

PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE LOS DEPOSITOS TIPO PÓRFIDO
CUPRÍFERO DE LA FORTUNA DE COBRE Y EL AMERICANO, EN EL
NOROESTE DE MEXICO.

Por

Eduardo Salvatierra Domínguez.

Tesis presentada en El
Departamento de Geología.

Para obtener el grado de
Maestro en Ciencias.

En La
Universidad de Sonora, México.

2000.



Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

Agradecimientos.

Agradezco a Servicios Industriales Peñoles S.A de C. V., por la oportunidad, confianza, soporte y apoyo en la realización del presente trabajo, especialmente al Ing. Víctor de La Garza N, y al Ing. Benito Noguez A, por el apoyo y motivación en la realización del trabajo de tesis.

A mis profesores de la maestría de La Universidad de Sonora. Al Dr. Éfren Pérez Segura por el constante apoyo en la dirección, revisión de mapas, estudios petrográficos, desarrollo y conclusión del presente trabajo. A los doctores Lucas Ochoa L y Martín Valencia por comentarios acertados en conceptos geológico y geoquímico, revisión de mapas geológicos que sirvieron en la mejora y finalización del manuscrito de tesis.

Al Sr. Héctor Mendivil por su ayuda en la captura y presentación de las diferentes figuras que aparecen en el texto.

A la Universidad de México por la asesoría y préstamo su laboratorio, para la preparación de las muestras de roca que sirvieron para estudios de geoquímica.

A mi esposa Marcela L, por la paciencia y apoyo en todo momento, durante mis estudios de maestría.

PETROGRAFÍA Y GEOQUÍMICA DE LOS DEPOSITOS TIPO PÓRFIDO CUPRÍFERO DE LA FORTUNA DE COBRE Y EL AMERICANO, EN EL NOROESTE DE MEXICO.

LISTA DE FIGURAS.....	4
I. RESUMEN	6
II. INTRODUCCIÓN.....	8
III. GEOLOGÍA REGIONAL.....	9
IV. MARCO TECTÓNICO.....	14
V. YACIMIENTOS MINERALES.	16
V.1. LA FORTUNA DE COBRE.....	16
V.1.1 Geología de La Fortuna de Cobre.....	16
a.) Rocas sedimentarias.....	16
a.1) Ortocuarzitas.....	16
b) Rocas ígneas.....	18
b.1) Andesitas.....	18
b.2) Granodiorita.....	18
b.3) Pórfido feldespático.....	19
b.4) Pórfido cuarzomonzonítico.....	19
b.5) Diques andesíticos y dacíticos	20
V.1.2. Geología estructural.....	23
V.1.3. ALTERACIONES.	23
a) Alteración filica.....	25
b) Silicificación.....	25
c) Argílica.....	25
d) Propilitización.....	27

V.1.4. Distribución de la alteración.....	27
V.1.5. Mineralización	30
V.1.6. Forma y distribución de la mineralización.....	31
a) Hipogénica.....	31
b) Supergénica.....	32
V.2. GEOQUÍMICA	
a) Geoquímica de cobre-molibdeno.....	36
b) Elementos mayores.....	40
c) Elementos traza.....	41
d) Movilidad de elementos traza.....	41
e) Inclusiones fluidas.....	45
VI. EL AMERICANO	
VI.1 Geología del prospecto	
a) Rocas sedimentarias.....	49
b) Rocas ígneas.....	49
b.1) Granodiorita.....	49
b.2) Pórfido dacítico.....	51
b.3) Pórfido de Cuarzo.....	52
b.4) Dique andesítico-dacítico.....	52
b.5) Rocas subvolcánicas andesíticas.....	53
VI.2 Geología estructural.....	53

VI.3. ALTERACIONES Y MINERALIZACIÓN

a) Potásica.....55

b) Filica.....57

c) Argílica.....57

d) Mineralización.....57

VI.4. GEOQUÍMICA

a) Geoquímica de cobre-molibdeno.....58

b) Elementos mayores.....64

c) Elementos traza.....65

d) Movilidad de los elementos traza.....65

e) Ambiente tectónico.....66

VII. Discusión.....72

VIII. Conclusiones.....73

Referencias.....76

Anexos

Petrográfico.....I

Resultados de análisis.....II

Lista de Figuras.

Número		Página.
1	Plano de localización.....	10
2	Mapa geológico de la Sierra de Aguirre.....	12
3	Plano geológico de La Fortuna de Cobre.....	17
4	Sección geológica C-C' de La Fortuna de Cobre.....	21
5	Sección geológica H-H' de La Fortuna de Cobre.....	22
6	Plano de alteraciones de La Fortuna de Cobre.....	24
7,8	Secciones de alteración de La Fortuna de Cobre.....	28,29
9	Sección de mineralización H- H' de La Fortuna de Cobre.....	33
10	Sección de mineralización C-C' de La Fortuna de Cobre.....	34
11	Sección de mineralización 1 de La Fortuna de Cobre.....	35
12	Plano de geoquímica de cobre de La Fortuna de Cobre.....	38
13	Plano de geoquímica de molibdeno de La Fortuna de Cobre.....	39
14	Diagrama ternario Al_2O_3 - SiO_2 - K_2O para La Fortuna de Cobre.....	42
15	Diagrama ternario Al_2O_3 - SiO_2 - Na_2O para La Fortuna de Cobre.....	42
16	Diagramas de variación de SiO_2 contra elementos mayores para rocas alteradas de La Fortuna de Cobre.....	43
17	Diagramas de variación de SiO_2 contra elementos mayores para rocas alteradas de La Fortuna de Cobre y El Americano.....	44
18	Diagramas de variación de SiO_2 contra elementos traza para rocas alteradas de La Fortuna de Cobre.....	46
19	Arañigrama de La Fortuna de Cobre.....	47
20	Diagrama de inclusiones fluidas.....	48
21	Plano geológico de El Americano.....	50

22	Interpretación de imagen de satélite de La Fortuna de Cobre y El Americano.....	54
23	Plano de alteraciones de El Americano.	56
24,25	Gráficas de rangos de valores de cobre y molibdeno de El Americano.....	60,61
26	Plano de distribución geoquímica de cobre de El Americano.....	62
27	Plano de distribución geoquímica de molibdeno de El Americano.....	63
28	Diagrama ternario para $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O}$ de El Americano.....	67
29	Diagrama ternario para $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O}$ de El Americano.....	67
30	Diagramas de variación de SiO_2 contra elementos mayores para rocas alteradas de El Americano.....	68
31	Diagramas de variación de SiO_2 contra elementos traza para rocas alteradas de El Americano.....	69
32	Arañigrama de El Americano.....	70
33,34	Diagramas de Nb–Y y Ta–Yb de discriminación de ambiente tectónico.....	71

I. Resumen.

Los prospectos La Fortuna de Cobre y El Americano, son sistemas de mineralización tipo pórfido de cobre situados cerca de la costa de Sonora. La geología de ambos prospectos se encuentra principalmente constituida por rocas volcánicas, cuerpos subvolcánicos feldespáticos e intrusivos granodioríticos. En La Fortuna de Cobre, mediante observaciones en el campo, petrografía y utilización del PIMA II, se distinguen dos tipos de alteraciones hidrotermales: filica y argílica. La primera se caracteriza por la asociación mineralógica sericita + cuarzo + pirita, y se encuentra relacionada a un pórfido cuarzomonzónico. Mientras que la segunda, comprende la asociación caolín + montmorillonita+ illita y esta generalmente relacionada con rocas volcánicas andesíticas y a un cuerpo subvolcánico feldespático.

Debido a que las alteraciones hidrotermales en El Americano no son tan evidentes, se utilizó la presencia de alteración asociada a las vetillas y vetas de cuarzo de los tipos "A" y "B", determinando tres tipos de alteración hidrotermal: argílica, filica y potásica.

En un análisis estadístico de las muestras de esquirlas de roca y vetillas de cuarzo con alteración de La Fortuna de Cobre se determinaron como anómalos los valores geoquímicos mayores de 225 ppm de cobre y mayores de 54 ppm para molibdeno. Esto ha permitido definir halos geoquímicos de cobre-molibdeno, los cuales señalan claramente la presencia del cuerpo mineralizado a profundidad. Respecto al prospecto El Americano se definieron cuatro zonas geoquímicas denominadas "A", "B", "C" y "D", con valores de cobre en un rango variable entre 0.15% hasta 1.5% y de molibdeno entre 0.03 a 0.07%, donde se definen blancos prospectivos de barrenación.

A partir del análisis de elementos mayores en rocas con alteraciones filica, argílica y potásica, se elaboraron diagramas ternarios de $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O}$ y $\text{SiO}_2\text{-Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O}$. Para El Americano estos diagramas indican que no hay diferencias en los elementos mayores entre las

zonas de alteración argílica y potásica. Sin embargo, en rocas con alteración filica si hay un decremento en Na_2O con relación a las argílica y potásica.

Para el caso de La Fortuna de Cobre los diagramas ternarios de $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-K}_2\text{O}$, en rocas con alteración argílica y filica, presentan una ligera variación y un incremento relativo de sílice secundario en las rocas andesíticas. Respecto al diagrama $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2\text{-Na}_2\text{O}$, muestra un claro decremento de valores de Na_2O , que sugiere la destrucción de plagioclasa sódica y además, comprueba el incremento de sílice secundario en rocas andesíticas mencionado anteriormente.

Los datos de elementos traza en rocas con alteración argílica y filica de La Fortuna de Cobre, tratados por diagramas de correlación y de arañigramas, han indicado, en ambos tipos de alteración, una mayor movilidad de los elementos traza incluyendo las tierras raras, en rocas con alteración filica y una menor movilidad de elementos traza en rocas con alteración argílica.

Los diagramas arañigramas y Harker en El Americano, muestran movilidad de tierras raras en las alteraciones filica y argílica, mientras que en la zona de alteración potásica la movilidad es incipiente. Los arañigramas muestran un paralelismo independiente del tipo de alteración.

Basados en la elaboración de secciones de mineralización de La Fortuna de Cobre, se diferenciaron dos tipos de mineralización: una hipogénica con ley promedio de 0.5 % de Cu y 0.026% de Mo y otra supergénica con una ley promedio de 0.75% de Cu.

II. Introducción.

El noroeste de México se distingue por su alta producción de cobre proveniente de depósitos tipo pórfido de cobre, como Cananea y La Caridad. El primero de estos yacimientos tiene reservas del orden de 1700 millones de toneladas, con una ley promedio de 0.7 % de Cu y 0.01 % de Mo (Pérez y Zendejas, 1990). El segundo inició con reservas de 600 millones de toneladas con una ley promedio de 0.6% de Cu y 0.01% de Mo (Seagart et. al. , 1974). En 1998 se estimaron en La Caridad 426 millones de toneladas con 0.52% de Cu y 0.026 % de Mo con una ley de corte de 0.32% de Cu (Pérez y Contla, 1999). En Sonora existe una gran cantidad de manifestaciones de pórfidos de cobre, variando desde depósitos pequeños no explorados o poco explorados, hasta yacimientos gigantes como los dos anteriormente mencionados. Dentro de los poco explorados se incluyen una serie de pequeños depósitos en el centro y sur del Estado y otros más alrededor de las zonas de Cananea y La Caridad. Todos ellos son la prolongación hacia el sur de la provincia de pórfidos de cobre que se extiende desde el suroeste de los Estados Unidos, a través del N-NW de Sonora y Sinaloa. En el oeste - noroeste del Estado de Sonora y aparentemente en forma aislada se conocen áreas anómalas que podrían contener esta clase de depósitos. De estas áreas las más conocidas desde mediados de este siglo es La Fortuna de Cobre y El Americano, las cuales fueron inicialmente exploradas por Anaconda Copper Co, Newmont y Phelps Dodge, y recientemente por Servicios Industriales Peñoles.

Se calcularon inicialmente cerca de 10 millones de toneladas con una ley promedio de 1.15% de Cu para el depósito de La Fortuna de Cobre. En cambio para el prospecto El Americano, sólo se definió un área potencialmente económica en base a cartografía e interpretación de anomalías geoquímicas de cobre y molibdeno y respuesta de estudios de geofísica. Recientemente Servicios Industriales Peñoles se encuentra explorando las áreas de La Fortuna de Cobre y El Americano y gran parte de los resultados obtenidos han sido ordenados, compilados, interpretados y presentados en este trabajo.

Particularmente los depósitos de La Fortuna de Cobre y El Americano se encuentran en la porción suroeste del terreno Caborca (Campa y Coney, 1983). Al oeste y centro del terreno Caborca, las unidades más antiguas corresponden a rocas precámbricas, constituidas por un

El presente estudio tiene como objetivo principal el hacer una caracterización geológica y geoquímica de los depósitos La Fortuna del Cobre y El Americano respaldados con un reconocimiento geológico detallado, estudio de alteraciones superficiales con apoyo petrográfico, análisis de elementos mayores y trazas de las rocas. Además se presenta una extrapolación a profundidad de los resultados y observaciones superficiales basados exclusivamente en los datos de descripción de barrenos efectuados por geólogos de Anaconda Copper Co. Desafortunadamente, no se contó con la presencia física de estos barrenos limitando nuestras observaciones a las interpretaciones en las secciones.

III. Geología Regional.

Los depósitos La Fortuna de Cobre y El Americano se encuentran localizados en la parte noroeste del Estado de Sonora aproximadamente a 187 Km al NW de la ciudad de Hermosillo. Geográficamente se ubica en las coordenadas: UTM. N 3'328,600; E 355,800 y N 3'327,800; E 356,200 (fig.1).

Fisiográficamente los dos depósitos se encuentran localizados en la costa de Sonora y dentro de la provincia de sierras sepultadas, rodeada al este por el Golfo de California, al sur por la Sierra de Seri y al norte por la Sierra del Álamo.

La geología del NW de México es compleja y poco estudiada, y contándose sólo trabajos aislados de investigación han sido llevados a cabo en diferentes áreas, destacando los efectuados por Gastil y Krummenacher, (1977) Gastil et. al, (1979), Gastil (1983), González y Jacques, (1990), y Grijalva, (1991).

Particularmente los depósitos de La Fortuna de Cobre y El Americano se encuentran en la porción suroeste del terreno Caborca (Campa y Coney, 1983). Al oeste y centro del terreno Caborca, las unidades más antiguas corresponden a rocas precámbricas, constituidas por un



Fig. 1:
Localización

cuales han sido fechadas en un rango de edad entre 82 ± 3 Ma y 100 ± 3 Ma por Anderson y Silver (1969). Los mismo autores también fecharon rocas volcánicas riolíticas de 142 ± 2 Ma en la Sierra Serí y 128 ± 2 Ma en Sierra Bacha.

complejo de rocas metamórficas principalmente gneises, esquistos, cuarcitas y rocas metaplutónicas que pueden ser correlacionables con aquellas rocas metamórficas de la sierra de Santa Rosa localizada a 100 km al noreste de Puerto Libertad (Hardy, 1981). En la Sierra de Santa Rosa estas rocas fueron fechadas por Anderson y Silver (1979) por el método U/Pb obteniendo edades entre 1.7-1.8 Ga. En el mismo terreno, pero a 30 km al NE de Puerto Libertad en la localidad de Pozo de Serna, Calmus et al. (1997) describen rocas del Jurásico inferior conformadas por areniscas, conglomerados rojos con fragmentos de cuarcitas y calizas, en discordancia con las rocas del Precámbrico y Cámbrico. Al oeste del terreno Caborca se desconocen afloramientos de rocas más antiguas que el Jurásico. La costa oeste de Sonora en lo que se conoce como La Sierra de Aguirre, localizada a 25 km al NE de Puerto Libertad (fig.2), se observa una secuencia de rocas sedimentarias y volcánicas de edad Cretácico temprano que fueron descritas por González y Jacques (1990). Estas secuencias de rocas sedimentarias y volcánicas alcanzan varias decenas de metros de espesor y están constituidas por cuarcitas, lodolitas, areniscas, conglomerados con fragmentos de cuarcitas, lutitas y lentes calcáreos dolomitizados con intercalaciones de lavas andesíticas de hasta 20 m de espesor. Los mismos autores describen también rocas volcánicas de tipo andesítico y horizontes de cuarcitas cuyo espesor se desconoce.

En la localidad cercana a Pozo de Serna a 16 km al NE de la Sierra de Aguirre se describen rocas volcánicas de composición dacítica de posible edad mesozoica (Dowlen y Gastil, 1981), las cuales se encuentran en contacto por falla con el miembro Jurásico inferior. Esta secuencia de rocas volcánicas se encuentra cortada por rocas de composición granítica - granodiorítica las cuales han sido fechadas en un rango de edad entre 82 ± 3 Ma y 100 ± 3 Ma por Anderson y Silver (1969). Los mismo autores también fecharon rocas volcánicas riolíticas de 142 ± 2 Ma en la Sierra Serí y 128 ± 2 Ma en Sierra Bacha.

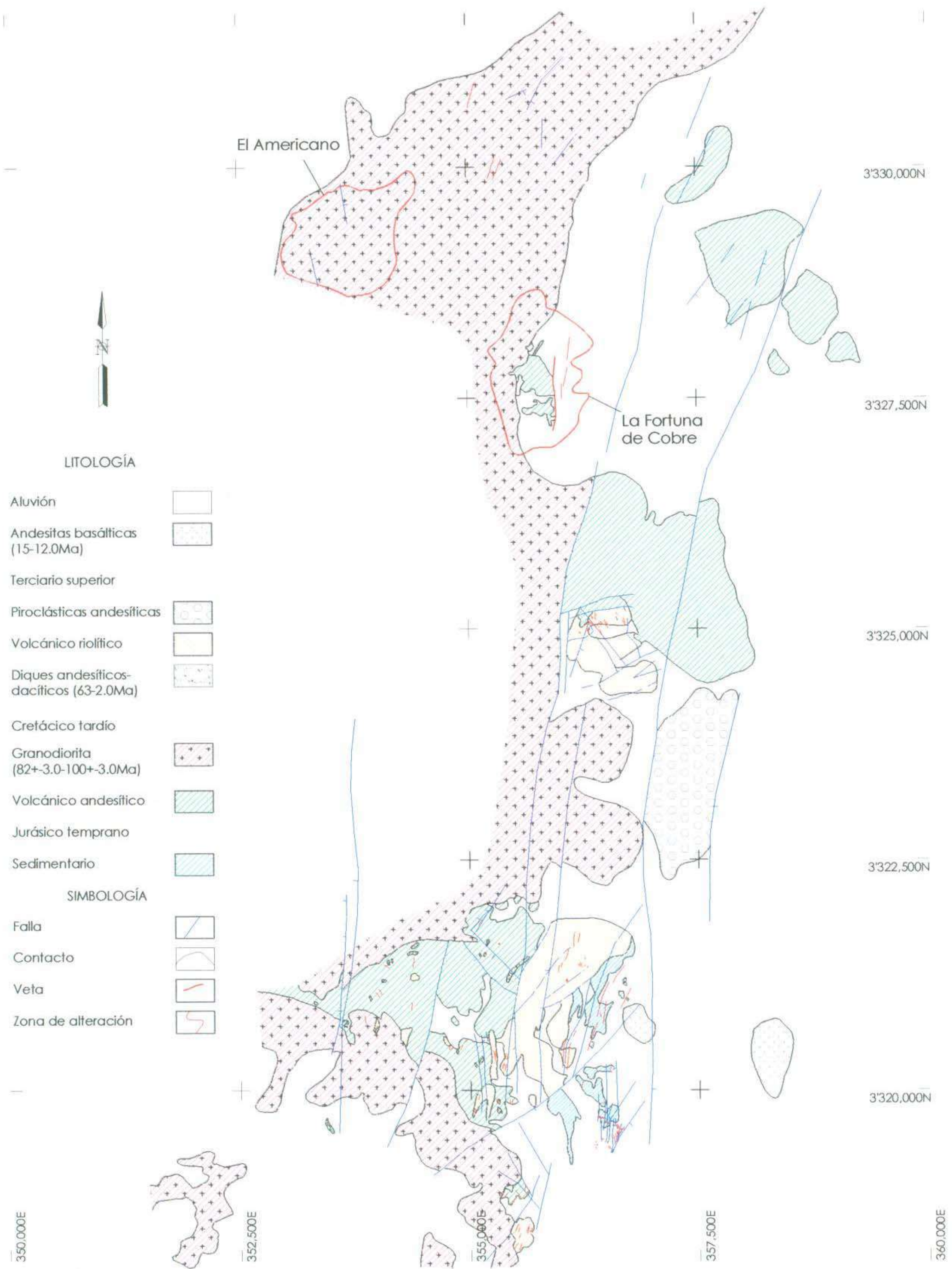


Fig. 2:
Plano geológico de La Sierra de Aguirre

Entre Bahía de Kino y Puerto Lobos afloran rocas graníticas que varían en composición desde gabros a granitos (Anderson y Silver, 1969; Gastil, 1983). Se han identificado rocas de la misma composición en la Sierra de Aguirre siendo cortadas por numerosos diques andesíticos y dacíticos. Estos diques han sido identificados en varias localidades a lo largo de la costa entre Bahía de Kino y Puerto Lobos y se han obtenido edades que van desde 85.1 ± 1.7 Ma (Bahía de Kino) a 63.9 ± 2.0 Ma (norte de Puerto Libertad) (Gastil y Krummenacher, 1977).

En la localidad de Cerro Libertad, localizada a 16 km al noroeste de la Sierra de Aguirre y en la misma sierra, se han observado rocas volcánicas principalmente tobáceas y flujos de composición riolítica. Estas rocas además de tener texturas de flujo, contienen cristales de cuarzo con bordes de tipo esferulítico, los cuales generalmente se encuentran fragmentados. La unidad presenta pseudoestratificación y se encuentra asociadas a estructuras volcánicas de tipo domo, algunas veces muy oxidadas. Estos cuerpos riolíticos son observados cortando a las rocas de la unidad sedimentaria, así como las rocas intrusivas graníticas del Cretácico tardío descritas arriba, por lo que se le asigna una edad post-Cretácico tardío.

Las rocas de edad más reciente fechadas entre 18 y 20 Ma (Gastil y Krummenacher, 1977), han sido observadas en la región entre Bahía de Kino y Puerto Lobos. Estas rocas corresponden a derrames de basaltos (Paz, 1992), encontrándose en forma aislada generalmente asociados a estructuras regionales. De igual forma en la porción este de la Sierra de Aguirre (fig.2), se observa una secuencia de flujos de 70 m de espesor de andesitas de hornblenda que han sido fechadas por el método de K/Ar en 14 ± 3.0 Ma (Gastil et al. , 1979). Estas rocas volcánicas afloran en el área de estudio descansando discordantemente sobre las rocas sedimentarias del Cretácico inferior, presentándose como en afloramientos aislados, distribuidas en una dirección

N - S. Las rocas han sido interpretadas como pertenecientes a la provincia andesítica de 17-22 Ma (Gastil et al. , 1979).

Las rocas más jóvenes se localizan en los Cerros Colorados dentro de La Sierra de Aguirre. Estas rocas consisten en una secuencia de rocas volcánicas de tipo piroclástico pseudoestratificadas, constituidas por tobas que varían de tamaño del grano desde cenizas a aglomerados con algunos horizontes de riolitas. La secuencia tiene un echado preferencial de 10°-20° al oeste. La edad asignada a estas rocas en la localidad del rancho La Golondrina varía en rangos de 10 a 12 Ma y constituyen las rocas más jóvenes en la Sierra de Aguirre.

IV. Marco Tectónico.

En el noroeste de Sonora se han identificado importantes períodos de actividad magmática durante gran parte del Mesozoico (Anderson y Silver, 1969). En la costa de Sonora la actividad magmática está indicada por rocas de edades que van desde 128 ± 2 Ma en la Sierra Bacha y hasta 142 ± 2 Ma en la Sierra Seri. Dicha actividad volcánica presenta variaciones en composición desde basáltica a riolítica predominantemente de tipo calcoalcalino. Esta actividad magmática por lo regular ha sido relacionada al desarrollo del arco magmático Jurásico-Cretácico de California y Baja California (Gastil, 1983; Dickinson, 1981). Contemporáneo con la formación de este arco, se depositaron en la región de la costa oeste de Sonora gruesas secuencias de rocas sedimentarias con presencia de lavas andesíticas interestratificadas. Estas secuencias Jurásico-Cretácico temprano son intrusionadas por cuerpos graníticos que varían en edad desde 100 ± 3 Ma a 82 ± 3 Ma. Estos cuerpos intrusivos son de poca profundidad contienen variaciones que van desde granodiorítico a granítico y manteniendo su firma calcoalcalina. Durante el período entre 85 ± 1.7 Ma y 63.9 ± 2 Ma fueron emplazadas rocas intrusivas que varían en composición desde granodiorítica a granítica (Gastil, 1983). Estas rocas intrusivas fueron cortadas a su vez por diques de composición andesítica y dacítica que

solo intrusionan a rocas pre-cenozoicas. Tanto en los prospectos La Fortuna de Cobre y El Americano, se encontraron rocas similares incluyendo rocas intrusivas graníticas y diques, por lo regular orientados en una dirección N-NE y E-NW.

En la región de la costa de Sonora no se han reconocido rocas del Terciario temprano, indicando un posible hiatus. En el Terciario tardío, en la región de la Costa de Sonora y Baja California, se desarrolló una actividad volcánica de tipo andesítico con variaciones en composición de basalto a riolita, asociadas a un arco continental (Gastil y Krummacher, 1979). Esta actividad volcánica andesítica es de tipo calcoalcalino y está relacionada con el fin de régimen de subducción (Atwater, 1970; Sawlan, 1984; Lonsdale, 1989; Paz, 1992).

En el suroeste de California y Baja California todas las secuencias de rocas descritas son interrumpidas por una serie de zonas de fallas de orientación noroeste. Estas fallas tienen una longitud de más de 200 km y un deslizamiento lateral derecho como de 260 km (Hawking, 1970), las cuales pudieran estar relacionadas con la apertura del golfo de California(?).

----- ~~datos~~ ~~primarios~~. Cabe mencionar que parte de esta información, generada por la Anaconda Minerals Company, ha sido utilizado en gran medida para complementar nuestras observaciones a profundidad, contando tan solo con descripciones a detalle de algunos de los barrenos. Recientemente, Servicios Industriales Peñoles S.A de C.V, ha mostrado interés en el

V. YACIMIENTOS MINERALES

V.1 La Fortuna de Cobre.

La Fortuna de Cobre es un depósito tipo pórfido de cobre localizado a 25 km al NW del poblado de Puerto Libertad y está ubicado en el borde este de la Sierra de Aguirre (fig.2). Desde el año 1950, este depósito, ha recibido considerable atención dadas sus posibilidades de contener mineralización económica. Primeramente la compañía Newmont realizó trabajos de geofísica y barrenación de diamante tendiente a evaluar este depósito. Posteriormente en 1960 La Anaconda Minerals Company, llevó a cabo trabajos de geofísica y de barrenación. Durante esta época se efectuaron 33 barrenos de diamante, cubriendo un tonelaje de 10 millones de toneladas relacionados a un horizonte de calcosita supergénica con una ley de 1.15 % de cobre, sin considerar sulfuros primarios. Cabe mencionar que parte de esta información, generada por la Anaconda Minerals Company, ha sido utilizado en gran medida para complementar nuestras observaciones a profundidad, contando tan solo con descripciones a detalle de algunos de los barrenos. Recientemente, Servicios Industriales Peñoles S.A de C.V, ha mostrado interés en el prospecto realizando trabajos de exploración cartográfica y estudios de geoquímica de roca.

V.1.1 Geología de La Fortuna de Cobre.

a) Rocas sedimentarias

a.1) Ortocuarcita.

En la porción este de La Fortuna de Cobre (fig. 3), afloran cuerpos aislados de cuarcitas con intercalaciones de lodolitas de color gris claro de pocos centímetros, grano medio a fino, mostrando un microfracturamiento paralelo al plano de estratificación, y aislada presencia de óxidos de hierro que le dan tintes rojizos al afloramiento. Al microscopio la roca se encuentra constituida por granos de cuarzo en 85% y el resto por arcillas. Los granos



de cuarzo son anhedrales y presentan extinción ondulante. Las relaciones con respecto a otras unidades no son claras, sin embargo, los afloramientos en otras localidades dentro de la Sierra de Aguirre, muestran a estas rocas son cortadas por intrusivos de edad Cretácico tardío. En las localidades de Pozo de Serna (Calmus et al. , 1997) y El Antimonio (González, 1980), se describe la presencia de un conglomerado rojo con fragmentos de cuarcitas de edad Jurásico inferior, por tal motivo se propone una edad mínima de Jurásico temprano para estas rocas.

b) Rocas ígneas

b.1) Rocas volcánicas andesíticas.

