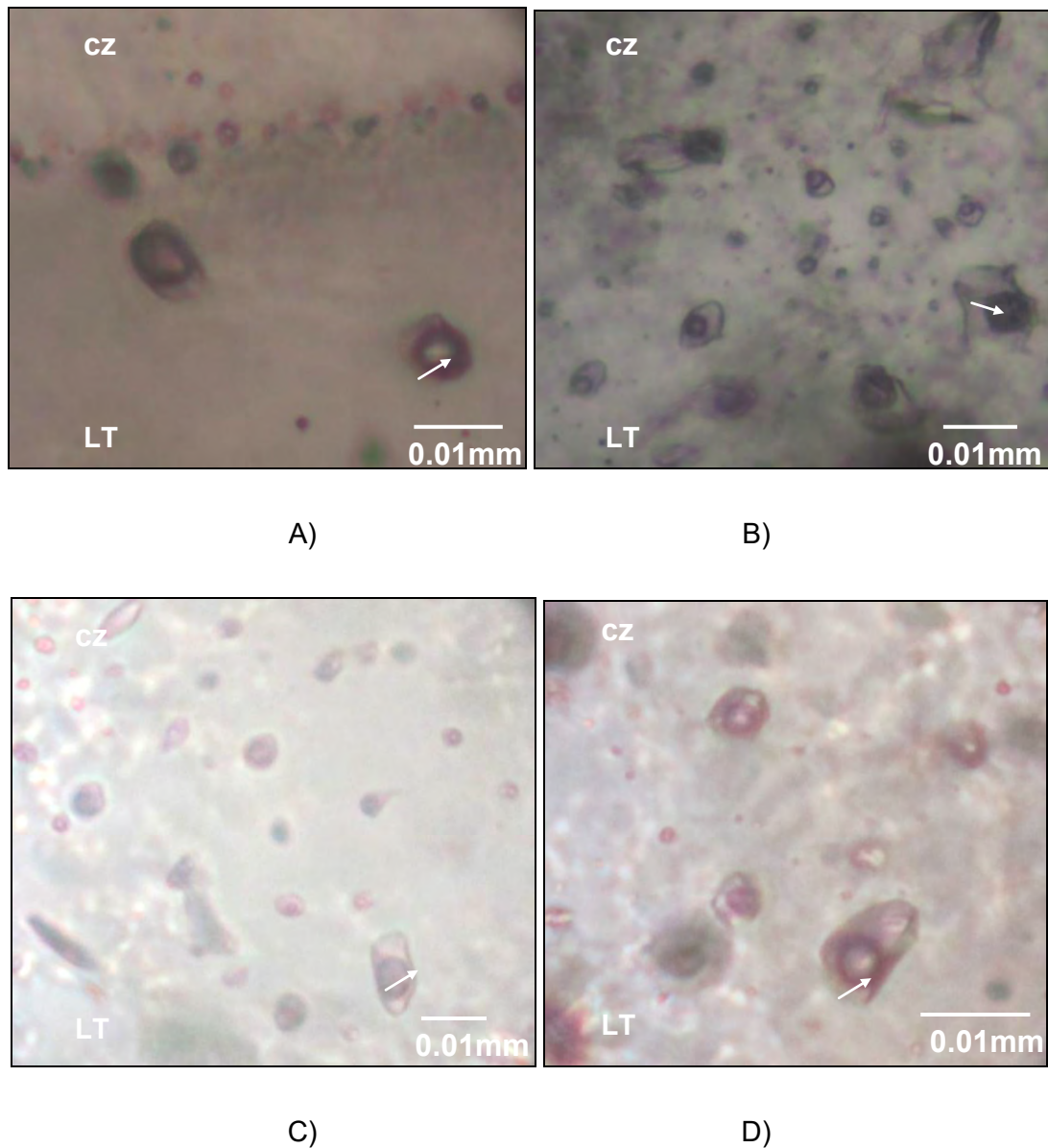


Figure 7. 14: Inclusiones fluidas bifásicas con formas rectangulares y globulares con tamaños hasta 12 μ m capturas en cuarzo. LT: Luz transmitida

Resultados de análisis Microtermométrico

De los resultados se obtiene los histogramas donde se aprecia que las temperaturas de homogeneización (T_h °C) se encuentran entre 250°C y 400°C con salinidades entre 0% y 15% eq. peso de NaCl; las cuales se pueden clasificar como depósitos Epitermales y Mesotermales.

