

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI

MÉMOIRE PRÉSENTÉ À
L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À CHICOUTIMI
COMME EXIGENCE PARTIELLE
DE LA MAÎTRISE EN SCIENCES DE LA TERRE

PAR

CARLOS ORÉ SÁNCHEZ

CARACTÉRISATION ET RÔLE DES FAILLES (E-W) SÉCANTES DANS LE
CONTRÔLE DE LA MINÉRALISATION AURIFÈRE À LA MINE
PODEROSA, PATAZ, PÉROU

CARACTERIZACIÓN Y ROL DE LAS FALLAS (E-W) SECANTES EN LA
MINERALIZACION AURIFERA FILONIANA DEL BATOLITO DE PATAZ,
PERU

JUIN 2006



Mise en garde/Advice

Afin de rendre accessible au plus grand nombre le résultat des travaux de recherche menés par ses étudiants gradués et dans l'esprit des règles qui régissent le dépôt et la diffusion des mémoires et thèses produits dans cette Institution, **l'Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** est fière de rendre accessible une version complète et gratuite de cette œuvre.

Motivated by a desire to make the results of its graduate students' research accessible to all, and in accordance with the rules governing the acceptance and diffusion of dissertations and theses in this Institution, the **Université du Québec à Chicoutimi (UQAC)** is proud to make a complete version of this work available at no cost to the reader.

L'auteur conserve néanmoins la propriété du droit d'auteur qui protège ce mémoire ou cette thèse. Ni le mémoire ou la thèse ni des extraits substantiels de ceux-ci ne peuvent être imprimés ou autrement reproduits sans son autorisation.

The author retains ownership of the copyright of this dissertation or thesis. Neither the dissertation or thesis, nor substantial extracts from it, may be printed or otherwise reproduced without the author's permission.

RESUMEN

El objetivo principal es de determinar el rol de las fallas (WNW-ESE y WSW-ENE) secantes a las vetas, en la mineralización y formación de clavos mineralizados, en el yacimiento aurífero filoniado de la mina Poderosa, Perú.

El Batolito de Pataz tiene una forma alongada de dirección NNW-SSE paralelo al lineamiento andino. Este se trata de un granitoide clasificado como de tipo-I, de afinidad calcoalcalina, peralumínosa y constituida de una secuencia intrusiva dividida en dos series: una de diorita-microdiorita (además de tonalita) y otra de granodiorita-monzogranito. Las dos series son intruidos primero por diques de composición ácida (aplítas-pegmatitas) seguido de otra secuencia de composición básica (hornblenditas-diabasas). Fragmentos subredondeados de microdioritas del Carbonífero, además de fragmentos subredondeados a subangulosos de rocas pre-carboníferas forman los xenolitos al interior del cuerpo intrusivo; cubriendo sobre el flanco Este se encuentran una secuencia de volcánicos terciarios que constituyen igualmente diques inyectados en el intrusivo.

Dos fases de alteración son identificadas en la zona de estudio: una primera, producto de la reinyección y enfriamiento del intrusivo y otra segunda ligada a los procesos hidrotermales. Esta última que es la más importante en las cajas de las vetas cuarzo auríferas y en las fallas, es dominada por la sericitización y cloritización. Estos dos tipos de alteraciones definen una zonación centimétrica en contacto con la veta y en asociación con las fallas (algunas veces) con sericitización (próximal) seguida de cloritización más distal. Otros tipos de alteración subordinada como la carbonatación,

argilización y silicificación son poco desarrolladas a excepción de la carbonatación que se desarrolla mejor en rocas intermedias a básicas.

El balance de masas de los elementos indican una pérdida en SiO_2 en bordura de vetas y algunas fallas; una adición en K_2O y pérdida en Na_2O en zonas de sericitización e incremento en MgO con pérdida en K_2O en zonas de cloritización.

El aspecto estructural de la zona de estudio, presenta, a todas las escalas, el mismo sistema de fracturamiento. Las familias de fracturas mejor desarrolladas presentan orientaciones al WNW-ESE, WSW-ENE, NNW-SSE. El buzamiento de las dos primeras familias son subverticales con movimiento sinextral tardío y para la tercera en promedio 45° al Este. La formación del sistema de fracturas es definida como pre-mineral, las que sufren reactivaciones en las etapas de mineralización y post-mineralización.

Los clavos mineralizados constituidas por vetas cuarzo auríferas (con una alta concentración de sulfuros), de potencias desde algunos centímetros a 1.5 metros, ocasionalmente pueden ser mayores por duplicación de veta. Los ejes principales de los clavos mineralizados muestran orientaciones favorables entre N045° y N117°. El contenido aurífero, en los clavos mineralizados puede llegar hasta las 90 gr-Au/tn; pero no es raro encontrar valores que pasen las 600 gr-Au/tn.

El resultado de este estudio permite sugerir que: algunas fallas sirvieron de conductos para la ascensión de los fluidos mineralizantes y otras se encargarían de la distribución. Donde, las fallas (y fracturas) de orientación WNW-ESE (N295-N325°, familia 1) serían las que permitirían el transporte y las de orientación WSW-ENE (N265-N225°, familia 2), distribuirían la mineralización; Las estructuras de tendencia al Norte (familia 3) y de bajo ángulo son las receptoras, que alojan y donde se forman las vetas.

RÉSUMÉ

Le but principal de ce travail est de déterminer le rôle des failles (WNW-ESE et WSW-ENE), sécantes aux veines aurifères, dans la formation et le contrôle des aires minéralisées; du gisement aurifère filonien de la mine Poderosa, encaissé dans le Batholite de Pataz, au Pérou.

Le Batholite de Pataz a une forme allongée suivant la direction NNW-SSE parallèle aux linéaments andéens. Il s'agit d'un granitoïde classé comme étant de type-I, d'affinité calco-alcaline, peralumineux et constitué d'une séquence intrusive subdivisée en deux séries : l'une de diorite à tonalite et l'autre de granodiorite à granite puis à monzogranite. Il est injecté par un cortège de dykes commençant par des dykes acides (aplitiques-pegmatites) et se terminant par des dykes basiques (hornblendites-diabase). Des fragments sub-arondis de microdiorite carbonifère et des fragments sub-anguleux ou sub-arondis de roches anté-carbonifères forment des xénolites à l'intérieur de l'intrusion, recouvert sur le flanc est par une suite de roches volcaniques tertiaires, qui constituent également des dykes à l'intérieur de l'intrusion.

Deux phases d'altération sont identifiées dans la zone d'étude : une première produite par la mise en place et le refroidissement de l'intrusion, et une seconde liée aux processus hydrothermaux. Cette dernière, qui est la plus importante dans les épontes des veines de quartz aurifères et dans des failles, est dominée par la séricitisation et la chloritisation. Ces deux types d'altération définissent une zonalité centimétrique au contact des veines et localement en bordure des failles. Il s'agit d'une séricitisation (proximale), suivie d'une chloritisation plus distale. D'autres types d'altération dont la carbonatation, l'argilisation et la silicification sont également reconnus mais peu

prononcés, sauf la carbonatation qui se développe mieux dans des roches intermédiaires à basiques.

Les calculs de balance de masse indiquent une perte en SiO₂ au contact des veines et de quelques failles, un gain en K₂O et une perte en Na₂O dans les zones de séricitisation; et un gain en MgO accompagné d'une perte en K₂O dans les zones de chloritisation.

Sur le plan structural, la zone d'étude présente, à toutes les échelles, le même réseau de fracturations. Les familles de fracturations les plus développées sont orientées WNW-ESE, WSW-ENE et NNW-SSE. Les pendages sont respectivement, pour les deux premières familles, sub-verticales et à mouvements tardifs senestres et pour la troisième en moyenne à 45° vers l'est. La formation dans le temps, de ce réseau de fracturation est interprétée anté-minéralisation suivie de réactivations syn- et post-minéralisations.

Les aires minéralisées (*Ore Shoots*) sont constitués de veines de quartz aurifères (avec une haute concentration de sulfures) de puissance de quelques centimètres à 1,5 mètre; ils peuvent occasionnellement être plus épais à la suite de réactivation tectonique. Les axes principaux, les plus favorables, des aires minéralisées sont orientés entre N045° et N117°. Les teneurs en or peuvent atteindre 90 gr/t; mais il n'est pas rare de trouver des valeurs de plus de 600 gr/t.

Cette étude a permis de suggérer que certaines failles ont servi de conduits pour les fluides minéralisateurs tandis que d'autres ont assuré leur distribution. Ainsi, les failles d'orientation WNW-ESE (N295-N325°, la famille 1) seraient responsables du transport alors que celles d'orientation WSW-ENE (N265-N225°, la famille 2) auraient permis la distribution du fluide aurifère. Les structures à faible pendage et de direction nord, quant à

elles (famille 3), constituent les pièges qui ont favorisé la mise en place des veines aurifères.

AGRADECIMIENTO

El desarrollo de la maestría se enmarca dentro de la colaboración entre la Universidad de Québec en Chicoutimi (UQAC) y la Compañía Minera Poderosa (S.A.) que es propietaria de gran parte del yacimiento aurífero filoniano emplazado en el Batolito de Pataz, Perú.

Quiero agradecer al profesor Réal Daigneault por aceptar este proyecto y haberme guiado a lo largo de este trabajo; agradezco igualmente a los profesores Damien Gaboury, Jayanta Guha y Pierre Cousineau por su apoyo y aceptar ser partes de mi comité evaluador.

En Compañía Minera Poderosa (S.A.), a todos los trabajadores, que hicieron posible el desarrollo de los trabajos de campo y de manera especial al los ingenieros: Marcelo Santillana, Gerente General; Luis Sejas, Gerente de Operaciones y Fausto Cueva por confiarne la investigación, por sus consejos, por su apoyo y por quienes se hizo posible la colaboración entre la Universidad de Québec en Chicoutimi; al personal de geología y a la señora Socorro Torres por estar siempre pendiente mi estadía en el Canadá.

A mis padres Reynaldo Oré y Lilia Sánchez y hermanos por su apoyo constante durante todo el desarrollo de la maestría.

TABLA DE MATERIAS

RESUMEN	I
RÉSUMÉ	III
AGRADECIMIENTO	VI
TABLA DE MATERIAS.....	VII
LISTA DE FIGURAS	XI
LISTA DE TABLAS.....	XIV
LISTA DE ANEXOS.....	XV
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 PROBLEMATICA GENERAL	1
1.1.1 Origen y naturaleza de los fluidos	4
1.1.2 Dinámica de los fluidos	6
1.1.3 Los cambios químicos y físicos con la roca	8
1.1.4 Mecanismos de precipitación del oro	9
1.1.5 La trampa estructural	9
1.2 PROBLEMÁTICA ESPECÍFICA Y MINERALIZACIÓN EN EL BATOLITO DE PATAZ	11
1.3 OBJETIVOS.....	14
1.4 METODOLOGÍA.....	15
1.5 GEOLOGIA REGIONAL	17
1.6 GEOLOGIA LOCAL	21
CAPITULO II	27
CARACTERIZACION PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO	27

2.1 INTRODUCCIÓN	27
2.2 ROCAS INTRUSIVAS	27
2.2.1 Petrografía de la serie granodiorita – monzogranito	31
2.2.2 Petrografía de la serie diorita-microdiorita	32
2.2.3 Petrografía de aplíta y pegmatitas	34
2.2.4 Petrografía de lamprófiros-diabasas	34
2.3 ENCLAVES METASEDIMENTARIOS.....	36
2.4 DIQUES VOLCÁNICOS TARDIOS.....	38
2.5 CARACTERIZACION GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS	40
2.6 CONCLUSIÓN	48
CAPITULO III	49
CARACTERÍSTICAS DE LAS ALTERACIONES	49
3.1 INTRODUCCIÓN.....	49
3.2 MINERALOGÍA DE LAS ALTERACIONES	50
3.2.1 Sericitización: Fílica (Cz-Sert).....	50
3.2.2 Cloritización: Propilitica (Ch, Py, Cac).....	52
3.2.3 Argilización	58
3.2.4 Alteraciones subordinadas	58
3.2.4.1 Silicificación	58
3.2.4.2 Carbonatación	59
3.2.4.3 Epidotización	59
3.2.4.4 Hematitización	60
3.3 GEOQUÍMICA DE LA ALTERACION HIDROTERMAL	60
3.3.1 Geoquímica y balance de masas: para las vetas	61
3.3.2 Geoquímica balance de masas: para las fallas	69
3.3.2.1 Área Jimena (zona Norte)	70
3.3.2.2 Área Consuelo (zona Sur)	74
3.4 RELACIONES DE LAS ALTERACIONES HIDROTERMALES	80
3.5 CONCLUSIÓN	84
CAPITULO IV	88
ASPECTO ESTRUCTURAL	88
4.1 INTRODUCCION.....	88
4.2 ANÁLISIS Y DISTRIBUCIÓN DE ESTRUCTURAS.....	89

4.2.1 Fallas y fracturas menores	89
4.2.1.1 Área de Jimena	89
4.2.1.2 Área de Consuelo	90
4.2.2 Estructuras mayores	103
4.2.2.1 Falla María	105
4.2.2.2 Falla Qori-huarmi	106
4.2.2.3 Falla La Brava	107
4.2.2.4 Falla San Lucas	107
4.2.2.5 Falla San Marcos	108
4.2.2.6 Falla Perejil	109
4.2.2.7 Falla San Juan	110
4.2.2.8 Falla San Luís	110
4.2.2.9 Falla San Teófilo	111
4.3 RELACION CON LOS DIQUES	112
4.4 ANÁLISIS DE FRACTURAMIENTO Y SUS RELACIONES	113
4.5 CONCLUSIÓN	118
CAPITULO V	123
CLAVOS MINERALIZADOS	123
5.1 INTRODUCCION	123
5.2 VETA LA LIMA	124
5.3 VETA MERCEDES	127
5.4 VETA JIMENA	129
5.5 VETA CARMELA	132
5.6 VETA KAROLA	132
5.7 VETA CONSUELO	134
5.8 VETA IRMA	138
5.9 VETA MARIA ROSA	138
5.10 VETA VICKY	139
5.11 CONCLUSIÓN	142
CAPITULO VI	147
SÍNTESIS DE LAS OBSERVACIONES Y DISCUSIÓN	147

6.1 INTRODUCCION	147
6.2 CONTEXTO LOCAL	147
6.3 PETROGENESIS DEL BATOLITO	148
6.4 ALTERACIONES	149
6.5 FRACTURAS Y FALLAS	152
6.6 CLAVOS MINERALIZADOS	153
6.7 RELACION DE LOS ELEMENTOS OBSERVADOS	154
6.8 DISCUSION.....	156
6.8.1 Importancia y formación del cuerpo intrusivo	156
6.8.2 Etapas de fracturamiento	157
6.8.2.1 Etapa pre-mineral	157
6.8.2.2 Etapa sin-mineral	158
6.8.2.3 Etapa post-mineral.....	160
6.8.3 Fracturamiento y mineralización.....	160
6.9 COMPARACION CON OTROS YACIMIENTOS	164
CAPITULO VII.....	169
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	169
7.1 CONCLUSIONES.....	169
7.2 RECOMENDACIONES	171
REFERENCIAS.....	174
ANEXOS	182

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 Plano geológico regional y ubicación de la zona de estudio.....	20
Figura 1.2 Plano geológico local de la mina Poderosa y ubicación de las zonas de trabajo.....	25
Figura 1.3 Plano de las características estructurales de la Mina Poderosa y cuadro de ubicación de figuras (planos principales).....	26
Figura 2.1 Secciones de las relaciones espaciales entre las secuencias intrusivas.....	29
Figura 2.2 Diagrama de clasificación Streckeisen (1976) de las rocas intrusivas del área de estudio.....	35
Figura 2.3 Clasificación geoquímica de las rocas intrusivas ácidas e intermedias a básicas.....	43
Figura 2.4 Diagramas de discriminación tectónica (Maniar y Picolli, 1989) para las rocas graníticas.....	44
Figura 2.5 Diagrama de discriminación tectónica de la serie granito-monzogranito.....	45
Figura 2.6 Diagramas de clasificación por tipo de granitoide, para el Batolito de Pataz.....	46
Figura 2.7 Diagramas de variación de <i>Harker</i> para las rocas intrusivas.....	47
Figura 3.1 Relación de la alteración: zona de sericitas y zona de carbonatos.....	53
Figura 3.2 Sericitización de rocas ácidas.....	54
Figura 3.3: a) Sericitización de dioritas, b) cloritización de diorita hornblendica.....	55
Figura 3.4: a) Distribución de la cloritización y sericitización en fallas subverticales, b) Hematita en zonas de falla.....	57
Figura 3.5 Ubicación de las estaciones de trabajo y toma de muestras en la zona Norte, Jimena-Mercedes.....	62
Figura 3.6 Ubicación de las estaciones de trabajo y toma de muestras en la zona Sur, Consuelo.....	63
Figura 3.7 Balance de masas de elementos mayores, veta Jimena nivel 1937.....	65
Figura 3.8 Balance de masas de elementos mayores, veta Jimena nivel 1867.....	66
Figura 3.9 Balance de masas de elementos mayores, veta Consuelo nivel 2450.....	67
Figura 3.10 Balance de masas de elementos mayores, veta Consuelo nivel 2650.....	68
Figura 3.11 Balance de masas de elementos mayores, falla Qori-huarmi nivel 1987.....	72
Figura 3.12 Balance de masas de elementos mayores, falla San Lucas nivel 1937.....	73
Figura 3.13 Balance de masas de elementos mayores, falla San Juan nivel 2450.....	75

Figura 3.14 Balance de masas de elementos mayores, falla San Luís nivel 2530.....	76
Figura 3.15 Balance de masas de elementos mayores, falla San Teófilo nivel 2700.....	77
Figura 3.16 Balance de masas de elementos mayores, falla Perejil nivel 2700.....	78
Figura 3.17 Balance de masas de elementos mayores, falla Perejil nivel 2450.....	79
Figura 3.18 Diagrama de relación Na ₂ O/K ₂ O en diferentes litologías.....	86
Figura 3.19 Diagramas ternarios de caracterización geoquímica de las rocas y sus alteraciones relacionadas a las vetas.....	87
Figura 4.1 Ubicación de las labores cartografiadas en la zona de Jimena y representación de las medidas estructurales en la red de Schmidt.....	91
Figura 4.2 Diagrama de rosas para las diferentes estructuras en la zona de Jimena.....	92
Figura 4.3 Ubicación de las medidas estructurales en la zona de Jimena.....	93
Figura 4.4 Ubicación de las medidas estructurales en la zona de Jimena.....	94
Figura 4.5 Ubicación de las medidas estructurales en la zona de Jimena.....	95
Figura 4.6 Diagrama comparativo de distanciamiento entre las fracturas para la zona de Jimena.....	96
Figura 4.7 Ubicación de las labores cartografiadas en la zona de Consuelo y representación de las medidas estructurales en la red de Schmidt.....	98
Figura 4.8 Diagrama de rosas para las diferentes estructuras en la zona de Consuelo.....	99
Figura 4.9 Ubicación de las medidas estructurales en la zona de Consuelo.....	100
Figura 4.10 Ubicación de las medidas estructurales en la zona de Consuelo.....	101
Figura 4.11 Diagrama comparativo de distanciamiento entre las fracturas para la zona de Consuelo.....	102
Figura 4.12 Formación de vetas de cuarzo en estructuras secundarias a las fallas secantes (WSW-ENE).....	114
Figura 4.13 Orientación de las fallas principales en Mina Poderosa	115
Figura 4.14 Relación de fracturas con los diques aplíticos (zona de Jimena).....	116
Figura 4.15 Orientación de las fracturas obtenidas a partir de densidad de intersecciones entre fracturas y con la veta Jimena.....	120
Figura 4.16 Relación de las fracturas y valores auríferos en la veta Jimena.....	121
Figura 4.17 Densidad de intersecciones a nivel distrital (de La Lima a Santa María).....	122
Figura 5.1 Distribución de clavos, veta La Lima 2.	126
Figura 5.2 Distribución de clavos, veta Mercedes.....	128

Figura 5.3 Distribución de clavos, veta Jimena.....	131
Figura 5.4 Distribución de clavos, veta Carmela.....	133
Figura 5.5 Distribución de clavos, veta Karola.....	135
Figura 5.6 Distribución de clavos, veta Consuelo.....	137
Figura 5.7 Distribución de clavos, veta María Rosa.....	140
Figura 5.8 Sección comparativa entre: buzamiento, potencia y ley en la veta María Rosa.....	141
Figura 5.9 Diagrama de orientación de los principales clavos mineralizados en el yacimiento aurífero de Mina Poderosa.....	145
Figura 5.10 Relación de los clavos mineralizados con el sistema de fallas en el área Norte de la mina Poderosa.....	146
Figura 6.1 Representación esquemática de variación litológica y sus relaciones con el número y potencia de vetas.....	167
Figura 6.2 Control estructural de las vetas Gigante-Esperanza y Cabana; en el distrito de Parcay, al Sur de la Mina Poderosa (Tomado de MacFarlane <i>et al.</i> , 1999).....	168

LISTA DE TABLAS

Tabla 1.1 Características de la mineralización aurífera filoniana hospedadas en rocas intrusitas, para los modelos: orogénico (en el cratón de Yilgarn, Australia) e <i>Intrusión Related</i> (Fort Knox, Alaska).....	3
Tabla 1.2 Estaciones de trabajo y de toma de muestras.....	18
Tabla 2.1 Resumen de las características minerográficas de las rocas observadas.....	39
Tabla 3.1 Resumen de las características generales de las alteraciones.....	51
Tabla 5.1 Características (orientación) de los principales clavos mineralizados en el yacimiento aurífero de Mina Poderosa.....	144

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Ubicación de las muestras en las estaciones de trabajo.....	183
Anexo 2. Base de datos del análisis químico.....	184
Anexo 3. Base de datos de las medidas estructurales en el área de Jimena.....	190
Anexo 4. Base de datos de las medidas estructurales en el área de Consuelo.....	193

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

El Proyecto de Maestría desarrollado, propone caracterizar los controles de la mineralización aurífera en el Sector Norte del Batolito de Pataz (Perú), con la finalidad de establecer las guías de exploración en la búsqueda de nuevas estructuras mineralizadas y de sus concentraciones económicas. En este capítulo se presentará una revisión de toda problemática concerniente a vetas auríferas ligadas, o encajadas en cuerpos intrusivos, así como la problemática específica en la zona de estudio: los objetivos, la metodología, el cuadro geológico regional y la mineralización reconocidas hasta el inicio del presente trabajo.

1.1 PROBLEMATICA GENERAL

Groves *et al.* (1998) propusieron un modelo unificado de diferentes contextos de mineralización aurífera, teniendo en cuenta dos variables muy importantes como: el ambiente tectónico y la profundidad crustal. Por consiguiente, se define que la mineralización se forma en contextos de extensión, en formación de arcos magmáticos y en contexto convergente de acreción de arcos, los que son reagrupados bajo el nombre de “orogénico”. Bien que esos parámetros permiten una clasificación genética de los tipos de mineralización, estas se encuentran como una clase típica que se puede reconocer en

los dos grandes tipos de ambientes y a todas las profundidades de la corteza, sean estos yacimientos vetiformes encajados en intrusivos. Pero uno de los puntos aún en debate a la actualidad es el papel de los intrusivos en la formación de "vetas auríferas hospedadas en intrusivos", ¿es que la intrusión es solamente un receptáculo favorable? O ¿si la mineralización es producto de fluidos magmáticos relacionados a la intrusión? El modelo del tipo *Intrusion Related* fue introducido para con la finalidad de aislar en un tipo de yacimiento asociado a los fluidos hidrotermales de origen magmático (Lang y Baker, 2001) por consiguiente, existen dos modelos que designan la mineralización aurífera relacionadas a intrusivos sea el modelo orogénico, o el modelo de *intrusión related*. El primer modelo considera que el proceso principal que da los fluidos es el metamorfismo y que su relación con los intrusivos es netamente espacial (un papel pasivo) y el segundo modelo considera que los cuerpos intrusivos juegan un rol importante en los procesos mineralizadores (un papel activo).

En la tabla 1.1 se presenta la características de la mineralización aurífera filoniana desarrolladas al interior de intrusivos enmarcados en los modelos orogénico (Cassidy *et al.*, 1998) y de *Intrusion Related* (Lang y Baker, 2001) en el cratón de Yilgarn, Australia; y Fort Knox en Alaska respectivamente.

Un remarque especial merecen las observaciones hechas por McLaren *et al.* (1999) el cual puede estar involucrado dentro de los dos modelos predecesores, o involucrar los dos en uno, como Depósito de oro de aureola termal, en la que, los fluidos pueden ser tempraneros o tardíos. En el primer caso, los fluidos se emplazan inmediatamente después de la intrusión y se producen por una advección del calor del plutón. Lo segundo, se produce por la desintegración radiogenética del granito que tiene la capacidad de mantener la fuente de calor y activar los fluidos en ocasiones sobre los 300

Tabla 1.1 Características de la mineralización aurífera filoniana hospedada en rocas intrusivas, para los modelos: orogénico (en el cratón de Yilgarn, Australia) e *Intrusión Related* (Fort Knox, Alaska)

Características	Orogénico (Cratón de Yilgarn, Australia)	<i>Intrusion Related</i> (Fort Knox, Alaska)
Estructural	Controlado por estructuras de segundo y tercer orden, por inflexiones en fallas/zonas de cizalla e intersecciones entre dos estructuras	Mineralización controlado por fracturas
Estructura mineral	Vetas de cuarzo y zonas de cizalla	Mineralización en forma de <i>sheeted</i> y localmente en <i>stockwork</i>
Edad del plutón	2950 - 2650 Ma	95-90 Ma
Edad de la mineralización	2630 ± 10 Ma	92 ± 1.2 Ma
Ambiente	En acreción y colisión orogénica, mineralización asociada a secuencias supracrustales,	En acreción y colisión orogénica, relacionado a zonas de subducción (hay ocurrencia en todos los ambientes)
Control regional	Fallas regionales (importante)	Presencia de cuerpos intrusivos, fallas regionales
Mineralogía	Cuarzo, carbonatos-sulfuros (pirita ± pirrotita ± calcopirita ± galena ± esfalerita)-teloruro	Cuarzo, sulfuros (pirita, arsenopirita, pirrotita; <5% del volumen) -magnetita o hematita, -teloturos
Alteración	Alteración a sericit-añquerita fuertemente desarrollada, también sílica y ± a clorita	Alteración feldespática fuertemente desarrollado al igual que sericit, sílica penetrante, también clorita
Asociaciones metálicas	Au-Ag-As-Bi-Te-W-Mo-Pb.	Au-Ag-Bi-Te-Mo-W-As-Pb
Inclusiones fluidas	Contenido de CO ₂	Contenido de CO ₂
Otras concentraciones metálicas	Bajas concentraciones de Cu, Pb y Zn	Concentraciones moderadas a altas de Cu, Pb y Zn
Salinidad	Moderada a baja (<3 a 10 equiv. Wt% NaCl)	Moderada a baja (<20 equiv. Wt% NaCl)
Temperatura	250 a 600°C	Temperaturas de 250 a 500°C
Presión	1 a 4 Kbar	<0.5 a >3.0 kbar

Cassidy *et al.* (1998)

Lang y Baker (2001)

Selby *et al.* (2002)

Ma y producir la circulación de fluidos que pueden extenderse hasta 10 kilómetros de la margen del intrusivo. Ejemplos, como el de Pine Creek Inlier, donde la mineralización (sulfuros) se emplaza en 20 millones de años posterior a la intrusión y el evento aurífero se produce 40 Ma más tarde. Otro ejemplo es el yacimiento de cobre de Mount Isa Fault (McLaren *et al.*, 1999) datado en 1523 Ma, mientras que la intrusión del Batolito de Sybella fue datado en 1670 Ma.