En la porción centro de La Fortuna de Cobre (fig. 3) afloran rocas de color gris claro con tonalidades rojizas, y texturas con variaciones desde afanítica a porfídica, en una matriz fina compuesta de arcillas, englobando ocasionalmente cristales de plagioclasa. Esta unidad se encuentra en contacto por una falla con la granodiorita, y se presentan débilmente estratificadas y con microfracturas rellenas con óxidos de hierro. Al microscopio las rocas presentan textura afanítica, con granos de feldespato transformados a arcillas y raras veces contiene cristales de cuarzo (Apéndice I). Por sus características estas rocas se han clasificado como tobas de cristales de composición andesítica. Estas rocas están intrusionadas por una granodiorita del Cretácico tardío y cuerpos subvolcánicos de tipo cuarzo-feldespático (post- Cretácico tardío) y pequeños cuerpos de pórfidos cuarzomonzoníticos. Estas rocas andesíticas podrían corresponder a la fase volcánica del magmatismo intrusivo del Cretácico Tardío.

b.2) Granodiorita.

En la porción oeste de La Fortuna de Cobre (fig. 3), aflora una roca de textura fanerítica, constituida por feldespato potásico, cuarzo y biotita; de acuerdo a su composición y textura, ha sido clasificada como granodiorita. En general, esta roca presenta una débil

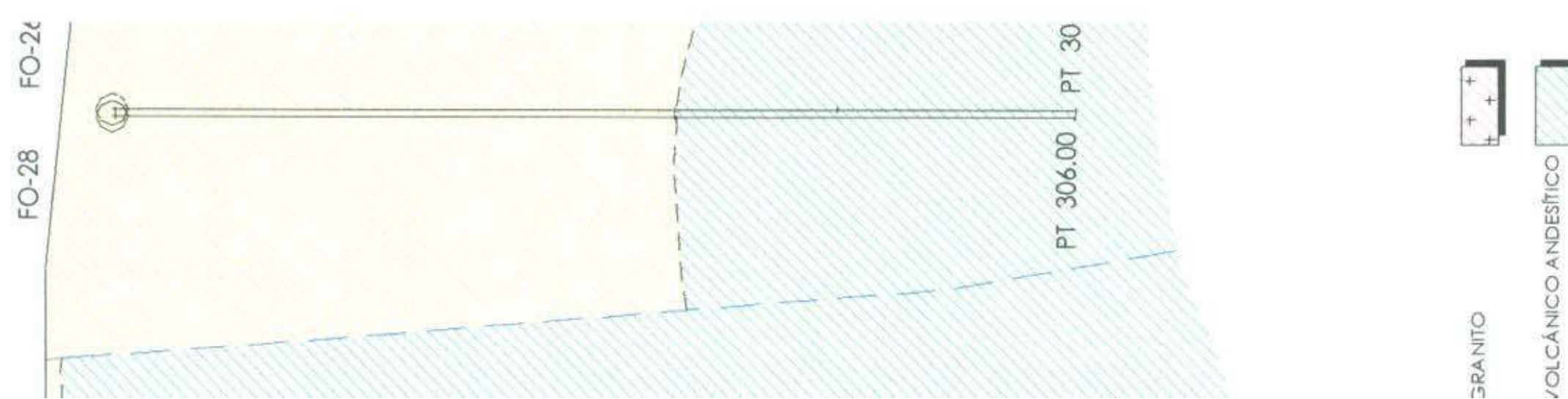
alteración, se observa poco oxidada en sus ferromagnesianos y en algunas partes presenta fuerte fracturamiento. En varias localidades, se ha observado que estas rocas intrusionan a la unidad andesítica previamente descrita, así como a las cuarcitas. Existen rocas muy similares al SE del depósito han sido fechadas por Gastil y Krummenacher (1977) por el método de K/Ar, reportando edades entre 100 ± 3 Ma a 82 ± 3 Ma.

b.3) Pórfido feldespático.

Estas rocas afloran en la porción sur de La Fortuna de Cobre (fig. 3) y consisten en rocas de color claro, con textura pórfidica compuestas principalmente de feldespatos potásico y cuarzo embebidos en matriz afanítica. Una particularidad de esta roca es que presenta cavidades producto de lixiviación de los granos de feldespato potásico, y por lo general se encuentra fuertemente alterada. Al microscopio esta roca presenta una textura porfídica con granos de plagioclasas transformadas a sericita (50%-63%), el cuarzo se presenta como cristales anhedral (5% a 8%). La cantidad de cuarzo microcristalino se estima entre 30% a 35 %, reemplazando a la matriz de la roca. De acuerdo a su composición mineralógica y textural, esta roca ha sido clasificada como pórfido feldespático y constituye un cuerpo subvolcánico. Este pórfido se encuentra emplazado dentro de las rocas volcánicas andesíticas y a su vez está intrusionada por pequeños cuerpos de pórfido cuarzomonzonítico (fig.4).

b.4) Pórfido cuarzomonzonítico.

En el área estudiada afloran rocas intrusivas de color blanco con tonalidades rojizas, generalmente presentan una textura porfídica, con fenocristales de plagioclasas de 2- 6 mm de largo, alterados a arcilla con oquedades producto de lixiviación de feldespatos. Al microscopio, presentan una textura porfídica con fenocristales principalmente plagioclasas, transformadas parcialmente a arcillas en rangos entre 40% al 50% del volumen total. El cuarzo anhedral en



forma de ojos está presente en 2% al 5 %. Ocasionalmente se observan algunos cristales de biotita transformadas a muscovita y trazas de turmalina. La matriz se encuentra reemplazándose por cuarzo microcristalino en porcentajes que varían de 20 % al 35 %. De acuerdo a su composición y textura, estas rocas han sido clasificadas como pórfidos cuarzomonzoníticos. Estos pórfidos están estrechamente asociados a la alteración y mineralización de cobre. En las rocas volcánicas andesíticas del Cretácico Tardío y en las rocas subvolcánicas de tipo pórfido feldespático. El pórfido cuarzomonzonítico es intrusionado por diques andesíticos–dacíticos (fig.4). Tomando en cuenta las relaciones con las otras unidades mencionadas, los pórfidos cuarzomonzoníticos son considerados como de edad de pre-Paleoceno (fig. 4 y 5).

b.5) Diques andesítico – dacítico.

En el área de La Fortuna de Cobre, se observó la presencia de diques de composición andesítico-dacítico (fig.3). Por lo general estos diques tienen un color gris oscuro y textura porfídica, están compuestos de fenocristales de plagioclasa y biotita que muestran una orientación que varía entre NE 5°-40° SW. Al microscopio se observa una textura porfídica con matriz afanítica constituida por 85 % de oligoclasa-andesina, cuarzo 5 %, biotita + clorita 10 % y menor contenido de hornblenda. Por sus características petrográficas estas rocas son clasificadas como pórfidos dacíticos con variación a tonalíticos (Apéndice I).

Los diques andesíticos-dacíticos observados en el área cartografiada se encuentran cortando a rocas volcánicas andesíticas e intrusivos granodioríticos del Cretácico tardío y al pórfido cuarzomonzonítico (fig.4). Rocas muy similares se localizan a 25 km al SE del depósito, fueron fechadas por Gastil y Krummenacher (1977) utilizando el método de K/Ar, obteniendo una edad de 63.2 ± 2.0 Ma.

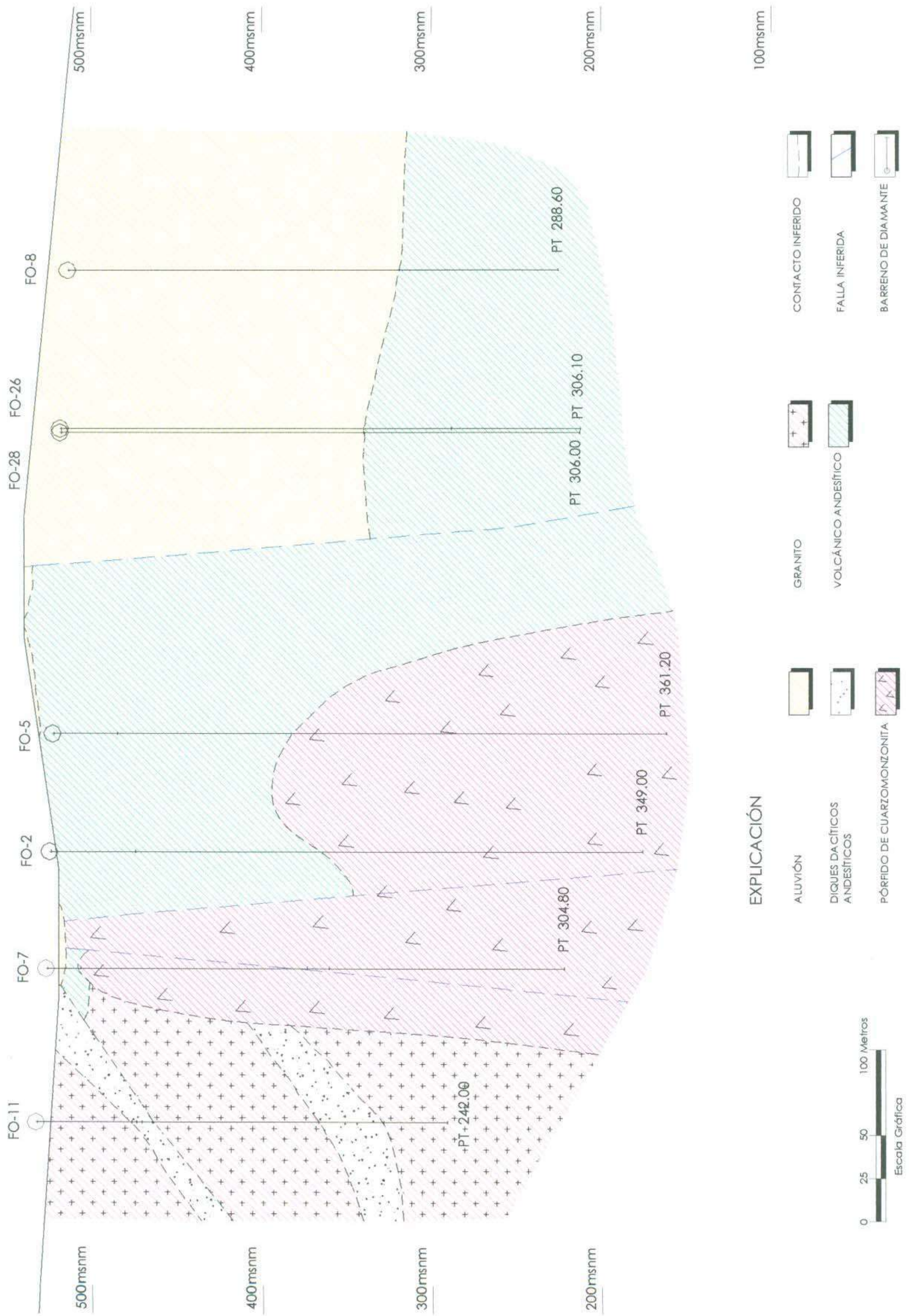


Fig. 4: Sección geológica C-C', prospecto La Fortuna de Cobre con rumbo E-W viendo al norte

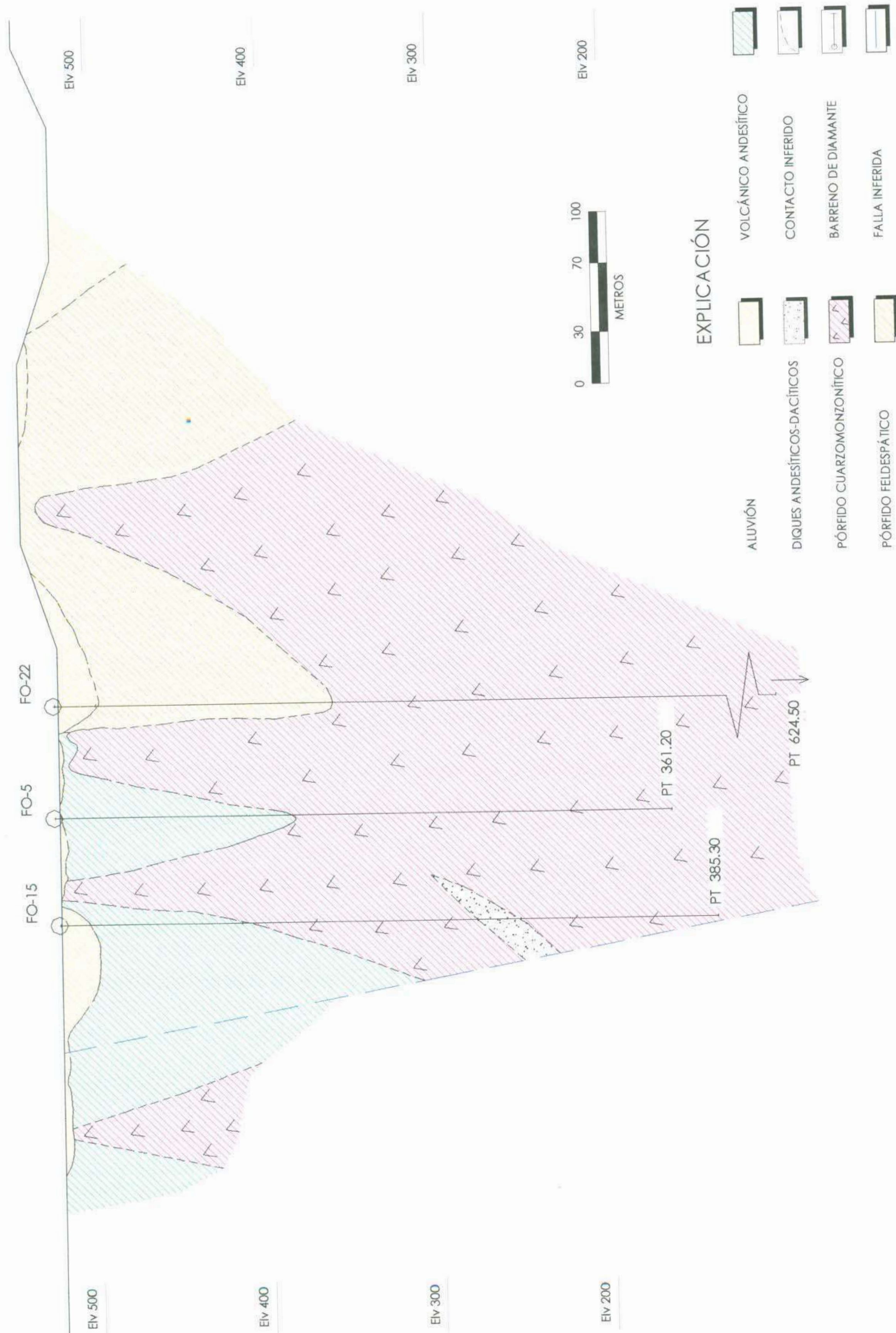


Fig. 5:
Sección geológica H-H' del prospecto La Fortuna de Cobre con rumbo N-S viendo al este

aproximadamente 1.5 km, constituida por los diferentes tipos de alteración como son: filica, argílica y propilitica. Esta zona se extiende en una dirección N-S y es interrumpida en su lado este por la falla Fortuna (fig.6). A continuación se hace una descripción de cada uno de los tipos de alteración en esta área:

V.1.2. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL.

Tomando en cuenta los datos medidos de falla normales en el área de La Fortuna de Cobre, se puede explicar muy preliminarmente, el comportamiento de éstas fallas.

Dos tipos de eventos dominados por fallas normales fueron reconocidos en el área de La Fortuna de Cobre. Un primer evento de fallamiento normal con componente del tipo sinistral con orientaciones NE 18-30°, e inclinaciones de 60-80° SE; y un segundo evento de fallamiento normal posterior se presenta con orientación NW 5°-10° SE, con echados de 82° NE con componente de tipo dextral. El primer evento de fallamiento normal muestra un sistema de fracturas conjugadas que se distribuyen en toda el área, estas fracturas están rellenas con óxidos de hierro y cuarzo. En el segundo evento de fallamiento normal, se tienen movimientos más importantes en función del desplazamiento, por lo general son posteriores a la mineralización; un ejemplo de éste es la falla Fortuna.

V.1.3 ALTERACIONES.

En La Fortuna de Cobre como resultado de la cartografía de alteración, se presentan las alteraciones argílica y filica, en ellas se asocian a las rocas volcánicas andesíticas, los pórfidos cuarzomonzónico y feldespático, y menormente a la granodiorita, mientras que la alteración propilítica está asociada exclusivamente a los diques andesíticos.

En base a cartografía a detalle del área respaldada con una imagen de satélite, se determinó que la superficie existe un halo de alteración hidrotermal de forma elíptica de aproximadamente 1.5 km², constituida por los diferentes tipos de alteración como son: filica, argílica y propilítica. Esta zona se extiende en una dirección N-S y es interrumpida en su lado este por la falla Fortuna (fig.6). A continuación se hace una descripción de cada uno de los tipos de alteración en esta área:

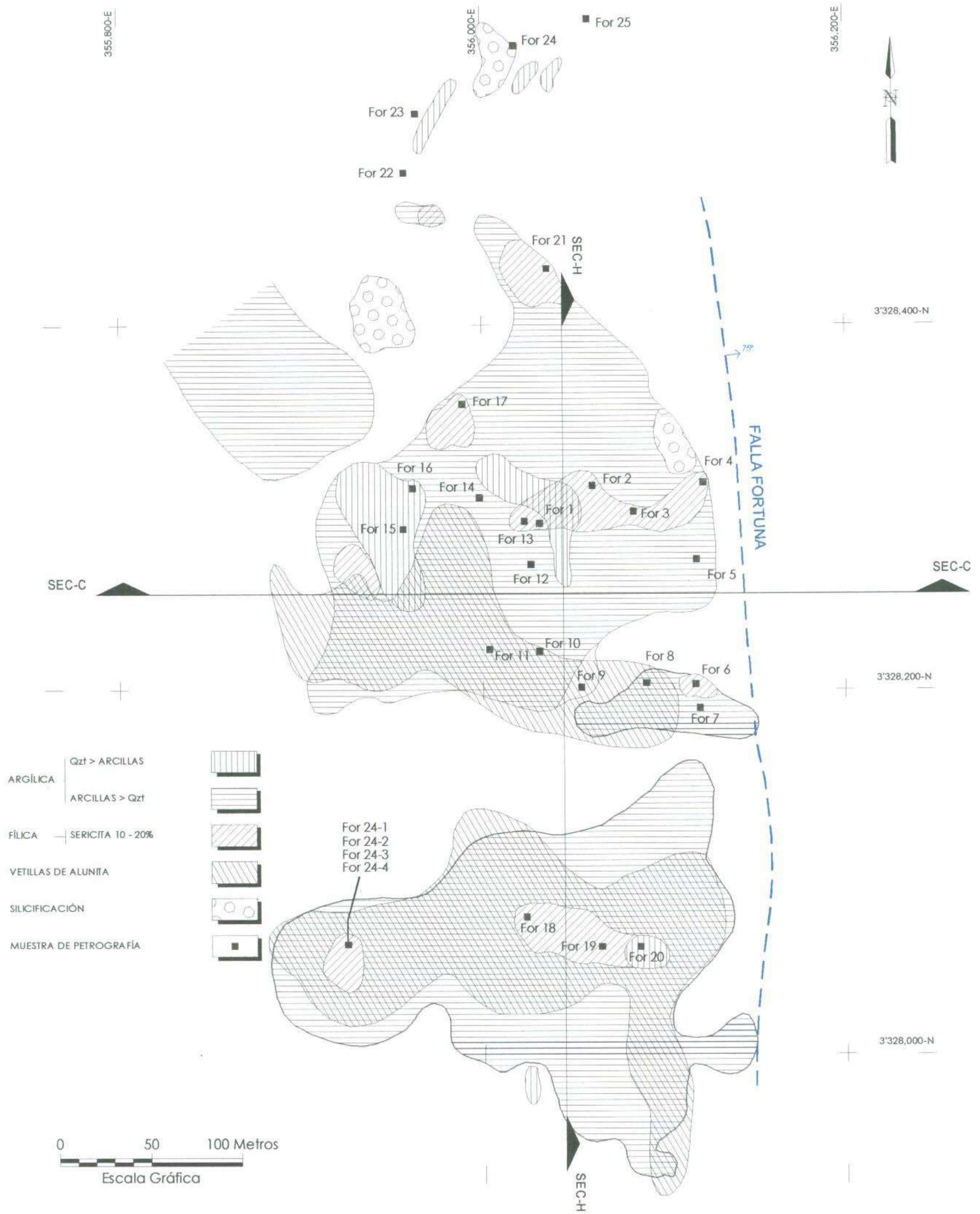


Fig. 6:
Plano de alteraciones del prospecto La Fortuna de Cobre

a) Alteración filica.

Su distribución es restringida y está asociada a cuerpos pequeños de pórfidos de cuarzomonzonítica (fig.6). El pórfido cuarzomonzonítico, la alteración se caracteriza por conservar parcialmente su textura original y presentar pequeños huecos producto de lixiviación de granos de feldespatos, en una matriz parcialmente reemplazada por sílice. Los fenocristales de plagioclasas están transformados a una asociación de minerales de caolín y sericita de grano fino, también es común observar vetillas de cuarzo de escasos centímetros de ancho con óxidos de hematita cortando a esta roca. Al microscopio se observa que los minerales arcillosos ocupan unos porcentajes entre 10 % y 20%. Ocasionalmente se observa biotita transformada a sericita y la matriz está formada principalmente por cuarzo microcristalino, en proporciones de 30 % a 50 %. Granos euhedrales o cubos de pirita muy fina se observan en forma diseminada con contenidos que oscilan entre 1% hasta 3% del volumen total (Apéndice I). La asociación mineralógica para esta zona de alteración hidrotermal filica consiste de cuarzo±sericita±caolín±pirita.

b) Silicificación.

Generalmente la silicificación ocurre cerca de afloramientos del pórfido feldespático en forma de parches aislados como sílice de grano fino y se encuentra asociada con la zona de alteración argílica. Al microscopio se observa también como parches asociados con sericita. Este tipo de alteración también sucede en rocas volcánicas normalmente reemplazando a la matriz.

c) Alteración Argílica

Este tipo de alteración se observa mas ampliamente distribuida en el área y se caracteriza por una asociación de caolín – montmorillonita- illita ampliamente desarrollada en las unidades volcánicas, en el pórfido feldespático y en menor grado en las cuarzomonzoníticas (fig.6).

montmorillonita- illita para esta zona de alteración tipo argílica. Asociado con la zona de alteración argílica se identificó la presencia de vetillas posiblemente de alunita en las rocas anteriormente descritas.

d) Alteración propilítica.

La alteración propilítica ocurre normalmente asociada con los diques andesítico-dacítico. Esta alteración es débil, por lo que las texturas originales de las rocas se conservan. Los diques presentan la asociación de minerales característicos que definen la alteración propilítica como biotita transformada a clorita-epidota. Se observa también la presencia con boxwork de pirita.

En vista que la alteración propilítica se limita a la zona de los diques, se considera que se trata de una alteración hidrotermal relacionada con la propia intrusión de los diques y no relacionada al sistema de alteración del sistema porfídico.

V.1.4. Distribución de las alteraciones.

Tomando en cuenta las descripciones de alteraciones de los barrenos de diamante efectuados por Anaconda Minerals Co y la distribución de las diferentes zonas de alteración hidrotermal determinadas en superficie para el depósito La Fortuna de Cobre, se elaboraron dos secciones de alteración (figs. 7 y 8). En la figura 7, la distribución del patrón de zoneamiento de las alteraciones hidrotermales a profundidad, parte de un aparente núcleo de silicificación que puede relacionarse con la forma del pórfido cuarzomonzonítico. Lateralmente este halo se hace más débil hacia la porción oeste de la sección y por último se observa una zona de alteración argílica quizás acentuada por fenómenos supergénicos y relacionada más con la zona de lixiviación en la parte superior del yacimiento.

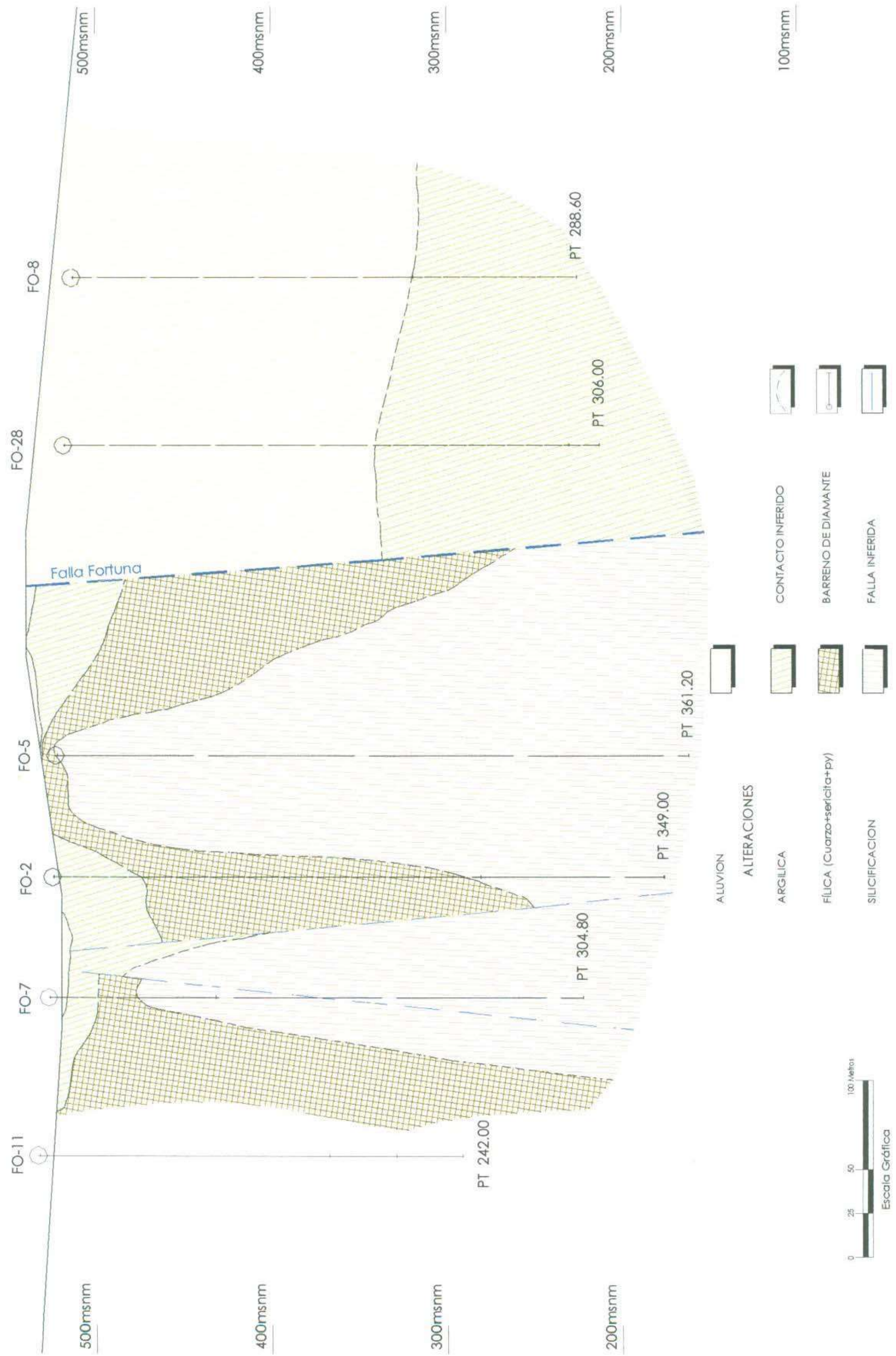


Fig. 7:

Sección C-C' de alteraciones, prospecto La Fortuna de Cobre, rumbo E-W viendo al norte



Fig. 8: Sección H-H' con alteraciones, prospecto La Fortuna de Cobre, rumbo N-S viendo al este



Tanto la alteración sericítica como la argílica son cortadas por la falla Fortuna hacia la porción este del depósito.

En la figura 8, se interpretó un zoneamiento partiendo del núcleo de silicificación antes referido, seguido por un halo de alteración de cuarzo-sericita. Lateralmente este halo es continuo en dirección norte y sur a partir del núcleo, por último se observó una zona de alteración argílica supergénica hacia la parte superior. Se considera que el control principal de la alteración de cuarzo-sericita son los pórfidos y las zonas de contacto con la roca encajonante. Mientras que la predominancia en arcillas pudo ser originada por la acción de las aguas meteóricas.

V.1.5 Mineralización.

La mineralización de cobre del depósito La Fortuna de Cobre tiene una expresión superficial que se manifiesta por su fuerte coloración rojiza en los afloramientos de las rocas volcánicas andesíticas y en menor grado en el pórfido feldespático. La coloración se debe a la presencia de limonitas producto de la oxidación de pirita y calcopirita, las cuales son localmente abundantes y se presentan en forma diseminada. La presencia de “limonitas vivas” es decir, boxwork de minerales de calcopirita y posiblemente calcocita pre-existente en los afloramientos.

La zona de oxidación en el depósito se encuentra formada principalmente por hematita, en rangos de 5 % hasta 20 % (apéndice I), y ocurre principalmente asociada con rocas volcánicas, presentándose en forma diseminada, en vetillas y en fracturas. Las fracturas con hematita presentan rumbos en dos direcciones con orientaciones NW10° – 50° SE y NE 10°-20° SW. La distribución de la zona de oxidación es intensa en las unidades volcánicas y disminuye hacia la porción sur principalmente en los afloramientos del pórfido feldespático y

hacia el oeste, donde se encuentran las rocas intrusivas granodioríticas. Generalmente la expresión en superficie del cuerpo mineralizado de La Fortuna de Cobre presenta una correlación entre la zona de oxidación más intensa y la alteración argílica, lo cual fortalece la idea de un incremento de arcillas por aguas meteóricas.