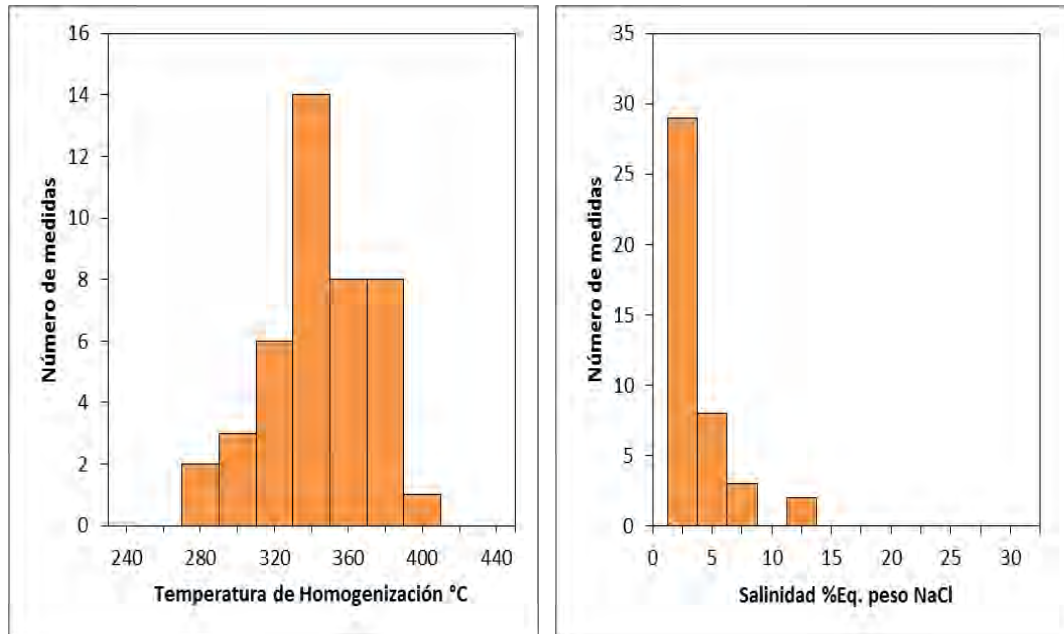
**(A)****(B)**

Figure 7. 15: (A) Histogramas de temperatura de homogeneización (Th °C) vs Frecuencia; (B) Histogramas salinidad, % eq. peso NaCl vs Frecuencia.

De acuerdo a los resultados obtenidos de cada muestra, se sintetiza en la Figura 7.16A la distribución de las temperaturas T° obtenidas con relación a las salinidades, se interpreta procesos de dilución y enfriamiento predominantes en las muestras tomadas (F: Población de fluidos).

En la Figura 7.16B se grafica la Temperatura de homognización vs la salinidad en el diagrama de Wilkinson (2001), se puede observar que las vetas del prospecto Campana AC corresponderían a aportes mesotermales.

Se puede observar cuatro poblaciones de fluidos; la primera población (F1) se encuentra entre 350°C y 470°C con salinidad entre 20% y 30% eq. peso NaCl. Seguidamente, una segunda población (F2) de fluidos con temperatura de homogeneización entre 320° y 420°C con salinidad entre 10% y 15% eq. peso NaCl. Seguidamente la tercera población (F3) presenta temperatura de homogeneización ($Th^{\circ}\text{C}$) entre 270°C y 400°C con salinidades entre 5% y 10% eq. peso de NaCl, finalmente la cuarta población (F4) presenta temperatura de homognización ($Th^{\circ}\text{C}$) entre 250°C y 400°C con salinidades entre 0 y 5% eq. peso de NaCl. Presentan una profundidad promedio total de 1140 m con una densidad del fluido de 1.0797 g/cm^3 y Presión de 122.2 bar.