El problema que se adiciona a esta observación es la validez y exactitud de las dataciones, por ejemplo, Selby *et al.* (2002) constatan para los yacimientos de Pogo en Canadá, que las dataciones por Re-Os y U-Pb se correlacionan bien, mientras que Re-Os y Ar/Ar pueden presentar diferencias de hasta en 12 Ma. Por consiguiente, el buen empleo de los métodos y técnicas de las dataciones hacen de las interpretaciones confiables o en caso contrario pueden llevar a postulados erróneos.

Independiente de los modelos, muchos factores pueden controlar la mineralización aurífera filoniana en general y en particular dentro de intrusivos, de las cuales se reconocen los siguientes:

- origen y naturaleza de los fluidos
- dinámica de los fluidos
- los intercambios físico-químicos con las rocas
- mecanismos de precipitación del oro
- entrampamiento estructural

1.1.1 Origen y naturaleza de los fluidos

En un intento por clasificar los yacimientos hidrotermales a partir de la naturaleza de los fluidos White (1974) evoca cuatro tipos de fluidos responsables: a) aguas

superficiales, b) aguas connatas e infiltraciones subterráneas, c) aguas metamórficas y d) aguas magmáticas. Trabajos posteriores como los que postulan un modelo de convección de los fluidos meteóricos (Nesbitt *et al.*, 1986) muestran que la influencia de los fluidos meteóricos no es limitada por la profundidad; estos fluidos son observados desde yacimientos epitermales hasta los mesotermales como el reportado para algunos yacimientos (Skinner, 1997) en la cadena de montañas canadiense que corresponden a una profundidad de 15 kilómetros a una presión de 0.85 Gpa. Gracias a trabajos de perforaciones diamantinas y el análisis de isótopos estables en Rusia, se reconoce la infiltración de estos fluidos hasta los 11 kilómetros de profundidad.

Groves *et al.* (1987) favorecen, el modelo asociado a los fluidos metamórficos, los cuales están íntimamente ligados a depósitos filonianos asociados a cinturones de rocas verdes, algunos de los cuales como: el de Abitibi (Canadá) y Ashanti (Gana). La importancia de los fluidos magmáticos son tratados por Burrows y Spooner (1987) que presentan un modelo magmático asociado a intrusiones félsicas, como el que también son sostenidos por Lang y Baker (2001) y McLaren *et al.* (1999) en los modelos *Intrusion-Related* y *Aureola Termal* respectivamente.

Los fluidos metamórficos en los depósitos del modelo orogénico (Groves *et al.*, 1998) presentan las siguientes características:

- un contenido aproximadamente de 5% mol de CO₂
- en sectores dominados por rocas metasedimentarias, los fluidos pueden contener Hg y CH₄
- tienen contenidos de NaCl

Los fluidos de naturaleza ígnea en el modelo *Intrusión Related* (Lang y Baker, 2001) tienen las siguientes características:

- el CO₂ casi omnipresente (salvo en regiones ligeramente profundas)
- contienen NaCl
- hay un modelo común en que a partir de los fluidos carbónicos tempranos se desarrollan a salmueras acuosas posteriores
- otros componentes como CH₄, N₂, H₂S son presentes
- muestran una correspondencia entre la composición de los fluidos con la roca encajante

Lo cierto es que en casi la totalidad de los depósitos hidrotermales se observa por lo menos una relación de “mezcla” de dos fluidos de distinta naturaleza.

1.1.2 Dinámica de los fluidos

Sibson (1990) describe que la migración de los fluidos y las condiciones de precipitación de los minerales en los sistemas hidrotermales son gobernadas por las presiones, los que se dividen en dos grandes zonas: las de zonas profundas ligadas a yacimientos mesotermiales y las de poca profundidad a epitermales y postula dos mecanismos para las formaciones de mineralización hidrotermal: a) la bomba de succión y b) la válvula activa.

La bomba de succión es aplicable para yacimientos epitermales, donde las condiciones son esencialmente hidrostáticas y activadas por las pausas sísmicas. Las estructuras de remplazamiento son típicamente de naturaleza de extensión, las cuales presentan morfologías variadas: típicas en echelon, dentro las cuales igualmente se encuentran estructuras sigmoidales, cola de caballo y dentro de la nomenclatura de Sibson los denominados *jobs*; se producen dentro de inflexiones, saltos, imbricaciones, duplicaciones extensionales dentro de los filones. A pequeña profundidad, las estructuras

en extensión son caracterizadas por la presencia de texturas crustiformes y brechiforme, esta última constituye brechas de implosión, en rompecabezas, constituida de fragmentos angulosos de la roca encajante, cimentada por una matriz hidrotermal. La abertura sísmica de las fracturas de extensión con una velocidad muy grande que a las de la migración de los fluidos produce un desequilibrio de presión al origen de la succión. Según las condiciones del sistema, el material del desmoronamiento interno de las paredes de las fracturas que producen la brecha de implosión es cimentada por la carga mineral de los fluidos.

El modelo de válvula activa es esencialmente aplicable a las grandes zonas de cizallamiento en regímenes de dúctil a dúctil-frágil. Afín de que el modelo pueda funcionar, la zona de cizalla debe atravesar una gradiente de presión que pueda exceder las condiciones puramente hidrostáticas. Las gradientes suprahidrostáticas pueden estar confinadas bajo barreras impermeables que pueden representar, por ejemplo, los horizontes de evaporitas, de esquistos argilosos o de rocas cristalinas. La acción de la válvula se realiza cuando hay una actividad sísmica que permiten a los fluidos romper la barrera y la migración de los fluidos en sentido ascendente es sostenida justo hacia el equilibrio de presiones. Las fallas de fuerte pendiente son las fallas que favorecen este proceso, como las fallas inversas (ejemplo: Kambalda y el cratón de Yilgarn en Australia y el del cinturón verde del Abitibi en Canadá).

En los dos modelos (la bomba de succión y la válvula activa) el proceso de mineralización es repetitivo y producirá muchas etapas sucesivas de pausa – mineralización. La presión cae durante la descarga del fluido y asciende progresivamente durante los períodos tranquilos.

1.1.3 Los cambios químicos y físicos con la roca

La alteración representa el resultado de la interacción de los fluidos y la roca encajante, las que se expresan como cambios en: forma, color, textura, mineralógica o química y propiedades físicas (peso específico, permeabilidad, porosidad, conductividad, entre otros). Algunos de los parámetros que los controlan son:

- la temperatura
- la composición del fluido principalmente su pH
- la permeabilidad de la roca
- el tiempo de interacción
- la composición de la roca
- la presión

Si bien es cierto, que las alteraciones fílica y propilítica se encuentran asociadas a estructuras auríferas vetiformes, estas deben ser bien entendidas dentro de un proceso hidrotermal, ya que según el modelo propuesto en la dinámica de fluidos, estos son cílicos (?), que implicaría etapas sucesivas de alteración, un comportamiento diferente se observaría si el régimen de la migración de los fluidos fuera continuo.

En el cratón de Yilgarn, en Australia (Cassidy *et al.*, 1998) las alteraciones relacionadas a una variedad de rocas intrusivas donde se alojan filones auríferos resalta la variación modal de los carbonatos (anquerita/calcita) en las zonas proximales, el tipo de carbonato que se desarrolla durante la alteración varía también según la litología encajante: las rocas intermedias a félsicas contienen típicamente anquerita y/o siderita, mientras que en las rocas ultramáficas contienen dolomitas y/o magnesita, la cantidad de CO₂ fijada en la zona de alteración parece ser grande que depende de la abundancia inicial de los elementos como magnesio, hierro y calcio en las rocas encajantes.

1.1.4 Mecanismos de precipitación del oro

Los mecanismos de transporte y precipitación del oro son basados en la solubilidad del oro dentro de las soluciones cloruradas o como complejos bisulfuricos. Dentro de algunos casos puede mostrarse como complejos de arseniuros y teloruros de oro como agentes de transporte. Los principales factores que favorecen la precipitación son: temperatura, presión, pH de la solución, la fugacidad del oxígeno, los contenidos de azufre y volátiles, la salinidad. Por ejemplo cuando el transporte se realiza por complejos clorurados, el oro precipita por el incremento del pH. Cuando el azufre precipita por el aumento del pH, el oro puede precipitar como resultado de la actividad del azufre. Es más, la oxidación de complejos bisulfurados puede causar la precipitación del oro tanto como la reducción de complejos clorurados (Romberger, 1990).

El rol de las rocas intrusivas dentro de la precipitación del oro aún se encuentra en debate Phillips (1986), Phillips y Groves (1983) y Zhou *et al.* (2003) otorgan una importancia a las rocas con altos contenidos de hierro y que geoquímicamente serían las más apropiadas para la mineralización, en teoría esto significa que las de composición básica a intermedias son las que presentan mayores perspectivas, sin embargo gran numero de mineralización aurífera es reportado en rocas ácidas, las cuales son documentadas y demostradas por Mason (2004).

1.1.5 La trampa estructural

El entrampamiento estructural representa el lugar de la formación del depósito asociado generalmente a la caída de presión, las fallas y zonas de cizalla funcionan comúnmente como trampas. Muchos ejemplos de mineralización en rocas intrusivas son nombradas en la literatura, entre las cuales se encuentran los yacimientos arquéanos en

el Canadá (Stephens *et al.*, 2004), en Zimbabwe, en Brasil (Callan y Spooner, 1998), en Australia (Cassidy *et al.*, 1998); en China (Yang *et al.*, 2003; Zhou y Guxian, 1999); tanto como en la península Ibérica (Boiron *et al.*, 1996) donde las estructuras controlan la forma, tamaño y distribución de la mineralización.

Según a la profundidad con respecto a la corteza terrestre, las zonas de cizalla pueden tener un comportamiento frágil, dúctil-frágil o puramente dúctil. Cameron (1989) indica que los niveles frágiles y transicionales son los más favorables para la mineralización, en la migración de los fluidos hacia niveles estructurales superiores ocurre una precipitación de su carga metálica preferentemente en las zonas de transición de dúctil a frágil que en las zonas profundas. Las posibles disposiciones de la mineralización asociadas a zonas de cizallamiento son: las zonas de extensiones al interior o al exterior de la zona de cizallamiento, las venas sigmoides, las venas oblicuas en la zona de cizalla (*Riedels*), o en la vena central de la cizalla (reemplazamiento de la falla) (Hodgson, 1989; Robert y Brown, 1986). En zonas de ambientes frágiles caracterizada por texturas de extensión se dan en todas la anomalías posibles en los planos de fractura (en el cual se forma la veta) o de sus relaciones para con las otras (fallas cortantes o intersecciones).

Tripp y Vearncombe (2004) muestran un resumen de los controles estructurales para la mineralización en depósitos filonianos:

- al interior de grandes zonas de cizallamiento
- en las intersecciones de fallas
- en las zonas de anisotropías planares.

Un ejemplo de control estructural es la mostrada en la mina Ora Banda en Australia Tripp y Vearncombe (2004) sugieren que los controles son ejercidos por el cambio de la geometría de la falla y por la intersección de la falla con otro plano de anisotropía.

En rocas encajantes homogéneas, la geometría global del yacimiento puede ser relativamente simple en una escala de algunas centenas de metros (Blenkinsop, 2004).

En el estudio de yacimientos auríferos vetiformes a menudo se asocia el fracturamiento dentro del proceso de mineralización, sin embargo estas son en su mayoría anisotropías pre-minerales que son reactivados en el proceso de mineralización.

1.2 PROBLEMÁTICA ESPECÍFICA Y MINERALIZACIÓN EN EL BATOLITO DE PATAZ

Al interior de los cuerpos cristalinos la distribución de las vetas son regidas por los fenómenos estructurales dentro de estas unas más importantes que otras, por lo tanto, la naturaleza del fracturamiento toma importancia sean estas formadas por tracción, compresión o de desplazamiento.

Dado que la mineralización no se distribuye uniformemente a lo largo de todas las estructuras, de los controles estructurales observados en la mayoría de los depósitos vetiformes: curvaturas (inflexiones) en el rumbo o en el buzamiento, ramificaciones o bifurcaciones, contacto con fracturas laterales, uniones e intersecciones de fallas. Esta última relación parece ser el control en la mineralización aurífera vetiforme del Batolito de Pataz, el contexto geológico otorga un terreno adecuado para estudiar estas relaciones, razón por la cual esto viene a ser el sujeto de estudio y constituye el objetivo principal de la maestría.

Las evidencias hasta hoy reconocidas muestran que la formación de vetas de cuarzo auríferas más importantes en la región se encuentran en bordura del Batolito de

Pataz que a su vez se emplaza controlado por fallamiento regional que le da una geometría lenticular y alargada. Las estructuras mineralizadas al exterior del batolito son irregulares y “sin mineralización aurífera importante”.

El emplazamiento y la forma de la mineralización aurífera parece estar controlada por muchos factores como el campo de los esfuerzos regionales, la reología de las unidades, la anisotropía de sus fracturas, la existencia de fallas y diques, la naturaleza de los contactos litológicos y planos de pseudoestratificación (para el caso de las rocas metamórficas).

Como resultado, la mineralización presenta geometrías diferentes, los filones pueden estar regulados dentro de rocas homogéneas y competentes como la diorita, a irregulares como en el caso de las rocas meta sedimentarias que tienen un comportamiento anisótropo. La extensión longitudinal de las vetas, muchas veces llegan a los ordenes kilométricos así como en el buzamiento. La potencia de las vetas varían desde unos cuantos centímetros hasta los 12 metros (veta Consuelo), con promedios de 1 metro y contenido aurífero < de 1gr-Au/tn a > de 90 gr-Au/tn.

Los sectores potenciales para la mineralización propuestos por Haeberlin (2000) son:

- en zonas de cizallamiento de orientación N-S,
- en vetas de extensión,
- en vetas concordantes con la estratificación,
- en fallas regionales E-W.

Los Ore Shoots, hasta ahora trabajados y conocidos, parecen estar asociados a la intersección de las fracturas (de venas NNW-SSE) con las fallas secantes a las vetas de movimiento sinextral aparente. La relación entre las fallas (secantes), la intensidad de los

fracturamientos y la mineralización no han sido claramente establecidas ni verdaderamente investigadas, pero que hasta el momento la relación entre ellas parece ser la más importante para la exploración.

Al igual que las vetas, las fallas transversales (secantes) son afectadas por fuerte alteración hidrotermal por lo que se sugiere una circulación de fluidos a través de ellas en el proceso de formación de venas y clavos mineralizados, esta aparente relación es necesario ser estudiada.

La paragénesis mineral observados por Miranda (1983), Schreiber (1989), Rivera (1992) y Haeberlin *et al.* (2004) corresponde a:

- Una primera etapa de cuarzo lechoso acompañado de pirita gruesa y arsenopirita (estadio I); por reactivación tectónica de las vetas se produce el fracturamiento de los minerales depositados en esta etapa.
- En una segunda generación (estadio II) ocurre el ascenso de cuarzo gris de grano fino, esfalerita con exoluciones de calcopirita y pirrotita, posteriormente galena con inclusiones de sulfosales de antimonio, el eléctrum esta hospedado principalmente en la esfalerita, el oro nativo precipita mas tarde generalmente con galena y también en la pirita fracturada, hacia el final de esta etapa tiene lugar un proceso de recristalización a pequeña escala y nueva deposición de pirita y arsenopirita.
- En una etapa tardía se deposita cuarzo con carbonatos.

El problema presentado en cuanto al modelo se da, en que estos depósitos difieren del modelo orogénico por su concentración en elementos metálicos (por ser mineralizaciones ricas en plata y significativamente en metales base). Sin embargo, Haeberlin *et al.* (2004) consideran estos yacimientos al interior del modelo “orogénico”.

Esta clasificación es basada en una relativa diferencia de edades entre formación del intrusivo de 329 ± 1 Ma (método U/Pb para biotita) y la mineralización de 314-312 Ma (método $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ para muscovita), siendo esta última aproximadamente 15 Ma más joven. Es importante señalar que la mineralización como tal, no ha sido datada para el depósito de Poderosa, si no que más bien Haeberlin *et al.* (2004) le otorgan esta edad en función de las alteraciones asociadas a las que consideran contemporáneas a la mineralización.

1.3 OBJETIVOS

El objetivo principal del proyecto es: de determinar el rol de las fallas subverticales y secantes a las vetas en el marco de la mineralización aurífera para el yacimiento de Poderosa.

Los objetivos secundarios son:

- 1- de caracterizar la forma y distribución de la mineralización (Ore Shoot) en relación con las fallas transversales (secantes), para tratar el problema de trampa estructural y migración de fluidos,
- 2- de comparar las características de la alteración hidrotermal dentro de las fallas y bordura de las vetas, que concierne al problema de los fluidos de mineralización (cambios químicos y físicos con la roca y condiciones de precipitación de los minerales,
- 3- de proponer un modelo genético. que es una problemática que involucra toda la mineralización aurífera filoniana desarrollada al interior del Batolito de Pataz.

Dado que en gran parte de la unidades de producción de la mina Poderosa, las labores mineras son cada vez mas profundas, el desarrollo de los objetivos antes propuestos permitirán postular la ubicación de nuevas estructuras mineralizadas, así como de la ubicación de nuevos clavos mineralizados que se constituirán las guías para la exploración.

1.4 METODOLOGÍA

Trabajos de campo y laboratorio son requeridos para en el desarrollo del estudio de las que se enumera las siguientes:

- 1- compilar toda la información geológica que sintetice los conocimientos existentes a la fecha en el área de estudio así como a nivel regional y enmarcado al interior del Batolito de Pataz: las cartas geológicas superficiales y de interior mina serán útiles para observar la distribución de las vetas, fallas y unidades litológicas, estas formaran parte del análisis estructural inmerso en los objetivos; lo mismo que los trabajos de investigación científica realizados para la zona, donde además se postulan los modelos geológicos del yacimiento; a esto se suman la información de la base de muestreo de los archivos de la mina (Departamento de Geología) para conocer y determinar la forma y disposición de los clavos mineralizados y sus relaciones
- 2- efectuar un cartografiado geológico y estructural a escala 1:100 en los sectores de selección (cortadas y galerías) con el objetivo de establecer:
 - las estructuras de deformación asociadas, para conocer el carácter estructural del área,

- el grado y tipo de deformación mostrada por las rocas en zonas de fallas y fuera de estas, de modo que permita conocer sus características principales,
 - la geometría de las vetas, que generalmente está controlado por fallas NNW-SSE pero que presentan cambios importantes en áreas de intersección con las fallas secantes,
 - las texturas de las vetas así como el relleno de las fallas mostrarán el carácter estructural de la zona de estudio,
 - la distribución de la mineralización, permite el reconocimiento de los clavos mineralizados y las estructuras secantes (fallas),
 - las variaciones litológicas, que darán información sobre la disposición (carácter estructural), la mineralogía (para los análisis de alteración),
 - los tipos de alteración, diferenciar las de carácter hidrotermal y de acuerdo a su mineralogía hacer una caracterización esta enmarcado dentro del objetivo de la maestría,
 - la extensión de la alteración, se usará como una herramienta en la caracterización de la alteración.
- 3- El trabajo de cartografía es acompañado por una identificación de puntos de medidas estructurales y de la toma de muestras. Las secciones de muestreo (tabla 1.2) son ejecutadas a través de fallas y vetas (caja piso y techo) en segmentos mineralizados y segmentos estériles.
- 4- La parte de laboratorio comprende:
- el tratamiento y la preparación de muestras para el análisis geoquímico y petrográfico,
 - de estudios petrográficos (mineralogía de las rocas y alteraciones),

- de interpretaciones de la variación de composición de las rocas y caracterización geoquímica haciendo uso de los elementos mayores (con programas IGPET y MINPET) a fin de deducir la característica de la alteración a partir de métodos como los de precursores únicos o múltiples (Barret y MacLean, 1994),
- la construcción de cartas y tratamiento de datos (muestras y de estructuras geológicas) sobre MAPINFO y GEORIENTED,
- la comparación de las características de la alteración entre las fallas y las vetas.

1.5 GEOLOGIA REGIONAL

Las características geológicas desarrolladas en la región están ligadas a la evolución estratigráfica y estructural de la cordillera de los andes en su segmento oriental del sector Norte del Perú, (fig. 1.1) conformado por la superposición de 3 ciclos: El Precámbrico, Hercínico y Andino. Áreas glaciadas, altiplano y valles constituyen la morfología (Wilson y Reyes, 1964).

En el Precámbrico se constituye base estratigráfica denominada como “Complejo de Marañón” se compone principalmente de esquistos, filitas y secuencias variadas de rocas meta volcánicas de tobas e ignimbritas, esta secuencia que supera los 2000 metros de espesor, son mejor y mayor apreciados en las márgenes del río Marañón (Cueva, 1987; Miranda, 1983; Rivera, 1992; Schreiber, 1989; Wilson y Reyes, 1964).

Tabla 1.2 Estaciones de trabajo y de toma de muestras

Selección de sitios para las fallas					
Sitio	Falla	Nivel	Litología	No de muestras	Comentario
JIM	Qori-huarmi	1987	Hornfels	7	Cerca de veta Mercedes
JIM	Qori-huarmi	2080 Rampa Lola	Granodiorita	4	Parte sin veta
JIM	San Lucas	1937 CR NW	Monzogranito	15	Corredor de fallas
CON	San Juan	2600 GL N	Diorita	15	Parte sin veta
CON	San Juan	2450 GL N	Diorita	6	Cerca de veta Consuelo
CON	Perejil	2700 CRNW	Diorita	11	Parte sin veta
CON	Perejil	2450 CR N	Diorita	7	Cerca de veta Consuelo
CON	San Teofilo	2530 GL N	Diorita	7	Próxima a parte con veta
CON	San Teofilo	2700 GL N	Diorita	6	Próxima a veta
CON	San Luís	2700 GL N	Diorita	3	Próxima a veta
CON	San Luís	2530 Rampa Chinita	Diorita	7	En zona de veta

Selección de sitios para las vetas

Sitio	Veta	Nivel	Litología	No de muestras	Comentario
JIM	Jimena	1937 GL N	Granodiorita	14	O, .5, 1, 3m cada lado y otras (Zona estéril)
JIM	Jimena	1867 GL N	Granodiorita	8	O, .5, 1, 3m cada lado (Zona rica)
JIM	Consuelo	2650 GI N	Diorita/Lamprófiro	8	O, .5, 1, 3m cada lado (Zona rica)
JIM	Consuelo	2450 CR 0	Diorita	8	O, .5, 1, 3m cada lado (Zona de sulfuros pobres)

En el Paleozoico: sobre el Complejo de Marañón se ubican rocas volcánicas conocidas bajo el nombre de Serie Metavolcánica a fines del ciclo Precámbrico y sobre ella se desarrollan el ciclo Hercínico con una secuencias turbidíticas de colores oscuros, sobre cientos de metros (Rivera, 1992) la que es reconocida como la Formación Contaya del Ordovícico, espacialmente se encuentran ubicadas en bordura externa del Batolito de Pataz (al Norte preferentemente en el flanco Oeste y al Sur en los dos flancos) o como secuencias colgadas (desde enclaves a xenolitos) al interior de esta. A inicios del Carbonífero empieza una sedimentación continental conocida como Grupo Ambo la que se compone de lutitas, areniscas y algunos horizontes de conglomerados formando secuencias superiores a los 300 metros, de mayor expresión en el sector occidental del valle de Marañón (Rivera, 1992). A fines del Paleozoico se depositan areniscas y conglomerados de coloración rojiza a las que se les designa las molasas del Grupo Mitu, se forman en una fase epirogénica (Dalmayrac, 1970) entre el Pérmico y Triásico.

En el Mesozoico: la sedimentación del ciclo Andino comienza con las calizas y dolomitas de Grupo Pucará del Triásico-Jurasico, sobre yacen al Grupo Mitu u otras formaciones anteriores en discordancia angular con una potencia mayor a los 500 metros, la Formación Goyllarisquizga del Cretáceo inferior se caracteriza por areniscas con intercalaciones de material pelítico con una potencia entre 100 y 300 metros (Rivera, 1992), sobre ella con una potencia de 200 metros continua la Formación Crisnejas compuesta de margas y calizas de color marrón grisáceo (Benavides, 1956). En discordancia angular sobre la Formación Crisnejas se deposita la Formación Chota que consiste de lutitas y siltitas (Rivera, 1992) de coloración rojiza por la que se les denomina "las capas rojas" del Cretáceo superior.