Por otro lado, la presencia de vetillas de cuarzo con boxworks de calcopirita se reconoce aisladamente, en algunos afloramientos de rocas volcánicas y pórfidos cuarzomonzónicos y feldespáticos. También se observan óxidos de cobre exótico asociados con los diques andesítico-dacítico que presentan alteración propilítica. Los óxidos de cobre corresponden a crisocola ($\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) y neotocitas ($(\text{Cu, Fe, Mg}) \text{SiO}_2$), presentándose de dos formas: a) asociadas a una estructura tipo veta de rumbo norte-sur de 1.0 m de ancho (parte este del área); y b) impregnando a los diques andesítico-dacítico en la parte norte del área cartografiada. La distribución fuera de los diques ocurre hacia la porción oeste del prospecto en forma de pequeñas vetillas de unos cuantos centímetros de espesor, conteniendo crisocola y malaquita, las cuales muestran una orientación norte-sur.

V.1.6 Forma y Distribución de la Mineralización.

La forma, tamaño y distribución vertical de los cuerpos mineralizados han sido definidos considerando la información de barrenación a diamante de Anaconda Minerals Co. y a partir de datos generados en cartografía en superficie, distinguiéndose dos tipos de mineralización de cobre: hipógeno y supergénico.

a). Cobre hipógeno.

La mineralización primaria de cobre consiste en calcopirita finamente diseminada y en vetillas irregulares con trazas de molibdenita. El cuerpo mineralizado se encuentra a una profundidad de 410 m, tiene un espesor de 120 m con una ley promedio de 0.5 % de Cu y

valores de Mo que varía de 0.003% hasta 0.026%(Anaconda Minerals Co.). Estos valores fueron interceptados por los barrenos For-22 y For-31 (fig.9). El cuerpo de mineral hipogénico se encuentra controlado por la forma del pórfido cuarzomonzónico (fig.10) y está asociado a una zona de intensa silicificación (fig.9 y 10). Este cuerpo mineral hipogénico se encuentra abruptamente cortado por falla a profundidad tanto al este como oeste y en su sección norte quedando abierto hacia el sur(fig.10). El comportamiento de los valores de cobre hacia la superficie muestra una disminución gradual, mientras que hacia la base del cuerpo sus leyes son bajas.

b) Cobre supergénico.

Considerando la información de barrenación de diamante de Anaconda Minerals Co. , y datos en superficie, se elaboraron una serie de secciones sistemáticas determinándose la presencia de dos ciclos de enriquecimiento y lixiviación, consistentes en dos cuerpos tipo manto con mineralización de cobre secundario compuestos por calcosita diseminada. El primero es un cuerpo pequeño denominado Manto 1, el cual se encuentra a una profundidad de 200 m con espesor de 10 m y una longitud de 140 m en una dirección NE 40° SW, con una ley promedio de 0.5% de Cu (fig. 9). El segundo constituye por el cuerpo principal de mineralización de calcosita denominado Manto 2, este cuerpo se localiza a una profundidad de 210 m y tiene 540 m de longitud en una dirección NE 40° SW (fig.11) y 320 m en dirección Norte-Sur, con espesores que varían desde 40 m hasta 140m (fig.9), la ley promedio para este cuerpo es de 0.75 % de Cu, y se encuentra cortado en su lado este por la falla Fortuna, pero también está limitado en su sección oeste por una estructura la cual tiene la misma dirección de la falla Fortuna (fig.10).

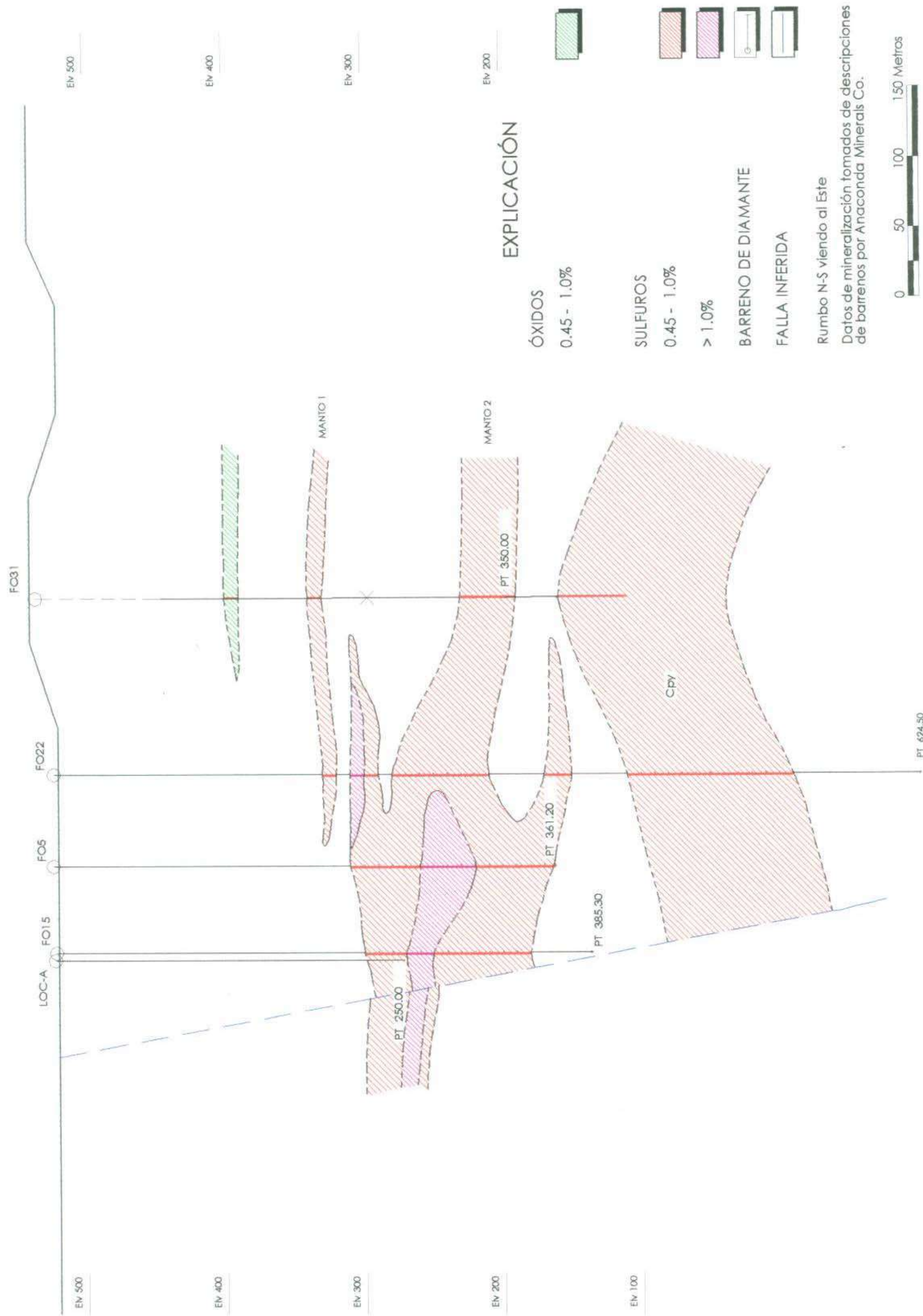


Fig. 9:
 Sección H-H' de mineralización de La Fortuna de Cobre

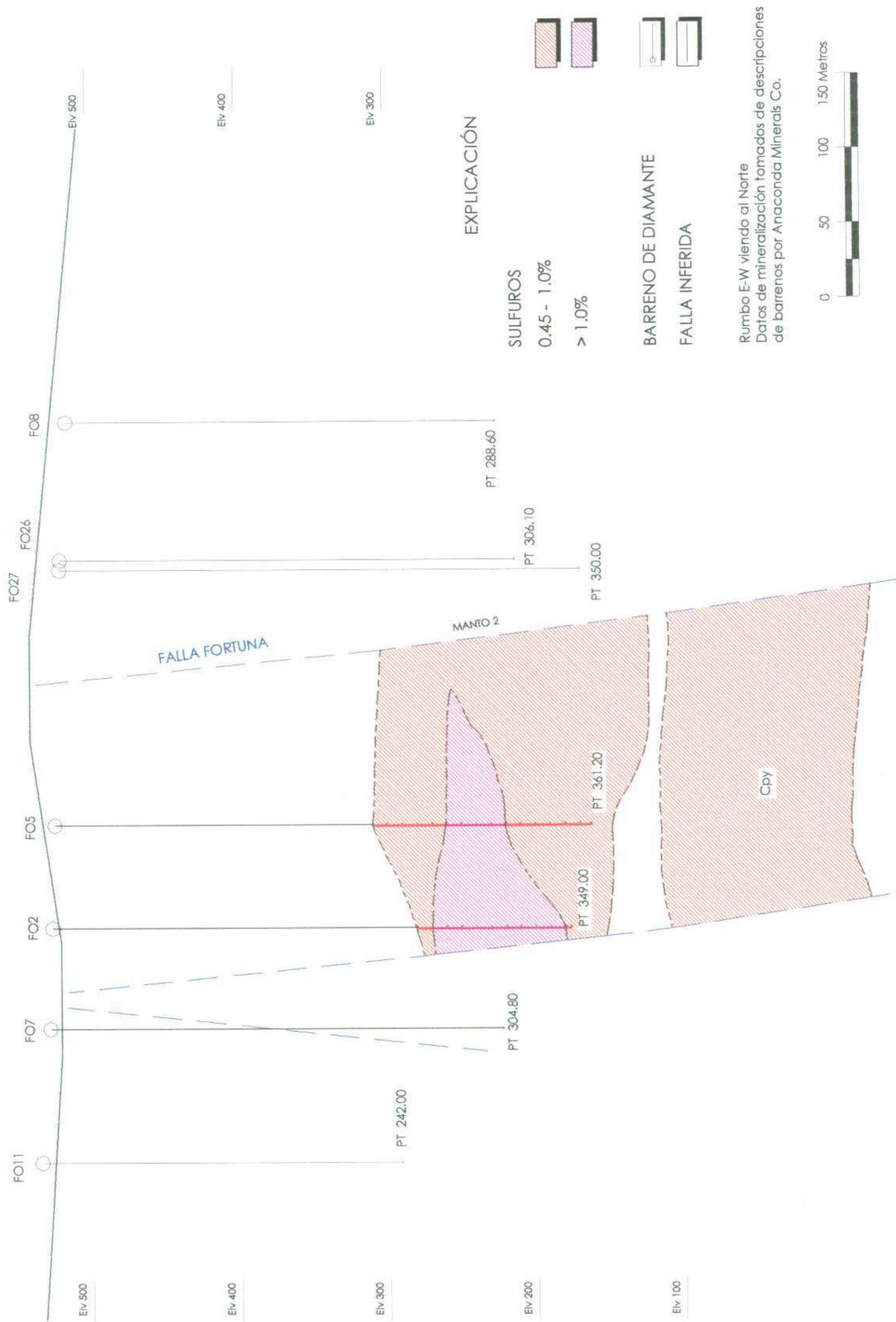


Fig. 10:
 Sección C-C' de mineralización de La Fortuna de Cobre

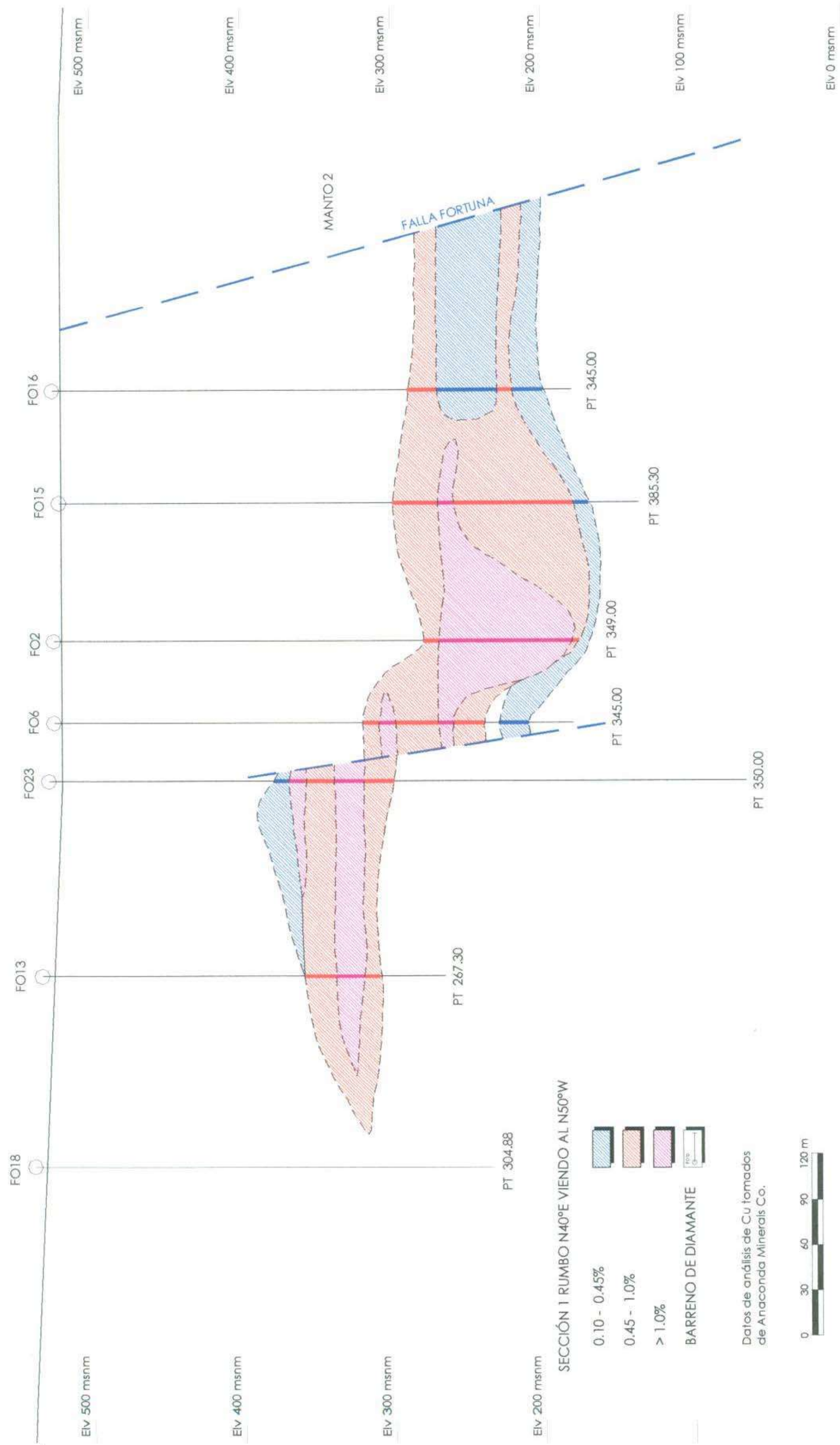


Fig. 11:
Sección 1 de mineralización de La Fortuna de Cobre

V.2 GEOQUÍMICA.

Se colectaron 27 muestras de esquirlas de roca, las cuales fueron molidas y pulverizadas en el laboratorio de preparación de muestras de la Estación Regional Noroeste del Instituto de Geología de la UNAM. Posteriormente todas ellas fueron analizadas por Cu-Mo, y elementos mayores utilizando los métodos de análisis por absorción atómica y de fluorescencia de rayos X (XRF) respectivamente. Estas mismas muestras fueron analizadas por elementos traza, utilizando el método de ICP-MS incluyendo Ba, Ce, Cs, Co, Cu, Dy, Er, Eu, Gd, Ga, Hf, Ho, La, Pb, Lu, Nd, Ni, Nb, Pr, Rb, Sm, Ag, Sr, Ta, Tb, Tl, Th, Tm, Sn, W, U, V, Yb, Zn y Zr. También, para efectos de comparación, se colectaron 2 muestras de rocas andesíticas sin alteración, intercaladas en sedimentos arcillosos y arenosos, en afloramientos localizados en la parte noroeste de la Sierra de Aguirre. Estas muestras fueron preparadas y analizadas de igual forma que las muestras de La Fortuna de Cobre. Dichas rocas frescas tienen las mismas características químicas, edad y ambiente tectónico de las rocas que afloran en La Fortuna de Cobre y sirvieron de comparación con respecto a las rocas alteradas (anexos de geoquímica II). También se tomaron los datos de análisis químicos de una muestra del pórfido feldespático 8-110 de Canánea reportados por Wodzicki (1995), la cual se incluye en la figura. 15.

a) Geoquímica de Cobre – Molibdeno.

Para el estudio de las muestras se realizó un tratamiento estadístico utilizando un programa denominado Statgraphics, con el cual construyeron gráficas de curvas acumulativas para cobre, determinándose valores del orden de 19 a 2100 ppm en las zonas de alteración argílica y fílica. Basado en comportamientos de las muestras sobre las curvas de frecuencia acumulativa, se definió como anomalía de cobre a aquellos valores geoquímicos mayores a 225 ppm. Dichos valores, permitieron definir la presencia de un halo geoquímico de 70m de longitud en dirección norte-sur y 70 m en dirección E-W; (localizado entre los barrenos 2 y 7 (fig.12). Estos valores geoquímicos de cobre anómalos corresponden a hematita derivada de

cobre y de vetillas de cuarzo tipo “B”, según la descripción de Gustafson y Hunt (1975) en el depósito “El Salvador en Chile. El mismo autor define como vetilla tipo “B” aquellas que se desarrollan en la alteración y mineralización transicional de alta sulfurización y fuerte ambiente de hidrólisis. Ellas consisten en cuarzo + molibdenita + feldespatos potásicos y bordes de alteración a sericita. Mientras que las vetillas de tipo “A” corresponden a la alteración y mineralización temprana, las cuales se caracterizan por presentar cuarzo + feldespatos potásicos + anhidrita + calcopirita + bornita y trazas de biotita.

También se localizó una zona con valores de cobre entre 197 a 773 ppm al norte-centro del área con valores de cobre, asociados a zonas de intenso fracturamiento con presencia de hematita. Estos resultados indican la posibilidad de explorar hacia la porción norte del barreno 4 (fig.12).

La distribución de valores mayores de 375 ppm, localizados hacia las porciones norteoeste del área cartografiada corresponde a cobre transportado. En esta zona anómala se presentan silicatos de cobre (crisocola) principalmente en forma de vetillas además de minerales como neotocitas (óxido de cobre) generalmente asociados con los diques andesíticos-dacíticos (fig.12). El Mo se presenta en las zonas de alteración argílica y filica con valores que oscilan entre 5 hasta 325 ppm, su distribución es en forma dispersa con pequeños halos geoquímicos anómalos. Un análisis estadístico, utilizando diagramas de curva acumulativa, determinó como anomalía geoquímica de molibdeno a valores mayores de 54 ppm, señalando claramente como se muestra en el plano de geoquímica (fig.13), un halo de 80 m en dirección norte-sur por 100m en rumbo este – oeste.

Hacia la porción norte del área en el barreno 4, se observa la presencia de dos zonas con valores geoquímicos anómalos. La primera localizada más al norte del barreno 4, varía de 18 a 202 ppm de Mo y la segunda con valores entre 22 a 109 ppm de Mo. Estas zonas definen la posibilidad de continuidad del cuerpo mineralizado hacia esta porción no explorada.

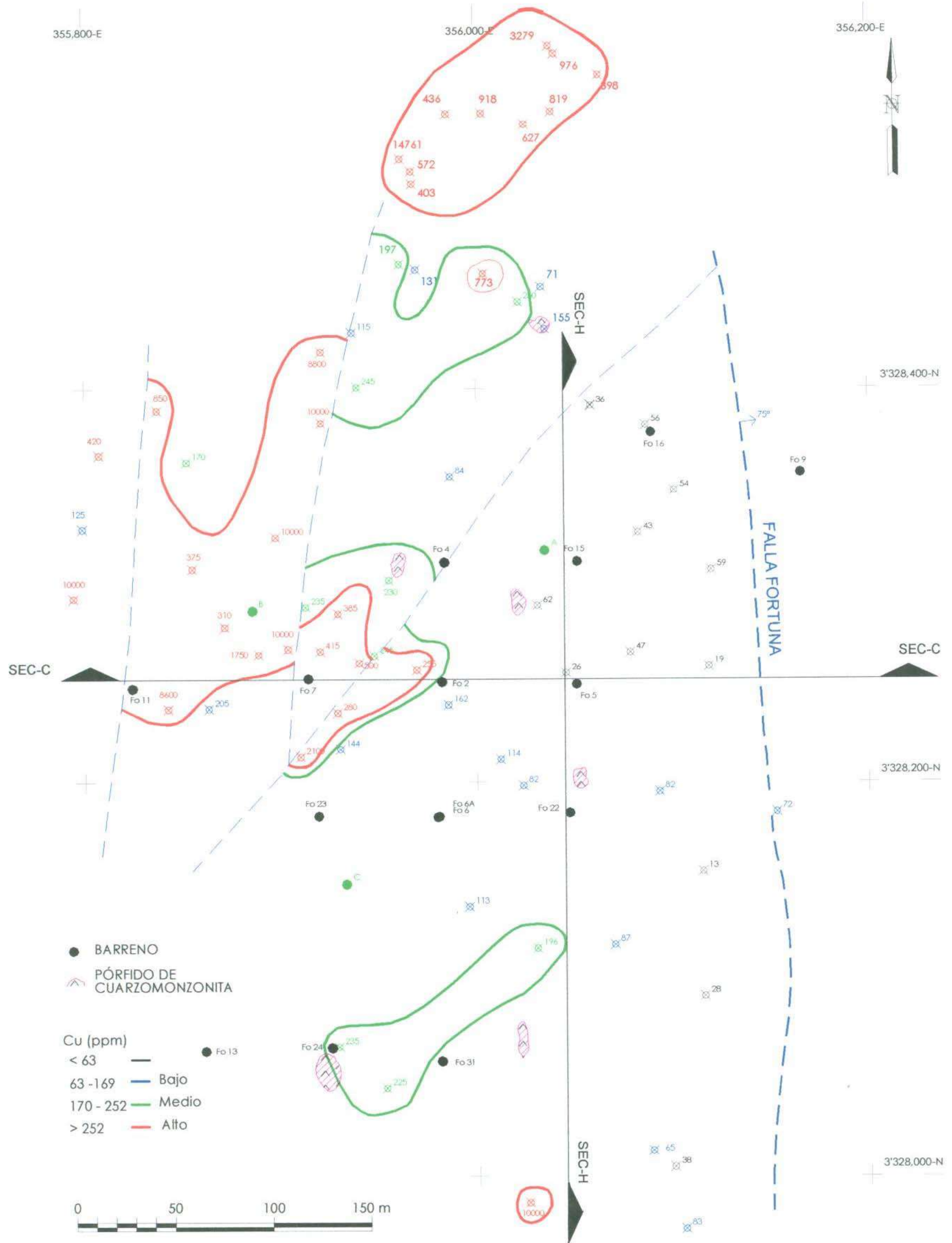


Fig. 12:
Geoquímica de cobre de La Fortuna de Cobre

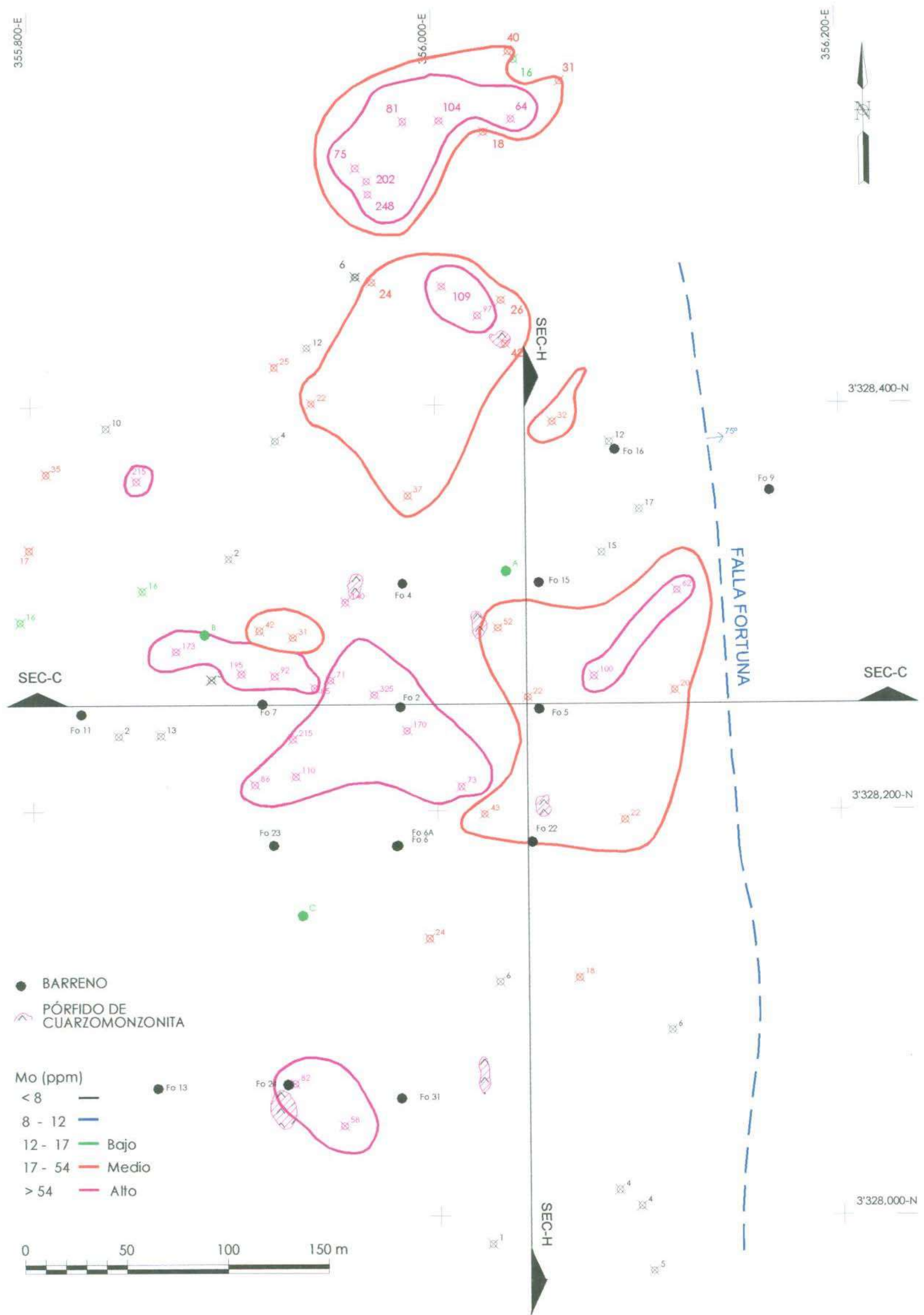


Fig. 13:
 Geoquímica de molibdeno de La Fortuna de Cobre

En base al manejo de los datos estadísticos anteriormente descritos, se determinó que tanto los halos de anomalía de cobre como de molibdeno muestran una correlación definida entre los barrenos 2, 4 y 7 como se muestran en las figuras 12 y 13. Estos halos manifiestan la presencia del cuerpo mineralizado de La Fortuna de Cobre a profundidad.

b) Elementos mayores.

Los estudios de análisis de elementos mayores fueron tratados en base a diagramas de Nesbitt y Young (1984 y 1989) y Harker. En el primer caso son comúnmente usados para establecer los cambios de composición química en las rocas durante los procesos de alteración hidrotermal, en ellos se trataron los elementos mayores por separado como $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O-SiO}_2$; $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O-SiO}_2$. Dichos diagramas no pretenden determinar características petrológicas o de ambiente tectónico de las rocas, sino más bien observar el comportamiento de los elementos mayores con respecto a la alteración hidrotermal. En diagrama ternario $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-K}_2\text{O-SiO}_2$ (fig. 14), nos muestra un comportamiento de las rocas con alteraciones fílica y argílica de La Fortuna de Cobre con respecto a las rocas frescas, observando un ligero movimiento decreciente en elementos mayores en las rocas en función del lado $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-SiO}_2$ del triángulo en donde el K_2O se muestra constante. Existen diferencias entre andesitas con alteración fílica, debido a que su ubicación depende de la abundancia relativa de cuarzo secundario.

Por otra parte el diagrama de $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-Na}_2\text{O-SiO}_2$ (fig.15), muestra un claro decremento de Na_2O en las rocas con alteraciones fílica y argílica de La Fortuna de Cobre con respecto a rocas frescas, se debe a la destrucción de las plagioclasas sódicas, lo cuál causó además un enriquecimiento en sílice. En el mismo diagrama se observa que no existe cambio perceptible según la alteración argílica o fílica en el pórfido, lo cual indica que no hay aporte de Na_2O durante la alteración argílica sobrepuesta a la alteración fílica. El comportamiento de rocas andesíticas, es variable de acuerdo al contenido de sílice secundario.