En las muestras estudiadas del prospecto Campana AC se observa la presencia de cuatro poblaciones de fluidos con temperaturas y salinidades diferentes. El depósito puede clasificarse como vetas mesotermales, los fluidos hipersalinos son posiblemente debido al aporte de un intrusivo más profundo.

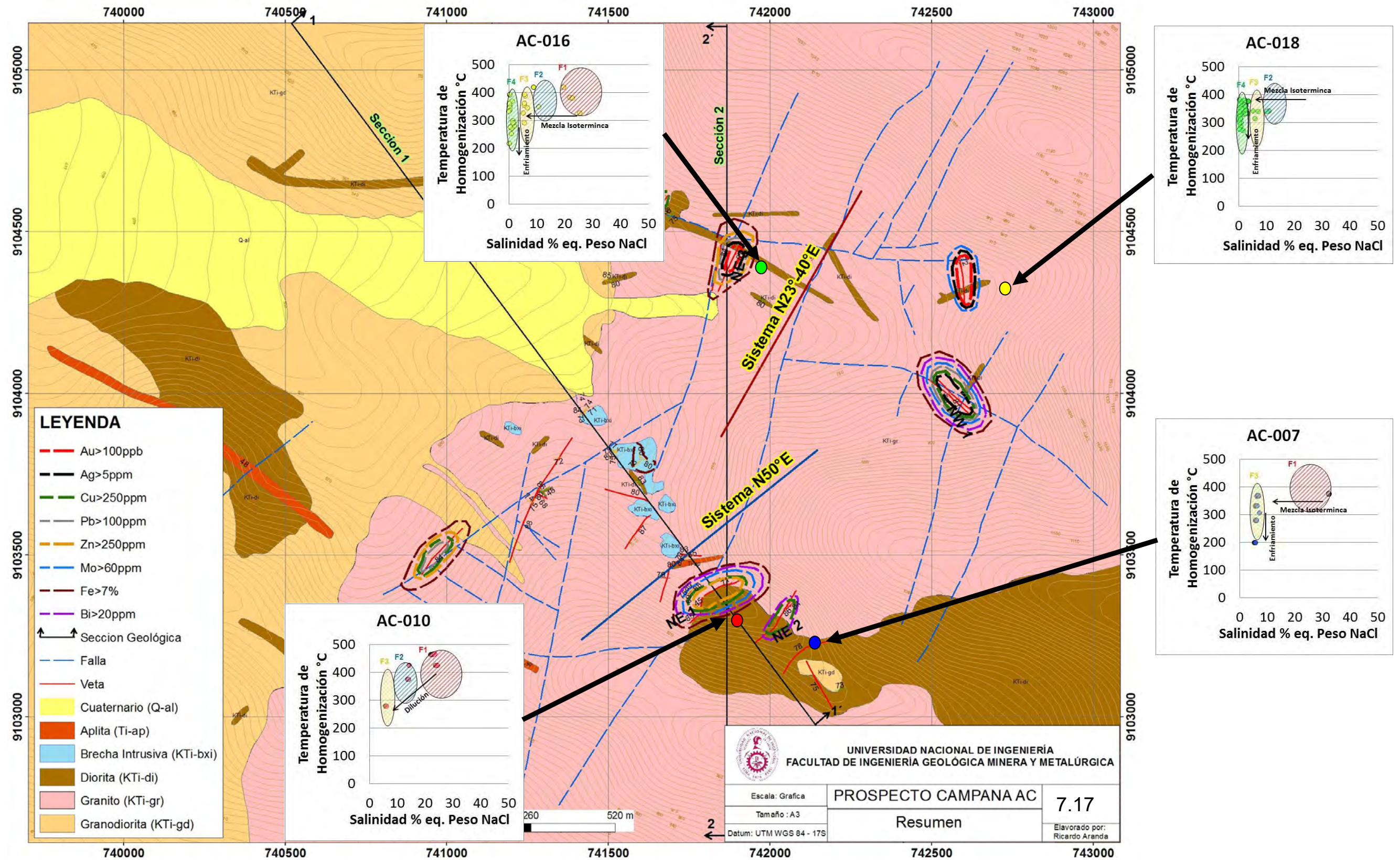


Figure 7. 17: Distribución de las vetas y resultados obtenidos de la inclusiones fluidas (Th°C vs % eq. peso NaCl)