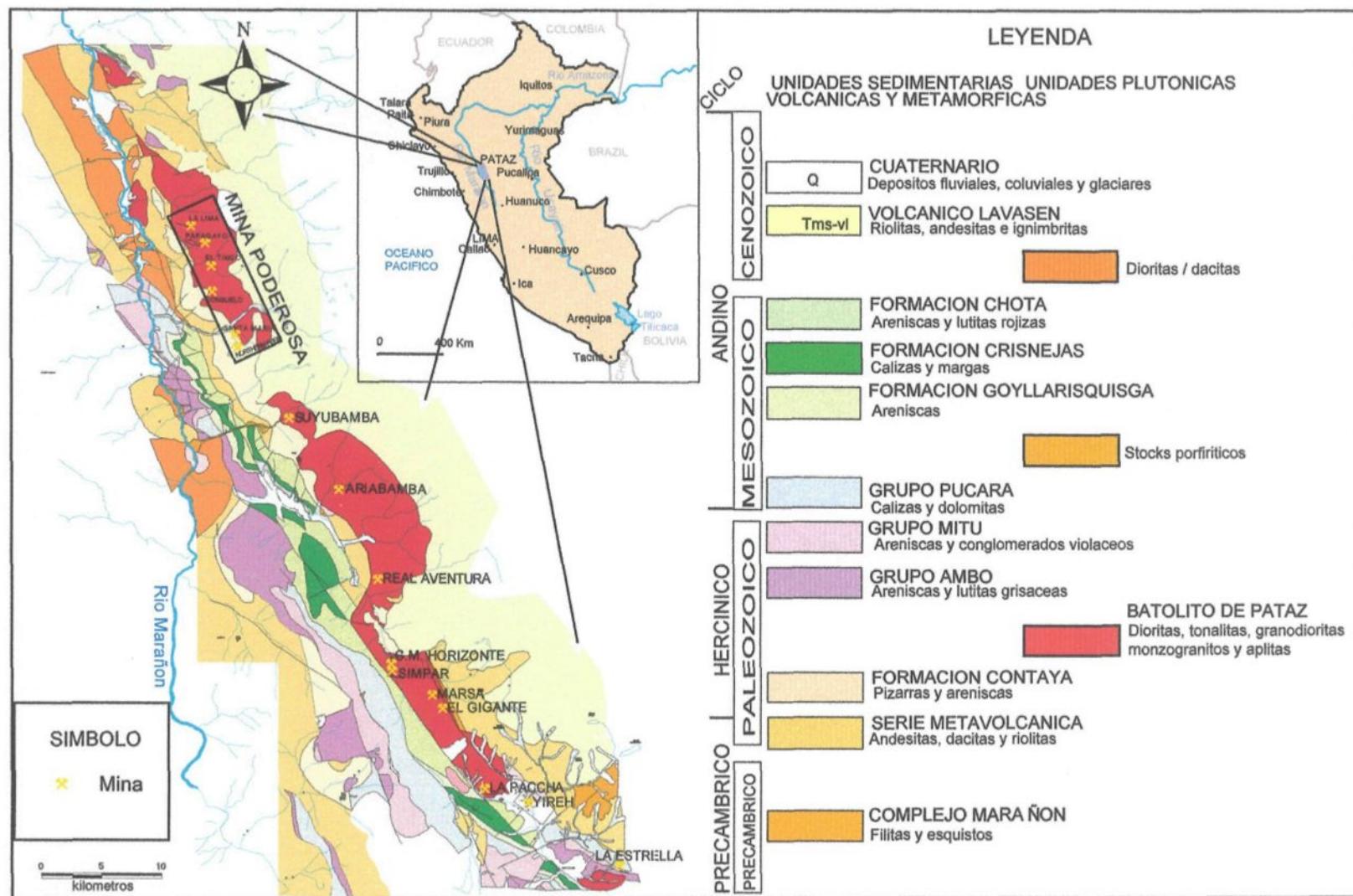


Fig. 1.1 Plano geológico regional y ubicación de la zona de estudio

Una acumulación de rocas volcánicas mayor a 1500 metros de potencia de lavas andesíticos a riolíticos ocurridas en el Terciario medio conforman la denominada Volcánicos Lavasen, los mismos que se depositan en discordancia angular sobre el Batolito de Pataz y el Complejo de Marañón (Schreiber, 1989).

En el Cuaternario se forman depósitos aluviales y fluvioglaciares. Rivera (1992) reporta depósitos morrénicos sobre los 3500 metros sobre el nivel del mar.

El Batolito de Pataz es el cuerpo intrusivo dominante en la región de forma lenticular alargada con orientación entre N330° y N340° con buzamiento entre 60 y 70°. El contacto occidental con el Complejo de Marañón es generalmente fallado (Chávez, 1990). En él capítulo II de esta memoria se describe la litología que lo compone.

Intrusiones de menor talla y tardías son reportadas a inicios del Mesozoico y Cenozoico.

1.6 GEOLOGIA LOCAL.

La litología en la mina se constituyen de: granodioritas, monzogranitos (adamelitas), diques aplíticos y pegmatíticos corresponden a la serie ácida, mientras que: tonalitas, dioritas (dioritas hornblendicas a hornblenditas), microdioritas, pertenecen a una serie intermedia con expresiones tardías de diques lamprófiros y de diabasa (fig. 1.2).

La secuencia ácida a la que se le agrega el granito son las mayores componentes de la secuencia intrusiva de la región y de todo el Batolito de Pataz, entre éstas, las granodioritas de mayor volumen en ocasiones se encuentran en gradación de tonalitas a granitos y monzogranitos; sin embargo, es común observar contactos nítidos entre granodioritas con monzogranitos. El desarrollo de labores mineras como en el Nivel 1937, Papagayo, permite observar la relación entre las rocas ácidas con las de composición

intermedia (dioritas) el contacto es neto en muchos casos no rectos, sino de modo irregular.

El conjunto de las rocas ácidas contienen enclaves de diferentes dimensiones desde centímetros a métricos de dioritas, microdioritas, metavolcánicos, metafilitas y metagrawacas de las series pre-intrusivas (ver sección enclaves meta-sedimentarios).

La serie diorita-microdiorita fue descrita por Miranda (1987), Schreiber (1998) y Haeberlin (2000) como la cristalización las primeras fases del intrusivo, predominantes en el área de Consuelo que se presenta superficialmente como una estructura sub-circular, mientras que el área de Papagayo-La Lima son de forma alongada sub-tabular y sub-paralelos al contacto con el Complejo del Marañón, dentro de la diorita se encuentran encalves de rocas pre-carboníferas y microdioritas.

Diques de composición ácida y básica se emplazan paralelos y cortantes al conjunto de rocas predecesoras.

La ocurrencia de rocas metasedimentarias y metavolcánicos precarboníferos se da en el flanco Oeste del batolito y de las labores mineras mientras que una serie de derrames andesíticos a riolíticos terciarios cubren el flanco Este, una serie de diques coetáneos a estos derrames de diferentes tallas se emplazan cortando las series intrusivas.

Estructuralmente, la zona presenta fallamientos NNW-SSE y casi E-W; las de orientación NNW-SSE con buzamiento bajo (45° E) sufrieron diferentes etapas de reactivación en contextos compresionales y/o extensionales son los planos principales que hospedan la mineralización hasta hoy reconocidas, la segunda familia de fallas con orientación son de buzamientos subverticales y se les observada en todas las unidades mineras. Las fallas, en general muestran una reactivación sinextral como episodio final y

tardío cuyos resultados se muestran en un sistema de fallamientos en bloques descendiente hacia el Norte. Los clavos mineralizados están desarrollados de manera irregular a inmediaciones de estas fallas.

Las vetas hasta hoy reconocidas (fig. 1.3); en mayor número se encuentran hospedadas en rocas intrusitas del Batolito de Pataz en su bordura oriental, las que a su vez son las mejor trabajadas en el proceso de exploración, explotación minera e investigación científica, de las que se nombran las vetas: La Lima 1, La Lima 2, La Brava, Mercedes, Jimena (que no aflora en superficie), Karola Piso, Karola Techo, Pencas, Choloque, Consuelo, Atahualpa, Marleny, Vicky y María Rosa, sin embargo, también se reconocen afloramientos de estructuras mineralizadas en el flanco oriental del cuerpo intrusivo, próximas a los Volcánicos Lavasen como las vetas San Lorenzo, Porfía-Santa Isabel en el área de Pataz (Unidad de producción), las vetas Denisse y Gina en la unidad el Tingo, así mismo, en las rocas metamórficas precarboníferas al Oeste del intrusivo, como las vetas: Irma, Cristina y Mayas en Pataz, la veta Carhuacoto (Haeberlin *et al.*, 2004) en el área del Tingo (Unidad de producción), La veta Revolcadero en el área de La Lima (Miranda, 1983).

Las observaciones de Haeberlin (2000), Haeberlin *et al.* (2002), Haeberlin *et al.* (2004) y Miranda (1983) reconocen la formación de vetas en contexto de cizallamiento que según el modelo de Robert y Brown (1986), en este tipo de fallamiento ocurren las estructuras de extensión que favorecen la formación de vetas subhorizontales y precipitaciones metálicas, sin embargo, observaciones realizadas por Daigneault (2003) y estudiantes (Lavoie y Tremblay) de maestría de la UQAC (Université du Québec à Chicoutimi) reconocen que todas las vetas se formaron en contexto extensional donde las

texturas en “peine” son las dominio común y las huellas de cizallamiento en las vetas son reactivaciones en el proceso de mineralización y eventos posteriores.

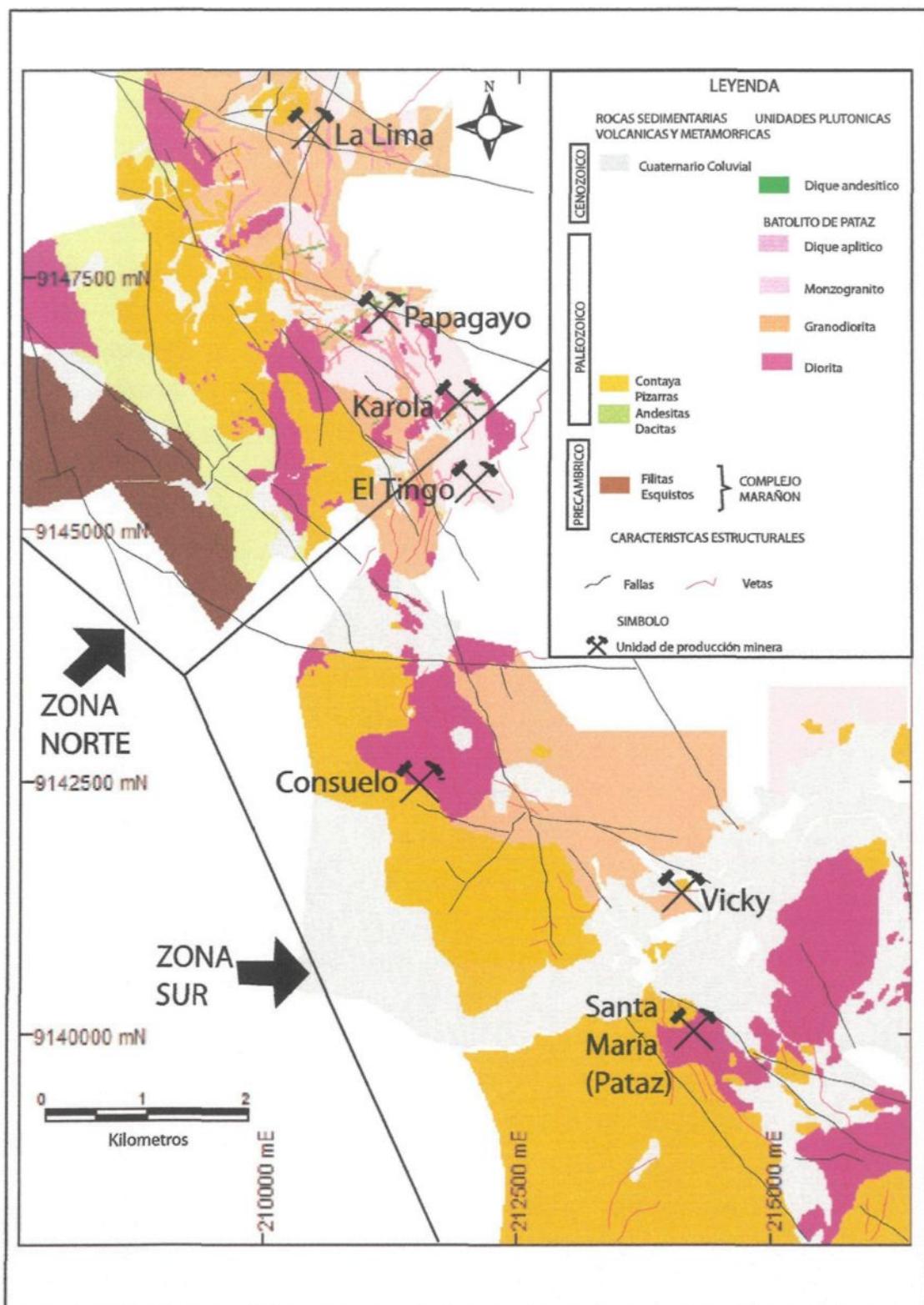


Fig. 1.2 Plano geológico local de la Mina Poderosa (información de Cia. Minera Poderosa) y ubicación de las zonas de trabajo

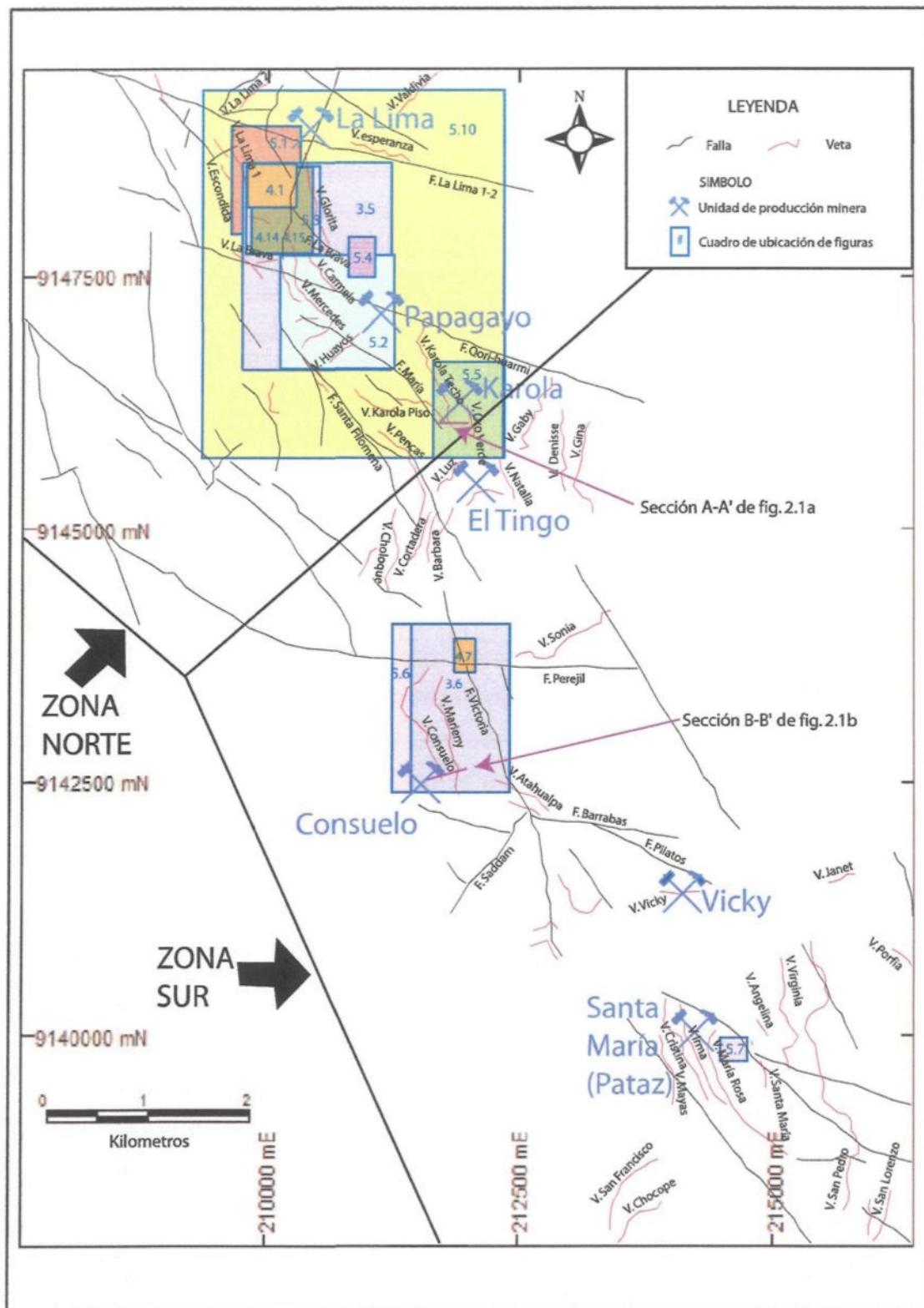


Fig. 1.3 Plano de las características estructurales de la Mina Poderosa y cuadros de ubicación de figuras (planos principales); F= designa las fallas y V= designa las vetas

CAPITULO II

CARACTERIZACION PETROGRÁFICA Y GEOQUÍMICA DE LA ZONA DE ESTUDIO

2.1 INTRODUCCIÓN

Con el objetivo de comprender la interrelación de las rocas con el paso de los fluidos mineralizantes, es necesario describir y determinar las características macroscópicas y microscópicas de las litologías presentes en la zona de estudio, esto conllevará conocer mejor el desarrollo de las alteraciones hidrotermales; así mismo, una clasificación geoquímica del intrusivo permitirá entender la secuencia magmática, su evolución y relación dentro de un cuadro tectónico, que posteriormente serán analizados en los capítulos III y IV como fenómenos de alteración y su relación estructural.

2.2 ROCAS INTRUSIVAS

La formación de este intrusivo, tuvo lugar en el Carbonífero según dataciones reportadas en MacFarlane *et al.* (1999) por U-Pb en zircón en 329 ± 1 Ma, para las granodioritas en el área de Parcoy (al sur de la mina Poderosa), para los monzogranitos por $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en 321 ± 1 Y 305 ± 8 Ma en biotitas y hornblendas respectivamente; así mismo Haeberlin *et al.* (2004), en el área de Pataz dataron biotitas de granodioritas y dioritas por $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en 329.2 ± 1.4 y 328.1 ± 1.2 Ma.

Las rocas intrusivas presentes pertenecen a la intrusión del Batolito de Pataz que es un cuerpo alongado con dirección NNW-SSE paralelo al lineamiento andino, superficialmente cubren un área mayor a los 200 Km².

El modo del emplazamiento del Batolito de Pataz propuesto indica que se trataría de un cuerpo tabular controlado por fracturas que afectaron el basamento (Haeberlin *et al.*, 2002; Haeberlin *et al.*, 2004; Macfarlane *et al.*, 1999; Schreiber, 1989) y se emplazan en forma de diques de diferente pulso de dirección longitudinal NNW-SSE e inclinadas al Este, coincidiendo con la orientación general de los filones como se observa en las secciones de las figuras 2.1.a y b localizadas en Karola y Consuelo (Unidades de producción) respectivamente.

Las rocas ácidas (granodioritas, monzogranitos y granitos) en todas las unidades mineras de Poderosa a excepción en Consuelo constituyen la roca encajante común de las estructuras mineralizadas, estas mismas rocas cortan o engloban las pequeñas masas rocosas de composición básica a intermedia lo mismo que los hornfels y metavolcánicos pre-intrusivos.

Estas rocas conforman el grupo de las: dioritas, dioritas hornblendicas y diques de hornblenditas, esta última que puede llegar a tener espesores de hasta 25 metros como se observa en la figura 2.1.b (a manera de dique al piso de la veta Consuelo).

El cartografiado de interior mina permite reconocer estructuras sub-verticales fuertemente cloritizadas, tanto en la mina Consuelo como en Jimena, al parecer se trata de hornblenditas a lamprófiros que se emplazaron en fracturas y fueron posteriormente cloritizadas.

La microdiorita (diorita de grano fino) se presenta como enclaves sub-redondeados de diferentes dimensiones desde unos centímetros a métricos; unas veces aislados, otras

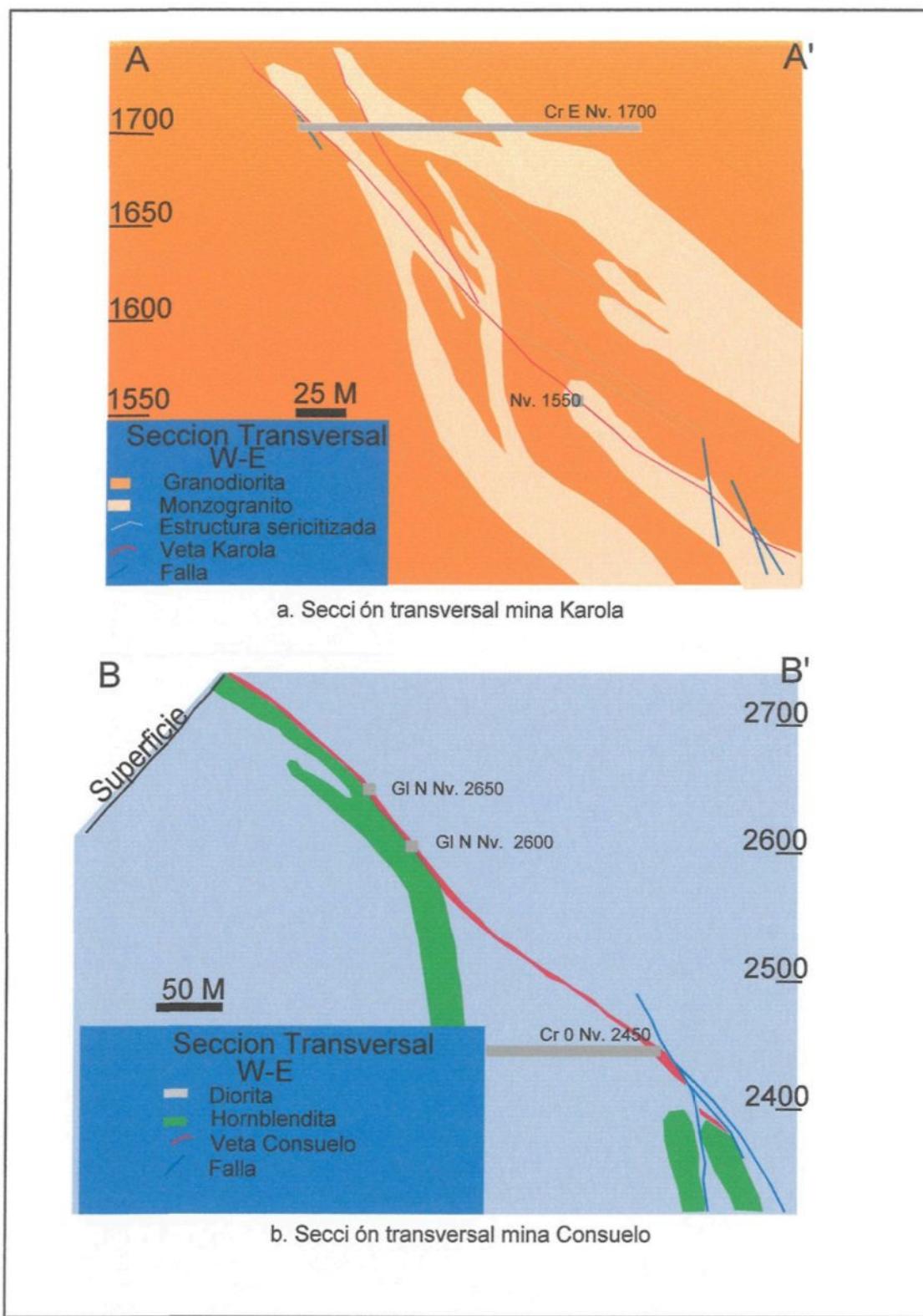


Fig. 2.1 Secciones de las relaciones espaciales entre las secuencias intrusivas

formando corredores de "xenolitos", o en forma de pequeños diques dentro de granodioritas y dioritas. La proveniencia de estos xenolitos aún no está definida ya que puede tratarse de restos de rocas predecesoras, o ser el resultado de una separación por densidades de una mezcla de magmas.

En general, las aplítas y pegmatitas aprovechan las zonas de debilidad para emplazarse, presentándose como diques dentro de fallas E-W, llenando contactos de las unidades litológicas intrusivas predecesoras con orientación preferencial NNW-SSE, o dentro de un corredor de diques paralelos como se observa en la carretera de Morena a Karola. Este corredor es mayor a los 200 metros, en ocasiones asociadas espacialmente a estructuras mineralizadas como en las vetas: La Lima 2, Esperanza, en el área La Lima (como Unidad de producción); en algunos tramos de la veta Jimena en el área de Papagayo. Algunas veces estas estructuras forman protovetas llenas de cuarzo lechoso con escasa clorita aislada.

Sus potencias varían de algunos centímetros a metros que en extensión longitudinal es posible seguirlos por más de un kilómetro. Las pegmatitas además se presentan como cuerpos irregulares de dimensiones variables desde bolsonadas centimétricas, venillas a diques métricos como los reconocidos en perforaciones diamantinas negativas hacia la veta Jimena. En el campo, las aplítas son reconocidas por sus colores blanquecinos de textura granular; las pegmatitas con tintes rosáceos, ambas, en diferentes partes son afectados por deformaciones tardías.

Los contactos con las dioritas son nítidos al igual que las granodioritas, sin embargo, ocasionalmente se observa contactos irregulares a gradacionales con los monzogranitos. Estos diques aplíticos datados por Haeberlin (2000), dan edades de 322.1 ± 2.8 Ma y en 325.4 ± 1.4 Ma en muscovita y biotita respectivamente.

Los lamprófiros se presentan como cuerpos tabulares llenando fracturas de diferentes direcciones, con longitudes hasta de algunos kilómetros. La diabasa espacialmente de predominio en el área de consuelo (nivel. 2600 GI N y nivel 2540 CR N con direcciones NNE-SSW con buzamiento al Norte).

2.2.1 Petrografía de la serie granodiorita – monzogranito

Las granodioritas son de color gris claro, algunas veces con tinte rosáceo debido al incremento de la ortosa. De los minerales esenciales; las plagioclasas, son de tamaños superiores a 0.5 mm hasta mayores de 5 mm de formas euhedrales y raramente anhedrales; las pequeñas, se presentan macladas (comúnmente polisintética) a zonadas; mientras que en las de mayor talla la zonación es la característica dominante. La ortosa generalmente anhedral, algunas veces se puede observar cristales euhedrales, unas presentan maclas de microclinas y por lo general el del tipo Carlsbad, comúnmente de tallas superiores de las plagioclasas que superan los 5 mm, la mirmequita, reconocido ocasionalmente en bordura de los cristales. El cuarzo es de hábito anhedral al igual que la ortosa. La biotita fresca son anhedrales a subhedrales de color marrón; en otras se observa cloritas verdes a azulinas que son producto de la alteración de la biotita. La hornblenda es poco observada (sólo en una lámina, muestra 108480) como cristales euhedrales, corroídas y de menor talla comparado al conjunto de los minerales esenciales; al parecer estas fueron alteradas a cloritas, las cuales conservan la estructura primigenia. El circón se presenta como pequeños cristales (hábito acicular) euhedrales. La allanita también es escasa y se encuentra ocasionalmente y de formas euhedrales, son de color marrón oscuro. El apatito de color amarillento euhedral muy escaso.