En los diagramas de variación de sílice tipo Harker para K_2O , TiO_2 , P_2O_5 y CaO , no se observaron cambios con respecto al tipo de alteración. Posiblemente se observa una disminución de MgO en las rocas con alteración argílica respecto a las rocas con alteración filíca. (fig.16)

Se observó también que las concentraciones de CaO y MgO , en rocas alteradas de la Fortuna de Cobre disminuyen con respecto a las rocas alteradas de El Americano. Se interpreta que esta diferencia se debe a que las rocas de la Fortuna de Cobre, presentan una alteración más intensa que las rocas de El Americano. (fig.17)

c) Elementos traza.

El estudio de elementos traza en las rocas de La Fortuna de Cobre, incluye una selección de las muestras en dos poblaciones: a) una a partir de muestras con alteración argílica y b) otra a partir de muestras con alteración filíca. Ambas poblaciones fueron tratadas por medio de diagramas de variación de sílice contra Ba, La, Y, Sr, Cs, y Rb. En general los elementos traza estudiados no muestran ningún tipo de variación preferencial. Sin Embargo, el Sr y el La parecen estar menos concentrados en rocas con alteración argílica, respecto a las rocas con alteración filíca (fig. 18).

d) Movilidad entre elementos trazas.

Para la elaboración de arañigramas, fue necesario utilizar los promedios de las rocas frescas mencionadas líneas arriba conjuntamente de rocas con alteración filíca y argílica, dichos promedios fueron normalizados a un valor condrítico. La finalidad del diagrama es comparar la movilidad de los elementos trazas, dado que las rocas de La Fortuna de Cobre han sido afectadas por la alteración hidrotermal. Los resultados mostrados en el diagrama (fig.19), indican que las rocas de La Fortuna de Cobre muestran un comportamiento similar de los elementos independientemente del tipo de alteración.

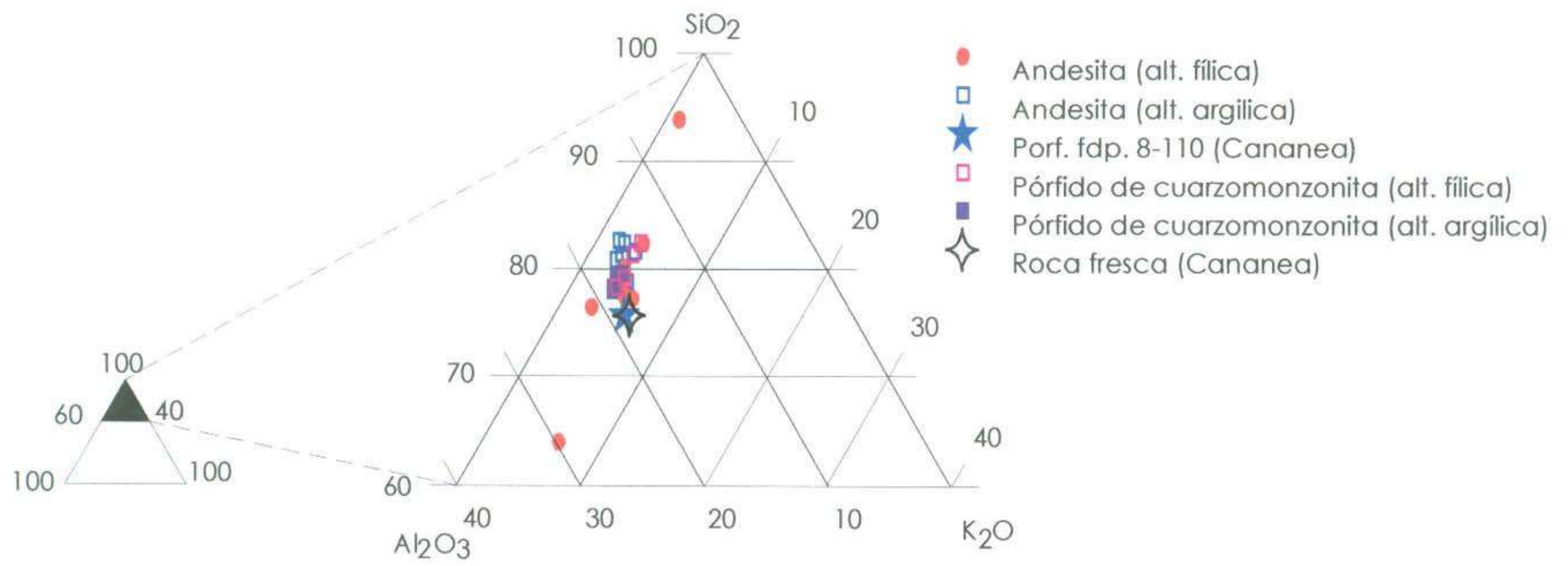


Fig. 14: Diagrama ternario Al₂O₃ – SiO₂ – K₂O

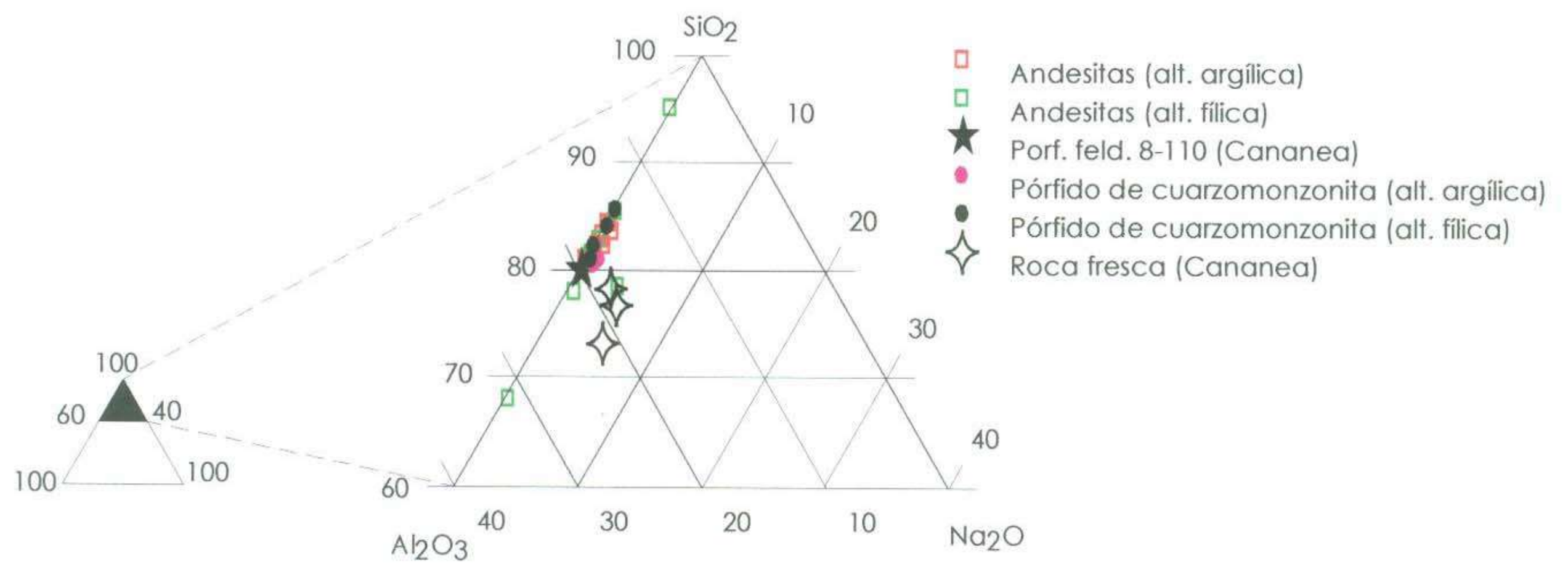


Fig. 15: Diagrama ternario de Al₂O₃ – SiO₂ - NaO

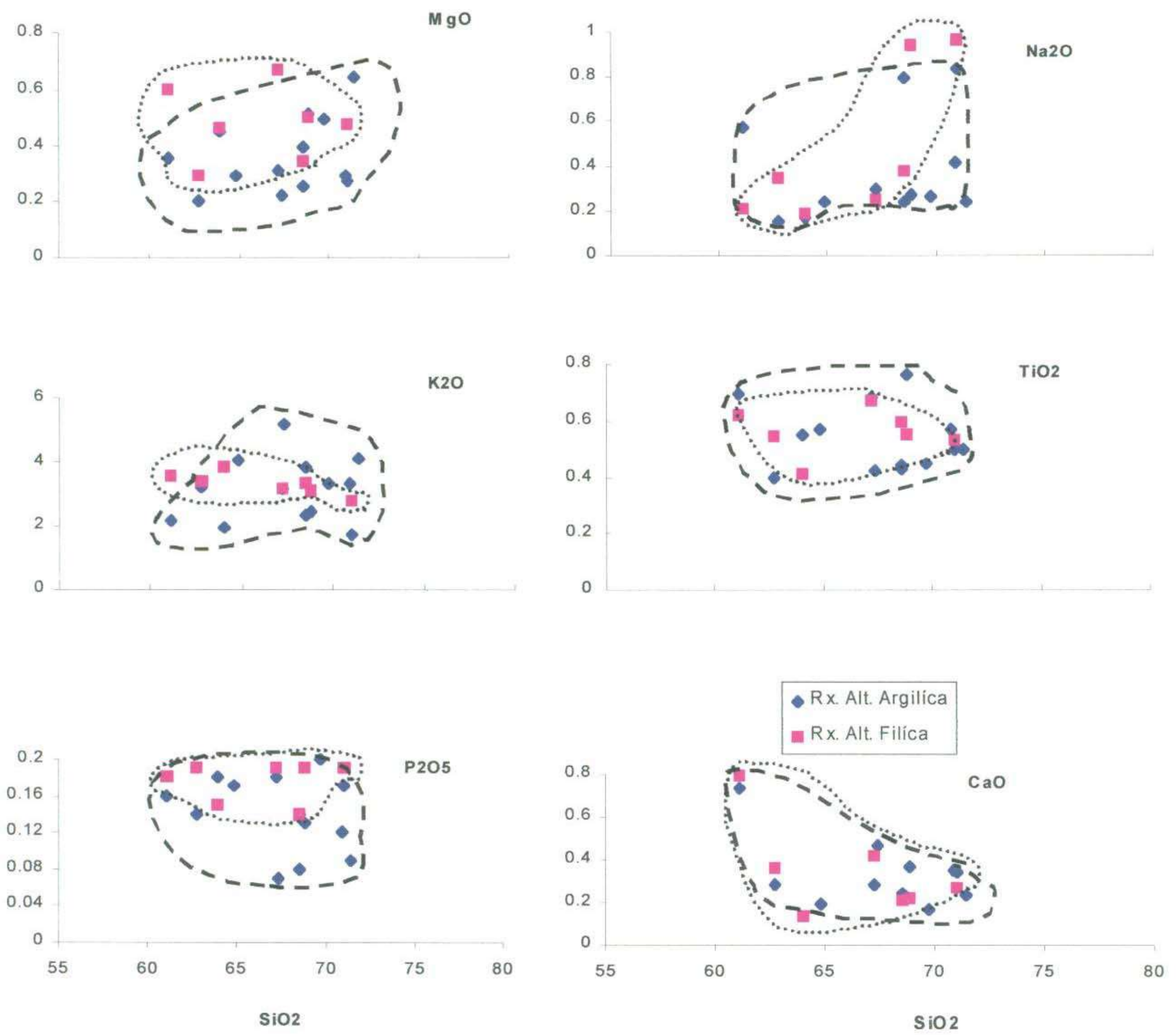


Fig. 16: Diagrama de variación de sílice contra elementos mayores para rocas alteradas de La Fortuna de Cobre

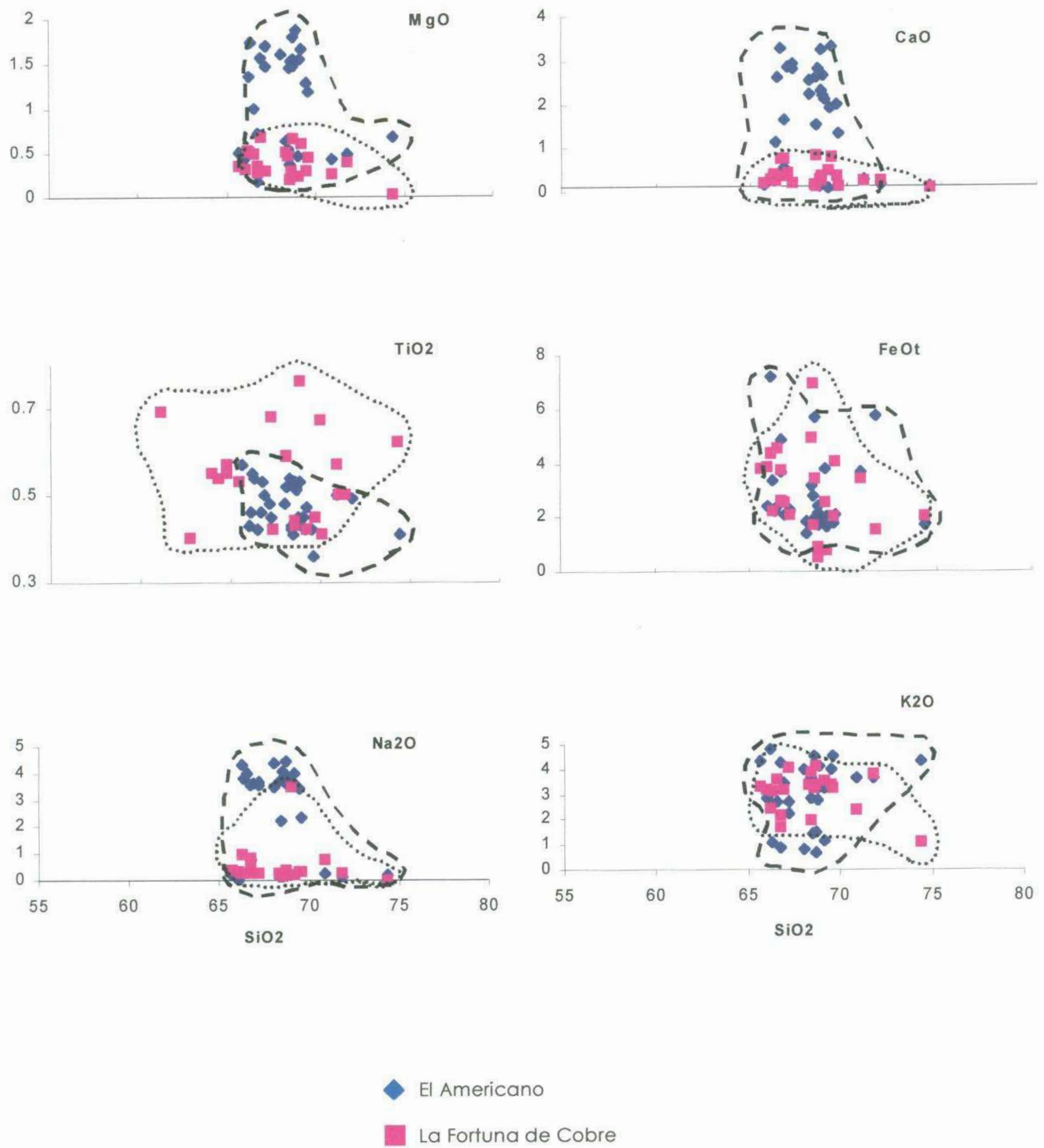
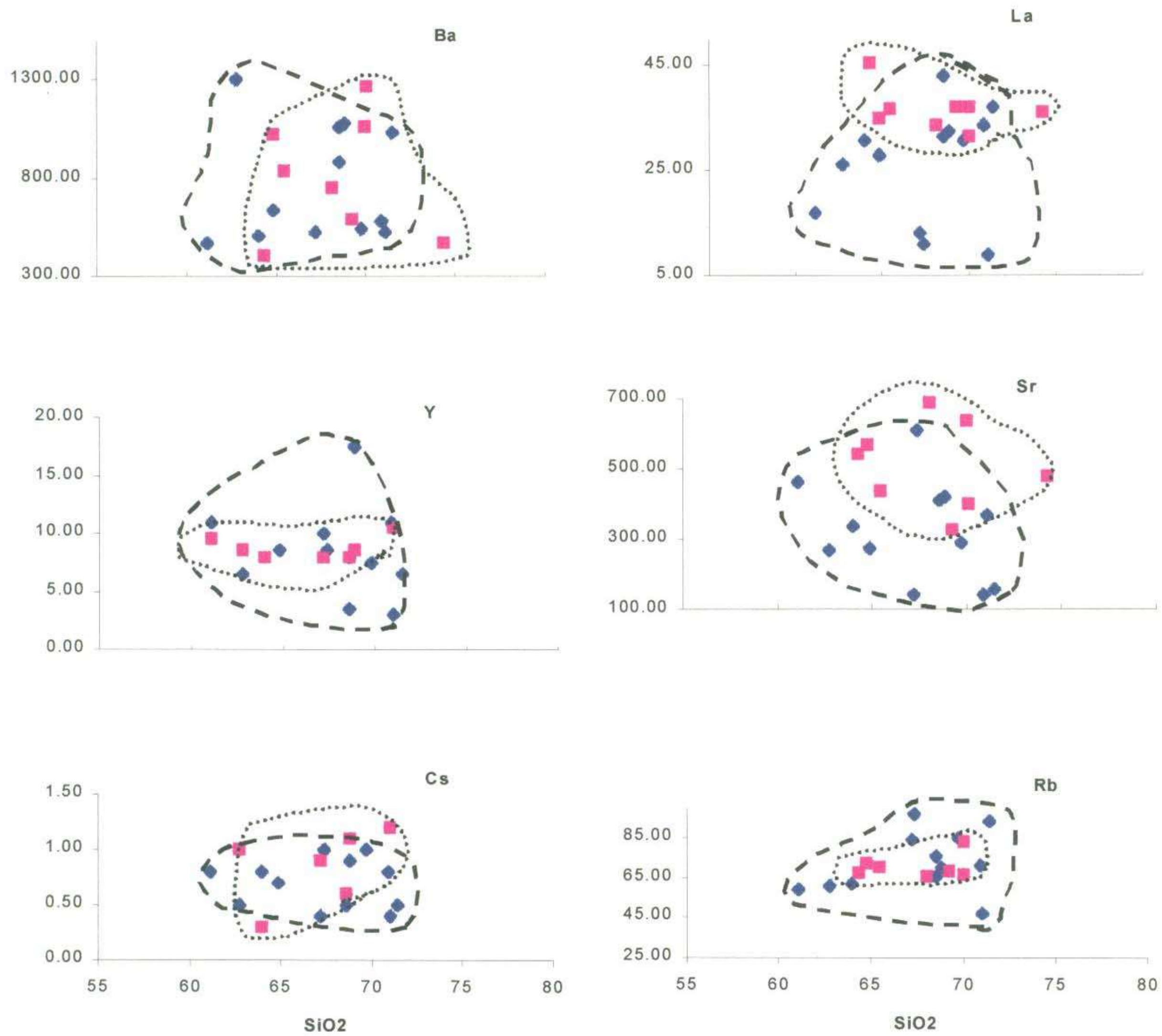


Fig. 17:
Diagrama de variación de sílice contra elementos mayores para rocas alteradas de la Fortuna de Cobre y El Americano

Hay un comportamiento similar de los elementos entre roca fresca y alterada, salvo para los elementos Sm, Y, Lu, V, los cuales se empobrecen en la roca alterada.

e) Inclusiones fluidas.

Las técnicas para el estudio de inclusiones fluidas han sido ampliamente descritas (Roedder, 1967; Reynolds, 1995, etc). Esta técnica ha sido usada en el estudio de pórfidos de cobre por ejemplo Gustafson y Hunt (1975), Titley (1981), Wodziki (1995). La aplicación de esta técnica en el depósito La Fortuna de Cobre aporta importante información sobre el ambiente de formación de este yacimiento. En el caso de La Fortuna de Cobre, en observaciones efectuadas sobre cristales de cuarzo en los pórfidos cuarzomonzónico y feldespático se observa dos tipos de inclusiones fluidas: inclusiones bifásicas de líquido + vapor en “ojos” de cuarzo, las cuales también se presentan en algunas rocas volcánicas. Inclusiones trifásicas constituidas por líquido + vapor + sólido en los cristales de cuarzo de las rocas tipo pórfido cuarzomonzónico y feldespático. Se determinó que el sólido en las inclusiones trifásicas corresponde a cristales de halita (NaCl). Dos muestras reportadas por Moscosa (1997) muestran temperaturas de homogeneización a 130° y 400°C y salinidades entre 20-40% peso de NaCl (fig. 20) dichas temperaturas muestran un rango muy amplio entre inclusiones. Sin embargo, la tabla reportada por el mismo autor no muestra temperaturas de fusión de hielo que indiquen condiciones de hipersalinidad; es probable que esto se debió a mediciones efectuadas únicamente sobre inclusiones bifásicas subsaturadas. Observaciones de variaciones de fases líquidas vapor-sólido, indican características de ebullición debido a rompimiento brusco en la presión del fluido, en condiciones de baja presión.



◆ Alteración argílica
■ Alteración fílica

Fig. 18:
 Diagrama de variación de SiO₂ contra elementos traza para rocas alteradas de La Foruna de Cobre

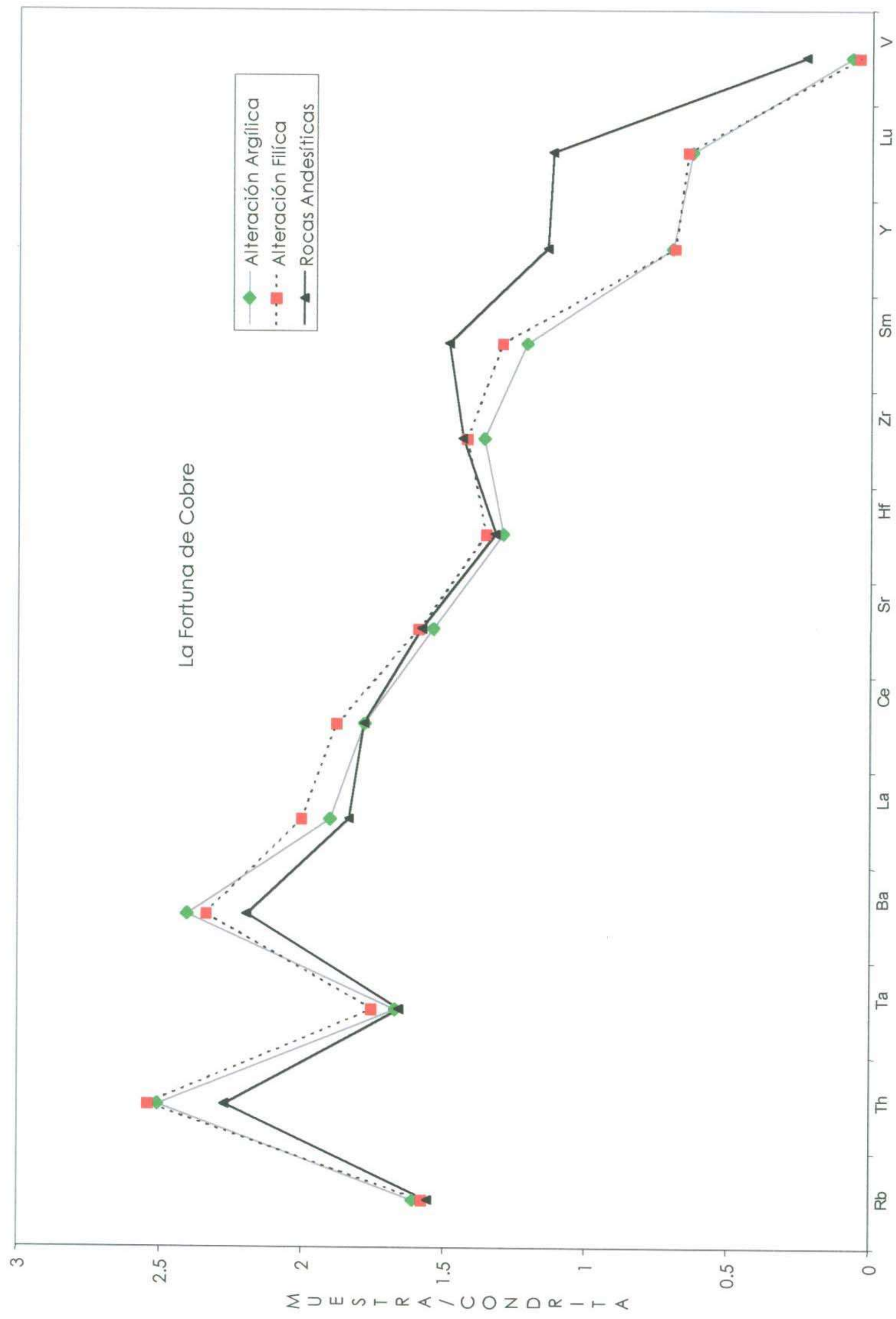
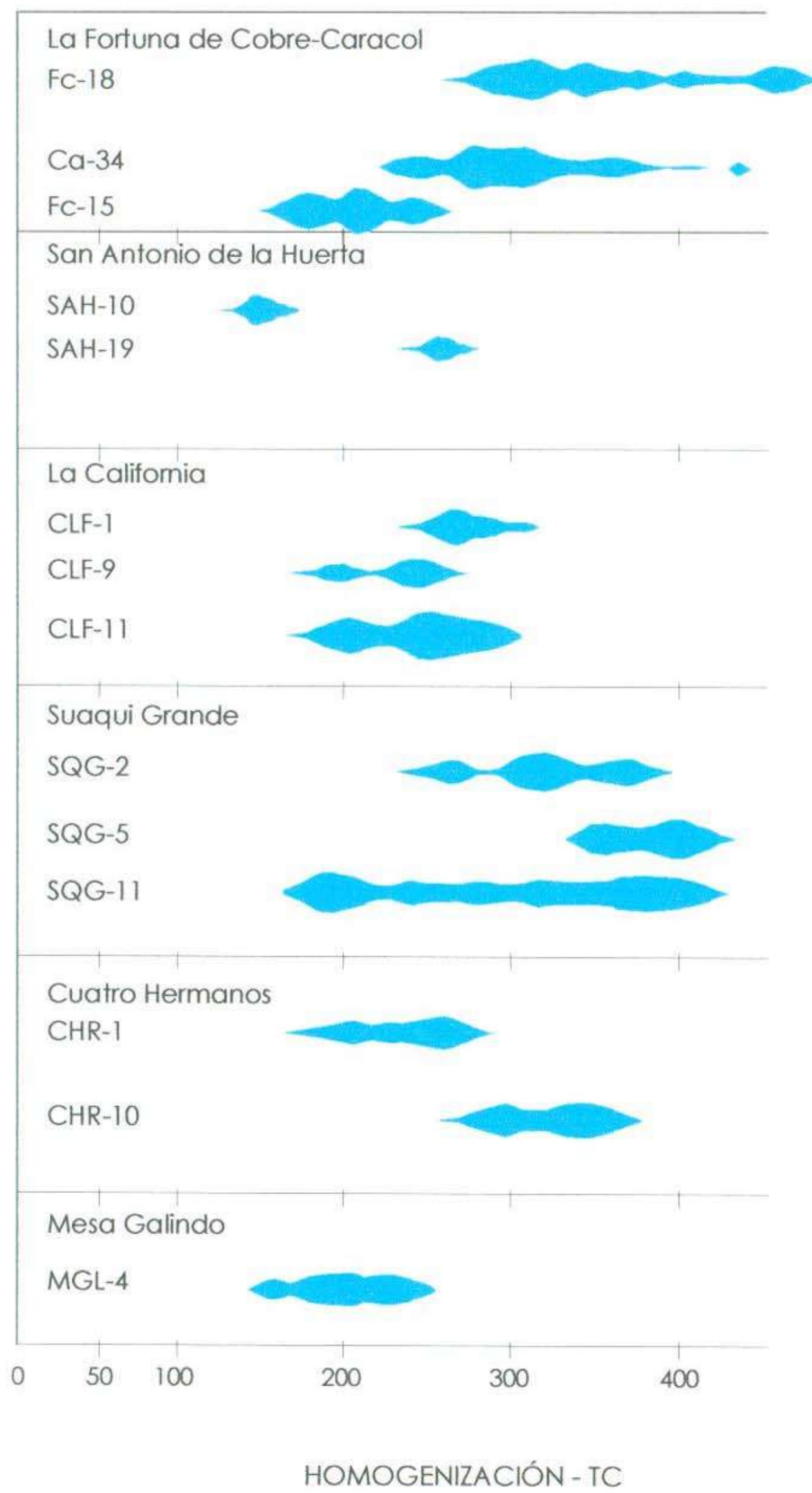


Fig. 19: Arañigrama de La Fortuna de Cobre

Temperatura de homogenización



Temperatura de congelamiento-salinidad

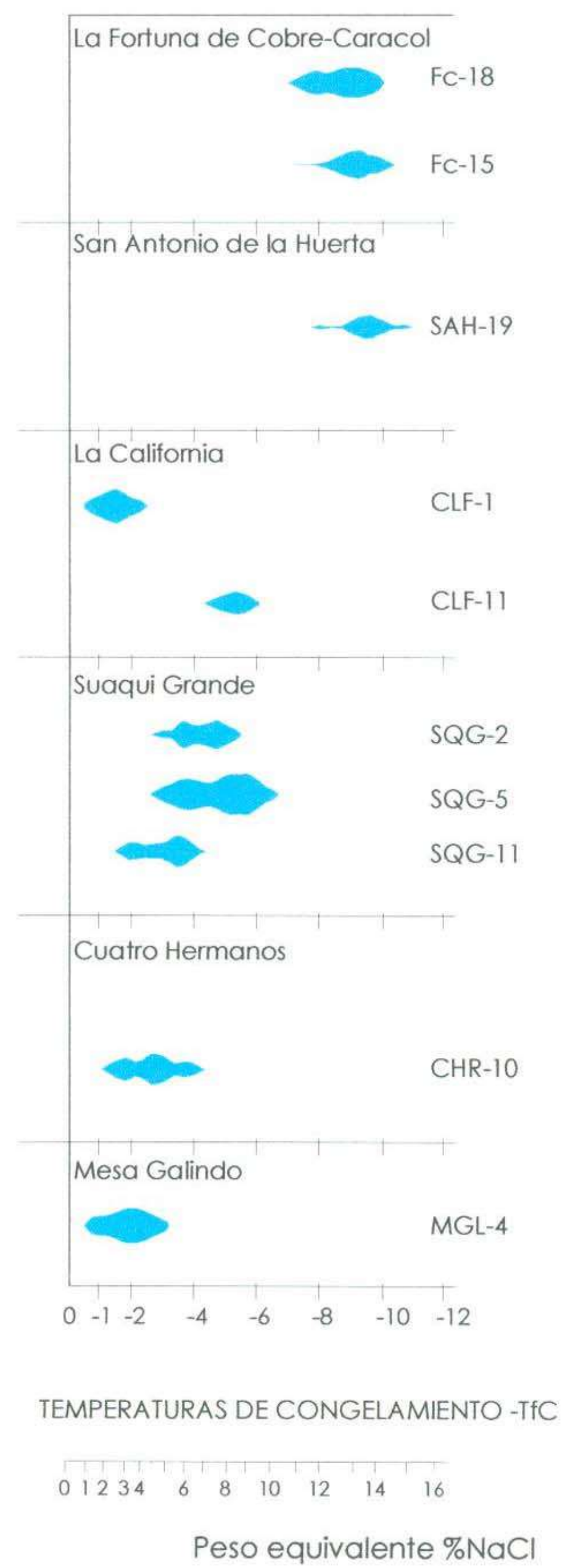


Fig. 20: Diagrama de inclusiones fluidas (Tomado de Moscosa, 1997)

VI. EL AMERICANO.

VI.1. Geología del prospecto.