7.3 Interpretación

De la Figura 7.17 se puede observar que las cuatro muestras (**Ambos Sistemas de veta N23°-40°E y N50°E**) presentan familias de inclusiones fluidas con temperaturas entre 300°C y 450°C con salinidades mayores a 10% eq. peso de NaCl (F1 y F2), lo cual evidencia el origen mesotermal de las vetas, posiblemente asociado a un intrusivo profundo (salinidad >20% eq. peso de NaCl). Además se observa dos familias de inclusiones fluidas con temperaturas entre 200°C y 400°C con salinidades menores a 10% eq. peso de NaCl (F4 y F3), las cuales son producto de la sobreimposición epitermal, los cuales corresponden a procesos de enfriamiento, mezcla isotérmica y dilución. Hacia el norte las muestras AC-016 y AC-018 (**Sistema N23°-40°E**) se caracterizan por la familia de inclusiones fluidas F4 (200°C y 400°C con salinidades entre 0% y 5% eq. peso de NaCl) de baja salinidad. Notese que hacia el sur las muestras AC-007 y AC-010 (**Sistema N50°E**) no presentan esta familia F4 de baja salinidad, lo cual podría indicarnos una mayor erosión y/o levantamiento (por fallamiento) de la zona sur del prospecto.

CAPITULO VIII

INTERPRETACIÓN PRELIMINAR DEL MODELO GEOLÓGICO

Se ha evidenciado el magmatismo Cretáceo-Paleógeno ocurrido en la fase compresiva Inca I, las vetas en el prospecto Campana AC presenta control trasandino (N23° - 40°E y N50°E) transcurrente de componente dextral las cuales corresponderían a la fase cizallante NO – SE del Paleógeno-Neógeno, se han definido dos sistemas de vetas y vetillas N23°-40°E de vetas de cuarzo - hematita - magnetita con anomalías en Au – Ag – Pb – Zn y N50°E de vetas de magnetita - hematita - cuarzo con anomalías de Cu – Mo – Zn (Bi como elemento guía)., además de la petrominerografía se ha identificado sulfuros primarios (Pirita - calcopirita - esfalerita) a nivel de trazas lo cual caracteriza los sistemas mesotermales. Ambos sistemas de vetas presentan familias de inclusiones fluidas >20% de eq. peso de NaCl, lo cual indicaría que ambos sistemas están relacionados a un intrusivo profundo.

Por lo indicado anteriormente se puede clasificar la mineralización en el prospecto Campana AC como vetas mesotermales emplazadas en rocas graníticas del

batolito de la costa, con debil a moderado desarrollo de alteración hidrotermal, posiblemente relacionadas a un intrusivo profundo (Figura 8.1).