En variedades de granito rojo la textura es granular porfídica, se puede observar como minerales esenciales: feldespato potásico, plagioclasa y cuarzo; la plagioclasa comúnmente euhedral maclada; el feldespato potásico (microclina, micropertita) subhedral a euhedral y el cuarzo anhedral. Entre los accesorios se encuentran la biotita marrón de diferentes dimensiones, desde menores a 0.1mm hasta mayores de 0.5mm, algunas de ellas mantienen su forma original, mientras que otras son alteradas a clorita en laminaciones. En este proceso se observan minerales opacos (no se hicieron secciones pulidas para determinar los opacos, pero pueden tratarse de magnetitas-ilmenitas, además de pirita), el circón es observado en forma subhedral, pequeños cristales de apatita y algo de rutilo (anatasa) sobre las cloritas

El monzogranito, de colores gris claros con tintes rosáceos, la talla de los cristales son relativamente inferiores a las presentadas por los granitos y las granodioritas; pero en general mayores a los 0.5 mm. Los componentes principales lo constituyen de ortosa, cuarzo, y plagioclásas que generalmente son euhédrales; unas con macla polisintética, otras con zonación; la ortosa es subhedral a anhedral que predomina sobre la plagioclasa y cuarzo anhedral. El accesorio más abundante es la clorita, muy escasa, allanita, apatita y circón, este último mucho más escaso.

En toda esta secuencia intrusiva se observan fracturas con alteraciones tardías a epídotas. En las muestras más frescas se ha observado una ligera alteración de las plagioclásas a patinas de sericitas, en otros se observa sericitas con carbonatos oscuros.

2.2.2 Petrografía de la serie diorita-microdiorita

Las dioritas son de color verde oscuro, el tamaño de sus minerales componentes es ligeramente inferior a los observados en la granodiorita. Los minerales esenciales son

plagioclasa y máficos como hornblenda y biotita, que presenta además al cuarzo, ortosa anhédrales. La abundancia del cuarzo es variable, puede llegar a constituir el 10% graduando a cuarzo-diorita cuarzomonzodiorita; otros minerales accesorios como: allanita, circón y apatito son difícilmente observables, al igual que en las rocas ácidas hay formación de sericita temprana.

La hornblenda de formas euhédrales a subhédrales de colores verde, marrón y azul (abigarrada por alteración), supera muchas veces el 60%, pasando a denominarse un diorita hornblendita y las que contienen más del 70% son llamadas hornblenditas, las que se presentan como diques. La biotita de color marrón, euhédrales son deformadas cuando se alteran a cloritas. Las plagioclásas son macladas a zonadas. La presencia de clorita como alteración de ferromagnesianos se presenta de formas aciculares a deformadas de colores marrón, azul predominantemente verde.

La monzodiorita, roca intermedia entre granodioritas y dioritas de color gris verdoso con textura granular hipidiomórfica a xenomórfica. Los minerales esenciales son plagioclasa y cuarzo. Entre los accesorios se encuentran la ortosa, allanita, esfena, biotita, hornblenda, circón y opacos. Las plagioclásas están macladas y frecuentemente zonadas. La ortosa es anhedral. La esfena parece encontrarse de forma anhedral. La allanita es de color marrón oscuro que al igual que en la granodiorita es escasa y de formas euhédrales. El circón continúa siendo escaso y pequeño. La apatita como cristales pequeños euhédrales de color amarillento.

La microdiorita (xenolitos) de composición similar a las dioritas que se constituyen de: plagioclásas (andesina-oligoclásas), hornblenda, biotita, dentro de accesorios cuarzo y ortosa. La proporción de cuarzo incrementa cuando se encuentran englobados dentro de las rocas ácidas. Se diferencian de las dioritas por poseer una textura microgranular.

Empleando la clasificación de las rocas intrusivas basado en el contenido de minerales esenciales con el diagrama ternario Q-P-F (Streckeisen, 1976) (figura 2.2) muestra la ocurrencia de dos series; la primera denominada granodiorita - monzogranito que se componen de granodioritas y monzogranitos que pueden gradar a sienogranitos sin embargo esta última no es representativa en el área, mientras que para la serie de diorita – microdiorita las muestras observadas caen en el campo dioritas y monzodioritas.

2.2.3 Petrografía de aplíta y pegmatitas

De colores claros, blanquecinos algunas veces rosáceos, textura inequigranular de diferente tamaño (fino y grueso llegando a formar microgranitos), generalmente con cristales menores a 0.5 mm. Los minerales esenciales en orden decreciente son cuarzo, ortosa y plagioclasa; los cristales de cuarzo son anhedrales, mientras que la ortosa puede llegar a ser euhedral; las plagioclásas de menor cantidad son subhedrales a euhedrales. La presencia de clorita dentro de estas rocas está controlada por la actividad hidrotermal a la que se asocia la generación de pirita fina diseminada.

Las muscovitas se encuentran mejor desarrolladas en las pegmatitas que en las aplítas, donde generalmente son ausentes. Schreiber (1989), reporta entre los minerales principales que se observan cuarzo y ortoclasa además de plagioclásas.

2.2.4 Petrografía de lamprófiros-diabasas

Son de color verde oscuro, como característica dominante presentan fenocristales prismáticos y aciculares de ferromagnesianos, fenocristales de clorita (reemplazando la hornblenda) con plagioclásas.

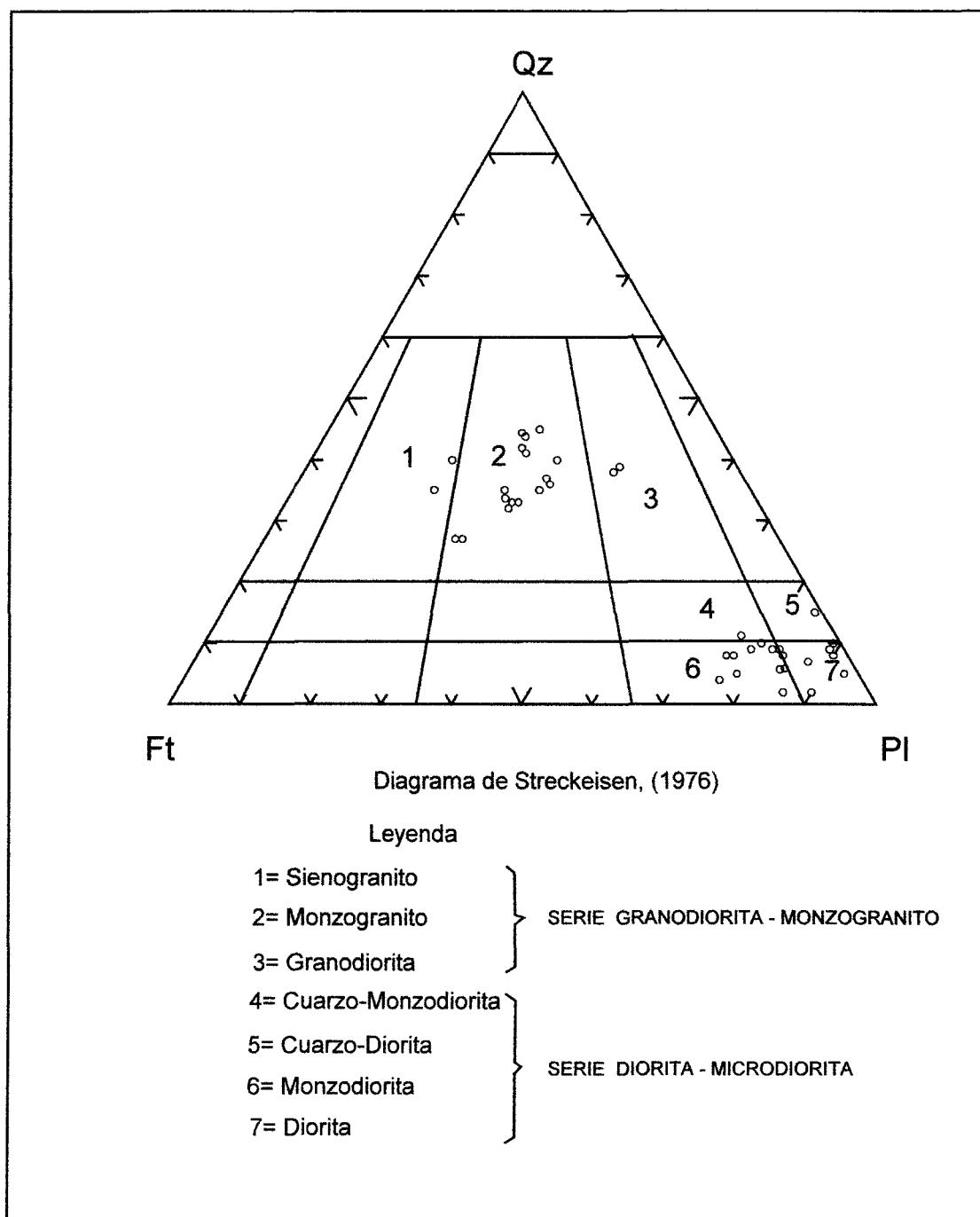


Fig. 2.2 Diagrama de clasificación Streckeisen (1976) de las rocas intrusivas del área de estudio

Diques de diabasa oscuros de grano fino, textura ofítica con fenocristales de olivino y de feldespato potásico, vesículas de zeolitas y calcitas, con abundantes cristales de plagioclasa euhedral y ferromagnesianos (mas hornblenda y menos biotita) irregulares por el crecimiento de las plagioclasas, sobre los fenocristales de plagioclasas se observan patinas de calcita al igual que en los nódulos de las zeolitas, abundantes minerales opacos, posible magnetitas? (108454, 108412, 108412 muestra alterada).

2.3 ENCLAVES METASEDIMENTARIOS

Estos enclaves provienen de las rocas metamórficas del Complejo de Marañón y pizarras de la Formación Contaya del Ordovícico, por lo que la serie de xenolitos se compondrían de: filitas, metagrauvacas, tobas, secuencias metandesíticas y de ignimbritas que pasan de riolitas a rocas de composición basáltica, además de pizarras negras. El metamorfismo de toda esta litología al interior del cuerpo intrusivo forman los enclaves de hornfels y metavolcánicos.

En la zona de estudio, toda esta secuencia de rocas se encuentra en el flanco occidental del cuerpo intrusivo. Se ha podido determinar que fragmentos de estas rocas se encuentran como xenolitos angulosos desde centimétricos a métricos dentro de la serie granodiorítica (excepcionalmente en monzogranitos) y la serie de dioritas. La poca presencia de enclaves metamórficos en los monzogranitos podría deberse a la lejanía de estas con respecto a la secuencia metamórfica (esta apreciación es local).

En la cortada E-1 Nv 2600 (a 60 metros del tope), se ha observado que los clastos de hornfels se encuentran alineados siguiendo la dirección de flujo de la intrusión tonalítica y cerca al contacto con el intrusivo llegan a formar granates marrones, epidota, pirrotita y magnetita.

La observación petrográfica en las secciones delgadas para las rocas metasedimentarias sólo fueron realizadas a las tomadas en el nivel 1987 al flanco Este de la falla Qori-huarmi que es el área de interés para la caracterización de las alteraciones. Este enclave es de color gris verdoso a gris claro, tenaz, la pizarrosidad original fue eliminada, presenta intenso fracturamiento, de textura granoblástica a porfiroblástica, se observa la presencia de puntos triples en la formación de los cristales evidencia que dentro del metamorfismo (de contacto) alcanzaron un nivel de estabilidad (es propia de las texturas granoblásticas), los minerales constituyentes de estos enclaves, cuarzo, feldespato potásico, plagioclasa; entre otros minerales presentan clorita, biotita y opacos.

Los cristales de cuarzo son pequeños entre 0.1 mm a 0.2 mm al igual que las plagioclasas y algunos feldespatos potásicos. Estas últimas, generalmente se encuentran como porfiroblastos superiores a los 0.5 mm, corroídos y alterados. Las cloritas son verdosas en menor porcentaje, azulinas, son anhedrales en ocasiones en "nidos" aciculares reemplazando los ferromagnesianos precedentes, debido a esta formación el tamaño de este conjunto puede llegar a ser superiores a los 0.5 mm; la biotita es marrón de diferentes dimensiones, los más pequeños por debajo de los 0.1 mm euhedrales a subhedrales.

Las alteraciones observables a parte de la clorita son la formación de sericitas y patinas de carbonatos oscuros, principalmente sobre la superficie de los porfiroblastos de feldespatos.

2.4 DIQUES VOLCÁNICOS TARDIOS

Constituyen inyecciones tardías al emplazamiento del batolito y a la etapa de mineralización, relacionados temporalmente a los Volcánicos Lavasen del Terciario (Mioceno-Plioceno), que están constituidos de ignimbritas, tobas, rocas piroclásticas muy ácidas y derrames dacíticos a andesítico (Schreiber, 1989). Estos volcánicos se encuentran en discordancia erosional sobre el flanco Este del intrusivo.

Los diques andesíticos, reconocidos en el área se presentan como pequeñas intrusiones tabulares de espesores centimétricos a pocos metros, longitudinalmente son desde centímetros a kilométricos como el que se observa en el Nivel 2190 de la veta La Brava en La Lima (Unidad de producción), pasando por los niveles 1987 - 1934 de la veta Jimena y 1987 - 2027 de la veta Carmela en Papagayo (Unidad de producción), superficialmente se manifiesta en el cerro Piñuto (trocha hacia la veta Glorita, cota 2410). Frecuentemente asociada a fallas de diferentes direcciones, que en general son cortantes a la veta y son de colores más claros que los diques de diabasa con los que pueden ser confundidos en el terreno, son afectados por fallamientos post-terciarios.

Los diques volcánicos son de color verde oscuro a verde claro, la observación microscópica muestra que los minerales principales son la plagioclasa (andesina), muy poco cuarzo y casi nada de ortosa, entre los minerales oscuros, biotita y hornblenda de pequeñas tallas. Epidota, clorita y pirita se presentan en conjunto, dentro de la alteración propilítica (las muestras observadas son todas alteradas), de grano fino a medio.

Un resumen de las características petrográficas de las rocas más importantes se presenta en la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Resumen de las características minerográficas de las rocas observadas

Litología	Número	Textura	Mineralogía
Granodiorita	15	Granular xenomorfica	35-45% de piagiociasas, 15-35% feldespaio potasico (peritiitas, mirmequitas, 30-45% de cuarzo, 2-8% de biotitas, 0-1% hornblendas, > 1% de accesorios: circón, allanita, apatito, y opacos (pirita, magnetita-ilmenita?); 0-3% de patinas de carbonatos y sericitas fina
Monzogranito	13	Granular xenomorfica Hipidiomorfica Poiquilítica	35-50% de ortosa, plagioclasa, 20-40% de plagioclasa, 25-45% de cuarzo, otros minerales: 2-5% de cloritas y biotitas, 0-1% de hornblendas, >1% de allanita, apatito, rutilo, circón y otros opacos (pirita, ilmenita-magnetita?), >2% de patinas de sericitas y carbonatos
Diorita	16	Xenomorfica Poiquilítica	40-65% de plagioclases, 30-60% de hornblenda, 5-20% de biotita, 0-10% de ortosa, 0-10% cuarzo, con carbonatos y sericitas en patinas hasta de 5%, opacos 5%
Microdiorita	2	Microgranular	40% de plagioclasa, 15% de biotita, 40-50% de hornblenda (o cloritas), 3% de ortosa, 2% de cuarzo, otros accesorios: apatita, allanita y opacos
Aplita	3	Inequigranular de grano grueso a fino	50-60% de cuarzo, 30-40% feldespato potasico, 20-30% de plagioclasa, 2-5% de sericitas, 0-5% de clorita
Lamprofido*	4	Xenomorfica inequigranular	50-80% de hornblenda, 20-60% clorita, 30-50% de carbonatos, 1-5% de opacos (fenocristales aciculares y prismáticos de ferromagnesianos)
Hornfels	4	Granoblastica	30-40% de cuarzo, 30-40% de ortosa, 20-30% de plagioclasa, 5-10% de clorita y 4 % de pirita
Dique andesítico*	2		

* de muestras alteradas

2.5 CARACTERIZACION GEOQUÍMICA DE LAS ROCAS

La clasificación geoquímica empleando elementos mayores en el diagrama de Cox *et al.* (1979) (fig. 2.3.a) adaptado por Wilson (1989) para las rocas plutónicas sílicas y ácidas (serie granodiorita-monzogranito) indican que se trata de granodioritas, mientras que para las básicas a intermedias (serie diorita-microdiorita) caen dentro al límite con los gabros y dentro de las dioritas concordando con las observaciones petrográficas que indican el dominio de las plagioclasas y ferromagnesianos sobre los feldespatos y cuarzo. (fig. 2.3.b).

La caracterización geoquímica en el diagrama de Peacock (1931) (fig. 2.3.c) las ubica como rocas de naturaleza cárlica para la serie granodiorita-monzogranito y dentro del campo de las alcalino-cárlicas a la serie diorita-microdiorita (en estas muestras sólo una muestra contiene SiO_2 sobre el promedio). Ambas pertenecen a la serie calcoalcalina como se muestra en el diagrama ternario $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, FeO total y MgO de Irvine y Baragar (1971) (fig. 2.3.d). Los diques tardíos desde aplítas, lamprófiros a andesíticos caen dentro de esta serie.

Con respecto a la clasificación por saturación de alúmina de Maniar y Piccoli (1989) muestra, para la serie granodiorita-monzogranito, se trata de un grupo de granitos de carácter peralumínicos (fig. 2.3.e) corroborado con la observación de microclina en las secciones delgadas, accesorios, como apatita, allanita, y titanita. Estas rocas que según Huang (1991) representan la cristalización de los magmas ricos en sodio, cuando el licor residual era de carácter fuertemente alcalino. Además, en las secciones delgadas está representada por la escasa presencia de hornblenda, los cuales en su totalidad al parecer fueron transformados en biotita y posteriormente a clorita, realizando el mismo diagrama para las dioritas y aplítas el carácter peralumínico está también presente.

Los diferentes diagramas de Maniar y Picolli (1989) (figs. 2.4. a, b y c), permiten realizar una discriminación tectónica de esta secuencia granítica. Una primera relación de K_2O versus SiO_2 , elimina la posibilidad que se trate de plagiogranitos, de placa oceánica. La cantidad de FeO total más MgO entre CaO los ubica dentro del campo de granitos orogénicos y una relación de FeO total respecto a MgO , descarta que sean partes de eventos post- orogénicos y se limita a un grupo constituido de: "granitoides de isla de arco", "arco continental" o "granitoides de colisión continental".

Empleando el diagrama realizado por Feng y Kerrich (1992) (fig. 2.5.a), el campo que representa el alto porcentaje de las muestras a excepción de tres muestras dispersas una en cada uno de los otros es del tipo sin-tectónico. La discriminación tectónica empleando los elementos traza en el diagrama de Pearce *et al.* (1984), (figs. 2.5. b y c; con las muestras reportadas por Schreiber (1989) y Haeberlin (2000), sólo para los intrusivos del área de la mina Poderosa), se constituyen dentro del campo de "granitoides de isla de arco" próxima al límite de "granitoides intra placa".

Las microdioritas como xenolitos están contaminadas por los fluidos de las rocas que las engloban, por lo tanto, es natural que los valores de SiO_2 sean superiores en los enclaves de las rocas ácidas que en las dioritas.

El diagrama Na_2O/K_2O (fig. 2.6), usados por Chappell y White (1974), posteriormente, por Chappell y White (1984) y Norman *et al.* (1992), muestran que el Batolito de Pataz corresponde al tipo-I, cuyo origen estaría en rocas máficas a intermedias o de fuente infra-crustal. La ausencia de granate y la abundancia de hornblenda tanto como accesorios de allanita, titanita son concordantes a la clasificación, además de el alto contenido de SiO_2 desde 50 a 80 % como se muestra en los gráficos de *Harker*.

Con los análisis químicos de las muestras obtenidas en el desarrollo de este trabajo, en los diagramas de *Harker* (fig. 2.7), se encuentra que del total de los elementos mayores sólo el Na_2O y K_2O , muestran una distribución irregular. Comparando estos resultados con los diagramas ternarios $\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$, FeO total y MgO de Irvine y Baragar (1971) se obtienen dos series independientes mientras que con los datos proporcionados por Schreiber (1989) y Haeberlin (2000) de un muestreo a nivel distrital y regional muestran una serie continua, esta diferencia puede ser explicada por el área que representan las muestras, en el desarrollo de este estudio las muestras son locales y restringida a las áreas de Jimena y Consuelo. Una distribución lineal de TiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , sería interpretado como una secuencia de fragmentación de la hornblenda, la disminución de CaO se debería a la fragmentación de la plagioclasa y el comportamiento del P_2O_5 se infiere del fraccionamiento de apatito (Lira et al., 1997).

Los diques lamprófiros y de diabasa de acuerdo a la clasificación en el diagrama de Cox et al. (1979), éstas se encuentran agrupadas dentro del campo de los basaltos, los diques de basalto son conocidos también como diabasas (Huang, 1991).

Para los enclaves metamórficos del nivel 1987 en el área de Papagayo se ha intentado clasificar geoquímicalemente estas rocas y según el diagrama empleado por Bart (Raymond, 2002), son determinadas como metafilitas; pero las observaciones microscópicas las sitúan como hornfels.

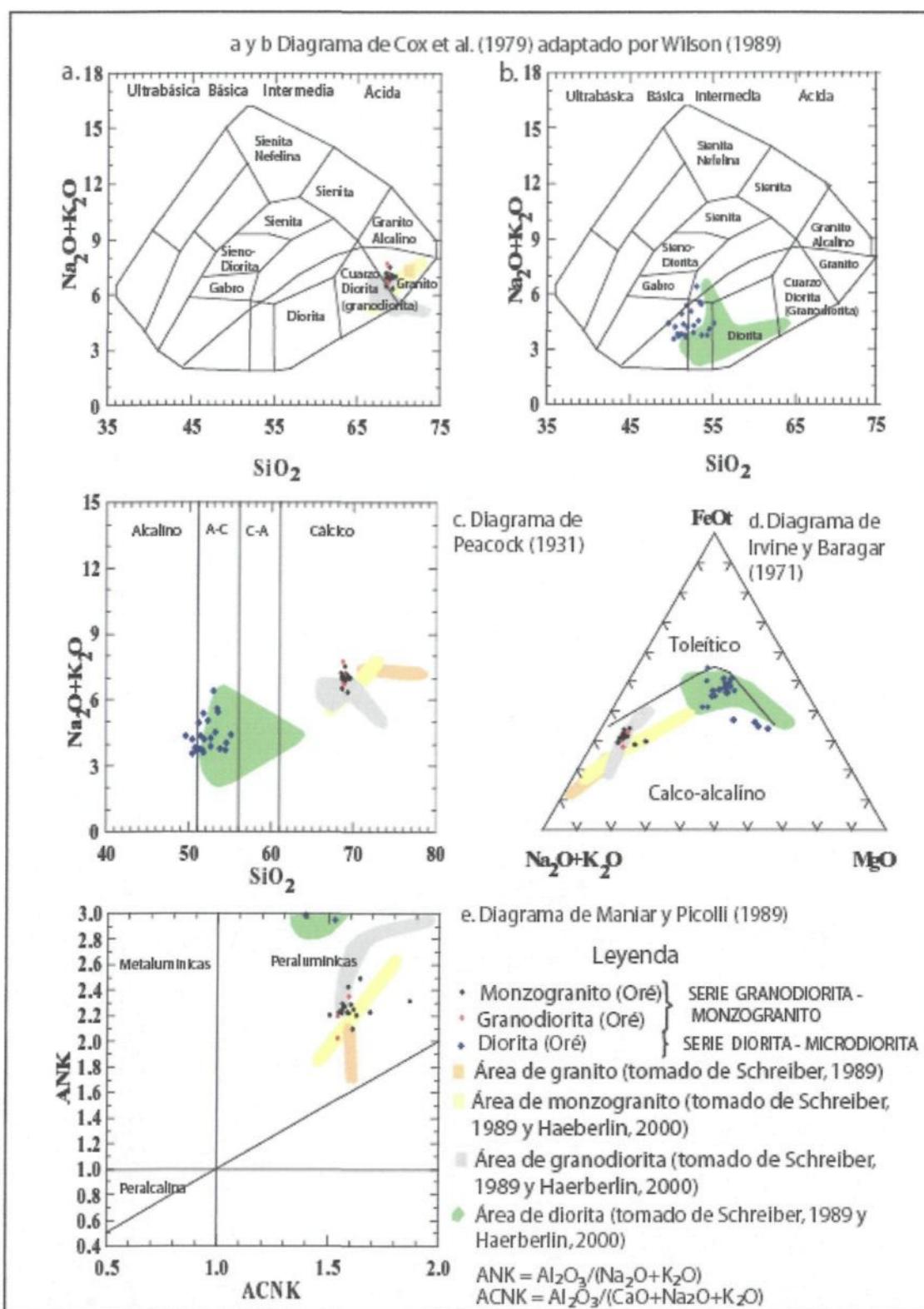


Fig. 2.3 Clasificación geoquímica de las rocas intrusivas ácidas e intermedias a básicas