El prospecto El Americano se localiza a 20 km al N65°E del poblado de Puerto Libertad, a 1 km al oeste de La Fortuna de Cobre (fig.1). La geología del prospecto, es muy similar a La Fortuna de Cobre y está constituida por rocas sedimentarias pelítico-arenosas, rocas intrusivas compuestas por granodiorita, granito, pórfido dacítico y pórfido de cuarzo (fig.21). Todas las anteriores unidades son cortadas por numerosos diques de andesita, como un evento más reciente se tiene la presencia de cuerpos subvolcánicos andesíticos cubriendo en forma discordante a las unidades anteriormente mencionadas.

a) Rocas sedimentarias.

En la porción NW del prospecto El Americano existe una serie de pequeños afloramientos compuestos de ortocuarcita, presentando intercalaciones de areniscas de grano fino y lodolitas.

Observaciones de campo nos indican que estas rocas sedimentarias han sido intrusionadas por rocas graníticas del Cretácico superior y, al igual que en el depósito de La Fortuna de Cobre. A estas rocas sedimentarias se le ha asignado una edad del pre – Jurásico a Jurásico inferior.

b) Rocas ígneas

b.1) Granodiorita.

En la porción central y oeste del Prospecto El Americano, aflora presentando color gris claro con textura fanerítica compuesta principalmente por plagioclasa, feldespato potásico y menor presencia de cuarzo y biotita de acuerdo a su composición y textura ha sido clasificada como granodiorita.

Al microscopio, las rocas granodioríticas están constituidas entre 76 a 92 % por oligoclasa- andesina y plagioclasas zonadas, cuarzo 3-5%, ortoclasa 2 -10 % y menor cantidad

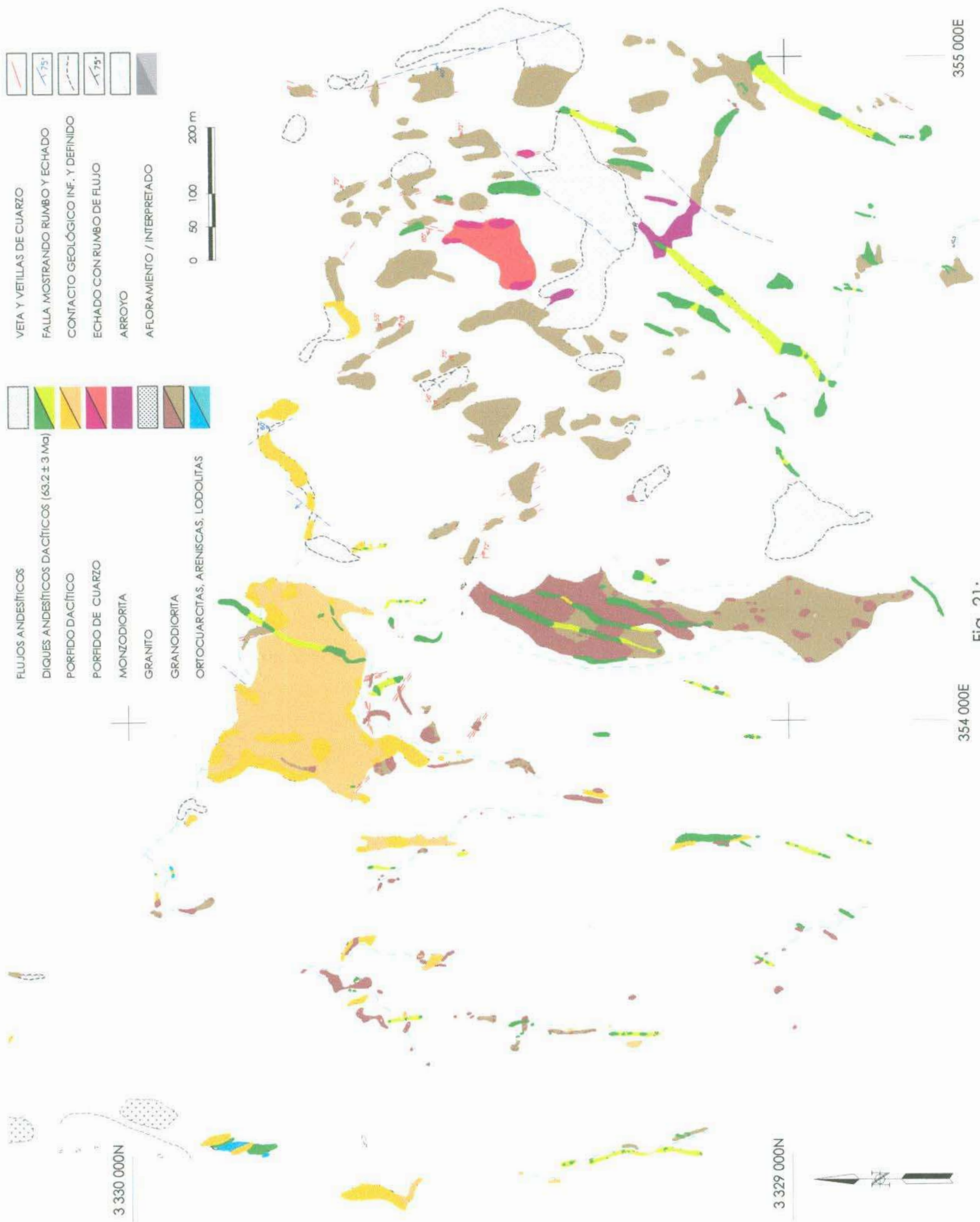


Fig. 21:
Plano geológico de El Americano

de biotita en rangos de 3-5% (apéndice I). El análisis petrográfico de algunos ejemplares correspondientes a esta unidad muestra diferencias de composición, variando desde granodiorita a tonalita incluyendo monzodioritas de cuarzo. Las rocas con composición tonalítica presentan variaciones en la textura desde porfídica a fanerítica conformadas por oligoclasa – andesina y plagioclasa zonada en rangos de 60- 87 %, cuarzo 10 – 20% en forma de ojos, ortoclasa 2-10 % y menor presencia de biotita 2-10% (apéndice I). En general la roca presenta débil alteración, sin embargo en varias localidades dentro del área estas rocas granodioríticas presentan estructuras tipo vetillas de cuarzo “A” y “B”, sin oxidación en sus ferromagnesianos.

Se ha observado también que estas rocas son intrusionadas por diques andesíticos similares en textura y composición a los descritos por Gastil y Krummenacher(1977) al norte de Puerto Libertad cuya edad es de 63.2 ± 3.0 Ma y por un pórfido dacítico posiblemente de edad Cretácico Tardío. Debido las similitudes en composición y textura con las rocas de La Fortuna de Cobre, se considera una edad Cretácico Tardío para esta roca.

c) Pórfido dacítico.

En la porción norte-centro del área del prospecto El Americano, aflora con un color gris claro con tonalidades rojizas, presenta una textura porfídica, compuesta por fenocristales de plagioclasa de 2 a 5 mm de tamaño, cuarzo y menor biotita dentro de una matriz silíceo. Al microscopio, esta roca presenta una textura porfídica compuesta por fenocristales de plagioclasa en 15 a 20%, en una matriz microcristalina formada por plagioclasas en 77 % y cuarzo 2% en cristales anhedrales. Contiene además biotita en 1 a 5 %, y cristales de hornblenda transformados a biotita. Los pórfidos dacíticos se encuentran intrusionando a la granodiorita del Cretácico Tardío una edad post Cretácica puede ser asignada.

d) Pórfido de cuarzo.

Esta unidad aflora principalmente en la parte este del área cartografiada. Por lo regular es de color blanco con tonalidades rojizas y presenta una textura porfídica con pequeños ojos de cuarzo como fenocristales y algunos granos de plagioclasa en una matriz arcillosa. Al microscopio, presenta una textura porfídica, constituida por cristales de cuarzo con golfos de corrosión dentro de una matriz transformada en arcilla y sílice como producto de alteración hidrotermal. Esta compuesta por un 5% de cuarzo anhedral, biotita en 1%, transformadas a sericita. Debido a que estas rocas cortan a la granodiorita del Cretácico Tardío, se le asigna una edad Post- Cretácica a esta unidad.

e) Diques andesítico-dacítico.

Estas rocas tienen una amplia distribución en toda el área cartografiada y por lo regular cortan a las granodioritas y pórfido dacítico anteriormente descritas. Se presentan de color verde oscuro con una textura porfídica compuesta por fenocristales de plagioclasas y menor presencia de biotita en forma tabular. Dichos diques presentan rumbos que varían de norte –sur a N 20°- 50° E, con espesor promedio entre 10 a 15 m y longitudes entre 10 a 30 m en dirección N-S.

Al microscopio presentan fenocristales de plagioclasas formando un 15 % del volumen de la roca, un 83% de plagioclasa en forma de microlitos, 2% de cuarzo 2% y 5 % de biotita. Estos diques andesítico–dacítico, se observan en afloramientos cortando a las granodioritas y pórfido dacítico con excepción de los pórfidos de cuarzo y andesitas subvolcánicos. Gastil y Krummenacher (1977), fecharon unos diques muy similares en composición y textura al norte de Puerto Libertad, obteniendo una edad K/Ar de 63.9 ± 2.0 Ma, los cuales pueden ser correlacionables con los encontrados en el área de El Americano.

f) Andesita subvolcánica.

Sus afloramientos se localizan hacia la porción central del área cartografiada, tienen un color gris claro con texturas de flujo, indicadas por la presencia de cristales orientados y cristales rotados. La roca está compuesta por abundantes cristales de plagioclasas, cuarzo y biotita en una matriz silíceo y presenta estructuras de pseudoestratificación. En base a composición y textura ha sido clasificada como andesita. Se trata de cuerpos subvolcánicos sin alteración y constituye la unidad más joven del área del prospecto.

En los afloramientos sólo se observa intrusionando a la granodiorita y al pórfido dacítico, estas rocas se consideran de edad Terciaria.

VI.2. Geología estructural.

Dos tipos de eventos dominados por falla normales, fueron reconocidos en el área del prospecto El Americano. Un primer evento de fallamiento normal con una orientación de NE 40°-50°SW, y echados verticales un segundo evento con fallas normales de rumbo NW 18°-30° SE y echados al 60°NE. En forma general las fallas normales no muestran una continuidad y sus longitudes varían de 100 a 300 m, estas estructuras desarrollan una foliación paralela de pocos centímetros de ancho.

De la subimagen de satélite de la hoja Caracol (H12A85) en las bandas 5, 7, 1 se interpretó que las áreas de La Fortuna de Cobre y El Americano muestran una clara presencia de lineamientos estructurales con rumbo NE 30°-40°SW (fig.22). Por otra parte se observó que los diques de andesita tiene una orientación NE 20°- 35° SW, la cual es paralela a los lineamientos regionales observados, indicando que posiblemente se trate de estructuras favorables para el emplazamiento de los diques. Se observan en el campo varias vetillas de tipo "A" y "B", las primeras con orientación preferencial NW 25° SE y echados de 55 °-70°NE, mientras que la segunda presenta orientaciones NE 40°- 50° SW.

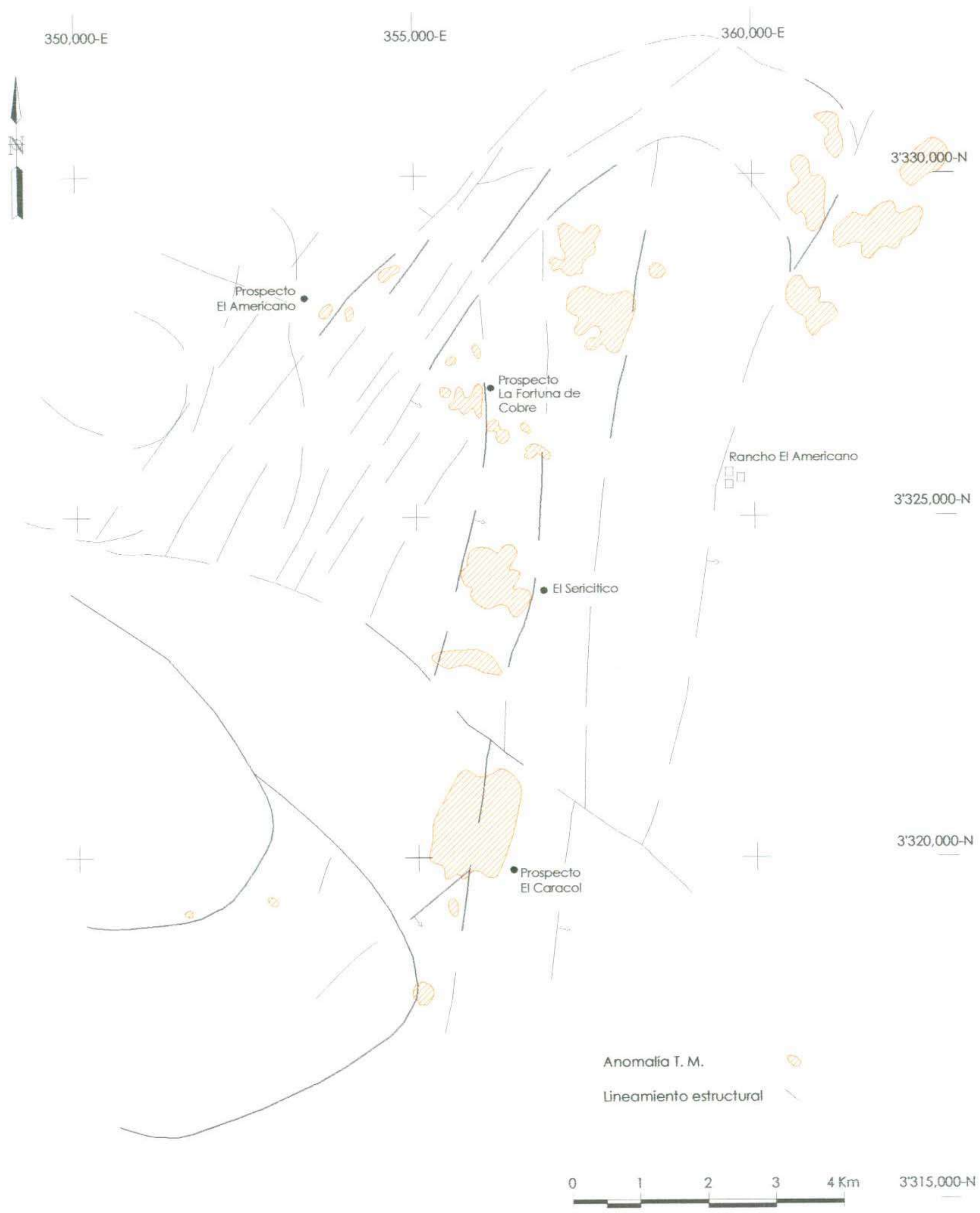


Fig. 22:
Interpretación de imagen de satélite de La Fortuna de Cobre y El Americano

VI.3. ALTERACIÓN Y MINERALIZACIÓN.

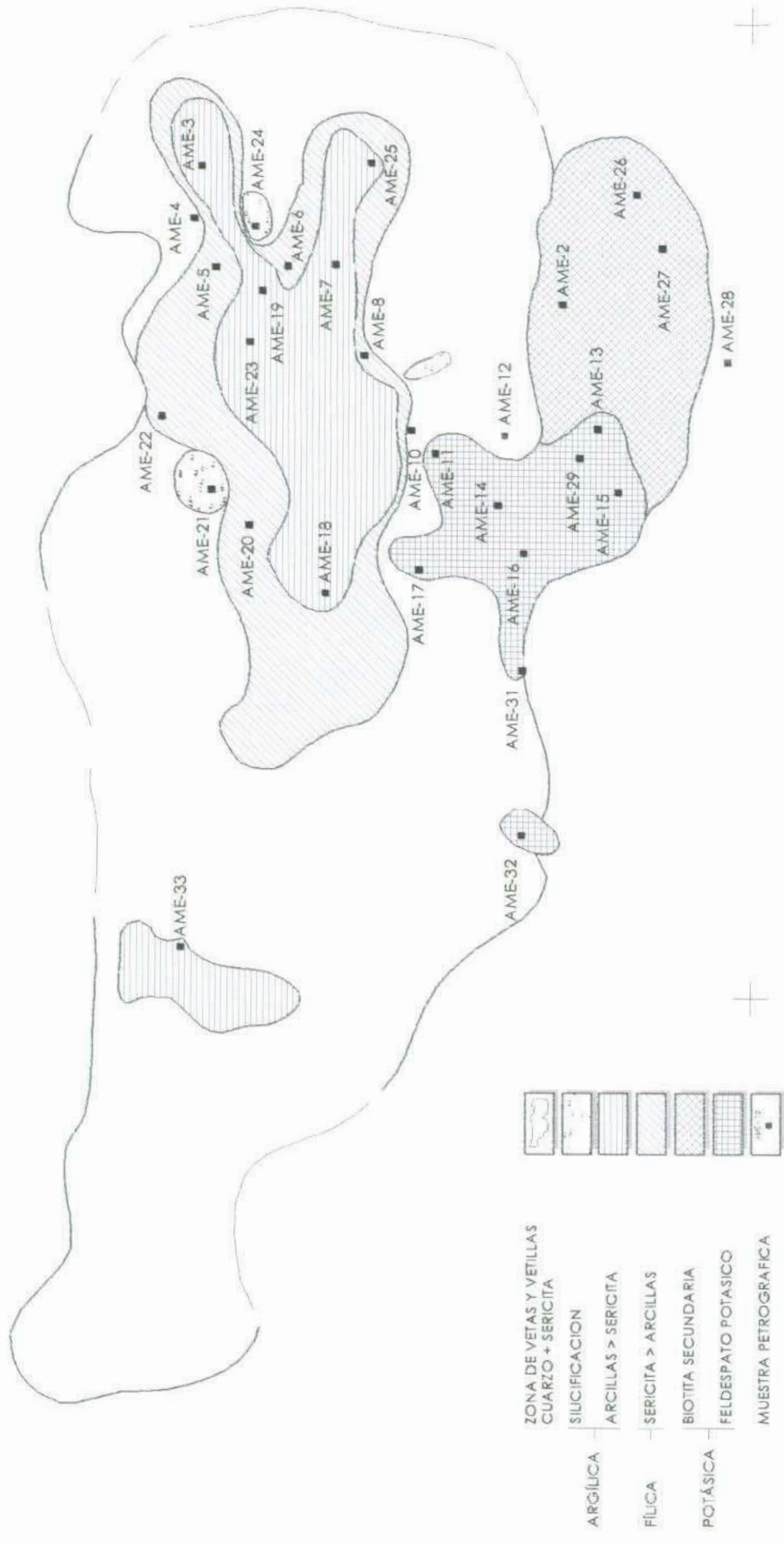
En el prospecto El Americano, la expresión de las zonas de alteración no es tan evidente como la mostrada en el depósito La Fortuna de Cobre, sin embargo, existe una pequeña área de unos 100 m de ancho y 150 m de largo, alargada en dirección N-S, y la cual se caracteriza por presentar una fuerte argilización y menor sericitización con presencia de jarosita y goethita. En el resto del área del prospecto, la alteración no es penetrativa, sino que se manifiesta solo en forma de vetas y vetillas de cuarzo de los tipos "A" y "B".

Con el objetivo de delimitar las diferentes zonas de alteración, se utilizó la alteración asociada a las vetillas de cuarzo tipo "A" o "B" presentes en la roca y respaldado por un estudio petrográfico se determinó la abundancia entre los diferentes tipos de alteración, definiéndose diferentes zonas de alteración argílica, sericítica, potásica y silicificación similares a los sistemas tipo pórfido cuprífero (fig.23).

a) Alteración potásica.

Basado en observaciones de campo y petrografía, se definió una zona de alteración potásica con dimensiones de 500 m en dirección E-W y 180 m en dirección N- S (fig.23). La alteración potásica se observó principalmente en vetillas de tipo "A", las cuales se presentan en forma de stockwork y vetillas compuestas principalmente de feldespatos potásicos de color rosado. Hacia su lado este de El Americano se observó la presencia de pequeñas vetillas de biotita de cristalización fina, la biotita se presenta diseminada finamente en los bordes de las vetillas. Al microscopio la zona de alteración potásica, se observa como vetillas de ortoclasa + cuarzo con ocasionales sulfuros y vetillas finas de biotita cortándolo como un evento posterior. Las vetillas de tipo "A" de, se encuentran asociadas a rocas de tipo tonalitas y monzodioritas.

3 330 000



3 329 000



Escala Gráfica

355 000

354 000

Fig. 23: Plano de alteraciones de El Americano

b) Alteración filica.

Basado en observaciones de campo y estudio petrográfico, se definió una zona de alteración cuarzo + sericita, de 650 m en dirección E –W y 250 en dirección N-S (fig.23). La alteración filica se restringe a los halos o bordes de las vetillas tipo “B”, presentándose en rocas alteradas a sericita y matriz alterada a cuarzo–sericita con menor silicificación. Al microscopio los fenocristales de plagioclasas están transformados parcial o totalmente a sericita. En la matriz de la roca se presenta una mezcla de arcillas y sericita. Los porcentajes de los minerales de alteración varían de 35 % a 65 % de sericita, cuarzo de 20 a 35 % y menor presencia de arcillas en rangos entre 14y 35%. Se determinó con medidas hechas con el PIMA II, la presencia de illita.

c) Alteración argílica.

El halo de alteración argílica ocupa la parte central del área cartografiada, sus dimensiones son de 500 m en dirección E –W y 150 m en dirección el N-S. Esta alteración está compuesta principalmente de arcilla y sericita comúnmente asociada a pórfido de cuarzo, diques andesíticos-dacíticos y granodiorita, se caracteriza por la destrucción total de la roca. Aunque existen pequeños afloramientos en donde se logran observar los relictos de sus texturas originales. Por otra parte, basado en el estudio petrográfico de las muestras que presentan vetillas de cuarzo del tipo “B”, se pudo definir una zona con mayor porcentaje de arcillas asociadas a estas estructuras, como se muestra en plano de alteraciones. Los porcentajes de arcillas en la roca alterada varían entre 50 y 90 %, sericita de 10 a 15 % y biotita transformada en sericita 1%.

d) Mineralización.

La mineralización en el depósito El Americano se reconoce principalmente en la parte este del prospecto. Esta consiste en neotocita y crisocola a los cuales están asociadas a vetas de

cuarzo + sericita, de dimensiones de 30 a 40 cm de ancho y longitudes entre 50 a 100 m y se encuentran distribuidas en los costados de las vetas. En el mismo prospecto se reconoce la presencia de una fuerte zona de oxidación de 150 m de longitud por 100 m de ancho conteniendo goethita y hematita, mayormente diseminada y en fracturas en 5 a 10 %. En el resto del área cartografiada se presentan numerosas vetas y vetillas de cuarzo + sericita en dirección norte-sur, contienen halos y bordes con óxidos jarosíticos con menor hematita y “box-works” de pirita en cantidades menores al 1%. Por otro lado, en la parte sur del prospecto, se presenta mineralización primaria compuesta por calcopirita con patinas de oxidación, asociada a la alteración potásica, la calcopirita está en las vetillas con halos de alteración cuarzo-sericita. Estas vetillas oscilan entre 5 a 10 mm y se encuentran formadas por feldespatos potásico y biotita de grano fino con orientaciones preferentes al NW 10°-20° SE y N-S.

VI.4. Geoquímica.

Se han realizado varios trabajos de geoquímica en el prospecto El Americano, basados en un muestreo de esquirlas de roca en vetillas y vetas de cuarzo + sericita. Se recolectaron un total de 221 muestras distribuidas en toda el área cartografiada. Éstas fueron analizadas por cobre y molibdeno, elementos mayores y traza. También se colectaron 31 muestras de esquirlas de roca con vetillas de cuarzo, para análisis geoquímico. Para efectos de comparación se analizó una muestra de granodiorita sin alteración en la localidad de Cerro Bola en Puerto Libertad.

a) Geoquímica de cobre- molibdeno.

Para el estudio de las muestras se realizó un tratamiento estadístico, con el cual se construyeron gráficas de curvas acumulativas, las cuales se incluyeron 221 muestras.

El resultando del procesamiento de los datos muestra una curva en donde cada cambio mayor de pendiente representa un rango geoquímico, determinándose tres rangos de valores de cobre:

bajo entre 100 y 1000 ppm, medio entre 1000 y 3100 ppm y alto > 3100 ppm. Respecto a los valores geoquímicos de molibdeno se definieron tres rangos: bajo del orden de 35 y 200 ppm, medio entre 201 y 500 ppm y alto > 500 ppm (fig.24 y 25).

Tomando en cuenta estos parámetros, se elaboraron curvas de isovalores de cobre y molibdeno y se definieron varias zonas, denominadas "A", "B" "C" y "D". (figs. 26 y 27). La distribución de las curvas de isovalores tanto de cobre como de molibdeno se encuentran espaciadas entre 100 y 200 m y muestran una clara orientación E- W (fig.26 y 27).

Zona "A".

Constituye una zona con leyes entre 0.15 % y 0.9% de cobre en vetillas y tiene dimensiones de 400 m de longitud en dirección E-W y 120 m en rumbo N-S. Esta zona ésta asociada con vetillas de cuarzo tipo "A" se localiza dentro de la zona de vetillas de cuarzo + sericita.

Zona "B"

Esta zona tiene rangos entre 0.1 y 0.4% de cobre(fig. 26) y molibdeno entre 0.04 y 0.03 %(fig.27) en vetillas y se encuentra asociada con la zona de alteración potásica. Esta zona "B" tiene longitud de 230 m en dirección E-W y 200 m en orientación N-S, y corresponden a vetillas de cuarzo tipo "A" con feldespatos potásico y calcopirita oxidada.

Zona "C".

La zona "C" se localiza hacia la porción norte del área cartografiada, mide 260 m en dirección E-W y 50 m en dirección N-S. Los valores van de 30 y 520 ppm de molibdeno y 0.5 % y 4.8 % de cobre corresponden a vetillas de cuarzo tipo "B", localizándose dentro de la zona de arcillas.