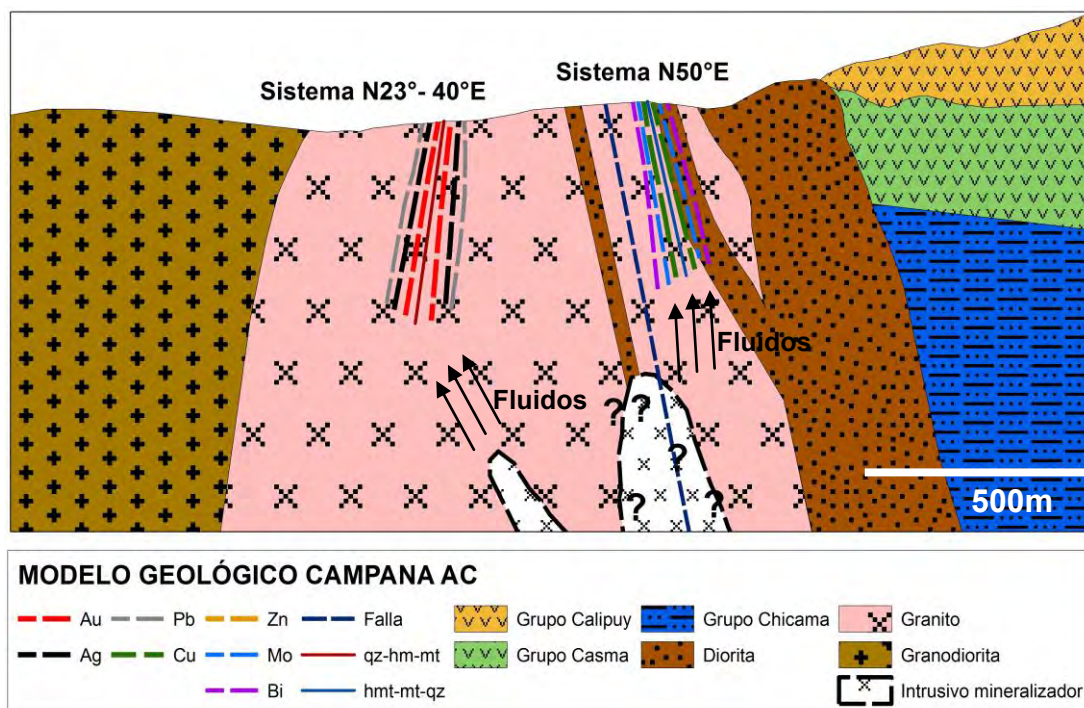


Figura 8. 1: Interpretación preliminar del modelo geológico del Prospecto Campana AC

CAPITULO IX

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

9.1 Conclusiones

1. En el prospecto Campana AC la mineralización presenta un control estructural trasandino (N23° - 40°E y N50°E) transcurrente de componente dextral, mostrada en campo por las venillas de magnetita con azimut N285°, cuyo sistema principal de estructuras serían las vetillas de epidota.
2. De acuerdo a la tectónica estudiada en la región se ha evidenciado el magmatismo Cretáceo-Paleógeno ocurrido en la fase compresiva Inca I y las estructuras dextrales (vetas) corresponderían a la fase cizallante NO – SE del Paleógeno-Neógeno.
3. Las vetas en el prospecto Campana AC tienen como roca caja a los intrusivos: granito, granodiorita y diorita, siendo estas cajas favorables para una posible mineralización económica, se observa el desarrollo de una débil alteración clorita - arcillas sobre la roca caja y sericita dentro de las vetas.

4. Se han definido dos sistemas de vetas y vetillas: el N23°- 40°E de cuarzo - hematita - magnetita con anomalías de Au - Ag - Pb y el N50°E de magnetita - hematita - cuarzo, con anomalías de Cu - Mo (Bi como elemento guía). Estos sistemas también mostraron diferencias geoquímicas al realizar ratios de Ga, Zr, Nb y Na (El sistema N50°E presenta mayor contenido de Ga, Zr y Nb).
5. Las anomalías de Mo (>60ppm) - Bi (>20ppm) nos indican la posible ocurrencia de un intrusivo profundo relacionado a la mineralización en el prospecto.
6. Ambos sistemas presentan sulfuros primarios (Pirita - calcopirita - esfalerita) a nivel de trazas lo cual caracteriza los sistemas mesotermales. Se establece la siguiente secuencia paragenética de acuerdo a las relaciones minerográficas y temperaturas de formación de los minerales en el siguiente orden: magnetita - cuarzo - pirita - calcopirita – esfalerita – espectralita (alteración de la magnetita).
7. Ambos sistemas de veta (N23°-40°E y N50°E) presentan familias de inclusiones fluidas con temperaturas entre 300°C y 450°C con salinidades mayores a 10% eq. peso de NaCl (F1 y F2), lo cual evidencia el origen mesotermal de las vetas, posiblemente asociado a un intrusivo profundo (salinidad >20% eq. peso de NaCl). Además se observa dos familias de inclusiones fluidas con temperaturas entre 200°C y 400°C con salinidades menores a 10% eq. peso de NaCl (F4 y F3), las cuales son producto de la sobreimposición epitermal, los cuales corresponden a procesos de enfriamiento, mezcla isotérmica y dilución. Hacia el norte las muestras AC-016 y AC-018 (Sistema N23°-40°E) se caracterizan por la familia de inclusiones fluidas F4 (200°C y 400°C con salinidades entre 0% y 5% eq.

peso de NaCl) de baja salinidad, posiblemente debido a una menor erosión hacia esta zona.