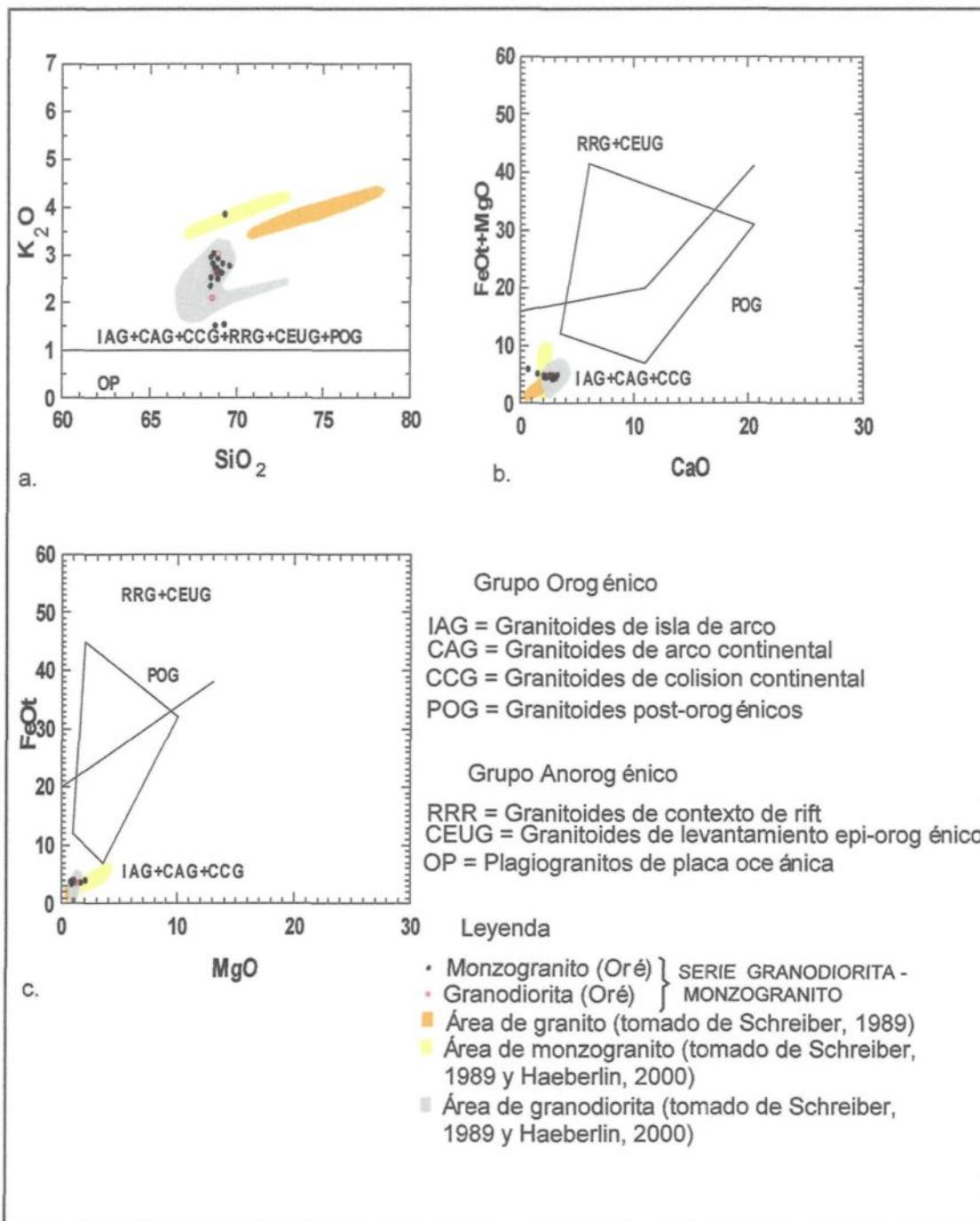


Fig. 2.4 Diagramas de discriminación tectónica (Maniar y Picolli, 1989) para las rocas graníticas

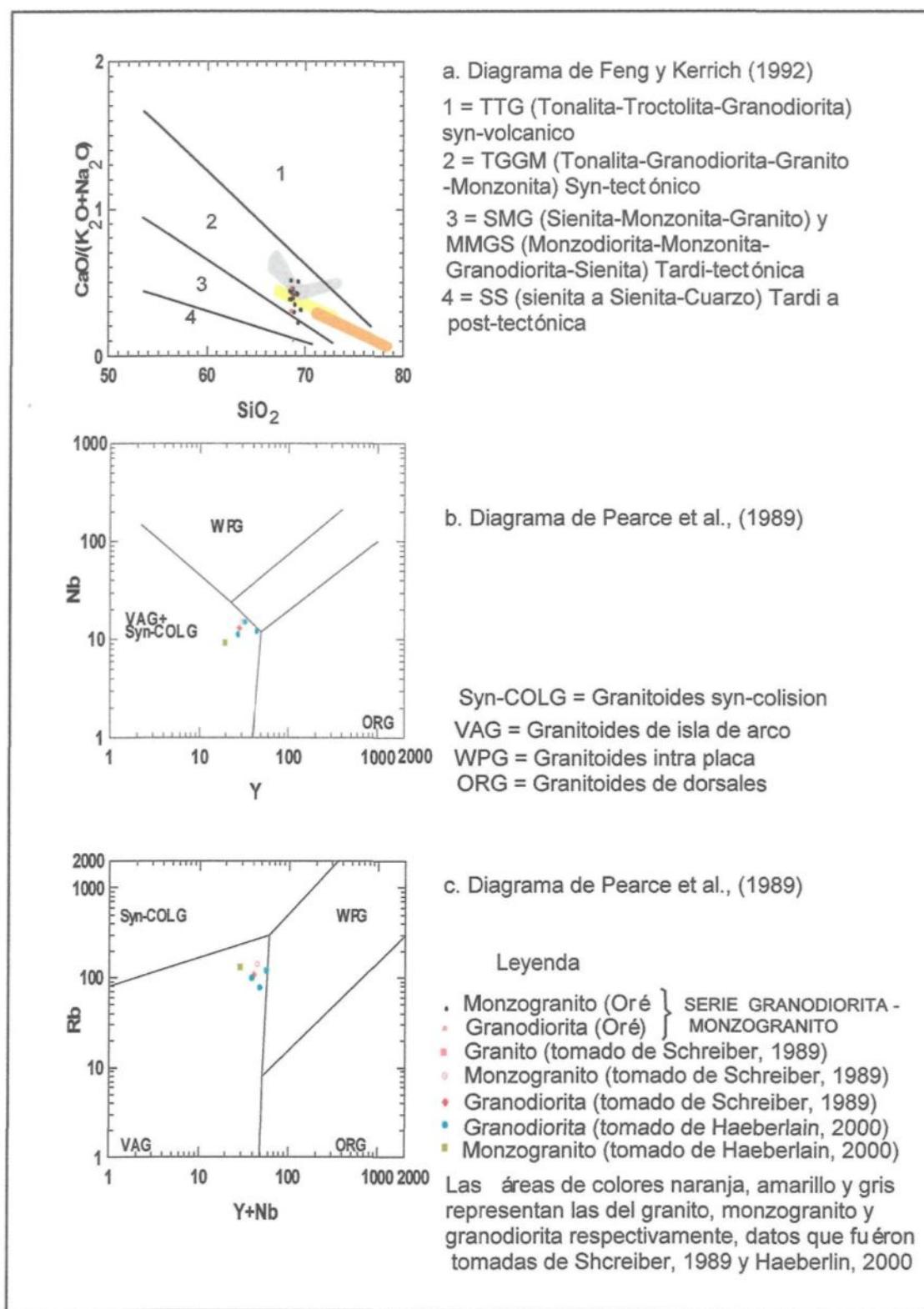


Fig. 2.5 Diagrama de discriminación tectónica de la serie granito-monzogranito

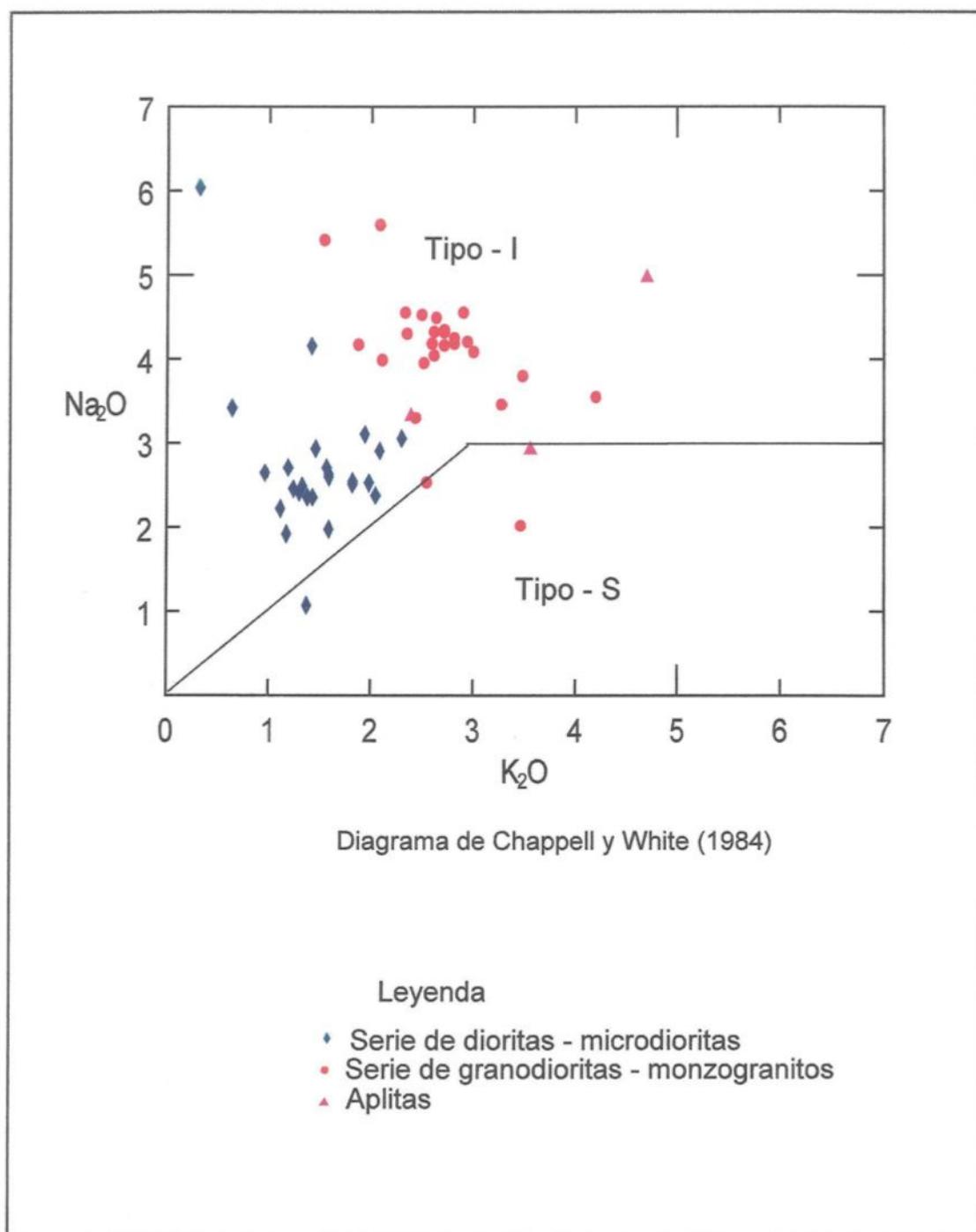


Fig. 2.6 Diagrama de clasificación por tipo de granitoide, para el Batolito de Pataz

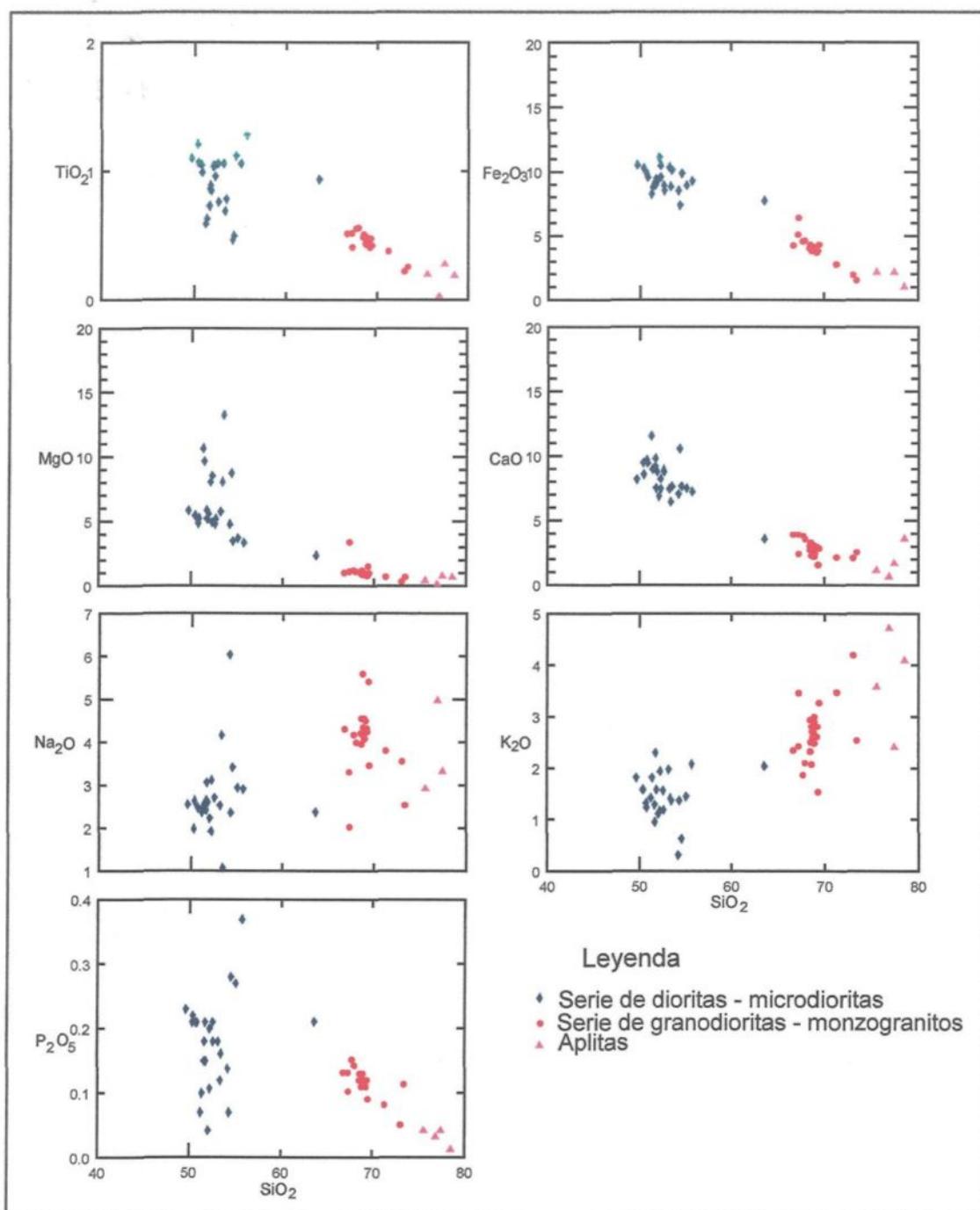


Fig. 2.7 Diagramas de variación de Harker para las rocas intrusivas

2.6 CONCLUSIÓN

En conclusión la geometría del emplazamiento del batolito, petrografía y la geoquímica muestran:

- las rocas intrusivas son generalmente orientadas en dirección NNW-SSE con buzamiento al Este,
- para las rocas intrusivas dos series importantes; la serie granodiorita-monzogranito y diorita-microdiorita, es necesario resaltar que esta conclusión es partir de las muestras recolectadas en las zonas de trabajo más no así de la totalidad del batolito,
- los resultados geoquímicos y la mineralogía son concordantes en determinar, que las series intrusivas son calco-alcalinas de carácter peralumínico sintectónica,
- la presencia de xenolitos de microdioritas al interior de las rocas ácidas sugiere que estas son previas a ellas o se formen como resultado debido a la diferencia de densidades a partir de las dos series de las intrusiones propuestas,
- las rocas sedimentarias pre-intrusivas que conforman los xenolitos son metamorfisadas a hornfels,
- la mineralogía general de las rocas intrusivas esta constituida de; cuarzo, plagioclasas y ortosa en la serie granodiorita-monzogranito a la que se suma altos porcentajes de ferromagnesianos en diorita-microdiorita.

CAPITULO III

CARACTERÍSTICAS DE LAS ALTERACIONES

3.1 INTRODUCCIÓN

Con la finalidad de conocer la evolución del sistema hidrotermal, es necesario definir y caracterizar cada una de las alteraciones presentes en el área de estudio, por consiguiente, la primera parte de este capítulo está dedicada a la descripción de las observaciones macroscópicas y microscópicas; la segunda a su comportamiento geoquímico en relación a estructuras entre mineralizadas y estériles que afectan diversa litología.

Además, la correcta caracterización y distribución de las alteraciones formarán parte de las guías en la exploración y permitirá el uso correcto de las herramientas en la búsqueda de nuevas estructuras mineralizadas y la ubicación de *Ore Shoots* en las vetas ya conocidas.

Dado que en los minerales de alteración se presentan en general formando asociaciones minerales, para este estudio, el criterio para dar el nombre a la alteración esta dada por abundancia del mineral de alteración dentro del conjunto, así tenemos: la sericitización definida como alteración filica por: Burnham (1962), Lowell y Guilbert (1970), la cloritización definida como alteración propilítica definida por: Becker (1982), Von Richtofen (1868) y Zirkel (1873), la argilización que consiste en la formación de

arcillas definidas por: Meyer y Hemley (1967). Otros minerales de alteración que se encuentran en cantidades relativamente bajas serán denominadas como alteraciones subordinadas, lo mismo que el conjunto de alteraciones aisladas y que aparentemente no parecen estar relacionadas a los procesos de mineralización, entre ellas: la silicificación, carbonatación, epidotización y hematitización.

En la tabla 3.1 se muestran las principales características de las alteraciones reconocidas en el área de estudio.

3.2 MINERALOGÍA DE LAS ALTERACIONES

3.2.1 Sericitización: Filica (Cz-Sert)

La sericitización es la alteración dominante e importante en borduras de vetas auríferas o de diques aplíticos cuarzosos que afecta a rocas ácidas, intermedias, básicas hasta metamórficas, de igual modo, muchas estructuras no mineralizadas están relacionadas a esta alteración. La variación y penetración en las rocas son por lo general de tamaños centimétricos; en casos aislados pueden llegar a ser métricas favorecidas por fracturamiento pre-mineral o mineral (fig. 3.1; 3.2: a-b y 3.3.a). Macroscópicamente en las rocas ácidas alteradas toman colores claros de tintes cremosos y en las rocas intermedias a básicas son más claras que las rocas frescas (verde claro).

La distribución microscópica de la sericita se encuentra controlada por la textura primigenia de la roca la que es casi totalmente obliterada además de su microfracturamiento como venillas sericita-cuarzo. La plagioclasa se encuentra sericitizada, biotitas y cloritas son transformadas a muscovita de diferente tamaño, de colores magenta y verdosos, el rutilo queda libre al que se observa en forma de agujillas. El cuarzo es ligeramente corroído, fracturado en algunos casos o en otros recristalizados

Tabla 3.1 Resumen de las características generales de las alteraciones

Orden	Alteración	Por origen				Litología asociada	
		Deutérico (relacionado a la formación del intrusivo)	Hidrotermal		Meteórico		
Principales	Sericitización	Como patinas sobre las plagioclasas y feldespatos potásicos extendidas a nivel del intrusivo	Minerales Sericita+++, Cuarzo+, Carbonatos-, Clorita-, Piritas°, Arcillas°	Ubicación En Bordura de vetas++, fallas++, fracturas+ (generalmente proximal)	Extensión (H) Centimétricos+, métricos-	??	Granodiorita, granito, monzogranito, aplita, tonalita, diorita, lamprofiros, metavolcanicos (toda la secuencia metamórfica)
	Cloritización	Actúan sobre las hornblendas (mejor en dioritas); también, ocurren en fracturas y fallas	Clorita++, Sericita-, Cuarzo-, Carbonatos-, Piritas-, Arcillas°	En bordura de vetas++, al exterior de zonas (distal) sericitizadas++, fallas++, fracturas++	Centimétricos+, métricos-	??	Lamprofiros, diorita, tonalita, granodiorita, granito, monzogranito, aplita, metavolcanicos (toda la secuencia metamórfica)
	Argilización	No es observado	Arcillas+++, Carbonatos+, Epidota-	Fallas++, en bordura de vetas--	Centimétricos+, métricos-	Desarrollado en fallas mejor en planos de reactivación y en superficie	Granodiorita, granito, monzogranito, tonalita, diorita, lamprofiros, metavolcanicos (toda la secuencia metamórfica)
Subordinadas	Silicificación	En bordura de diques aplíticos	Cuarzo+++, Sericita+	En bordura de diques aplíticos++, fallas--, fracturas--, en bordura de vetas--	Centimétricos+, métricos-	??	Aplita, granodiorita, granito, monzogranito, tonalita, diorita, lamprofiros, metavolcanicos (toda la secuencia metamórfica)
	Carbonatación	No muy desarrolladas en el intrusivo asociada a las sericita	Carbonatos++, Sericita+, Clorita+	En contactos zonales sericita-clorita++, en bordura de veta+, fallas+, fracturas+	Centimétricos+, métricos-	Desarrollada en fracturas y fallas; próximas a superficie	Lamprofiros, diorita, tonalita, granodiorita, granito, monzogranito, aplita, metavolcanicos (toda la secuencia metamórfica)
	Epidotización	Ausente	Epidota+++, Carbonatos+	Fallas+, fracturas+, en bordura de vetas°	Centimétricos+	En superficie y planos de fallas y algunas fracturas superficiales	Granodiorita, granito, monzogranito, tonalita, diorita, lamprofiros, metavolcanicos (toda la secuencia metamórfica)
	Hematitización	??		??		Hematita++, Clorita+, Epidote°, desarrollada en fallas y fracturas con anchos desde centimétricos a métricos, alejadas de zonas mineralizadas	Monzogranito, granodiorita, granito, monzogranito, tonalita, diorita, lamprofiros, metavolcanicos (toda la secuencia metamórfica)

Símbolos: +++= muy abundante, ++= abundante, + = común, - = poco, --=escaso, ---= muy escaso, °= presente pero indeterminado,
?? No se observa relación

dentro de microfracturas; cristales euhedrales y subhedrales de pirita, a veces acompañada de arsenopirita de hasta tallas milimétricas, se encuentran diseminados, sobre los feldespatos, o como producto remanente de la alteración de las cloritas, estos sulfuros son diferentes a las que se encuentran en los filones por ser amarillos de tonos más pálidos; como productos de alteración de las cloritas, se observa en menor grado arcillas grises. La abundancia de la sericitina en rocas fuertemente alteradas puede llegar al 70%, siendo el cuarzo el otro mineral que es resistente a la alteración.

Dentro de las sericitas se ha determinado la mariposita (variedad fushita: sericitina cromifera), por la textura, son parte del tipo "leopardo" que corresponden al proceso en la que fenocristales de hornblenda son remplazadas por fushita, las plagioclasas y feldespatos son transformados en sericitina y carbonatos marrones oscuros, a la que se suma la presencia de carbonatos tardíos (remanentes) de colores cremosos que le dan el aspecto moteado en la observación macroscópica. Este tipo de alteración está asociada a diques de hornblendita y/o lamprófiros en contacto con las estructuras mineralizadas (vetas de cuarzo). El mejor ejemplo se manifiesta al piso de la veta Consuelo entre los niveles 2650 a 2750.

Patinas de sericitina son observadas en algunas plagioclasas y feldespatos alejados de la zona de influencia de las estructuras mineralizadas. Esto, posiblemente se deba a la alteración como producto del emplazamiento del intrusivo.