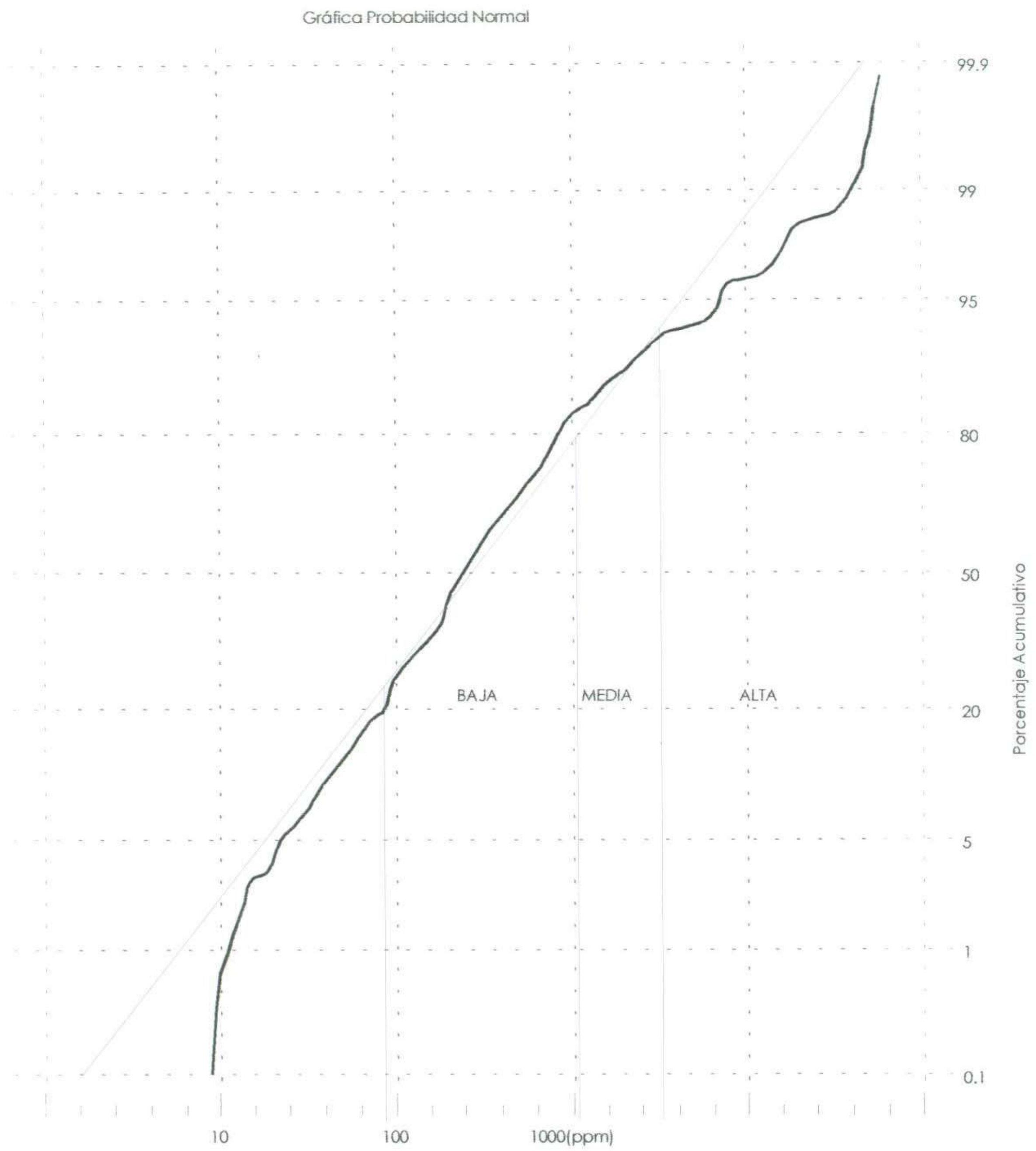


Fig. 24:
Gráfica de rango de valores de cobre de El Americano

Gráfica Probabilidad Normal

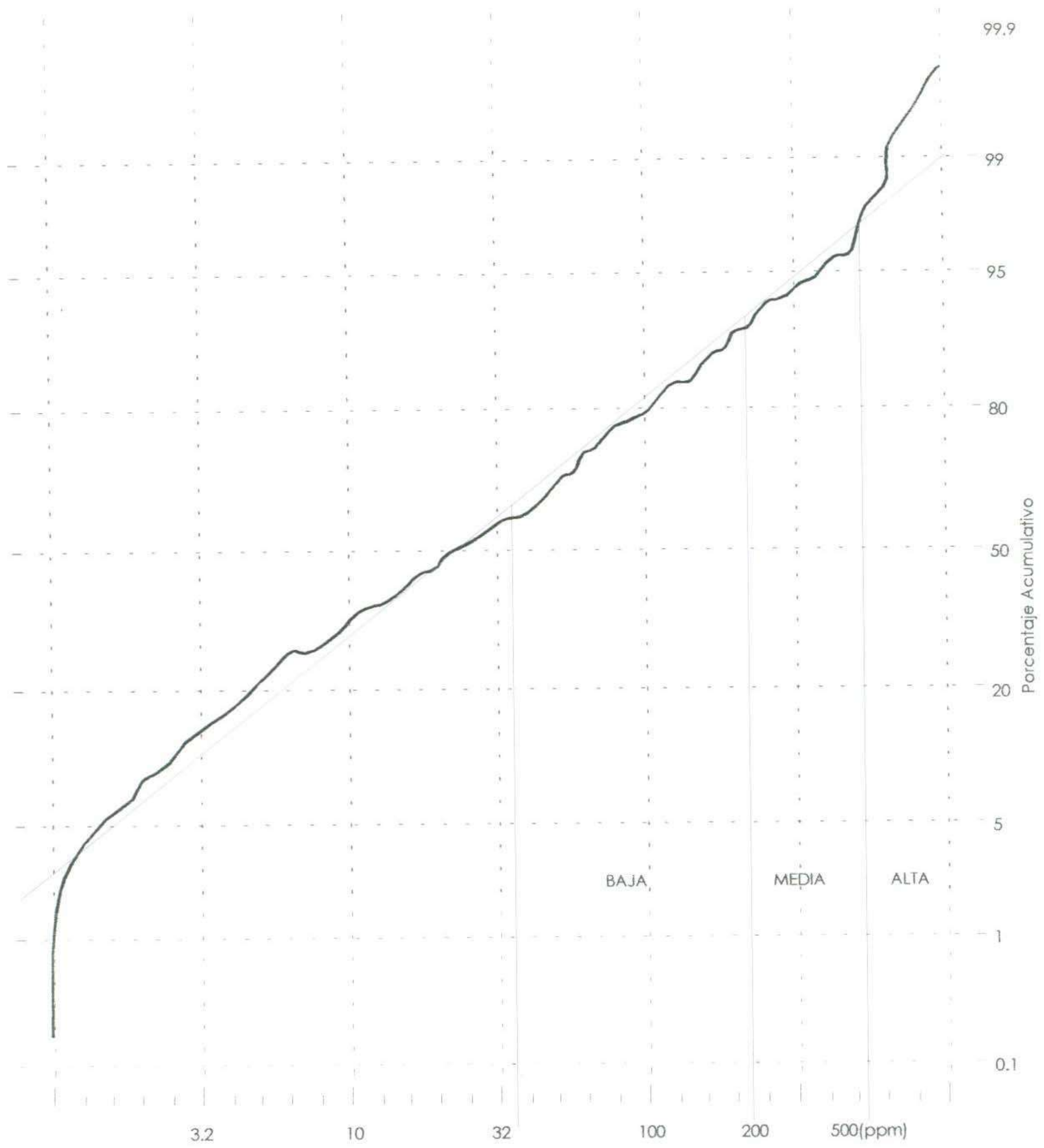


Fig. 25:
Gráfica de rango de valores de molibdeno de El Americano



Fig. 26:
Plano de distribución de cobre El Americano



Fig. 27:
Geoquímica de molibdeno de El Americano

Zona “ D”.

Esta zona se localiza hacia suroeste del área. Las dimensiones de esta zona son: 100 m en dirección N-S y 200 m en orientación N-S. Contiene valores desde 0.12 % a 1.5 % de cobre y molibdeno de 0.02 a 0.07 %. Los valores de anomalos de geoquímica corresponden con vetillas de cuarzo tipo “B” con alteración sericitica.

En el resto del área no se observan anomalías significativas. Dado a que los valores de molibdeno en la zona mineralizada son sumamente anomalos, y en consideración a la poca movilidad de este elemento, el área de El Americano se presenta como un buen objetivo para la exploración más detallada.

b) Elementos mayores.

Los resultados de los análisis fueron tratados en base a los diagramas ternarios de Nesbitt y Young (1984 y 1989) comúnmente usados para establecer los cambios de composición química en las rocas en el proceso de alteración hidrotermal. Este estudio se realizó involucrando los elementos mayores tales como SiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O , K_2O , haciendo una comparación entre roca fresca y rocas con alteración sericitica, argilica y potásica.

En el diagrama de SiO_2 - Al_2O_3 - Na_2O se observa que existe una clara disminución de Na_2O en algunas rocas que presentan alteración filica y argilica (fig.28). Esta disminución puede ser explicada como producto de la destrucción de las plagioclasas sódicas. Además se observa que las rocas intrusivas muestran variaciones de sílice secundario, principalmente en rocas de la zona filica, no observándose cambios entre diferentes zonas de alteración argilica y potásica.

En forma general en los diagramas de SiO_2 - Al_2O_3 - Na_2O y SiO_2 - Al_2O_3 - K_2O parecen no indicar diferencias entre las alteraciones argilica, potásica (figs.28 y 29).

Adicionalmente, se elaboraron los diagramas de variación de sílice para MgO, Na₂O, K₂O, CaO P₂O₅ y TiO₂. Ellos incluyen una selección de las muestras en tres poblaciones: a) una a partir de muestras con alteración argílica, b) otra a partir de muestras con alteración filíca, c) por último a partir de muestras con alteración potásica. Estos diagramas mostraron una disminución gradual de MgO y CaO en las rocas con alteración potásica y menormente en rocas con alteraciones filíca y argílica (fig. 30).

c) Elementos traza.

Para el estudio de los elementos traza en las diferentes zonas de alteración argílica, filíca y potásica en el prospecto El Americano, fue necesario la elaboración de diagramas de tipo Harker para La, Y, Ba, Rb, Cs, y Sr contra SiO₂. En la mayoría de los casos si observa cambios significativos entre las zonas de alteración filíca y argílica. El diagrama de Y contra SiO₂, muestra una disminución gradual de la zona alteración potásica a la argílica (fig.31).

d) Movilidad de los elementos traza.

En la elaboración de los diagramas de araña fue necesario utilizar los promedios de las rocas con alteración filíca, argílica y potásica conjuntamente con rocas frescas. Dichos promedios que fueron normalizados a un valor condrítico. La finalidad del diagrama es establecer la movilidad de los elementos traza debido a los procesos de alteración hidrotermal. Los resultados indican que el comportamiento entre elementos traza es muy similar, independientemente del tipo de alteración.

En relación con una roca fresca de la localidad de Cerro Bola (cercano a Puerto Libertad) el comportamiento es variable; El Th es más bajo en rocas alteradas, mientras que los valores de Zr son más altos en zonas de alteración.

Sin embargo, comparando con la roca fresca de La Fortuna de Cobre, el comportamiento es muy similar (fig.32).

e) Ambiente Tectónico.

La geoquímica de elementos mayores y elementos traza, así como la clasificación química de la roca, son generalmente usadas en la identificación del ambiente tectónico original, utilizando ciertos diagramas. Sin embargo, no se conoce la validez de los diagramas para rocas con alteración hidrotermal. Dado que la mayoría de las rocas que afloran en El Americano son granodioritas, se seleccionó los diagramas propuestos por Pearce et al. ,1984; para rocas graníticas que involucran Nb, Y, Ta y Yb. Los valores de geoquímica de las muestras fueron graficados en los diagramas mostrados en las figuras 33 y 34. En la figura 33 los valores de Nb contra Y quedan concentrados en el campo de los granitos tipo arco volcánico (VAG) y granitos syn- colisional (Syn-COLG). El diagrama Ta-Yb (fig.34) mostró que la mayoría de las muestras quedan en el campo de ambiente tectónico tipo arco volcánico (VAG).

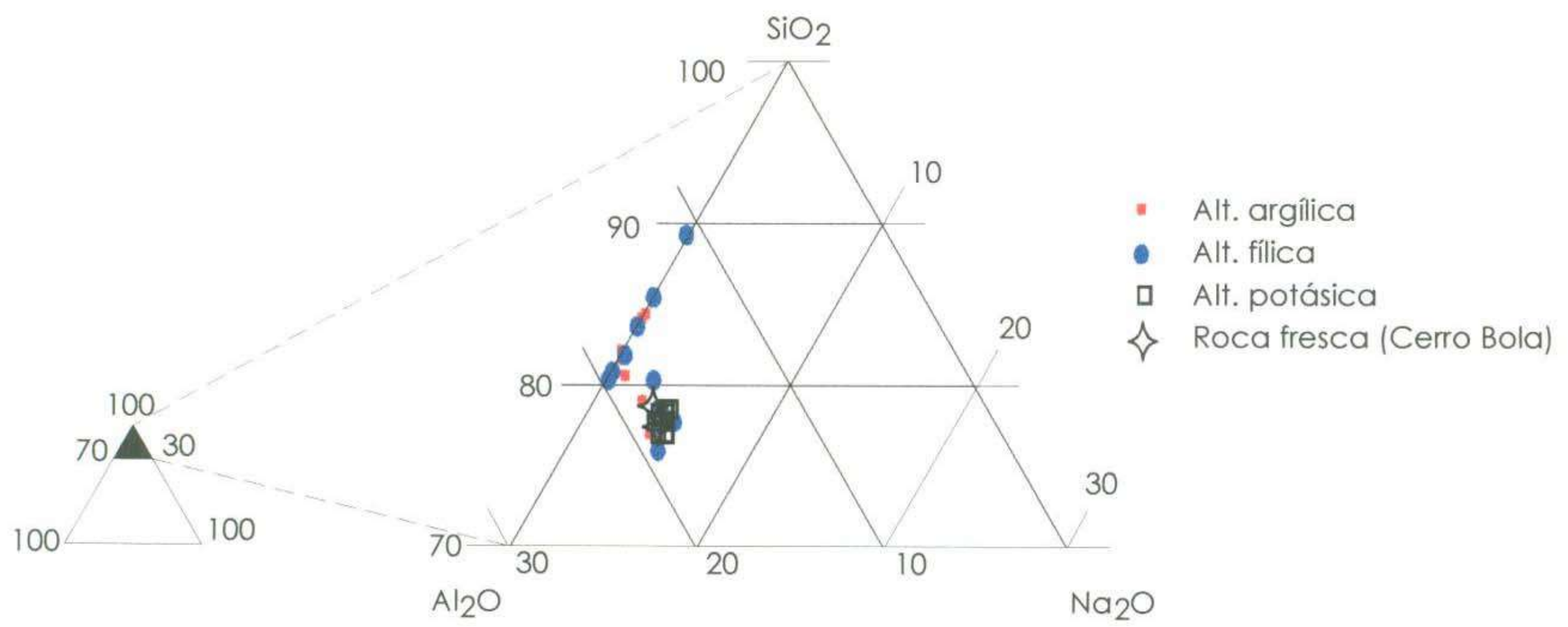


Fig. 28: Diagrama ternario SiO₂ – Al₂O – Na₂O de El Americano

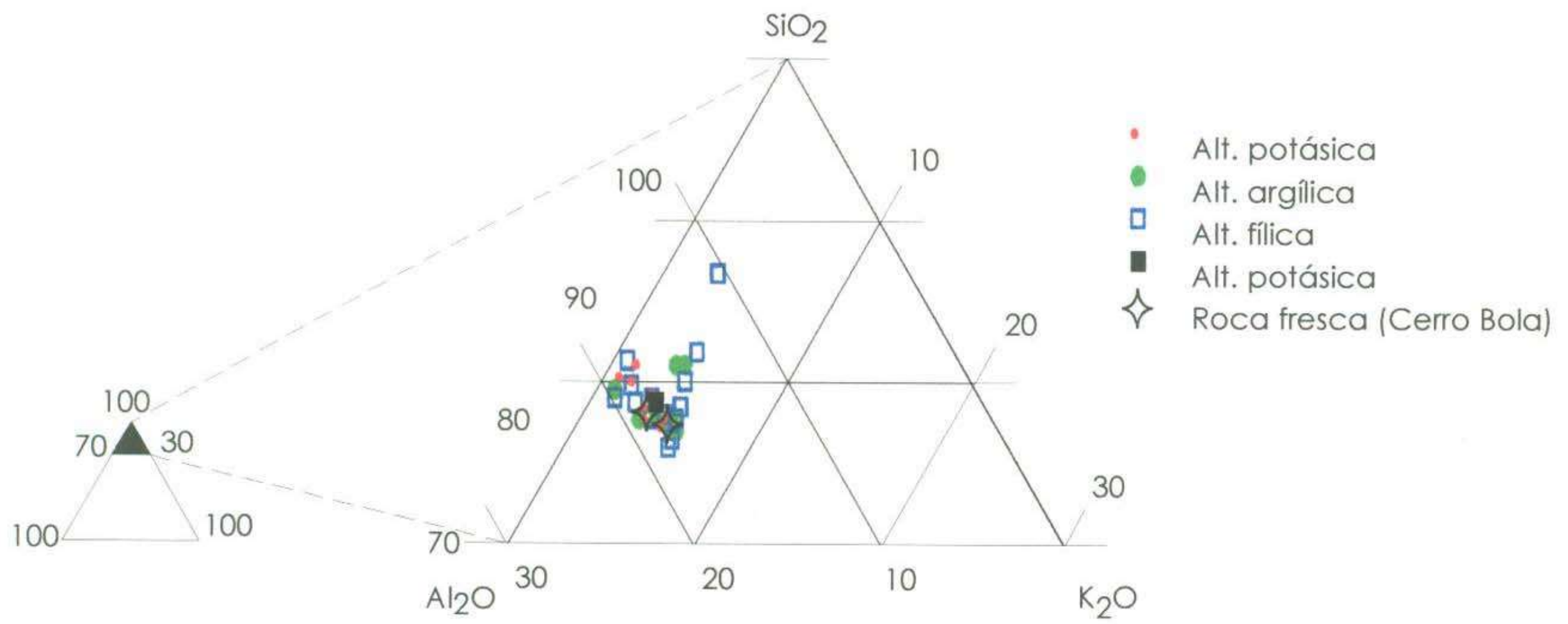


Fig. 29: Diagrama ternario SiO₂ – Al₂O – K₂O de El Americano

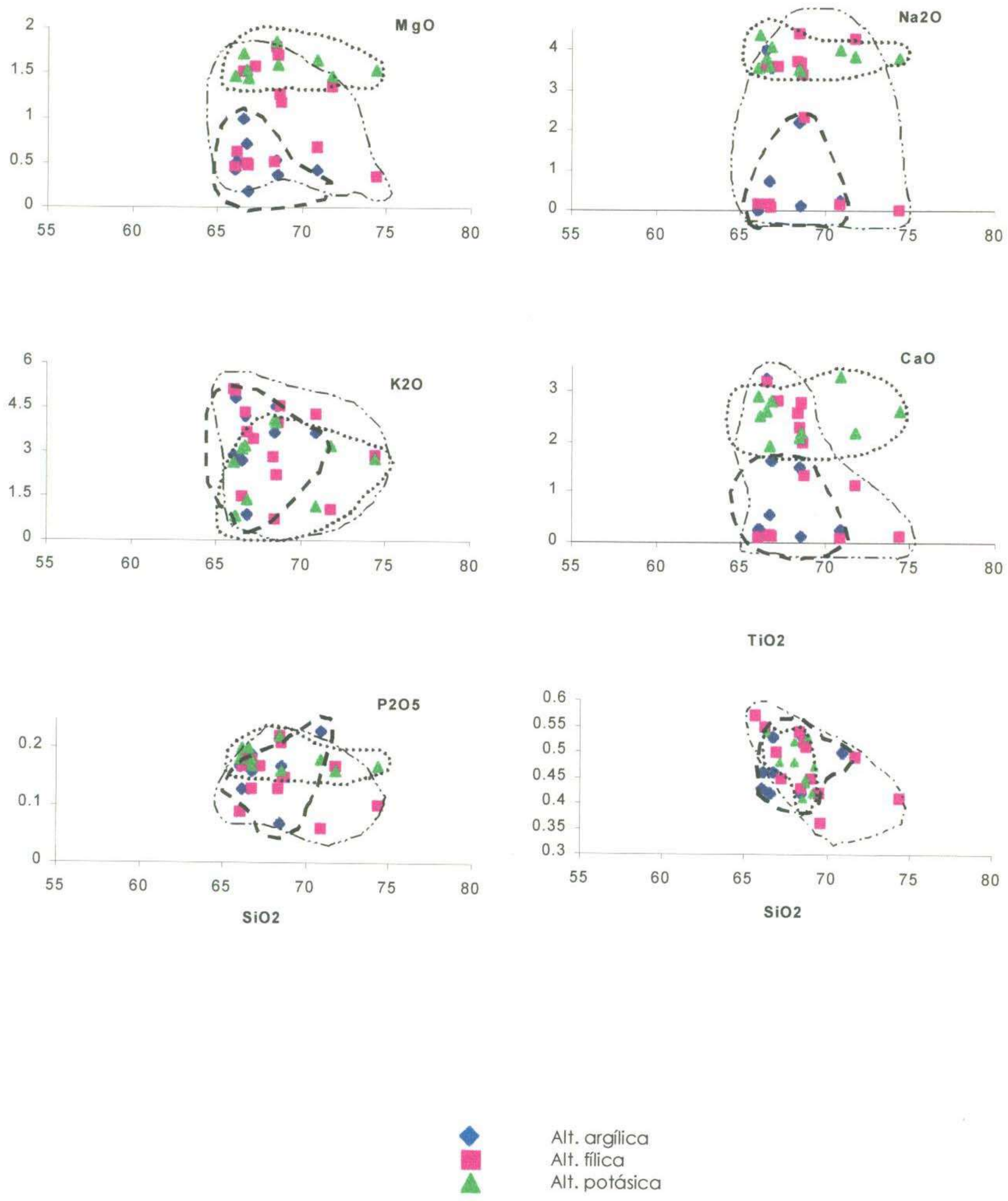


Fig. 30:
Diagrama de variación de SiO₂ contra elementos mayores de El Americano

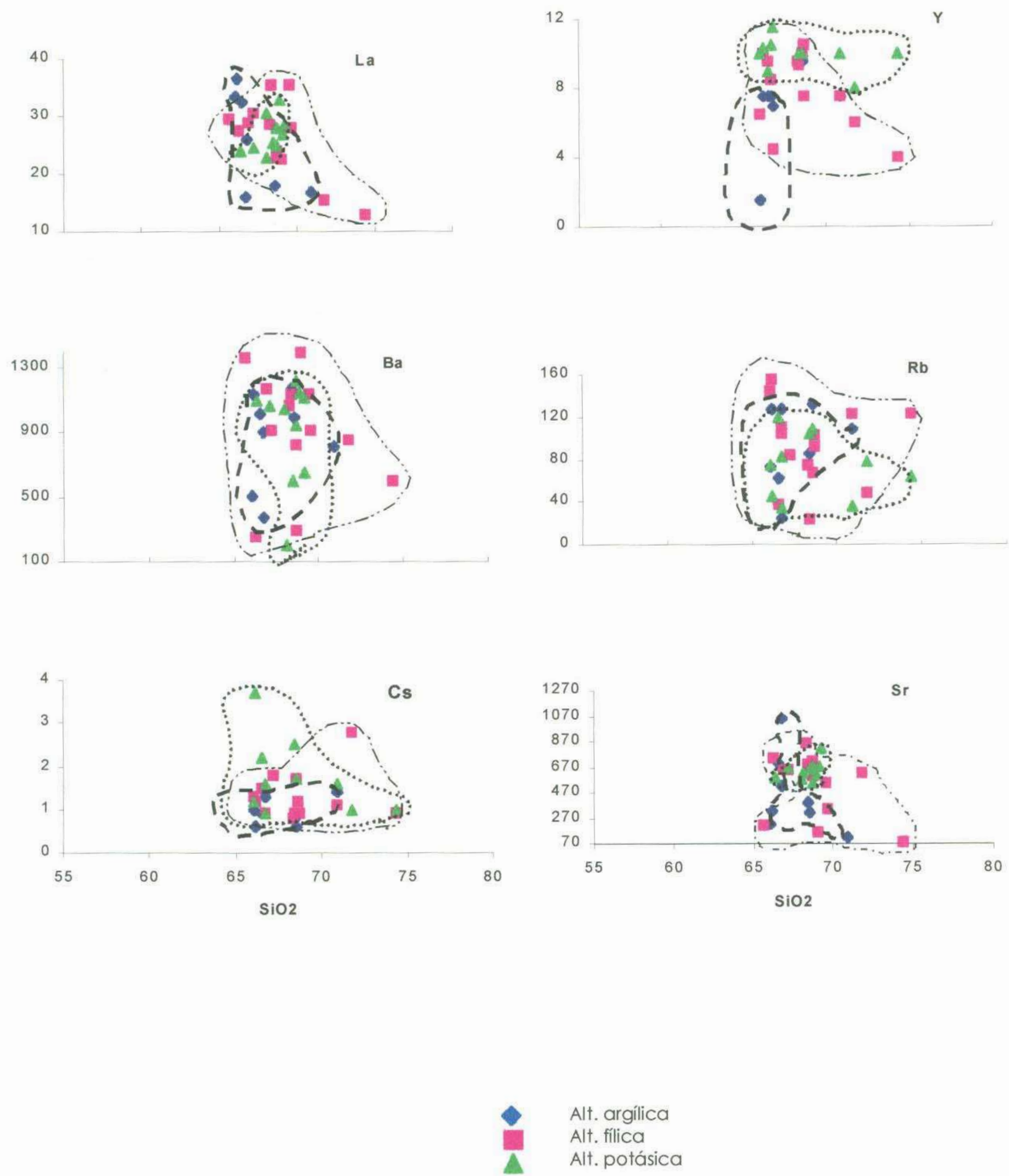


Fig. 31:
Diagrama de Harker para elementos traza de rocas del prospecto El Americano