8. El prospecto podría presentar potencial económico en profundidad, esto es favorecido por la continuidad de las estructuras que logran extenderse longitudes superiores a los 100 m y en promedio tienen 0.70 m de potencia.
9. Las características geológicas, litológicas, mineralógicas y geoquímicas indican que las vetas son de origen mesotermal.

9.2 Recomendaciones

1. Realizar una campaña de muestreo sistemático (cada 10m) sobre las vetas principales NE1, NE2 y NW1.
2. Realizar líneas geofísicas de aeromagnetometría (debido a la dificultad de acceso en la zona) para determinar la continuidad lateral, vertical de las vetas de cuarzo magnetita y definir nuevas zonas prospectivas.
3. Dependiendo de los resultados de la geoquímica y geofísica, continuar con una campaña de perforación diamantina de corto alcance.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANTONI CAMPRUBÍ (2010). Criterios para la exploración minera mediante el uso de la microtermometría de inclusiones fluidas, Sociedad Geológica Mexicana.
2. COBBING et al. (1981). The geology of the western cordillera of northern Perú. London, Institute of Geological Sciences.
3. COSSIO (1967). Boletín N 17, serie A: Boletín de Puemape, Chocope, Otuzco, Salaverry y Santa.
4. FARRAT, NOBLE (1976). Timing of late tertiary deformation in the Andes of Perú. Geological Society of America Bulletin.
5. FERNANDO SAEZ RIVERA (2005). Geología y exploración del yacimiento de Salpo, Otuzco, La Libertad.
6. JENKS (1948). Geología del cuadrángulo de Arequipa. Inst. Geol. del Perú.
7. J.J. WILKINSON (2000). Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits.
8. KUMMEL (1949). Geological reconnaissance of the Contamana Region, Peru.
9. LEBAS et al (1986). A chemical classification of volcanic rocks based on the total alkali-silica diagram: Journal of Petrology
10. NASH (1976). Fluid inclusion petrology – data from porphyry copper deposits and applications to exploration U.S.G.S.
11. PAUL BARTOS (1984). Mineralization, alteration and zoning of the Cu-Pb-Zn-Ag lodes at Quiruvilca, Perú, Stanford University.
12. PEARCE, HARRIS, TINDLE (1984). Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks: Journal of Petrology

13. PECCERILLO, TAYLOR (1976). Geochemistry of eocene calc-alkaline volcanic rocks from the Kastamonu area, northern Turkey. Contributions to Mineralogy and Petrology
14. PEDRO NAVARRO, MARCO RIVERA, ROBERT MONGE (2010). Geología y metalogénia del Grupo Calipuy (Volcanismo Cenozoico) segmentos Santiago de Chuco, norte del Perú, INGEMMET.
15. SIRVAS, HOLLISTER (1979). La Formación Calipuy del norte del Perú. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú.
16. STAPPENBECK (1929). Geología des chicamatales in nordperu und seiner Anthrazitlagerstaetten. Geol. Und Pal. Abhandlugen. Jena.
17. STEWARD et al. (1974). Age determinations from Andean Perú: a reconnaissance survey. Geological Society of America Bulletin
18. TROTTEREAU, ORTIZ (1963). Geología de los cuadrángulos de Chimbote y Casma. Com. Carta Geol. Nac. Lima.
19. TURNER, STEPHEN, J. (1997). The Yanacocha Epithermal Au deposits, northern Perú: high-sulfidation mineralization in a flow dome setting. PhD Thesis. Colorado School of Mines, Colorado U.S.A.
20. VÍCTOR SÁNCHEZ (2008). Estructura y termometría del depósito de Au el gigante; aplicaciones para la exploración del batolito de Pataz, La Libertad – Perú.
21. WILSON (1975). Potassium – Argon age studies in Perú with special reference to the emplacement of the Coastal Batholith. PhD. Thesis, University of Liberpool.
22. WINCHESTER, FLOYD (1977). Geochemical discrimination of different magma series and their differentiation products using immobile elements: Chemical Geology.