3.2.2 Cloritización: Propilítica (Ch, Py, Cac)

La cloritización es de amplia distribución en la zona de estudio, relacionada a la generalidad de las estructuras desde subverticales a subhorizontales. Con relación a las

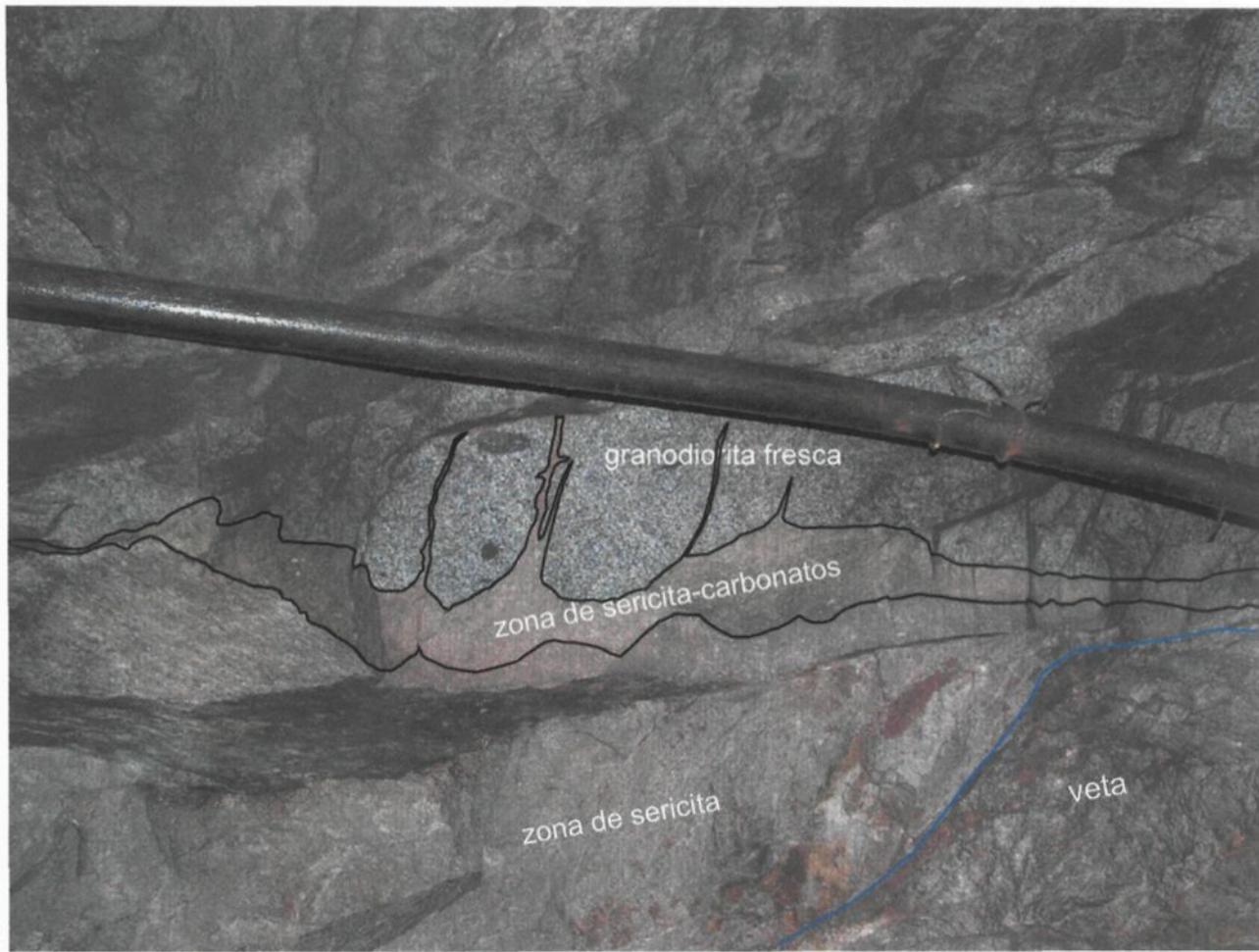


Fig. 3.1 Relación de la alteración: zona de sericitas y zona de carbonatos

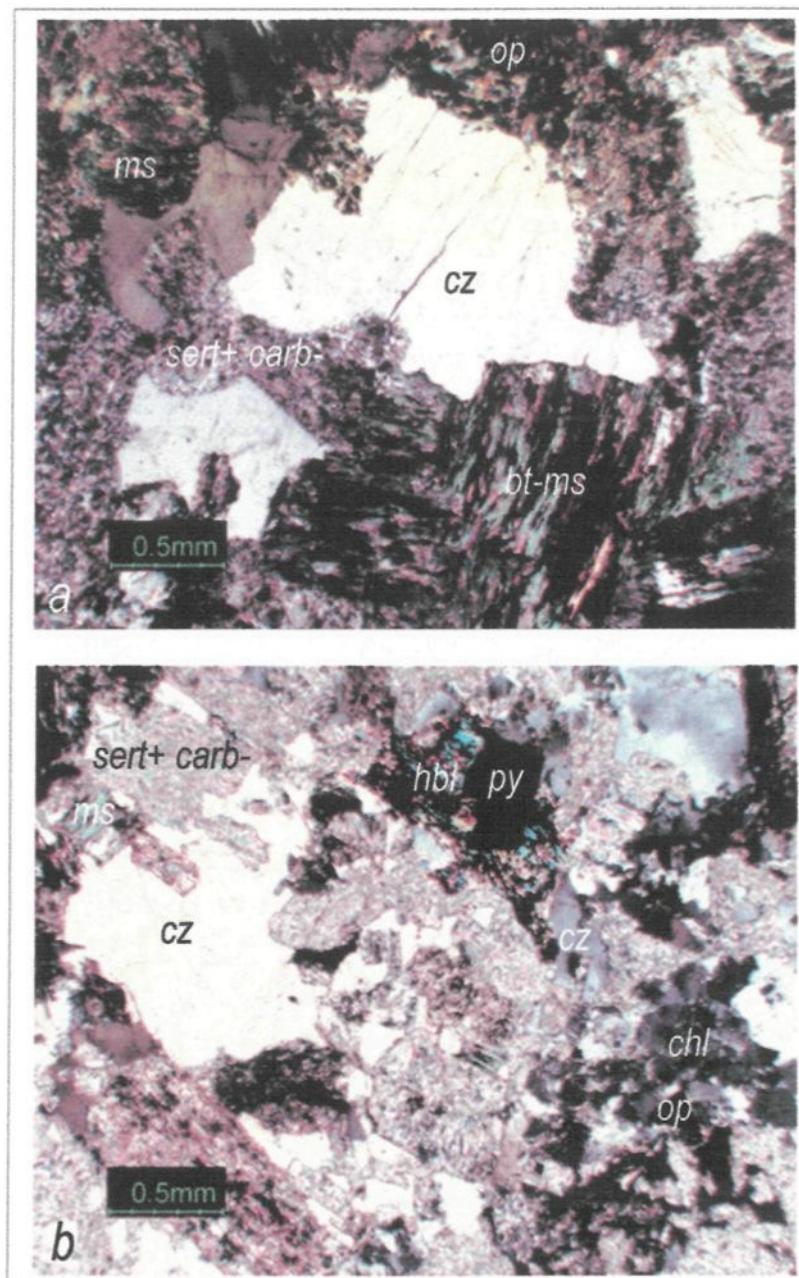


Fig. 3.2 Sericitización de rocas ácidas: a y b: abreviación: bt = biotita, carb = carbonatos, chl = clorita, cz = cuarzo, hbl = hornblenda, ms = muscovita, op = opacos, py = pirita

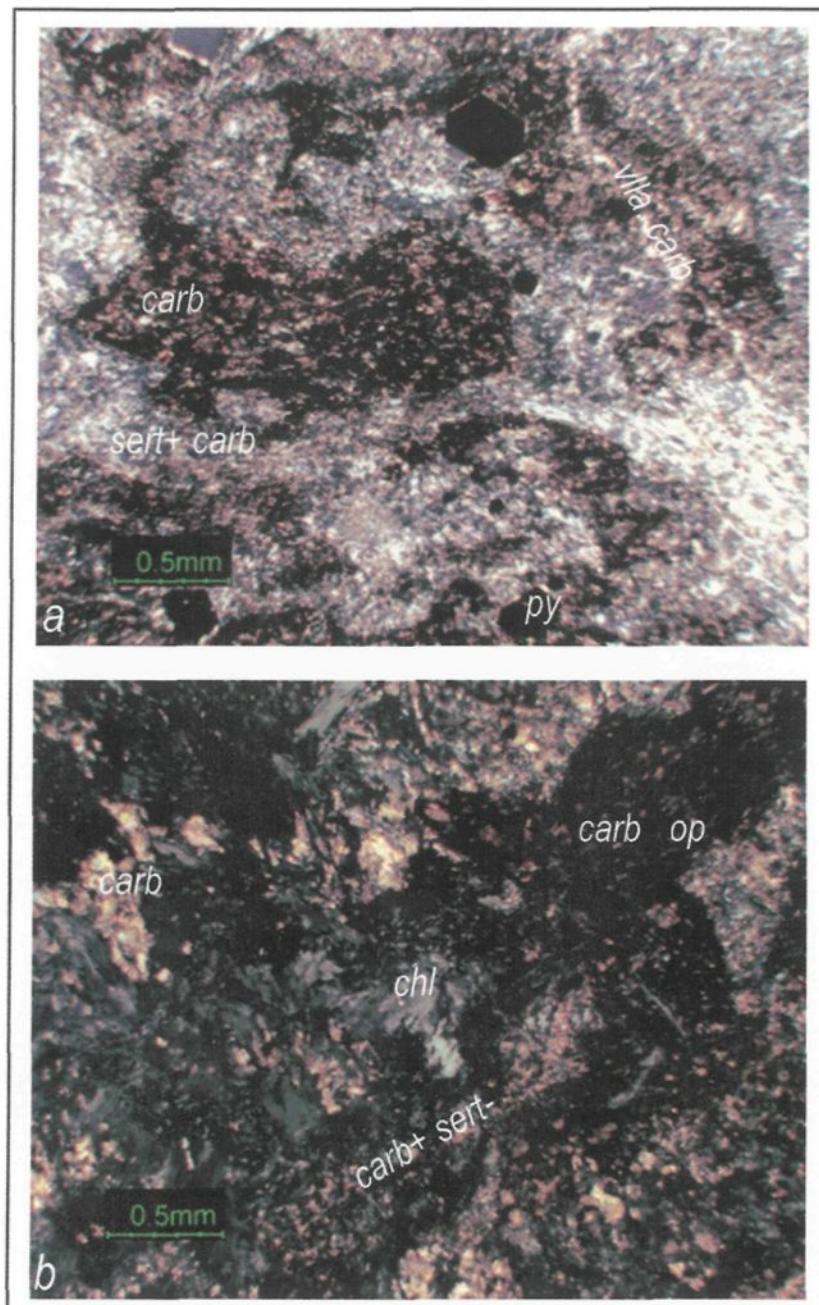


Fig. 3.3. a) sericitización de diorita b) Cloritización de diorita hornblendica: abreviación: bt = biotita, carb = carbonatos, chl = clorita, cz = cuarzo, hbl = hornblenda, ms = muscovita, op = opacos, py = pirita

sericitas se presentan como franjas colindantes externas a estas, pero en ocasiones se ha observado planos de veta rellenas de cloritas en ausencia de cuarzo (generalmente en bordura de áreas mineralizadas), dependiendo del tipo de estructura y sus relaciones litológicas pueden llegar a ser de anchos centimétricos a métricos, macroscópicamente las rocas cloritizadas presentan colores verdosos (fig. 3.4.a).

En rocas ácidas la cloritización afecta las biotitas que al parecer son el resultado de la transformación de las hornblendas; por consiguiente, el hábito de las cloritas son por lo general en láminas. En las rocas intermedias la cloritización es mejor desarrollada por ser el resultado de las alteraciones de minerales ferro-magnesianos (hornblendas y biotitas), donde son abundantes. En este proceso estos minerales se descomponen formando patinas de carbonatos oscuros, pirita y quedan libres algunos minerales opacos (fig. 3.3.b).

Temporalmente, las cloritas al parecer son predecesoras a las sericitas, ya que las observadas presentan una alteración a muscovitas de hábito laminar (flexible). Este pseudomorfismo es mayor y mejor observado en zonas sericitizadas de las rocas intermedias a básicas (zona Consuelo). En rocas metasedimentarias (xenolitos del nivel 1987 próximas a la falla Qori-huarmi) se les observa formando nidos de aspecto radial.

La pirita con tallas que pueden llegar desde 0.5 a 1 centímetro en observaciones macroscópicas es el sulfuro que comúnmente es asociado a esta alteración y se ubica por lo general entre los planos de contacto de las fracturas.

Una secuencia de venillas a microvenillas de cloritas es identificada al interior de las vetas de cuarzo y de las zonas sericitizadas. Esta generación de cloritas son de origen hidrotermal y se diferencian a de las primeras en el microscopio por poseer colores de tintes azulinos y desarrollada entre fracturas, o en la intersección de cristales. La

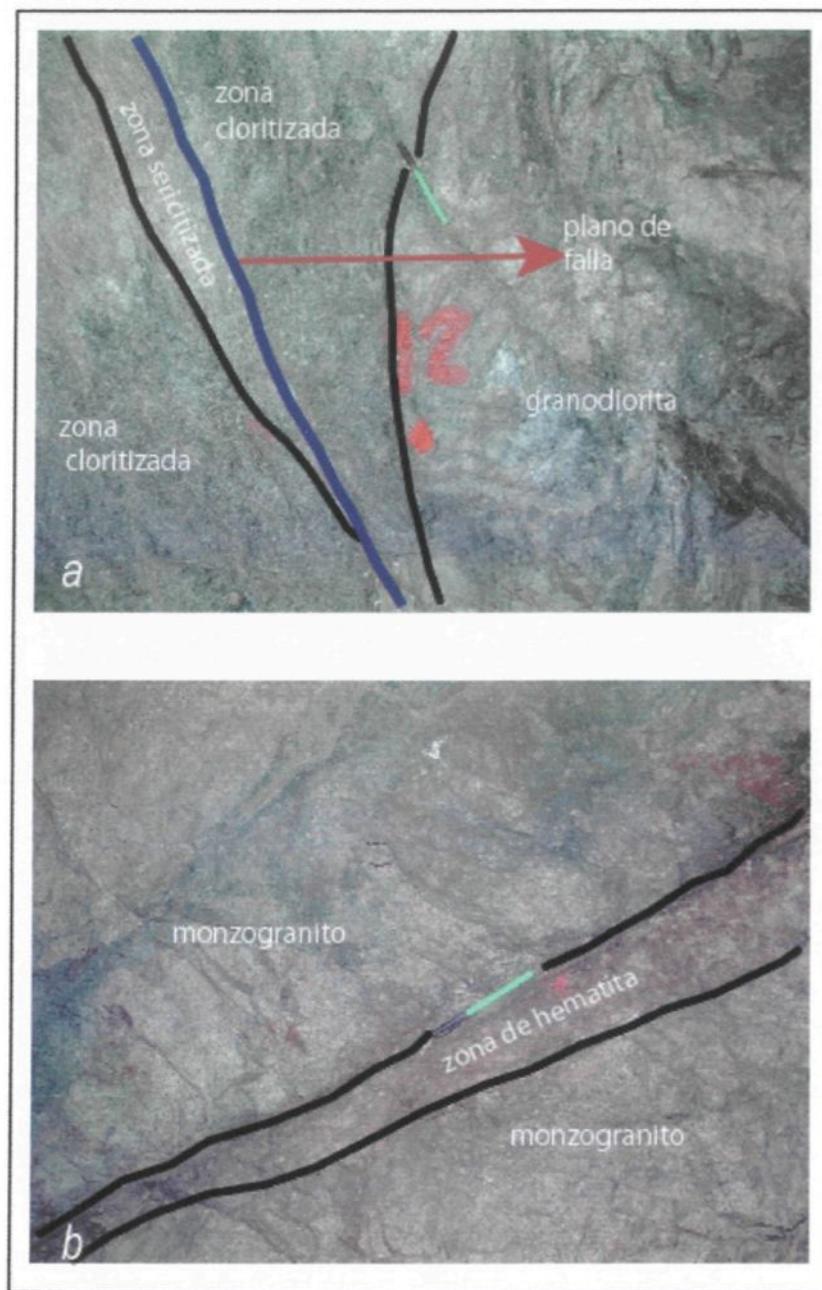


Fig. 3.4: a) Distribución de la cloritización y sericitización en fallas subverticales, b) Hematita en zonas de falla

coloración azulina de la clorita puede interpretarse como un incremento en el contenido de hierro de las cloritas.

3.2.3 Argilización

Las rocas afectadas por alteración argílica (arcillas no determinadas por rayos x) presentan colores gris blanquecinos a verdosos, dentro estructuras que pueden llegar a tener potencias mayores de 1.50 m, veces se encuentra asociada a la sericitización se puede observar la piritización de los ferromagnesianos como cristales subeuhedrales a euhedrales en las cajas o rocas englobadas dentro de las filones.

En zonas de sericita y cloritas su presencia es escasa y se desarrollan como subproducto dentro de estas alteraciones, al microscopio de hábitos radiales y de colores grisáceos.

En general, se encuentra controlada por presencia de planos de reactivación e interacción con aguas meteóricas, es consecuencia de la removilización del SiO_2 así como los iones de Fe, K, Na y Mg.

3.2.4 Alteraciones subordinadas

3.2.4.1 Silicificación

La silicificación observada en el área de trabajo esta por lo general relacionada a bordura de diques aplíticos o al interior de estos mismos diques, las rocas afectadas toman colores gris claros a gris verdoso (en rocas ácidas e intermedias respectivamente). En bordura de veta su presencia es muy restringida y asociadas al fracturamiento de las cajas. En extensión lateral llegan a los ordenes centimétricos.

El SiO_2 liberado de los silicatos durante la sericitización y cloritización así como de la corrosión del cuarzo son las fuentes para la silicificación a la que se suman las soluciones cargadas en sílice que son parte del remanente hidrotermal, esta última soportada por la inyección tardía de venillas de cuarzo gris en las vetas.

3.2.4.2 Carbonatación

Es necesario aclarar en esta sección que una secuencia de carbonatación es relacionada al proceso mismo de alteración fílica y propilítica como consecuencia de la destrucción de plagioclasas y feldespatos potásicos (color marrón claro) además de ferromagnesianos (color marrón oscuro) ocasionalmente se les observa en zonación externa a la sericita como el mostrado en la figura 3.1 lo que podría constituir una migración de los carbonatos hacia el exterior; otra segunda es desarrollada como remanente del proceso hidrotermal y se presenta formando venillas a microvenillas, entre los carbonatos reconocidos, se encuentra la calcita y anquerita. Al igual que la sericita y clorita presentes en rocas “frescas” se observa alteración incipiente a carbonatos, principalmente en las plagioclasas zonadas del núcleo hacia los bordes.

3.2.4.3 Epidotización

La epidotización en gran parte se encuentra en fallas reactivadas que contienen panizo en donde pueden llegar a formar venillas centimétricas, no hay evidencias que este relacionado a estructuras mineralizadas, en muchas fracturas y micro-fracturas se presentan como venillas o halos milimétricos en las que se asocian a venillas de carbonatos. Los diques volcánicos en zonas de falla muestran una fuerte epidotización.

Su formación está asociada a agentes supérgenos y a los endógenos (fluidos hidrotermales), de coloración verde claro se encuentran distribuidas y limitadas por la forma de las fracturas.

3.2.4.4 Hematitización

Algunas fallas y contactos, presentan venillas y superficies alteradas a hematita a los que acompañan las cloritas; se muestran de colores rojizos, estas se distinguen de las formadas por lixiviación supérgena de sulfuros por ser poco extensos mayormente asociadas a fallas, al parecer no hay una relación aparente con la formación filones auríferos (fig. 3.4.b).

La hematitización requiere de fluidos oxigenados para su formación, esto le hace diferente a la sericitización, cloritización, argilización, y carbonatación que requieren de fluidos reductores para su desarrollo.

3.3 GEOQUÍMICA DE LA ALTERACION HIDROTERMAL

El empleo de la variación de elementos mayores es una práctica extendida en todos los casos de alteraciones y sus relaciones químicas, con los cuales se les puede caracterizar químicamente; sin embargo, grandes cambios también se dan en cuanto al contenido de elementos menores y trazas.

En el desarrollo de este trabajo la metodología de muestreo y análisis son descritas en el capítulo I acápite 3 (metodología). Haciendo gráficos comparativos de los valores de perdida por calcinación (LOI: *lost of ignition*) versus su posición espacial en cada una de las estaciones de trabajo se encuentra que, éstas se incrementan en proximidades de estructuras a las que se relacionan las alteraciones, por lo cual, este factor además del

control petrográfico fueron usados para determinar las rocas alteradas y los protolítos (roca fresca) en cada estación, es decir, bajos valores de LOI, corresponde a una roca relativamente fresca.

En el conjunto de las estaciones de trabajo según los gráficos de isocono de Grant (Grant, 1986) determinan que el aluminio (Al_2O_3) y titanio (TiO_2) poseen un comportamiento inmóvil a la que se puede sumar el fósforo (P_2O_5) como elemento mayor, dentro del grupo inmóvil de los elementos menores. Esta características también fueron descritas para muchos yacimientos y reconocidas por la bibliografía científica: Richards *et al.* (1989), MacLean y Barret (1993), Eilu *et al.* (2001), entre otros.

El empleo del TiO_2 en el balance de masas muestra variaciones erráticas que a diferencia, el Al_2O_3 muestra variaciones comparativas casi uniformes en cada fenómeno de alteración. Los otros elementos mayores como: Cr_2O_3 , FeO total y MnO son relativamente móviles; mientras que Na_2O , K_2O , CaO , MgO y SiO_2 son de comportamiento variable de fuerte movilidad dependiendo de sus relaciones con la alteración.

Las áreas de trabajo, para la toma de muestras se presentan en las figuras 3.5 y 3.6 en las zonas de Jimena y Consuelo respectivamente.

3.3.1 Geoquímica y balance de masas: para las vetas

Con la finalidad de conocer la variación, la extensión y la posible zonalidad de la alteración ligada a las estructuras mineralizadas se tomaron muestras en: el contacto, a 0.50 metros a 1 metro y a 3 metros de las cajas piso y techo.

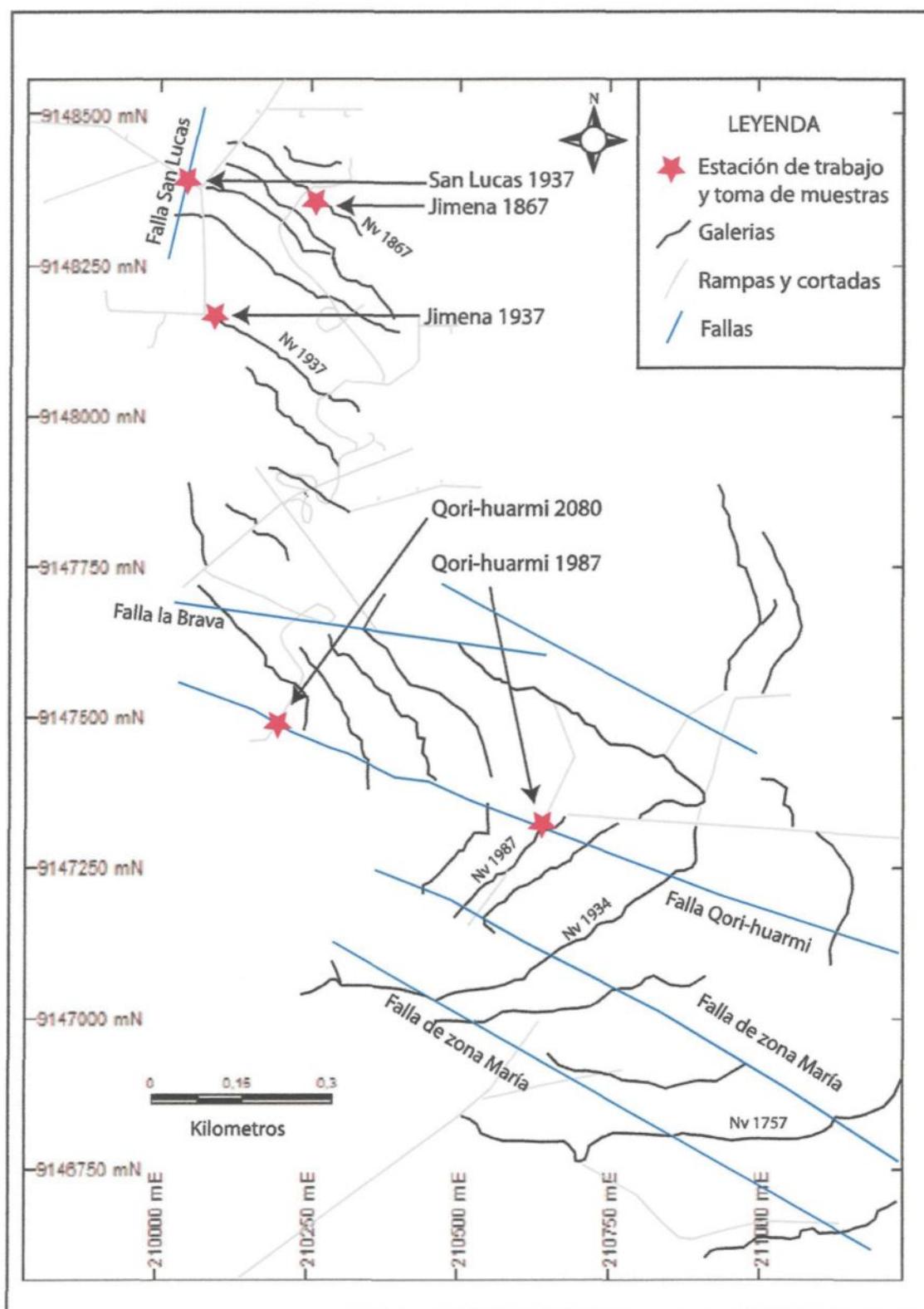


Fig. 3.5 Ubicación de las estaciones de trabajo y toma de muestras en la zona Norte, Jimena-Mercedes

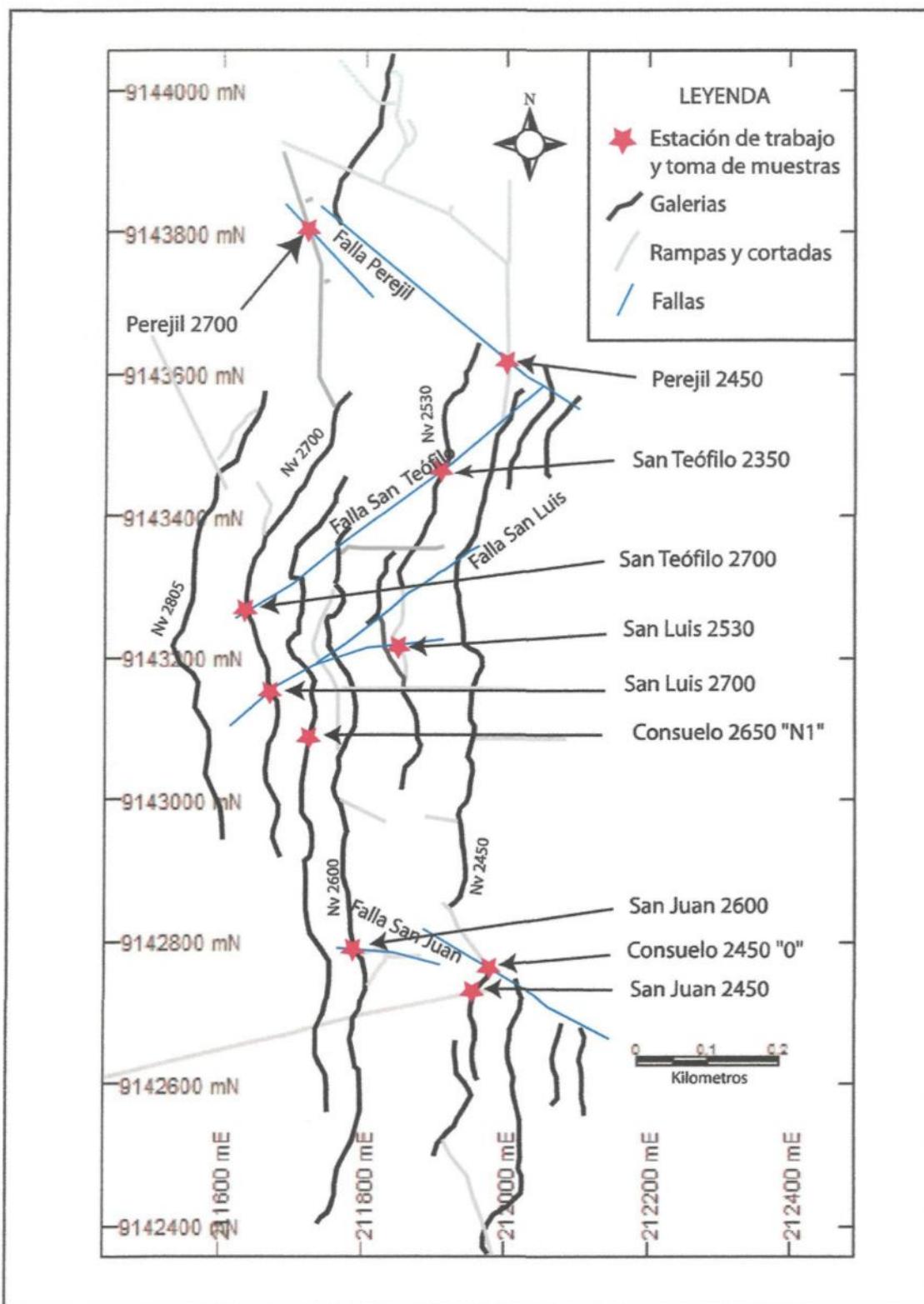


Fig. 3.6 Ubicación de las estaciones de trabajo y toma de muestras en la zona Sur, Consuelo

Las mayores variaciones sólo se dan en el contacto mostrando una restricción de la alteración en bordura de la veta. La pérdida de sílice (SiO_2) llega hasta 6%, la variación del Fe_2O_3 , MnO , MgO y Cr_2O_3 no son apreciables en la zona de Jimena (figs. 3.7 y 3.8), por el contrario, en el área de Consuelo (figs. 3.9 y 3.10) el Fe_2O_3 total y MgO muestran incrementos hasta de 3 y 4% respectivamente, donde la cloritización está presente, los carbonatos (CaO) son ligeramente variables, con una tendencia a la perdida en los contactos, el Na_2O , es el oxido que de manera general muestra pérdidas en el orden de 4% en todos las áreas trabajadas, contrariamente el K_2O que registra incrementos geométricamente inversos al Na_2O , sólo cuando la alteración clorítica es dominante se registran alguna pérdida de K_2O y Na_2O .