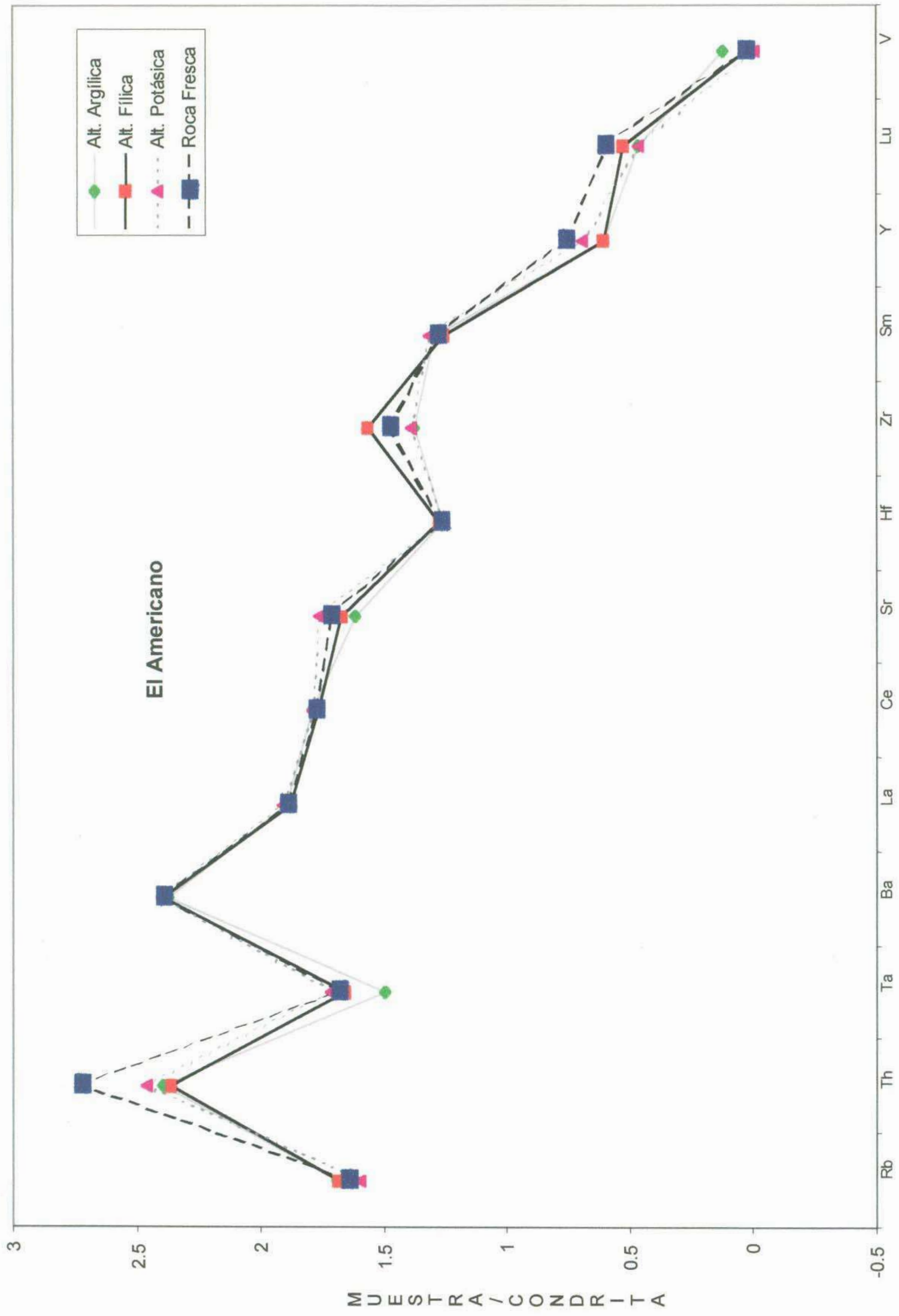


Fig. 32: Arañigrama de El Americano

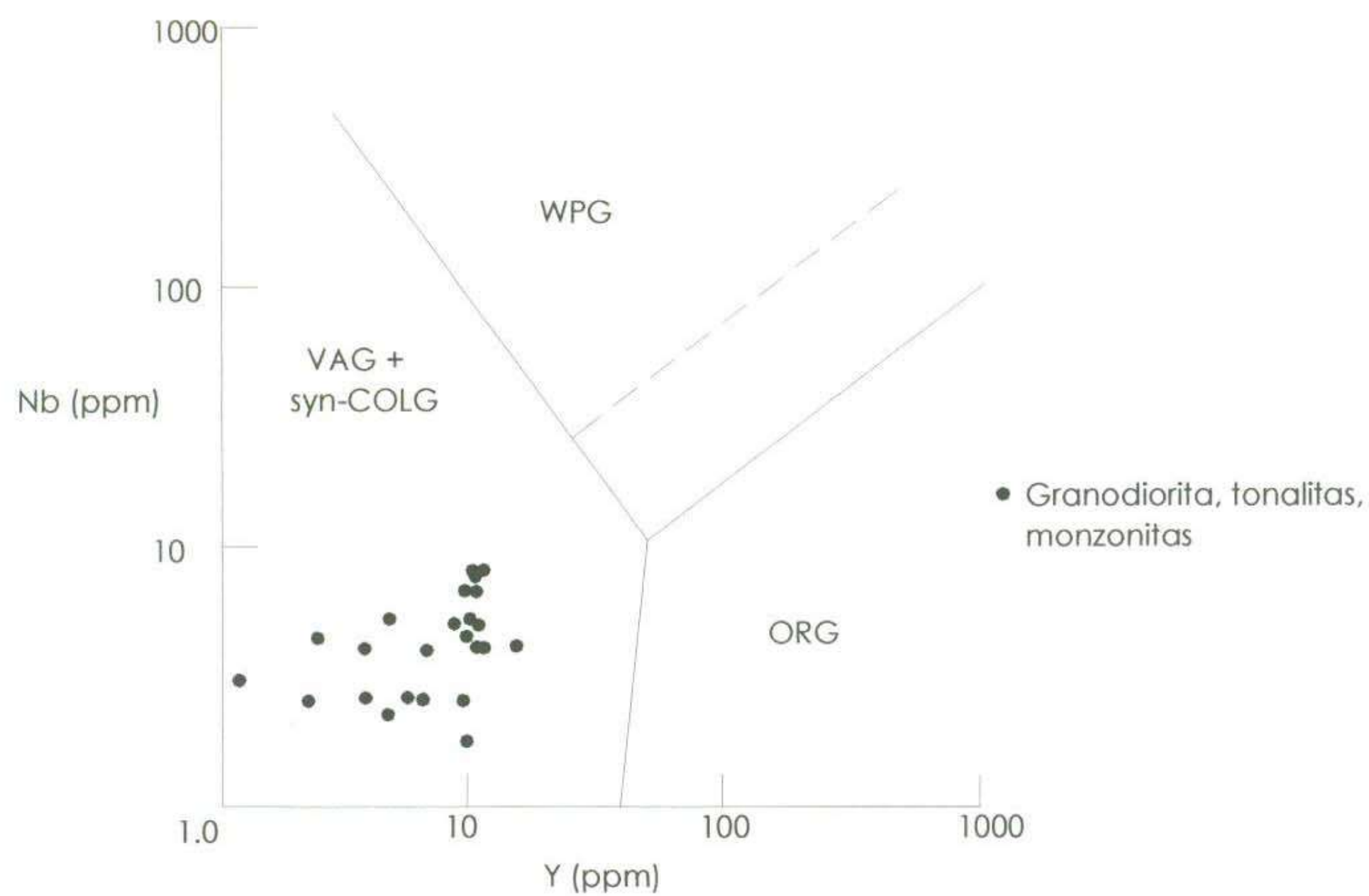


Fig. 33:

Diagrama Nb-Y para granitos (de acuerdo con Perce et al, 1984), mostrando el campo de granitos arco-volcánico (VAG), granitos syn-colisional (syn-COLG), granitos intra-placa (WPG) y granitos cordillera oceánica (ORG); la línea interrumpida es el límite para los granitos (ORG)

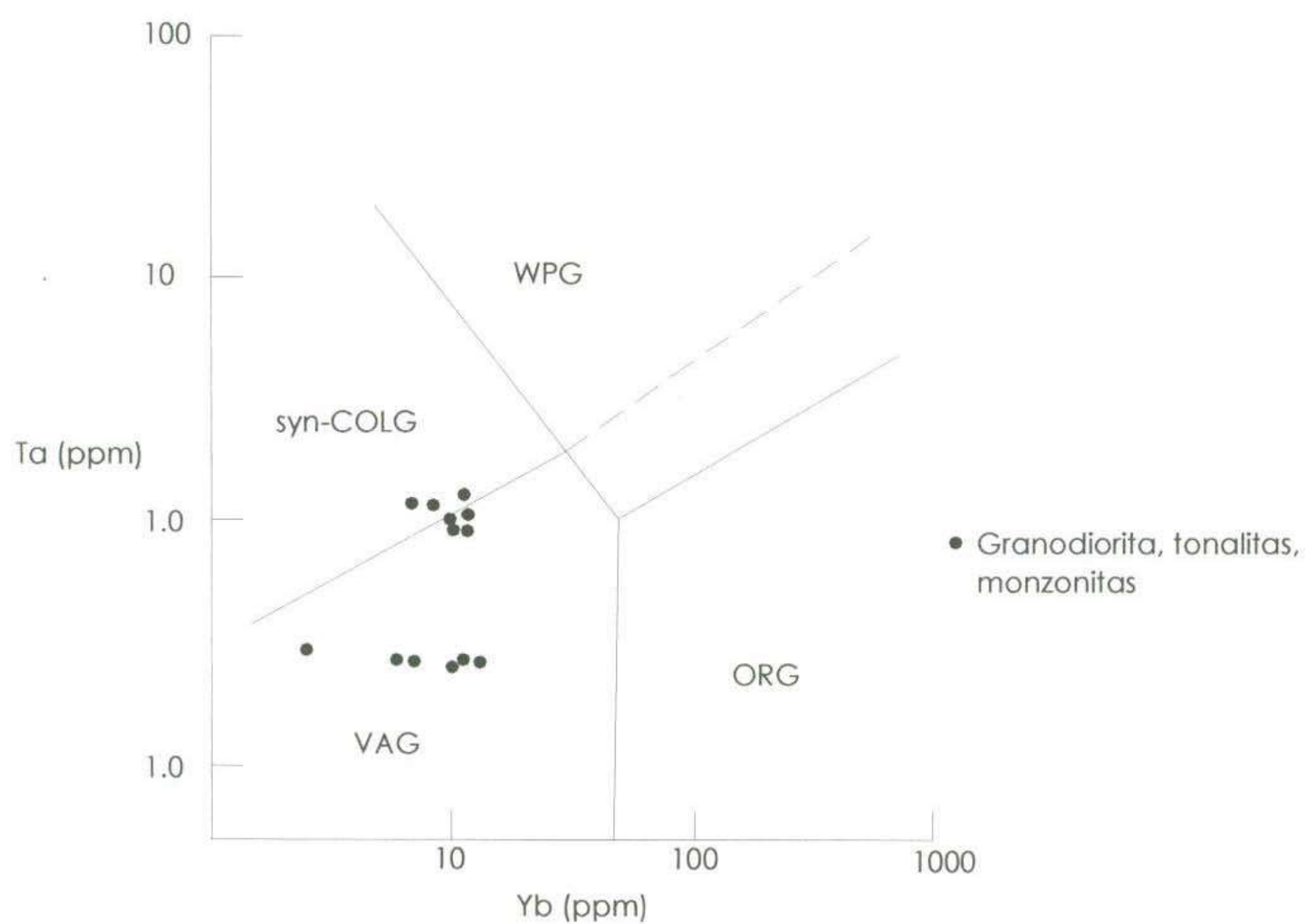


Fig. 34:

Diagrama de discriminación Ta-Yb para granitos (de acuerdo con Perce et al, 1984) mostrando los campos de los granitos de arco volcánico (VAG), granitos syn-colisional (syn-COLG), granitos intra-placa (WPG) y granitos cordillera oceánica (ORG); la línea interrumpida es el límite para (ORG)

VII. Discusión.

El depósito La Fortuna de Cobre exhibe una fuerte alteración hidrotermal de tipo pórfido cuprífero. Datos petrográficos en muestras de superficie han permitido definir dos zonas de alteración argílica y filica. La primera presenta una distribución más amplia generalmente en rocas andesíticas y pórfido feldespático, mientras que la segunda se muestra asociada especialmente a los pórfidos cuarzomonzoníticos. Se ha encontrado que ambas zonas de alteración pertenecen a un mismo sistema hidrotermal y que las zonas de alteración no tienen consecuencias de importancia en la movilidad de los elementos traza (fig.18 y 19).

En el diagrama ternario de SiO_2 - Al_2O_3 - Na_2O para ambos prospectos se muestra un incremento de sílice secundario con respecto a rocas andesíticas y granodioríticas alteradas. Por otra parte el decremento de Na_2O se puede explicar debido a la destrucción de las plagioclasas sódicas en las rocas, como se observó al microscopio. Para el prospecto el Americano el diagrama de SiO_2 - Al_2O_3 - K_2O no mostró cambios posiblemente debido a que la alteración hidrotermal no fue tan intensa.

Las relaciones espaciales del pórfido cuarzomonzonítico con la alteración filica en la Fortuna de Cobre, así como la presencia de inclusiones fluidas ricas en NaCl en los cuarzos de estas mismas rocas, permite relacionar este cuerpo intrusivo con la misma fuente generadora de la mineralización de cobre en el depósito.

Por otra parte el trabajo realizado por Moscica (1997) sobre inclusiones fluidas en La Fortuna de Cobre, reporta un rango de temperaturas de homogeneización muy amplio entre 300 a 500 °C. Este rango tan amplio es probablemente consecuencia de estrangulamiento (“necking-down”). Las características texturales y las relaciones de campo de las rocas asociadas a la mineralización, indican que las condiciones de presión a la que la misma se llevaría a cabo corresponden a un ambiente hipabisal.

Una de las limitaciones importantes en cuestión de la mineralización del prospecto El Americano es la poca abundancia de pirita en los afloramientos, ingrediente esencial en la formación de ácido requerido para la formación de depósitos de cobre supergénico. Tratándose de un sombrero de oxidación pobre en sulfuros, se infiere posible una zona de enriquecimiento supergénico con calcosita es poco probable.

La presencia de numerosas vetas y vetillas de cuarzo en la granodiorita de El Americano conjuntamente con la presencia de anomalías de geoquímica de cobre-molibdeno en zonas parcialmente cubiertas y la clara ocurrencia de anomalías de polarización inducida indicativa de presencia de sulfuros, resulta favorable para exploración de un depósito de cobre en sulfuros hipogénicos. La aparentemente limitada mineralización hipogénica puede deberse a la presencia de un solo pórfido, es decir a la ausencia de un sistema de intrusiones múltiples como ocurren en Cananea o La Caridad.

VIII. CONCLUSIONES.

1. Tomando en cuenta las observaciones al microscopio de las rocas de La Fortuna de Cobre, se determinaron dos tipos de alteración hidrotermal: filica y argílica. La primera consiste en la asociación de sericita+cuarzo±pirita generalmente relacionada con el pórfido cuarzomonzonítico, mientras que la alteración argílica la conforma un arreglo mineralógico de montmorillonita + illita + caolín, asociado generalmente con rocas volcánicas andesíticas y al pórfido feldespático, concluyéndose que estas alteraciones muestran características similares a las descritas sobre alteraciones en los pórfidos de noroeste de México y suroeste de los Estados Unidos.

2. Datos obtenidos de ensayos de cobre y descripciones de barrenación por geólogos de Anaconda Minerals Co en La Fortuna de Cobre, se han permitido definir la forma y tamaño de los cuerpos determinándose dos tipos de cuerpos mineralizados: a) cobre hipogénico y b) cobre supergénico.

3. Mediante el estudio de las muestras de esquirlas de roca con métodos analíticos y estadísticos, se determinaron de cobre para La Fortuna de Cobre como anomalías de cobre a los valores mayores de 225 ppm y 54 ppm de molibdeno. Gracias a esto, se definieron halos de anomalías de cobre y molibdeno determinándose una correlación entre ellos, definida entre los barrenos 2, 4, 7; además nos indica la expresión geoquímica de un cuerpo mineralizado a profundidad.

4. El estudio de análisis de elementos mayores en rocas de la Fortuna de Cobre por medio de diagramas triangulares de Al_2O_3 - K_2O - SiO_2 , permitió definir un incremento diferencial de sílice secundario en las andesitas, así como observar un claro decremento de valores de Na_2O producto de la destrucción de las plagioclasas durante los procesos de alteración hidrotermal.

5. Como resultado de las observaciones de campo y al microscopio de las rocas alteradas del prospecto El Americano, se definieron tres tipos de alteración: filica, argílica y una alteración potásica discreta.

6. El muestreo de geoquímica realizado sobre vetillas del tipo "A" y "B" en el prospecto el Americano y el tratamiento estadístico de los resultados permitió definir cuatro zonas geoquímica de cobre- molibdeno con valores atractivos para ser explorados con barrenación.

7. En forma general los elementos traza en las rocas de La Fortuna de Cobre con alteraciones argílica y filica, indican una movilidad limitada o nula, lo cual indica la posibilidad de la utilización de diagramas de discriminación tectónica e) Ambiente Tectónico.

La geoquímica de elementos mayores y elementos traza, así como la clasificación química de la roca, son generalmente usadas en la identificación del ambiente tectónico original, utilizando ciertos diagramas. Sin embargo, no se conoce la validez de los diagramas para rocas con alteración hidrotermal. Dado que la mayoría de las rocas que afloran en El Americano son granodioritas, se seleccionó los diagramas propuestos por Pearce et al. ,1984; para rocas graníticas que involucran Nb, Y, Ta y Yb. Los valores de geoquímica de las muestras fueron graficados en los diagramas mostrados en las figuras 33 y 34. En la figura 33 los valores de Nb contra Y quedan concentrados en el campo de los granitos tipo arco volcánico (VAG) y granitos syn- colisional (Syn-COLG). El diagrama. Ta-Yb (fig.34) mostró que la mayoría de las muestras quedan en el campo de ambiente tectónico tipo arco volcánico (VAG). aún en rocas alteradas.

Bibliografía.

- Anderson, T. H., and Silver, T. I., 1969, Mesozoic events of the northern Sonora coastal región, Mexico: Geological Society of America Abstracts with Program, v. 1, 3 p.
- Anderson, T.H., and Silver, L.T., 1979, The role of the mohave-Sonora Megashear in the tectonic evolution of northern Sonora, in Anderson T.H., and Roldan- Quintana, J., ed., Geological Society of America: Geology of northern Sonora Field Trip Guidebook, p 59-68.
- Atwater, T., 1970, Implications of plate tectonics for the Cenozoic tectonic evolution of western North America: Geol., Society. of American Bulletin, v. 81, p. 3513-3536.
- Calmus, T., Pérez, S. E. et Wolfgang, S., 1997, Decouvert D'une faune Jurassique-inferieuer et moyen dans la serie de Pozos de Serna(Sonora, Mexique): Consequences sur L'identite et la position du Terreno Caborca, in press, Comptes- Rendus, Académie des Sciencies, Paris.
- Campa, U. F., and Coney, P., 1983, Tectonostratigraphic terrenes and mineral resource distrutions in Mexico, Canadian Journal of earth Sciencies 20, p. 1040-1051.
- Chiapa, C..A., 1977, Geología y exploración del prospecto La Fortuna de Cobre, Puerto Libertad, Sonora: Informe técnico interno de Servicios Industriales Peñoles. p.1-29
- Dickinson R. W., 1981, Plate tectonic evolution of the southern cordillera., ed., Relations of tectonics to ore deposits in the sothern cordillera, in Dickinson, W. R., and Payne, W. D: Arizona Geological Society Digest, v 14., p 113-135.
- Dowlen, R. J., and Gastil, G., 1981, Reconnaissance geology of Cerro Pozo de Serna, western, Sonora, Mexico. , ed., by Luc Ortlieb and Jaime Roldan: in Geology of Northwestern Mexico and Southern Arizona. p. 431-435.

- Gastil, G.R, 1983, Mesozoic and Cenozoic granitic rocks of southern California and western Mexico: Geological Society of America, memoir 159, p. 265-275.
- Gastil, G.R y Krummenacher, D., and Mich, J., 1979, The record of Cenozoic volcanism around the Gulf California: Geological Society of America Bulletin., part I, v. 90., p 839-857.
- Gastil, G.R., and Krummenacher, D., 1977, Reconnaissance geology of coastal Sonora between Puerto Lobos and Bahia Kino: Geological Society of America Bulletin, v. 88. , p 189-198.
- González, L. C., 1980, La Formación Antimonio (Triásico superior-Jurásico inferior) en La Sierra del Álamo, estado de Sonora: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología., v. 6. , p. 39-54.
- González, C. L., y Jacques, C..A., 1990, Paleogeografía del Cretácico temprano en el estado de Sonora: Actas Fac. Ciencias de la Tierra UANL Linares., n . 4., p. 125-152.
- Goldstein R. H., and Reynolds J., 1995, Systematic of inclusions in diagenetic minerals, SEPM short course 31 pp.189.
- Gustafson, L. B., and Hunt, J..P., 1975, The porphyry copper deposit at El Salvador, Chile: Economic Geology, v. 70, p. 857-912.
- Grijalva, J. N., 1991, El Cretácico temprano en Sonora y áreas adyacentes: in Boletín Dpto. Geología de Universidad de Sonora, México. v. 8., p. 1-8.
- Hawking, J. 1970, Petrology and possible tectonic significance of late Cenozoic volcanic rocks, southern California and Baja California: Geological Society of American Bulletin, V. 81, p. 3323-3338.

- Hardy, R. L., 1981, Geology of central sierra de Santa Rosa, Sonora, México: in Geology of northwestern Mexico and southern Arizona. Field guides and paper. Ed. by Ortlieb and Roldán, Q., p. 73-98.
- Lonsdale, P., 1989, Geology and tectonic history of the Gulf of California: in The geology of North America, G.S.A., p. 499-521.
- Rollinson, H., 1993, Using geochemical data: Evaluation, Presentation, Interpretation. Logman Singapore Publishers(pte) Ltd. , Singapore., 352 p.
- Roddler, E., 1984, Fluids inclusions as samples the Ore-Forming. Geochemistry of hidrothermal ore deposit., ed., H. L. Barnes., New York. Rinehart and Winton.
- Seagart, W.E., Sell, J. D., and Kilpratik, B.E., 1974, Geology and mineralization of La Caridad Porphyry copper deposit, Sonora, Mexico: Economic Geology. , v. 69., p. 1060-1077.
- Sawlan, M.G., and Smith J. G., 1984, Petrologic characteristics, age and tectonic setting of Neogene volcanics rock in northern Baja California Sur, Mexico, In Frizzel, Virgil A. Jr. , ed., 1984, Geology of the Baja California Peninsula: Pacific Section S.F. P.M., v. 39. , p 237-251.
- Titley R. S., and Anthony Y. E., 1988, Progressive mixing of Isotopic reservoirs during genesis at the Sierrita porphyry copper deposit, Arizona: Inverse solutions: Geochimica et Cosmochimica Acta Vol. 52, p. 2235- 2249.
- Titley R. S. and Beane, R. E., 1981, Porphyry copper deposits and Hydrothermal alteration and mineralitation. , Part I and Part II. Economic Geology. 75th Aniversary, v., p. 214-269.
- Titley, S. R and Maronzas D. C., 1995, Processes and products of supergene copper enrichment: Porphyry Copper Deposits of the American Cordillera. Arizona Geological Society Diegest 20., p. 156-167.

- Paz. M. F., 1992. , Le volcanisme mio-plio-quaternarie de L'et at Du Sonora (Nord-queste du mexique evolution spaciale et cronolgique implications petrogenetiques): University de Marcella, france.
- Pérez. S. E. and y Zendejas, M. S., 1992, Arsenic in ore concentrates of the Cananea copper deposit: Society for Mining, Metallurgy, and Exploration. Transations v. 290., p 1921-1929.
- Pérez, S. E., and Contla J.J., 1998, La Caridad porphyry copper deposit, twenty years After.... SME annual Mettius of the Arizona conference. Tucson, Az.
- Wodzicki, A. W., 1995, The evolution of laramide igneous rocks and porphyry copper mineralization in the Cananea district, Sonora, Mexico: Tesis doctor of philosophy in The University of Arizona., p. 1-175.

Prospecto	lamina	ANEXO		PETROGRAFICO I		Accesorios	Texturas	Comentarios	Nombre de la roca
		Minerales esenciales	Minerales de alteración	Minerales de alteración	Minerales de alteración				
Fortuna de Cobre	For-1		Mormollonita 20%, sericita 20%, cuarzo 55%	Hematita 5%	Microgranuda	Plagioclasa alteradas a arcillas+ sericita	Posiblemente intrusiva		
	For-2		Arcillas del grupo del caolin 85%, sericita 10%, cuarzo 5%		Afanítica	alteración argilica intensa, stock-work de hematita y vetillas de cuarzo	Volcánica		
	For-3		Arcillas del grupo del caolin 85%, sericita 10%	Hematita en fracturas 5%	Afanítica	Alteración argilica intensa, hematita en fracturas. cubo de pirita.	Volcánica		
	For-4		Arcillas 40%, cuarzo 30%, sericita 10%.	hematita 20%		Feldespatos argilizados, Vetillas de cuarzo.	intrusiva		
	For-5		Arcillas del grupo de caolin 89 %, sericita 5%.	Hematita 5%	Afanítica	Alteración argilica intensa con hematita en vetillas.	Volcánica		
	For-6		Cuarzo microcristalino 30%, sericita entre fragmentos, arcillas + caolinita 47%	hematita 3%	pórfidica	Alteración argilica, presenta inclusiones bifasicas	Intrusiva ?.		
	For-7		cuarzo microcristalino 30%, sericita entre fragmentos, arcillas + caolinita 47%	Hematita en vetillas en 3%	Afanítica	alteración argilica con vetillas de alunita supergenica, dos generaciones de vetillas de cuarzo con sulfuros.	Toba		
	For-8	Cuarzo 1%	Arcillas del grupo del caolin 84%, cuarzo microcristalino 10%,	Hematita 5%	Afanítica	Alteración argilica intensa con vetillas de cuarzo cortado por vetillas de alunita supergenica.	Toba		
	For-10		seudomorfos de plagioclasas transformadas a caolin 20%, arcillas 42 %	Hematita 2%	Pórfidica	silificación posterior, vetillas de alunita supergenica, box-work de pirita.	Pórfido cuarzomonzonítico		
	For-11	Cuarzo en ojos 5%	Cuarzo microcristalino 25%, sericita 20%, arcillas 45%.	Hematita 5%	pórfidica	Alteración argilica, pseudomorfos de plagioclasas	Pórfido cuarzomonzonítico ?		
	For-12	Cuarzo microcristalino 85%	sericita 2 %, arcillas 8 % Matriz arcillosa 37 %, sericita 20%, cuarzo 30%, pseudomorfos de plagioclasas argilizados 10%	Hematita 5%	grano fino	roca sedimentaria con cuarzo con extinción ondulante con cizallamiento.	Ortocuarcita.		
	For-13			Hematita 3%	Pórfidica	alteración argilica , silificación posterior, inclusiones trifasicas liquido+ vapor + sal, box-work de pirita.	Pórfido		
	For-14		Plagioclasas remplazadas a arcillas 64%, cuarzo 30%, sericita 3%	Hematita 3%	Pórfidica	Alteración argilica, vetillas de alunita supergenica, box-work de pirita.	Pórfido feldespatico		

Prospecto	Lamina	Minerales esenciales	Minerales de alteración.	Accesorios	Texturas	Comentarios	tipo de roca
Americano	Ame - 1	Oligoclasa+ plagioclasa zonada 77%, fenocristales de plagioclasa	epidota 1%, clorita 1%.	Hematita 1%	Pórfidica	alteración propilitica clorita+ epidota en trazas, pseudomorfos de hornblenda+ biotita calcoalcalino, epidota	Dique andesítica.
	Ame -2	Oligoclasa- andesina 45%, cuarzo 30%, ortoclasa 20%, biotita 5%.	Biotita secundaria			Alteración potásica por vetillas incipientes de biotita	monzogranito
	Ame-3		Arcillas 54%, sericita 15% cuarzo microcristalino 30%	Hematita 1%	Pórfidica	Matriz compuesta por microlitas de feldespatos, subvolcánico, biotita transformada a muscovita, alteración argílica.	andesítica.
	Ame-4	Oligoclasa+ andesina 76%	Arcillas 15, sericita 5%, cuarzo microcristalino 10%.		Pórfidica	Matriz reemplazada cuarzo microcristalino, argilización y sericita debil, biotita - clorita.	Diorita
	Ame-5	Cuarzo 5%, biotita 1%, trazas de esfena.	Sericita 42%, arcillas 14%, cuarzo microcristalino 30%		Pórfidica	Fenocristales de plagioclasa alterados a arcilla y sericita, alteración sericitica seguido por silicificación, inclusiones fluidas bifasicas, vetillas de cuarzo calcedónico hipabisal.	Pórfido cuarzo feldespatico
	Ame-6		Sericita 65%, cuarzo microcristalino 35%, biotita - sericita. golfos de corrosión	Hematita 5%	Pórfidica	Roca alterada completamente a sericita con silicificación posterior y fuertemente fracturada con Hmt, con algunos fantasmas de fenocristales de feldespatos, inclusiones bifasicas y trifasicas liquido+ sal+vapor.	Pórfido de cuarzo.
	Ame-7	Cuarzo en ojos en 5%	Arcillas+ sericita 55%, cuarzo microcristalino 35%	Hematita 5%	Pórfidica	Plagioclasas alteradas a arcillas con inclusiones trifasicas salt+ vapor + liquido.	Pórfido de cuarzo.
	Ame-8	Cuarzo en ojos en 5%	Cuarzo microcristalino 30%, sericita 64%, biotita sericita 1%		Pórfidica	Cristales de cuarzo con golfos de corrosión con inclusiones trifasicas de liquido + vapor + sal.	Pórfido de cuarzo.
	Ame-9	Plagioclasa 66%, cuarzo 20%, ortoclasa 10 %,biotita 1%.	sericita 3%, clorita en vetillas		Fanerítica	Biotita- clorita+ epidota alteración propilitico	Monzonita de cuarzo
	Ame-10	Oligoclas- andesina 92 %, cuarzo 5%, biotita 3%.	Biotita trasformada a clorita 3 %, clorita- epidota		Granuda, heterogranular	Cristales eudrales de plagioclasas y zonadas, las biotitas se encuentra alteradas a clorita y biotita transformadas a epidota con alteración propilitica	Cuarzo diorita.