El Au es altamente anómalo en las zonas de contacto, no se incluye los valores de Ag ya que los análisis en gran parte se encuentran por debajo del límite de detección.

En la zona de Jimena dado que la sericitización es una de las alteraciones dominantes en las rocas ácidas, del ataque de los fluidos hacia las plagioclasas además de la corrosión del cuarzo resulta una liberación de sílice (SiO_2), la cual puede migrar hacia la vena o formar microvenillas, lo que sugiere una característica normal de pérdida de SiO_2 en estas zonas las que pueden ser enmascaradas por la reconcentración en microvenillas. La poca variación del TiO_2 denota su carácter inmóvil (aunque teóricamente como elemento el Ti debiera mostrar una deflexión la que constituye una característica de lixiviación de este elemento). Las variaciones de Fe_2O_3 total no son bien definidas, ya que del análisis hecho en las zonas ricas no muestra incrementos a pesar de encontrarse en una zona próxima dominada por sulfuros, mientras que en la zona estéril muestra una tendencia al incremento lo que explicaría su relación a la variación de los minerales ferromagnesianos. Este mismo control se daría para el MnO y MgO que muestran una

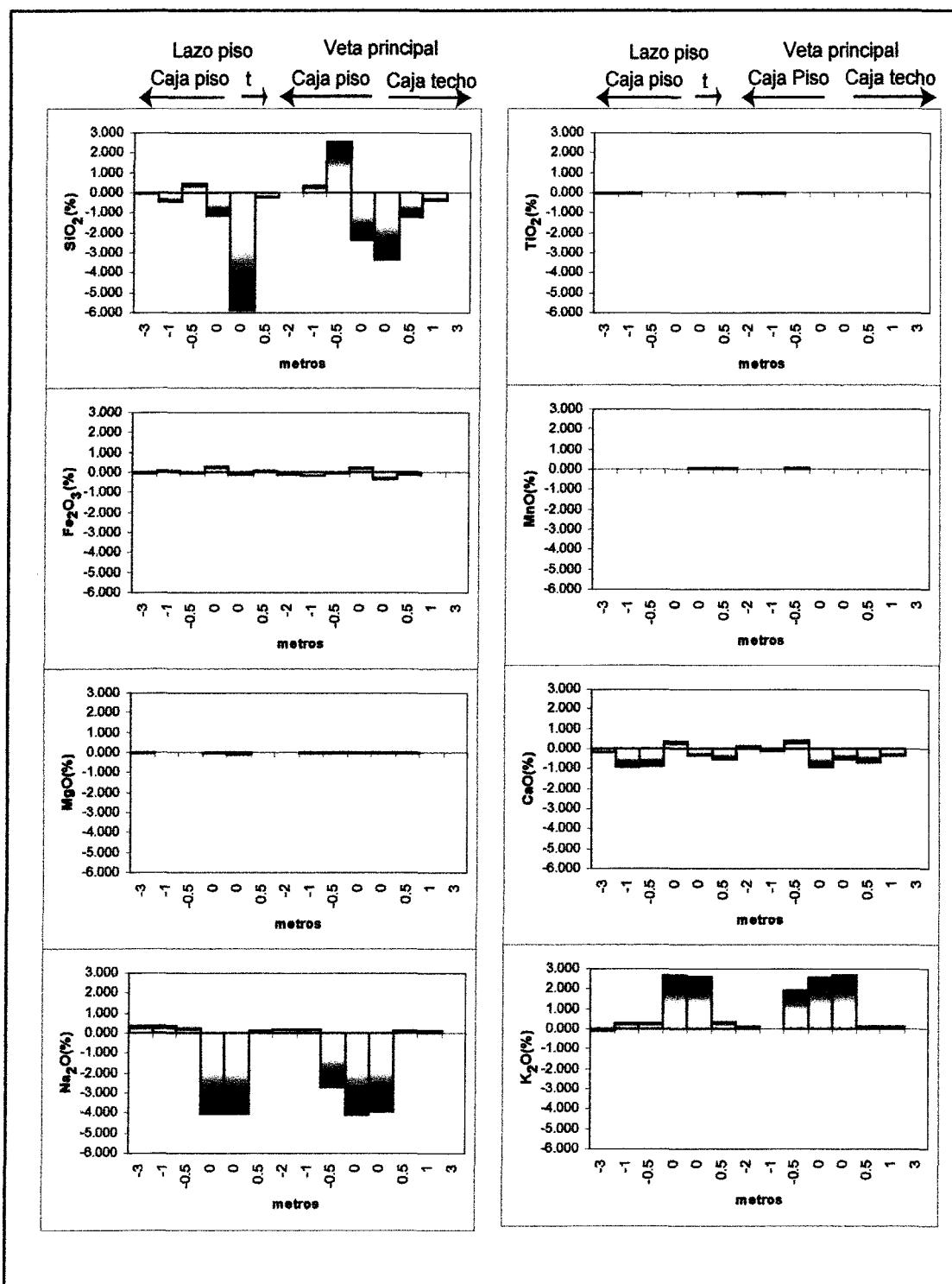


Fig. 3.7 Balance de masas de elementos mayores, veta Jimena nivel 1937;
t= caja techo

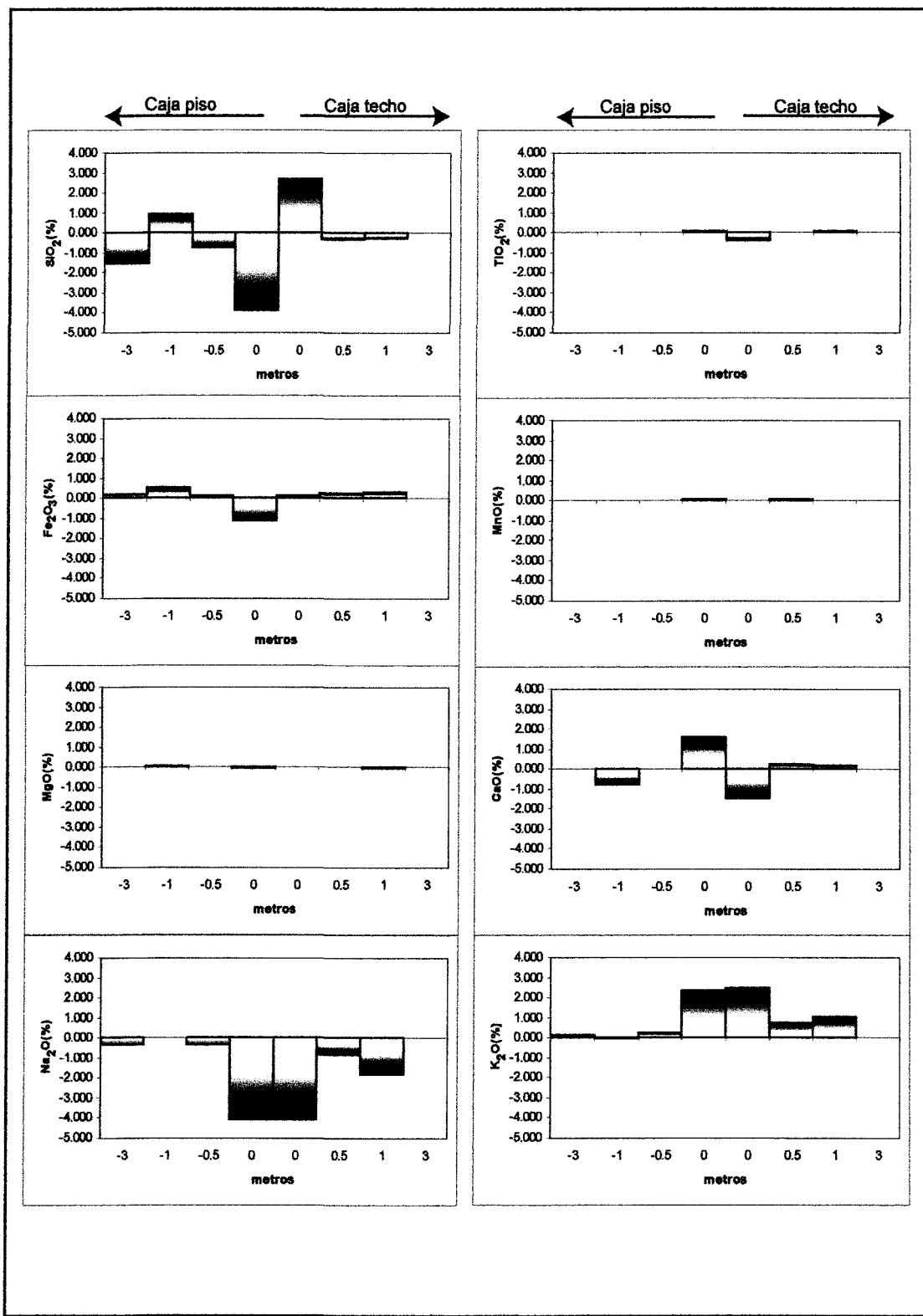


Fig. 3.8 Balance de masas de elementos mayores, vista Jimena nivel 1867

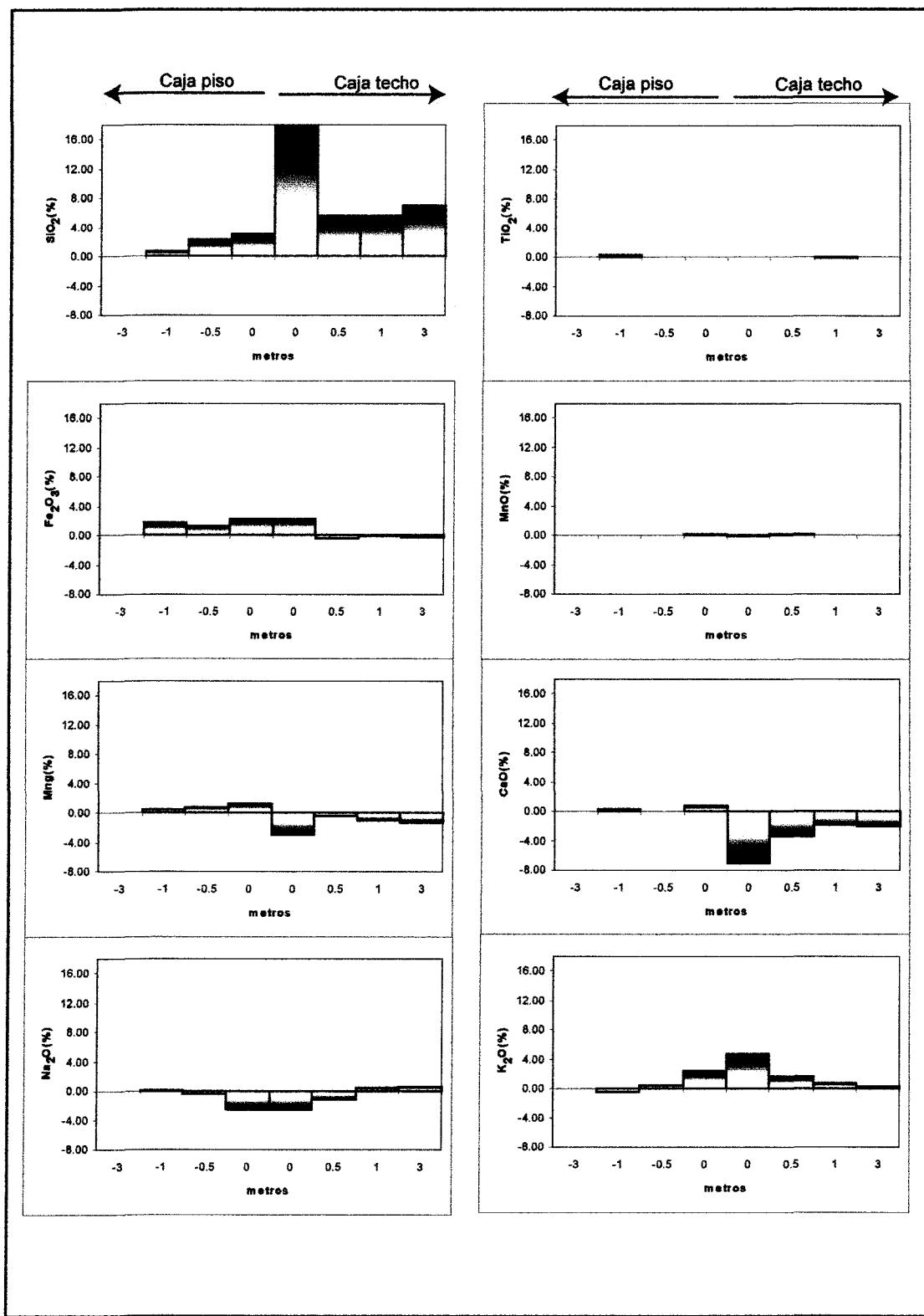


Fig. 3.9 Balance de masas de elementos mayores, veta Consuelo nivel 2450

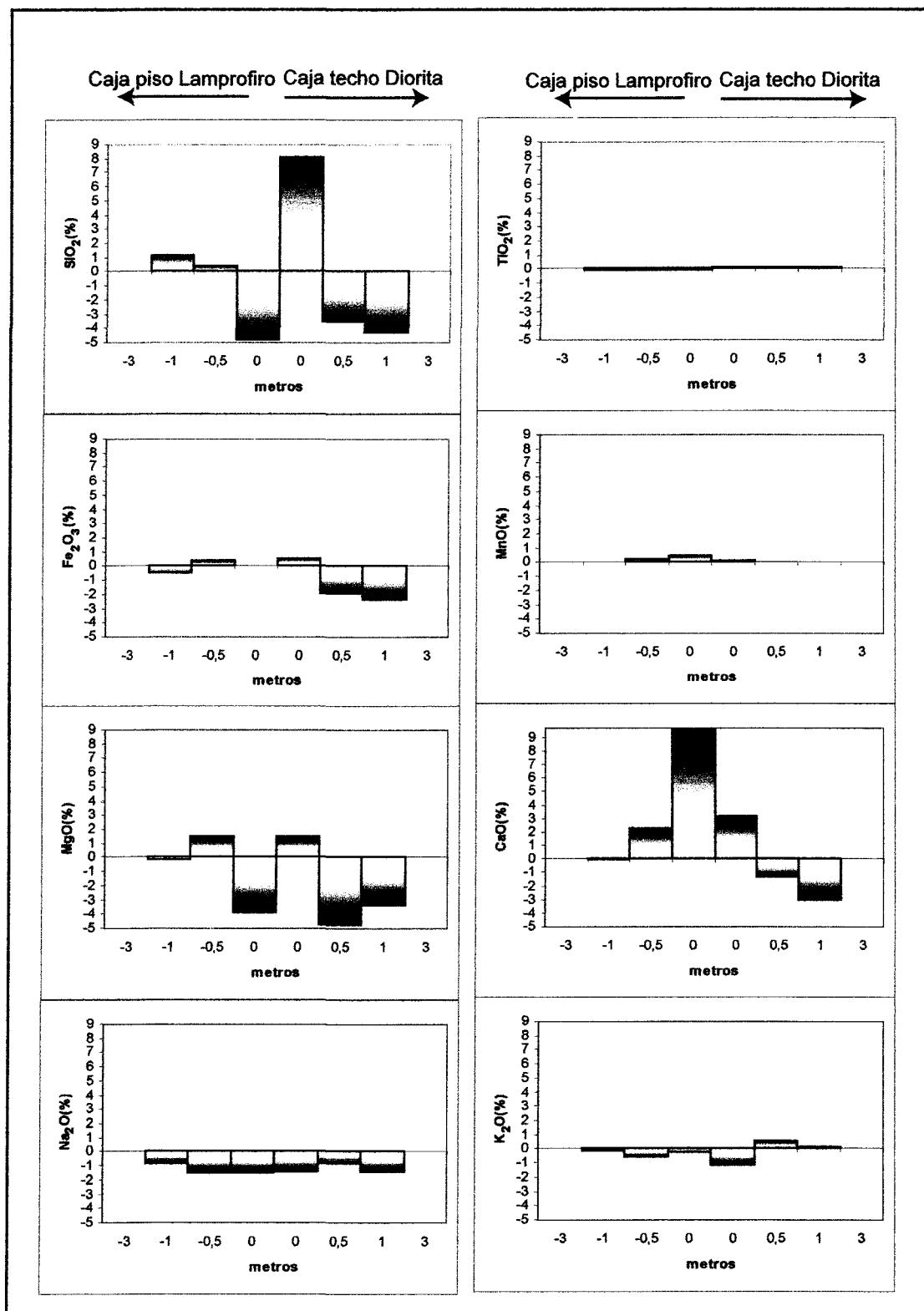


Fig. 3.10 Balance de masas de elementos mayores, veta Consuelo nivel 2650

ligera deflexión en los contactos debido a la transformación de los ferromagnesianos a muscovita. En el proceso de sericitización se requiere una pérdida de Na y Ca con una adición importante de K, este fenómeno explica la deflexión de CaO y Na₂O con una ganancia de K₂O, del mismo modo, al ocurrido para el SiO₂ los carbonatos que muestran incrementos son tardíos, o producto de la reconcentración de las liberadas de las plagioclasas y feldespatos.

Los incrementos de valores de Au están ligadas a la alteración en este caso a sericitas, los elementos metálicos sufren mayor concentración en la zona de vetas asociadas a sulfuros como: Fe (pirita), Zn y Cd (esfalerita), Pb (en galena), Cu (en calcopirita), As (en arsenopirita) y S en todos estos sulfuros descritos. La particularidad importante es la lixiviación del Zn en zonas pobres, además del Pb. La relación de incremento Cd y Zn es mayor y bien reflejada en la zona de Papagayo, en zonas mineralizadas que al igual que los otros incrementos fueron aportadas por las soluciones hidrotermales, mientras que las otras pérdidas son producto de la lixiviación: como Pb y Zn que de la destrucción de feldespatos potásicos y plagioclasas que se encuentran en la mineralogía de la granodiorita (a excepción del cuarzo).

3.3.2 Geoquímica balance de masas: para las fallas

Las fallas como familias de expresiones estructurales son tratadas en el capítulo 4, en esta sección, para el tratamiento geoquímico se considera a las fallas independientes de su orientación.

Con la finalidad de observar las relaciones de las fallas con la mineralización y comparaciones geoquímicas de las alteraciones en bordura de vetas, al interior y en zonas de fallas se realizó estaciones de muestreo (a las que se pudo acceder) a través

de ellas. La característica de estas fallas es que son secantes a las vetas, donde algunas tramos de intersección entre ambas presentan altas concentraciones auríferas en las vetas y en otros muestran ausencia de mineralización importante. El estudio se hizo en las dos áreas de trabajo.

3.3.2.1 Área Jimena (zona Norte)

De las tres estaciones en las fallas (fig. 3.5) cada una de ellas posee características diferentes: los dos primeros puntos corresponden, a la falla Qori-Huarmi que en el nivel 1987 está asociada a hornfels en su parte norte, mientras que la falla Qori-huarmi 2080 en el flanco Norte está netamente constituida de granodiorita. La falla San Lucas en el 1987 la litología dominante es monzogranito.

Para la falla Qori-huarmi, los isoconos de Grant en nivel 1987, donde la alteración y la zona de falla es extendida, muestra como elementos inmóviles los óxidos como: Cr_2O_3 , P_2O_5 , MgO , K_2O y Na_2O y como elemento al plomo (Pb), además sodio, que se adicionan Al_2O_3 y TiO_2 mostrados en la geoquímica de las vetas.

El balance de masas muestra que en las zonas cerradas la sola variación importante es registrada en SiO_2 y CaO , debido a la reconcentración del cuarzo por recristalización dinámica y del CaO por circulación de fluidos tardíos, en las zonas abiertas (fig. 3.11) se sigue observando una ligera pérdida de SiO_2 cercana al 3%, la variación de MgO no es representativa probablemente por que el protolito tomado es aún afectado por alteración clorítica que es observado en secciones delgadas, la perdida de Na_2O y ganancia de K_2O es apenas perceptible. Para un balance de masas se ha evitado comparar el panizo (relleno de falla) con el conjunto de las muestras y en ellas los valores de oro, se encuentran por debajo del límite de detección, sin embargo, muestras de este relleno

(reportado por los geólogos de mina) dan como resultado anomalías positivas de este elemento que llega hasta los 156 ppb, paradójicamente en los contactos de las fallas se observa una pérdida de cobre y azufre con adición CaO y Zn.

La disminución de SiO₂ se estima que se deba a la liberación de SiO₂ en la alteración de las plagioclasas a sericitas, proceso en el cual las soluciones aportan algunos elementos metálicos que incrementan ligeramente el Fe₂O₃. Si bien, la pérdida de MgO no es concordante con la observación de campo, ya que la alteración dominante es la cloritización ésta se debería a que la alteración clorítica es muy extensa que afecta el protolito; por tanto, la comparación es sólo relativa, el incremento y los niveles de CaO son como subproductos en la alteración clorítica y a las formaciones tardías de venillas, la pérdida de Na₂O y K₂O debieron haber sido sustituidos por el MgO aunque las evidencias químicas no lo respaldan. La adición de otros elementos se debería al aporte de las soluciones hidrotermales, no se ha podido observar una lixiviación importante de otros elementos en esta zona.

Estructuralmente la falla Qori-huarmí, que posee evidencias de una fase transicional entre dúctil y frágil, muestra microvenillas de cuarzo. Esto puede explicar la adición elevada de SiO₂ en la zona de falla, para la estación del nivel 2080 donde la falla es cerrada, a nivel macroscópico no hay evidencias de alteración sólo a nivel microscópico se ha encontrado cloritas aisladas que sostendrían la ligera alza de MgO. Las plagioclasas y feldespatos sólo presentan patinas aisladas y escasa de sericitas y carbonatos.

Lo que se puede asegurar en esta zona es que no hubo paso de fluidos tardíos debido a que los niveles de CaO, muestran pérdidas contrariamente a las falla "abiertas" que permite el paso de soluciones tardías ricas en carbonatos.