Ame-11	Oligociasas-andesina y plagioclasas zonadas 72%, ortoclasa 2%, cuarzo 10%.	Biotita transformadas a clorita 1%, Cuarzo microcristalino 15%, sericita 1%		Fanerítica	cristales grandes de feldespato, cuarzo +clorita entre cristales. Alteración propilitica y silicificación , inclusiones fluidas de sal + vapor + liquido, vetillas de cuarzo+sericita.	Tonalítica
Ame-12	Oligociasa- andesita 72% , ortoclasa 2%, cuarzo 10 %	Biotita+ clorita + biotita 10%, sericita 5%	Box-work de pirita 1%.	Pórfídica	Roca con fenocristales de plagioclasa, la sericita se presenta entre cristales, inclusiones trifasicas en ojos de cuarzo con sal+ vapor+ liquido, vetillas de clorita.	Tonalita
Ame-13	Plagioclasa zonadas + oligoclasa 90%, cuarzo 3%, ortoclasa, biotita-clorita 5%, esfena trz.	sericita 3%, clorita en vetillas		Fanerítica	Formada por fenocristales de feldespato, cuarzo y escaso ortoclasa, presenta además biotita trasformada a clorita y vetillas de cuarzo. Inclusiones fluidas trifasicas agua+ sal + vapor en ojos de cuarzo.	Cuarzo diorita.
Ame-14	Plagioclasa 77%, cuarzo 10%, ortoclasa 3%, biotita + clorita 10%.	Biotita secundaria, vetillas de feldespato K.		granuda	Vetillas de feldespato con fenocristales cuarzo + plagioclasa y ortoclasa escasa con vetillas de cauzo + sericita y clorita, plagioclasa alteradas a sericita.	Tonalítica
Ame-15	Plagioclasas 75 %, ortoclasa 5%, cuarzo 10 %, biotita-clorita 10%.	Vetillas de ortoclasa + biotita secundaria en vetillas.	óxidos en trazas	Fanerítica	Vetilla de cuarzo+ sericita y cuarzo con inclusiones fluidas sal + liquido+ vapor.	Tonalita
Ame-16	Oligociasa- andesina 80%, cuarzo 5 %, ortoclasa 10%, biotita 5 %.	Vetillas de biotita secundaria, cuarzo+ feldespato potasico.		granuda	Alteración potasica presente por biotita y feldespato en vetillas. Cuarzo presenta inclusiones fluidas de sal+ vapor + agua	Tonalita
Ame-17	Plagioclas 87%, cuarzo 5%, feldespato K 3%, biotita 5%.	Biotita secundaria.		Fanerítica	Cristales de cuarzo muestran corrosión	Cuarzo diorita.
Ame - 18	Cuarzo en forma de ojos 5%, plagioclasas 67%, ortoclasa 5%, biotita 3%.	Sericita 10%, cuarzo microcristalino 10%		Fanerítica	roca muestra un contacto con vetilla de cuarzo, alteración producida es sericita y silicificación.	Tonalita
Ame- 19	Cuarzo en forma de ojos 5%	Cuarzo microcristalino 25%, sericita 30%, arcillas 40 %	Fracturaras con Hematita	Pórfídica	Plagioclasas trasformadas a sericita+ arcillas, silicificación posterior, cuarzo anedral con golfos de corrosión.	Intrusiva
Ame-20	Cuarzo en forma de ojos 5%	Sericita 40%, arcillas 35 %, Cuarzo microcristalino 20%,biotita trasformada a sericita.	Hematita 5%	granuda	Roca con ojos de cuarzo y fenocristales de plagioclas, se encuentran trasformadas a arcillas + sericita con silicificación menor.	Cuarzo feldespatico

Ame -21	Cuarzo 5%	Cuarzo microcristalino 75 %, sericita 20%.		Fanerítica	cuarzo y microcristalino producto de silicificación y posterior sericita, cuarzo ondulante. Inclusiones fluidas trifásicas.	Pórfido feldespático
Ame -23		Arcillas 90%, sericita 5%, vetillas de cuarzo 5%		Pórfidica	Roca de textura pórfidica con matriz afanítica, fenocristales de plagioclasas alterados a arcillas, vetillas de cuarzo.	granodiorita
Ame-24	cuarzo 2%.	Sericita 10 %, Cuarzo microcristalino 78%	Hematita 10%	Pórfidica	Plagioclasa transformadas a arcillas, cuarzo en forma anedral, fenocristales de plagioclasas, silicificación menor.	Dique Dacítico
Ame-25	Cuarzo 5%	Arcillas 55 %, sericita 5%, Cuarzo microcristalino 30%.	Hematita 5%	Pórfidica	alteración argílica, silicificación y debil sericita, inclusiones trifásicas de líquido + vapor+ sal y bifásicas con cicatrices de ebullición	Pórfido de cuarzo.
Ame-26	plagioclasas 60% ortoclasa 3%, cuarzo 5%	cuarzo microcristalino 15%, biotita- clorita- epidota 5%, ortoclasa 12% en vetillas.		Pórfidica	Fenocristales de cuarzo con inclusiones trifásicas de agua + líquido+ vapor con alteración potásica, vetillas de cuarzo-feldespato.	monzonita
Ame- 27	Oligoclasa- andesina y plagioclasas zonadas 80%, ortoclasa 3%, cuarzo 5%, biotita 2%.	Cuarzo microcristalino 10%		Granuda	Feldespato potásico en la matriz con cuarzo, biotita transformada a clorita- epidota.	Monzonita
Ame-28	Cuarzo 2%, plagioclasa en fenocristales 15 % cuarzo microcristalino + plagioclasas 78 %.			Pórfidica	Compuesta por fenocristales de plagioclasa, cuarzo anedral, matriz microcristalina formada por plagioclasas + cuarzo.	Dique pórfido dacítico
Ame- 29	Plagioclasas Zonadas y oligoclasa- andesina 86 %, cuarzo 5 %, ortoclasas 3%, biotita- clorita 5%.	Sericita 1%		Granuda	Vetillas de cuarzo con sulfuros potásicos + sulfuros + biotita fina. Fenocristales de plagioclasa, cuarzo, menor ortoclasa, alteración potásica debil, sulfuros de calcopirita transformados a goethita. inclusiones trifásicas sal+ vapor + líquido.	Tonalita
Ame -30	Cuarzo 10 %, Plagioclasas 30%, ortoclasa 3%, biotita 1%.	Sericita 20 %, cuarzo microcristalino 35 %, biotita secundaria	Hematita 1%	Pórfidica	Cuarzo en forma anedral y fenocristales de plagioclasa, la alteración silicificación+ sericita con vetillas de cuarzo con antiguos sulfuros cortando, inclusiones trifásicas sal + líquido + vapor.	Pórfido cuarzo feldespático
Ame-31	Plagioclasas 43%, Matriz de plagioclasas+ cuarzo 40%, Cuarzo 5%, ortoclasa 10 %, biotita- clorita 5%.	vetillas de feldespato potásico		Fanerítica	Fenocristales de plagioclasa zonadas y cuarzo anedral, inclusiones fluidas trifásicas de líquido+ vapor + sal.	Monzonita

	ame-32	Cuarzo 3%, plagioclasas 40%, matriz de cuarzo + plagioclasas en 49 %, ortoclasa 3%, biotita 5%.	Vetillas de biotita y feldespato potasico			Granuda Holocristalina	Fenocristales de plagioclasas menor cuarzo, cristales de cuarzo con inclusiones fluidas de sal+ vapor+ agua. Fenocristales de cuarzo, vetillas de sericita + cuarzo, abundantes fracturas con óxidos de hematita+ goethita, vetillas de sulfuros, inclusiones fluidas sal + vapor + liquido.		Granodiorita
	Ame-33	Cuarzo 3%, plagioclasas 41%, biotita 1%, zircón Trz.	Sericita 30, cuarzo microcristalino 20%	Hematita 5%		Pórfida			granodiorita.

Fortuna de Cobre
Análisis de rocas alteradas

	Al2O3	CaO	Cr2O3	Fe2O3	K2O	MgO	MnO	Na2O	P2O5	SiO2	TiO2	LOI
For-1 *	14.59	0.24	0.01	3.75	2.35	0.25	0.01	0.79	0.14	68.56	0.44	7.72
For-2 *	13.85	0.34	0.01	4.15	1.71	0.27	0.01	0.83	0.17	71.05	0.5	5.98
For-3 *	14.07	0.37	0.01	4.83	2.45	0.51	0.01	0.27	0.13	68.86	0.76	6.81
For-4 *	12.35	0.82	0.01	7.7	1.94	0.45	0.01	0.17	0.18	64	0.55	10.43
For-5 *	17.24	0.73	0.01	5.03	3.61	0.48	0.01	0.28	0.1	36.16	0.84	9.33
For-6 *	15.2	0.28	0.01	3.77	3.22	0.2	0.01	0.15	0.14	62.75	0.4	13.32
For-7 *	14.26	0.28	0.01	4.28	3.17	0.31	0.01	0.29	0.18	67.22	0.68	7.88
For-8 *	17.22	0.73	0.01	2.89	2.16	0.35	0.01	0.57	0.16	61.1	0.69	13.17
For-12 *	5.23	0.08	0.01	2.26	1.05	0.01	0.01	0.01	0.04	87.52	0.2	3.15
for-14 *	15.89	0.24	0.01	1.65	3.81	0.39	0.01	0.24	0.08	68.56	0.43	7.33
For-15 *	12.15	0.17	0.01	5.49	3.35	0.49	0.01	0.26	0.2	69.75	0.45	6.62
For-17 *	15.82	0.23	0.01	0.98	4.13	0.64	0.01	0.24	0.09	71.46	0.5	4.59
For-19 *	14.96	0.35	0.01	0.54	3.35	0.29	0.01	0.41	0.12	70.92	0.57	7.33
For-20 *	15.35	0.19	0.01	2.29	4.08	0.29	0.01	0.24	0.17	64.85	0.57	10.44
For-25 *	15.54	0.47	0.01	2.77	5.15	0.22	0.03	3.48	0.07	67.38	0.42	2.43
for-9 **	14.93	0.21	0.01	4.23	3.33	0.34	0.01	0.37	0.14	68.09	0.59	6.23
for-10 **	14.98	0.27	0.01	2.75	2.77	0.47	0.01	0.96	0.19	65.49	0.53	10.46
for-11 **	15.46	0.22	0.01	2.44	3.13	0.5	0.01	0.94	0.19	64.81	0.55	10.8
for-13 **	15.55	0.13	0.01	1.91	3.86	0.46	0.01	0.18	0.15	70.08	0.41	6
for-16 **	13.03	0.12	0.01	4.45	3.21	0.44	0.01	0.3	0.14	69.26	0.42	7.74
for-18 **	15.26	0.36	0.01	2.23	3.38	0.29	0.01	0.34	0.19	64.35	0.54	11.79
For-21 **	13.68	0.42	0.01	2.83	3.19	0.67	0.01	0.25	0.19	70	0.67	6.48
For-24-1 **	13.01	0.79	0.01	0.82	3.53	0.6	0.01	0.21	0.18	74.33	0.62	4.61
for-22 ***	15.3	2.2	0.01	2.32	2.8	0.64	0.01	3.47	0.12	69.41	0.37	1.98
for-23 ***	15.63	1.5	0.01	2.64	3.45	1.17	0.03	3.23	0.14	68.69	0.45	1.9
For-24 ***	15.36	1.11	0.01	2.44	4.51	1.99	0.05	2.81	0.29	67.44	0.58	2.2

* Filica

** Argilica

*** Propilitica

Fortuna de Cobre
Análisis de rocas alteradas

	Ba	Ce	Cs	Co	Cu	Dy	Er	Eu	Gd	Ga	Rb	Sm
For-1 *	878	83	0.5	9.5	110	0.5	0.4	0.5	1.6	14	66.2	2.7
For-2 *	527	18	0.4	9	35	0.6	0.7	0.3	1	13	47.2	1.2
For-3 *	1080	67	0.9	6	45	3.1	2.3	1	4.3	15	70.2	4.7
For-4 *	506	60.5	0.8	7	210	4.2	2.4	1.4	5.6	19	62.2	6.3
For-5 *	1255	74.5	0.8	6	55	5.2	3.2	1.2	5.7	21	107	6.1
For-6 *	1305	46	0.5	10	140	1.3	1	0.5	2.4	13	61.4	3.2
For-7 *	526	26.5	0.4	11	65	1.7	1.1	0.6	2	18	84.2	2.6
For-8 *	470	32	0.8	10.5	85	2	1	0.6	2.6	16	59.6	2.7
For-12 *	475	14	0.2	31	25	0.5	0.4	0.1	0.7	8	25	1
for-14 *	1055	51.5	0.6	11	95	0.4	0.3	0.4	1.3	15	75.8	2
For-15 *	547	56.5	1	13.5	245	1.2	0.9	0.6	2.7	17	85.4	3.6
For-17 *	1030	63.5	0.5	12.5	95	1	0.8	0.8	3.1	18	93.6	3.8
For-19 *	578	61.5	0.8	15.5	55	1.8	1.3	0.6	3.1	17	71.4	3.7
For-20 *	642	51	0.7	8	65	1.7	1.1	0.7	2.6	22	104	3.5
For-25 *	2520	18	1	15	640	1.5	0.9	0.5	1.7	16	97	2.6
for-9 **	748	64	0.6	9	115	1.3	0.8	0.7	2.4	18	66	3.8
for-10 **	836	64.5	1.2	10	260	2	1.2	0.7	2.8	16	70.6	3.8
for-11 **	1020	63.5	1.1	12.5	480	1.9	0.9	1	3.5	14	72.4	5.1
for-13 **	1270	54.5	0.3	11	65	0.8	0.5	0.4	1.4	20	83.2	2.3
for-16 **	592	71.5	0.7	14	175	1.5	0.6	1	2.4	19	68.4	4.1
for-18 **	402	82	1	13.5	275	1.9	1	1.2	3.3	19	67.6	5.6
For-21 **	1060	70.5	0.9	15	330	0.7	0.1	0.9	2.6	13	66.6	4.4
For-24-1 **	468	66	1.9	12	150	2.7	1	1.6	5.1	14	103	5
for-22 ***	1320	58.5	3.6	30	1080	2.4	1	1.1	3.4	18	61.8	3.9
for-23 ***	1370	53.5	1.6	31.5	2090	2	1	0.9	3.5	20	91.6	4.2
For-24 ***	1240	64	1.1	24	2040	2.1	1.3	1.3	4.7	14	81	5.8

* Filica
 ** Argílica
 *** Propilitica

Fortuna de Cobre
Análisis de rocas alteradas

	Sr	Ta	Tb	Th	Sn	W	U	V	Yb	Y	Zn	Zr	La
For-1 *	939	1	0.2	16	8	65	2	40	0.5	3.5	15	149	43
For-2 *	370	0.5	0.1	6	14	56	1	40	0.8	3	15	128	9
For-3 *	423	1.5	0.6	18	15	42	2	85	2.1	17.5	15	176	32.5
For-4 *	339	1	0.8	17	11	36	5.5	65	2.6	24.5	20	120	30.5
For-5 *	214	1.5	0.9	24	19	29	3	145	3.3	29	15	104	30.5
For-6 *	270	0.5	0.3	8	6	52	1.5	25	0.7	6.5	10	152	26
For-7 *	144.5	0.5	0.3	6	19	63	1.5	50	1.3	10	15	156	13
For-8 *	462	1.5	0.4	6	20	35	2.5	70	1.5	11	10	165.5	17
For-12 *	156.5	0.5	0.1	3	10	207	0.5	45	0.3	8	15	55	8
for-14 *	413	0.5	0.1	8	10	100	1.5	35	0.4	8	15	121.5	31.5
For-15 *	290	0.5	0.3	14	10	103	1.5	60	0.7	7.5	30	114.5	30.5
For-17 *	157	1.5	0.4	8	13	110	2	50	0.6	6.5	10	184.5	37
For-19 *	142.5	1.5	0.4	15	7	97	6	85	1.3	11	15	170.5	33.5
For-20 *	276	1	0.4	15	15	57	3.5	45	1.2	8.5	15	149	28
For-25 *	613	1	0.3	3	1	103	2	25	1	8.5	35	107	11
for-9 **	689	1.5	0.3	21	12	52	2.5	65	1	8	15	151	33.5
for-10 **	439	1.5	0.5	23	10	69	2	60	1.2	10.5	10	143.5	36.5
for-11 **	570	1.5	0.3	20	9	92	3	60	0.9	8.5	20	148.5	35
for-13 **	400	1	0.1	10	19	87	1.5	45	0.3	8	10	150	31.5
for-16 **	328	1	0.3	15	13	109	1.5	45	0.4	5.5	10	121.5	37
for-18 **	542	1.5	0.3	20	14	97	11.5	65	1.1	8.5	20	150.5	45.5
For-21 **	635	1.5	0.2	15	7	99	1.5	40	0.5	8	30	137.5	37
For-24-1 **	477	2	0.6	16	7	82	4	45	1.1	9.5	15	119	36
for-22 ***	581	1.5	0.4	7	1	183	2	30	1.1	11	30	137	31
for-23 ***	505	1	0.4	7	1	163	1.5	25	0.9	9.5	50	178.5	30
For-24 ***	549	1	0.6	11	3	136	2.5	45	1.1	11	210	169	33.5

* Filica
 ** Argilica
 *** Propilitica

El Americano

Análisis de rocas alteradas

	Al2O3	CaO	CrO3	Fe2O3	K2O	MgO	MnO	Na2O	P2O5	SiO2	TiO2	LOI
Ame-5 *	14.48	0.11	0.01	1.87	4.3	0.67	0.01	0.16	0.06	74.39	0.41	2.61
Ame-6 *	12.29	0.14	0.01	6.35	3.68	0.48	0.01	0.1	0.18	71.78	0.49	3.11
Ame-7 *	14.96	0.25	0.01	7.96	4.82	0.51	0.01	0.17	0.13	66.17	0.46	3.39
Ame-8 *	16.69	0.14	0.01	3.5	5.04	0.62	0.01	0.15	0.17	68.33	0.54	3.26
Ame-9 *	15.31	2.28	0.01	2.37	0.7	1.79	0.05	4.43	0.22	68.72	0.51	2.14
Ame-18 *	16	1.5	0.01	3.09	3.65	0.54	0.01	2.21	0.07	68.44	0.42	2.55
Ame-20 *	16.31	0.09	0.01	4.21	5.12	0.45	0.01	0.16	0.09	69.03	0.45	2.91
Ame-29 *	15.49	2.18	0.01	1.91	3.22	1.47	0.03	3.86	0.16	68.75	0.45	1.3
Ame-30 *	14.77	1.33	0.01	2.29	4.55	1.18	0.01	2.32	0.15	69.61	0.36	1.93
Ame-33 *	15.42	0.54	0.01	5.4	4.23	0.71	0.01	0.73	0.16	66.74	0.46	4.43
Ame-3 **	13.11	0.26	0.01	4.07	3.66	0.42	0.01	0.26	0.23	70.92	0.5	5.59
Ame-4 **	16.54	1.62	0.01	4.09	0.87	0.18	0.01	3.56	0.19	66.78	0.53	4.5
Ame-19 **	16.39	3.28	0.01	2.69	2.7	1	0.03	4	0.13	66.55	0.42	1.53
Ame-22 **	10.01	0.14	0.01	1.98	2.87	0.34	0.01	0.01	0.1	82.09	0.36	1.81
Ame-23 **	15.08	0.12	0.01	6.27	4.54	0.36	0.1	0.11	0.17	68.57	0.53	3.11
Ame-25 **	12.64	0.27	0.01	2.67	2.87	0.43	0.01	0.01	0.17	66.06	0.43	9.52
Ame-2 ***	15.18	3.3	0.01	2.25	1.15	1.65	0.04	3.99	0.18	69.2	0.47	1.42
Ame-10 ***	15.92	3.21	0.01	2.68	1.49	1.53	0.03	3.6	0.18	68.68	0.52	2.48
Ame-11 ***	15.78	2.81	0.01	1.98	1.4	1.45	0.03	4.08	0.18	68.53	0.41	1.77
Ame-12 ***	15.96	2.79	0.01	2.5	2.22	1.7	0.04	3.7	0.21	67.22	0.45	1.71
Ame-13 ***	16.09	2.51	0.01	2.01	0.84	2.14	0.04	4.36	0.2	68.08	0.52	2.2
Ame-14 ***	16.22	2.09	0.01	2.13	4.09	1.86	0.03	3.52	0.22	68.89	0.53	1.44
Ame-15 ***	16.14	2.62	0.01	2.42	3.1	1.73	0.02	3.81	0.2	66.35	0.54	1.49
Ame-16 ***	15.6	2.2	0.01	1.56	3.99	1.6	0.01	3.49	0.16	68.05	0.48	1.27
Ame-17 ***	15.88	2.91	0.01	2.46	2.67	1.46	0.03	3.55	0.18	67.2	0.48	1.83
Ame-26 ***	15.36	1.92	0.01	1.83	3.21	1.54	0.03	3.62	0.17	69.15	0.42	1.49
Ame-31 ***	15.77	2	0.01	1.97	3.98	1.27	0.01	3.41	0.15	69.51	0.42	1.14
Ame-32 ***	15.93	2.82	0.01	2.32	3.46	1.57	0.03	3.62	0.17	66.93	0.5	0.98
Ame-21 +	14.5	0.15	0.01	8.93	4.35	0.5	0.01	0.16	0.13	65.7	0.57	3.49
Ame-24 +	16.71	1.14	0.01	3.69	1.07	1.35	0.04	4.3	0.17	66.27	0.55	3.37
Ame-27 +	15.32	2.63	0.01	2.12	2.76	1.55	0.03	3.82	0.17	68.75	0.44	1.12
Ame-28 +	15.53	2.59	0.01	2.13	2.84	0.52	0.01	3.71	0.13	68.44	0.43	2.17

Filica *

Argilica **

Potasica ***

Silificación +

El Americano
Analisis de rocas alteradas

	Ba	Ce	Cs	Co	Cu	Dy	Er	Eu	Gd	Ga	Ho	La
Ame-5	602	27	1.1	23	45	1.6	0.7	0.6	2.2	21	0.3	13
Ame-6	847	30.5	0.9	18.5	320	0.9	0.6	0.2	1.5	21	0.1	15.5
Ame-7	1140	72	0.6	12.5	290	1.7	1	1.1	3.8	25	0.3	36.5
Ame-8	1060	56.5	1.2	15.5	170	1.8	1.3	0.8	3.5	24	0.3	28.5
Ame-9	297	42	0.9	33.5	1795	1.7	0.9	1.1	2.8	19	0.3	23
Ame-18	1170	54	0.8	17.5	215	2.7	1.5	1	3.5	18	0.5	28.5
Ame-20	1390	45.5	1.3	15	120	1.3	0.7	0.4	2.3	26	0.2	22.5
Ame-29	1220	52.5	1	26.5	1950	1.5	0.6	0.8	2.9	17	0.3	28
Ame-30	915	42	0.9	24.5	1285	1.3	1	0.9	2.2	15	0.1	28
Ame-33	904	32.5	1.4	14.5	535	1.1	0.8	0.7	2.3	22	0.3	16
Ame-3	807	33	1.4	13.5	160	1.4	1	0.6	2.2	18	0.3	17
Ame-4	371	53	1.3	11.5	535	1.4	1	1	2.8	21	0.3	26
Ame-19	1015	60.5	0.9	27	115	1.5	0.8	1	3	20	0.3	32.5
Ame-22	567	8	0.9	24.5	65	1	0.5	0.2	1.3	15	0.1	4
Ame-23	989	36.5	0.6	11	125	1.9	0.7	0.7	3.3	19	0.3	18
Ame-25	504	62	1	18.5	10000	0.4	0.3	0.4	1.9	16	0.1	33.5
Ame-2	651	54.5	1.6	33	880	1.6	0.8	0.9	3.6	17	0.4	28.5
Ame-10	824	48.5	1.5	19.5	1165	2	1.1	1.2	3.3	20	0.4	24
Ame-11	593	55.5	0.9	25.5	930	2.1	1.1	1	3.4	18	0.5	25.5
Ame-12	910	63	1.7	19	635	2	1.1	1.3	3.2	19	0.4	30.5
Ame-13	205	46	3.7	24.5	2620	2	0.9	1.2	3.6	20	0.4	23
Ame-14	1145	58	2.5	27.5	1035	1.9	1.1	1.3	3.1	18	0.4	33
Ame-15	1100	44.5	2.2	23.5	2040	2	0.9	0.9	2.9	19	0.3	24
Ame-16	1040	57.5	1.7	31	1480	2	0.5	1	3.5	18	0.3	30.5
Ame-17	1065	46	1.2	16.5	895	1.8	0.8	1.1	3	20	0.3	24.5
Ame-26	1120	45.5	1.6	31	320	1.6	1.3	1	3.3	22	0.3	27
Ame-31	1140	69	1.2	29	1075	2.2	1.2	1.2	3.5	19	0.6	35.5
Ame-32	1170	51	1.8	34.5	985	1.8	0.8	1.1	3.3	19	0.4	29
Ame-21	1360	56.5	0.9	17	595	1.6	0.7	0.7	3.1	15	0.3	29.5
Ame-24	250	57	2.8	29.5	1390	1.5	0.5	1	2.9	20	0.2	27.5
Ame-27	942	47.5	1	31	550	2	1.2	0.8	3.3	19	0.3	25
Ame-28	1135	68	0.8	23.5	125	1.6	1	0.9	2.9	19	0.3	35.5

El Americano
Analisis de rocas alteradas

	Pb	Nd	Nb	Pr	Rb	Sm	Sr	Ta	Tb	Th	Sn	W
Ame-5	15	13.5	4	3.3	122	2.8	85.5	0.5	0.3	6	21	172
Ame-6	15	12	7	3.2	110.5	2.2	625	1	0.2	9	17	140
Ame-7	15	29.5	8	8	128	5.1	325	0.5	0.4	14	16	91
Ame-8	5	26.5	7	6.4	155	4.9	858	0.5	0.4	10	14	128
Ame-9	20	19.5	7	5.4	22.6	3.5	593	1.5	0.4	10	4	158
Ame-18	15	25.5	6	6.2	85.8	5.1	396	0.5	0.5	9	5	104
Ame-20	10	19.5	5	5.2	144.5	3.6	156.5	0.5	0.3	6	13	117
Ame-29	15	22.5	6	6	77	4.1	545	1.5	0.4	12	3	137
Ame-30	5	18	6	4.8	91.8	3.2	339	0.5	0.4	10	5	133
Ame-33	5	16	7	4.1	127	3.4	520	1	0.3	11	12	135
Ame-3	25	15.5	4	4.1	109.5	3.4	118.5	0.5	0.3	8	10	87
Ame-4	20	23.5	7	5.7	25.4	4	1050	0.5	0.3	10	4	85
Ame-19	20	23	6	6.7	62.2	4	698	1	0.4	9	1	135
Ame-22	15	4.5	4	1	123	1.2	332	0.5	0.1	7	12	185
Ame-23	5	18	7	4.2	132	3.5	316	1	0.5	12	16	89
Ame-25	15	22	6	6.5	73.6	3.6	231	0.5	0.1	7	26	135
Ame-2	5	22.5	8	6	35.4	4.4	815	1.5	0.4	16	1	192
Ame-10	15	21.5	7	5.9	37.8	3.6	709	1	0.3	9	3	128
Ame-11	25	22.5	8	6.4	33.8	4.5	651	1.5	0.5	16	3	182
Ame-12	15	25.5	9	7.1	66.4	4.6	652	1.5	0.5	9	3	116
Ame-13	20	20.5	6	5.3	45	4.1	628	0.5	0.4	10	5	137
Ame-14	20	23.5	8	6.1	104	4.4	616	1	0.4	10	3	156
Ame-15	15	18.5	7	4.9	119	3.7	587	0.5	0.4	7	4	128
Ame-16	20	24	9	6.6	108	4.6	571	2	0.5	12	3	162
Ame-17	15	20.5	7	5.4	73.8	4.3	663	0.5	0.4	8	1	83
Ame-26	20	19.5	9	5.1	81.8	3.9	677	1.5	0.3	13	3	187
Ame-31	10	28.5	8	7.9	103	5.1	546	1.5	0.6	10	3	163
Ame-32	15	20.5	7	5.5	83.2	3.9	657	1.5	0.5	10	2	194
Ame-21	5	23.5	8	6.1	104	4.3	206	1.5	0.3	18	8	119
Ame-24	5	24.5	6	6.4	48	4.1	745	0.5	0.4	7	4	105
Ame-27	20	20.5	8	5.5	63	4.1	678	1	0.4	12	4	179
Ame-28	20	24.5	9	7.2	74.8	4	692	1.5	0.4	8	3	150

El Americano
Analisis de rocas alteradas

	U	V	Yb	Y	Zn	Zr
Ame-5	2	40	0.8	7.5	20	103.5
Ame-6	2	75	0.6	4.5	15	110.5
Ame-7	3	80	1.1	7.5	20	154
Ame-8	3	65	1	10	30	144
Ame-9	2.5	40	0.8	9.3	55	155
Ame-18	3	45	1.4	17	15	115.5
Ame-20	1.5	55	0.5	6.5	15	122.5
Ame-29	2.5	45	1	8	35	116.5
Ame-30	2.5	55	0.8	7.5	25	116
Ame-33	2	80	0.7	7.5	15	
Ame-3	3	50	1	7.5	20	104.5
Ame-4	2.5	50	0.8	7	20	174
Ame-19	2	40	0.9	7.5	30	115
Ame-22	2	45	0.4	4	15	85.5
Ame-23	3.5	80	1.1	9.5	10	152
Ame-25	13.5	95	0.2	1.5	15	98.5
Ame-2	4	40	1.3	10	40	143.5
Ame-10	3	50	1.1	9.5	45	149
Ame-11	4	45	1.2	11.5	40	108
Ame-12	2	50	1.1	10	45	1205
Ame-13	2.5	40	1.1	10.3	35	132
Ame-14	2.5	50	1	10	45	158
Ame-15	1.5	60	0.8	9	30	134
Ame-16	2.5	55	1.1	10	30	140
Ame-17	2	50	0.8	10	50	130.5
Ame-26	3	50	0.9	10.5	40	171
Ame-31	3	50	1.1	10.5	30	139
Ame-32	2.5	45	1.2	10	40	154.5
Ame-21	3	60	1	8.5	25	124
Ame-24	3	55	0.9	6	85	138
Ame-27	3.5	50	1	10	35	139
Ame-28	2.5	35	1	9.5	15	142