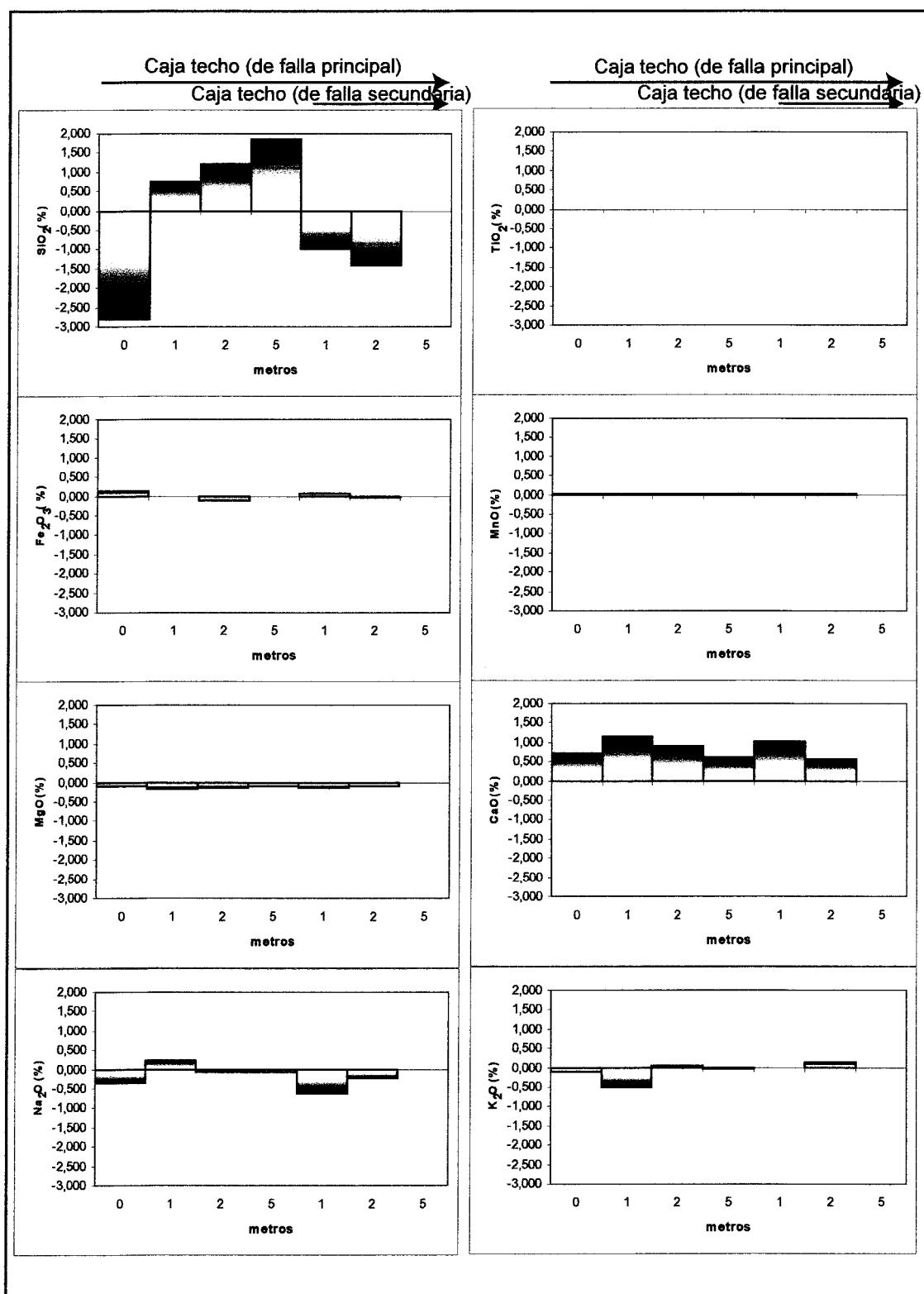


Fig. 3.11 Balance de masas de elementos mayores, falla Qori-huarmi nivel 1987

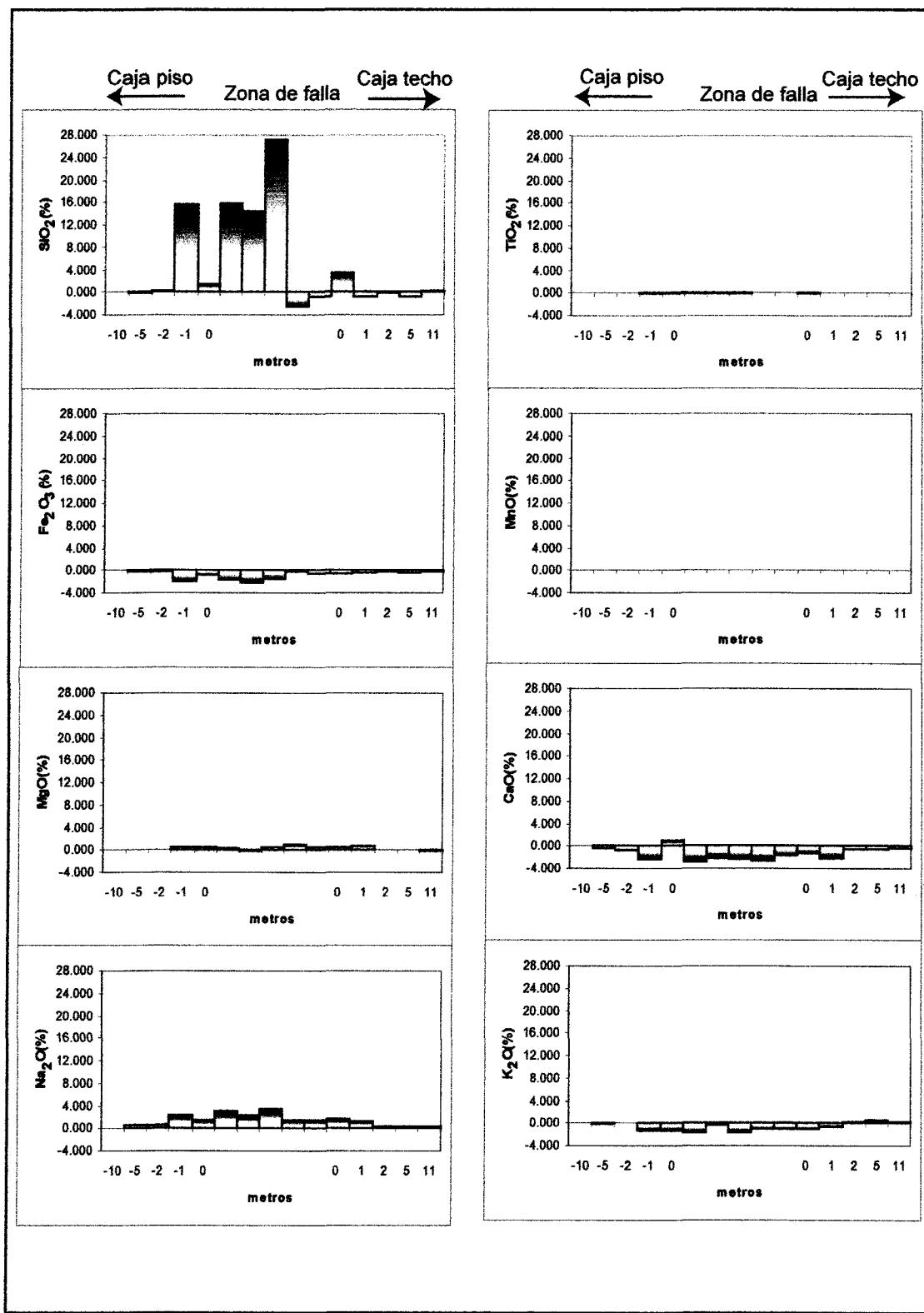


Fig. 3.12 Balance de masas de elementos mayores, falla San Lucas nivel 1937

En la falla San Lucas (fig. 3.12), la adición de SiO_2 es alta llegando hasta 28%, la lixiviación del TiO_2 , Fe_2O_3 , CaO y K_2O , se muestra sólo en la zona de fallas entre 0.5, 2, 3 y 3% respectivamente, los valores de Na_2O contrariamente a la generalidad de las fallas muestra un incremento de hasta 4%, mientras que los valores de MgO tienden a ser positivos pero no representativo, valores altos de Au son reportados de manera aislada al interior de la zona de falla o alrededor de otras fracturas, la perdida de Pb y As reportan al interior de la zona de falla, contrariamente el S es positivo.

La zona de falla presenta una alteración de silicificación con cloritización subordinada esto demuestra el incremento de los niveles de SiO_2 y MgO , en la que las plagioclasas incrementan sus niveles sódicos, el incremento de S está relacionada a los fluidos hidrotermales ricas en sílice, las pérdidas de conjunto de los elementos se atribuye a un proceso de lixiviación.

3.3.2.2 Área Consuelo (zona Sur)

Se han muestreado hasta 4 fallas de Sur a Norte: Falla San Juan, San Luís, San Teófilo y Perejil (fig. 3.6) en sus zonas abiertas y cerradas, en las zonas abiertas las alteraciones y la variación de los elementos es amplia y variada, en las zonas cerradas la alteración es limitada a la estructura y en general no muestra variaciones importantes.

La variación de los óxidos en las fallas (figuras desde 3.13 á 3.17), muestra para, el SiO_2 , CaO y Fe_2O_3 poseen una ligera tendencia al incremento en las fallas, las dos primeras más que la tercera, El TiO_2 y el MnO (el mismo comportamiento observado para Cr_2O_3 y P_2O_5 ; ver anexo 2) son siempre inmóviles. MgO , Na_2O y K_2O son los elementos irregulares de poca variación no bien definida, la diferencia importante se observa en la falla San Luís del nivel 2530, donde los niveles de SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO y MgO son altas

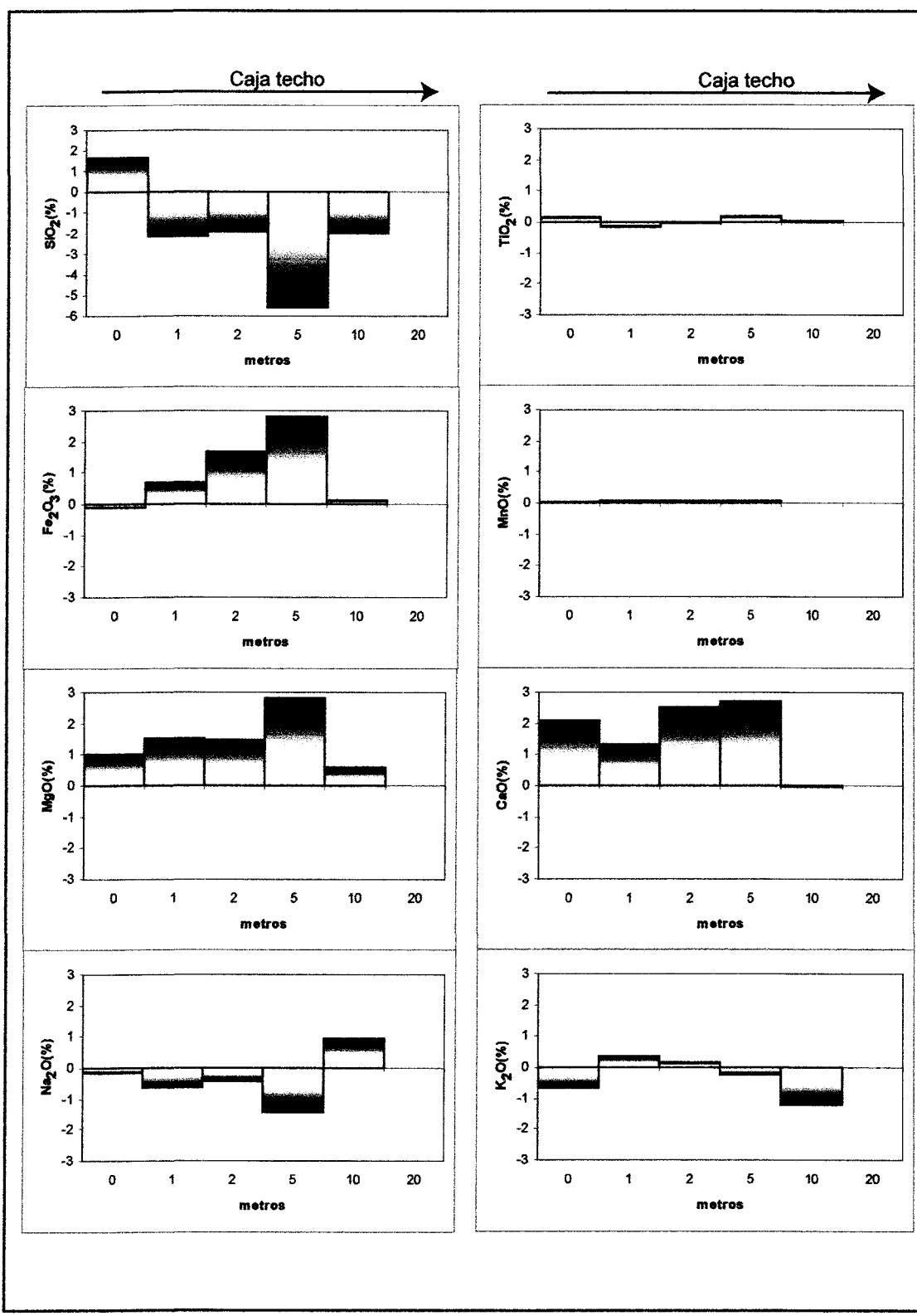


Fig. 3.13 Balance de masas de elementos mayores, falla San Juan nivel 2450

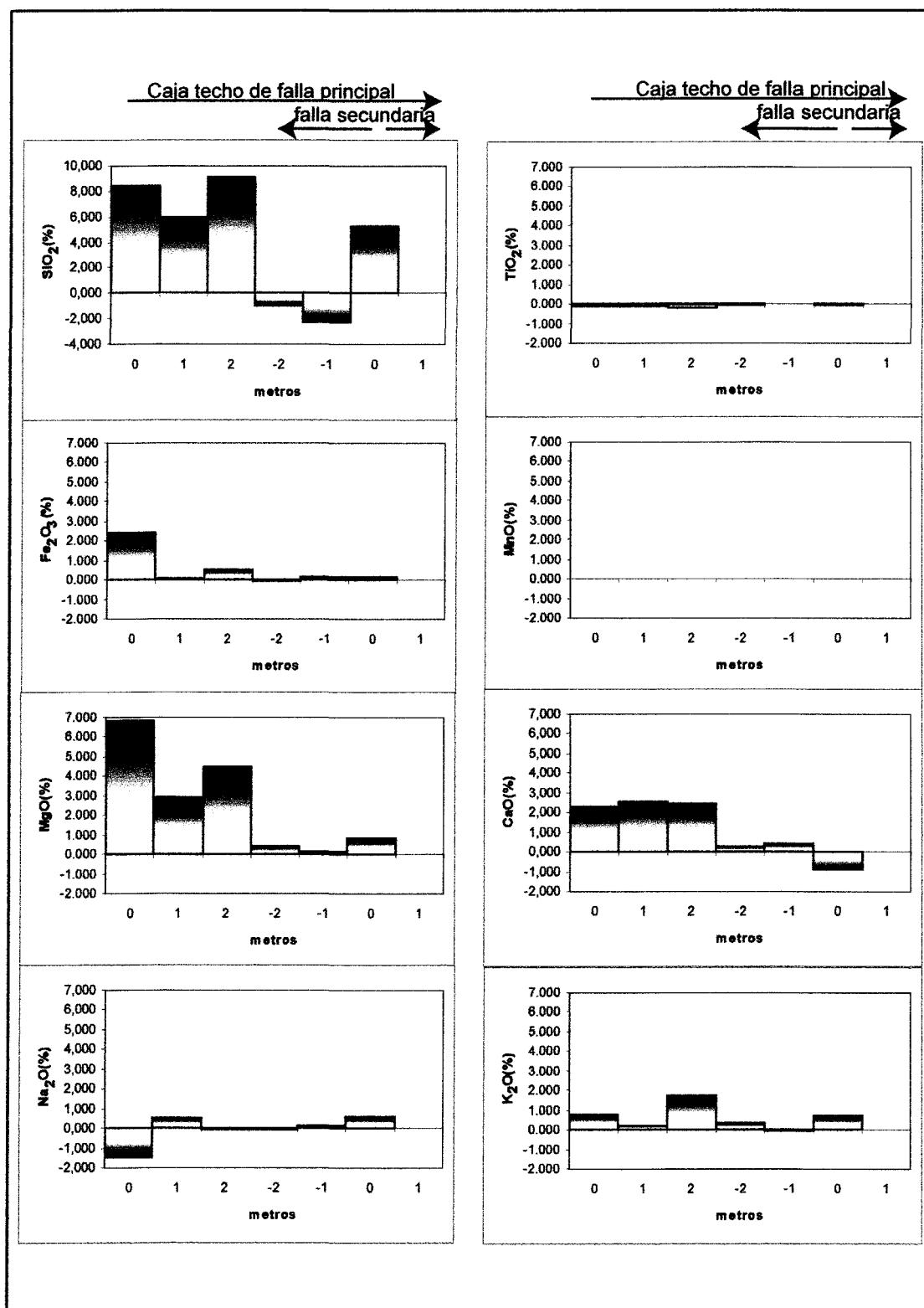


Fig. 3.14 Balance de masas de elementos mayores, falla San Luis nivel 2530

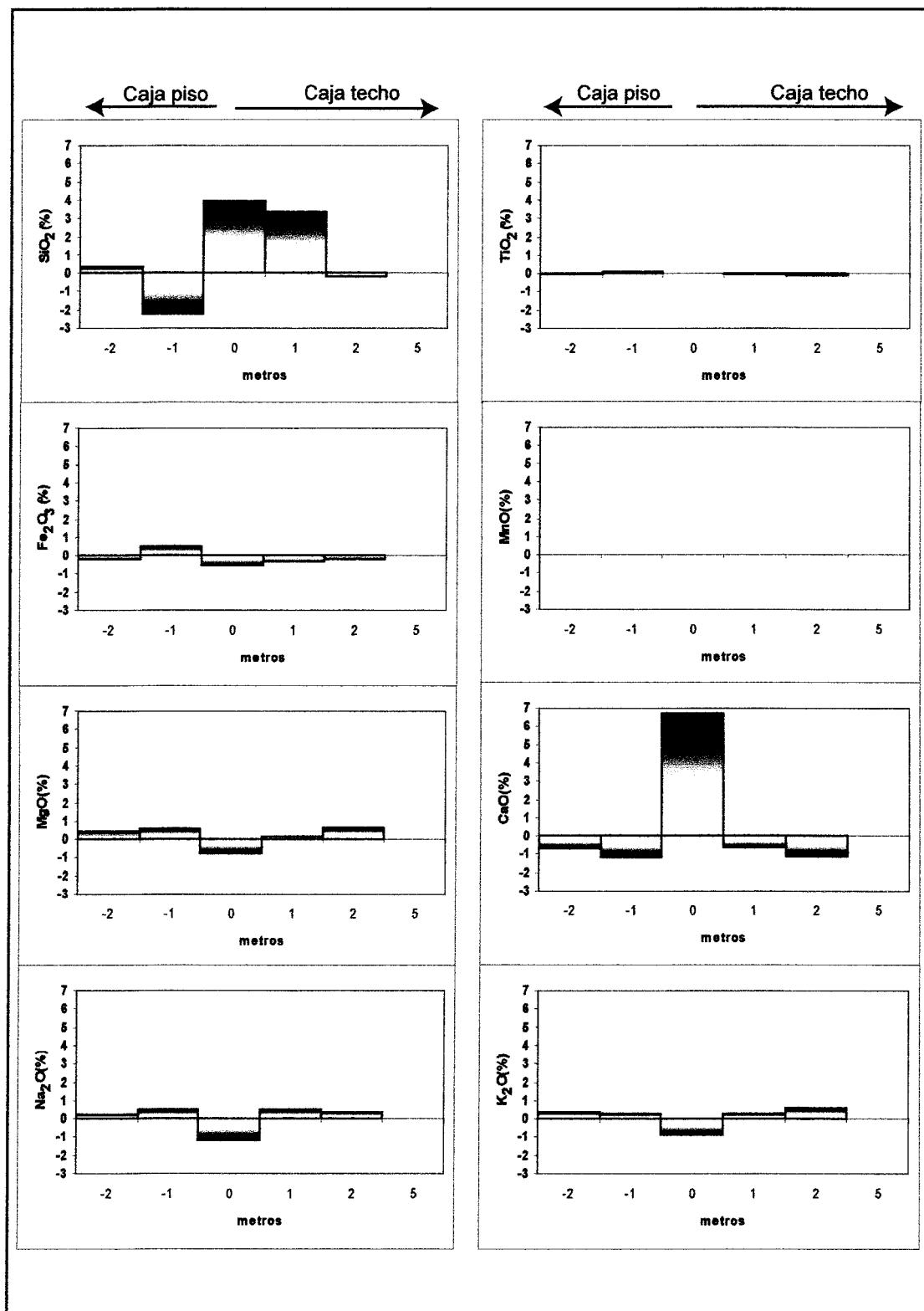


Fig. 3.15 Balance de masas de elementos mayores, falla San Teófilo nivel 2700

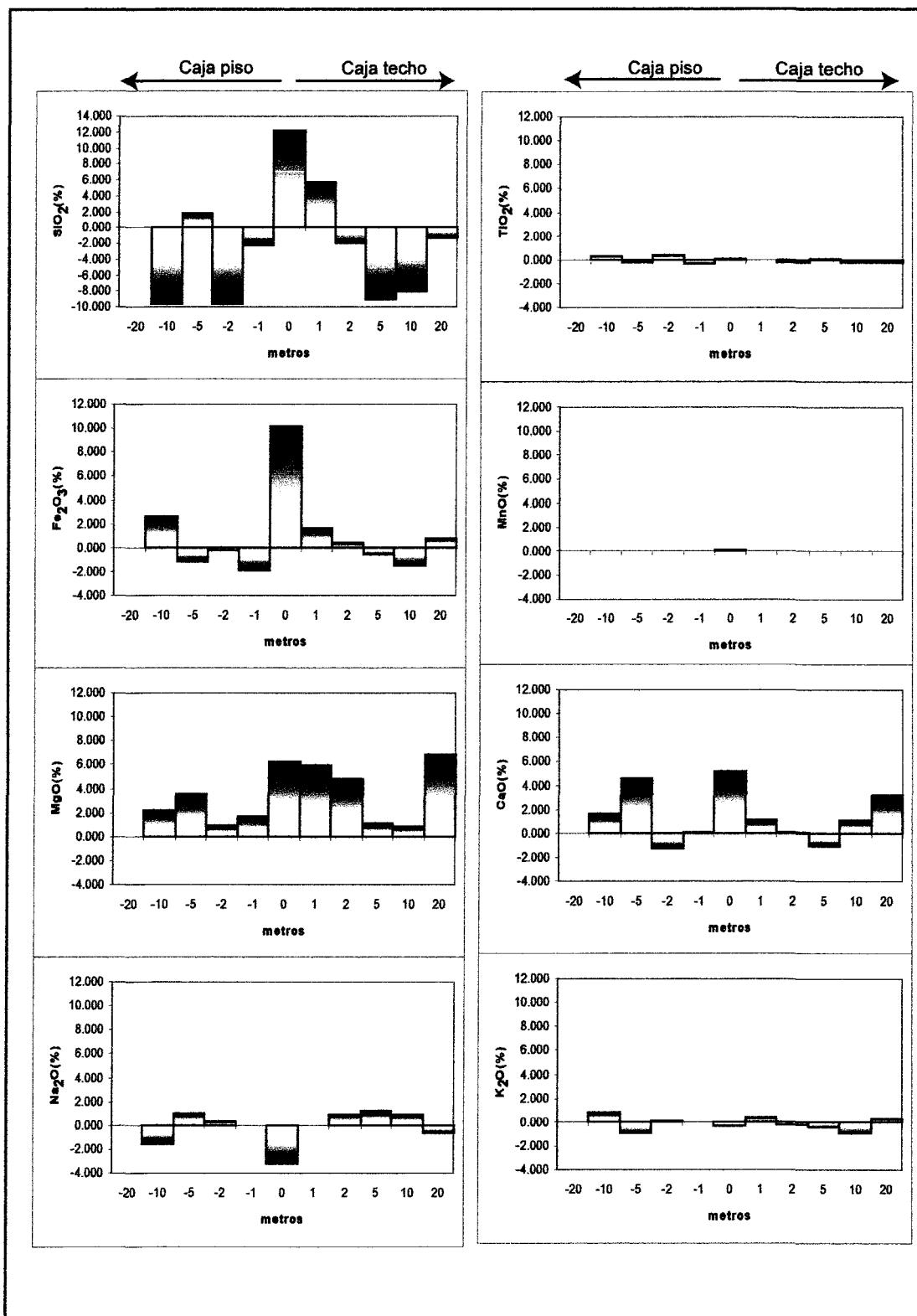


Fig. 3.16 Balance de masas de elementos mayores, falla Perejil nivel 2700

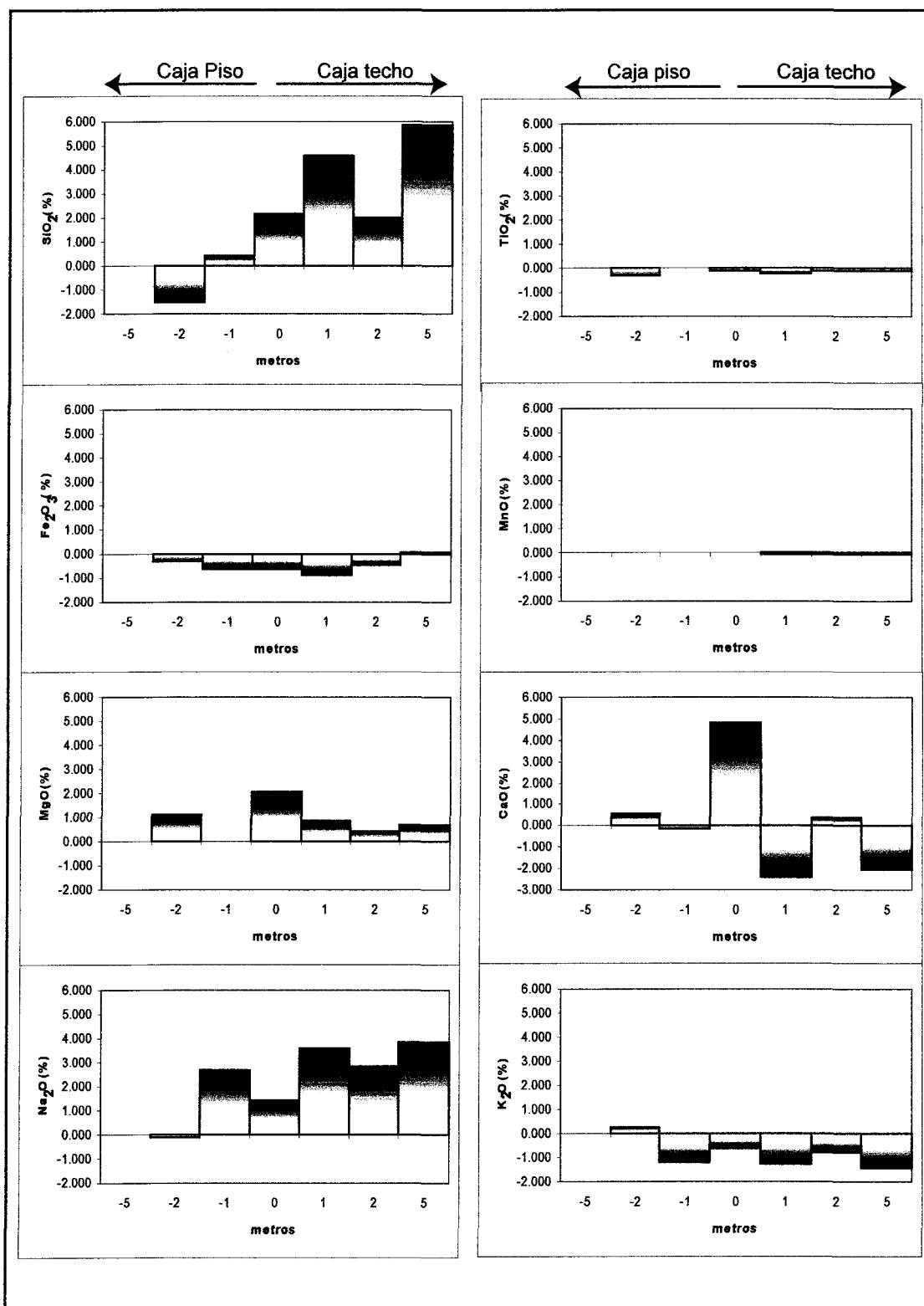


Fig. 3.17 Balance de masas de elementos mayores, falla Perejil nivel 2450

(8.2, 2.5, 2 y 6.5% respectivamente), así como los niveles de Na_2O y K_2O tienden a la deflexión como el observado al relacionado a las vetas en el nivel 2650 de Consuelo, las variaciones importantes de los elementos mayores se muestra en las figuras: 3.13, 3.14, 3.15, 3.16 y 3.17. En gran parte de las estructuras alteradas poseen valores apreciables de Au acompañados con una adición de As y S.

En las estructuras importantes (fallas permeables), el área de influencia de la alteración en general afecta hasta los 5 metros de la falla; la alteración predominante y primigenia es la cloritización asociadas a una carbonatación que explicaría la ganancia de MgO y CaO así como las perdidas de Na_2O y K_2O , ésta es seguida de una silicificación en la falla que expresa la ganancia de SiO_2 que afecta ligeramente las zona cloritizada, como evidencias del paso de fluidos mineralizantes, resultan las adiciones de Au, As, Cu, Pb y Zn con los que viene asociados. Para la falla San Luis (nivel 2530) donde la alteración es la misma a la presentada para la veta en el Clavo C1N muestra: estructura rellena de cuarzo como parte del segmento de la veta Consuelo, donde la alteración dominante es la cloritización que son sostenidas por las observaciones petrográficas y el incremento de MgO , La carbonatación y sericitización subordinada a la cloritización, justifica el incremento de los niveles de CaO y K_2O respectivamente en desmedro del Na_2O . El incremento de los elementos metálicos es soportado por la presencia de sulfuros al interior de las fallas o proximidades.

3.4 RELACIONES DE LAS ALTERACIONES HIDROTERMALES

Las zonas alteradas están caracterizadas por incrementos de Au y As. El incremento de K_2O con pérdidas de Na_2O , SiO_2 y CaO en bordura de vetas ocurre en todas la litologías presentes a excepción de los lamprófiros donde el MgO y CaO son

positivas en detrimento del K_2O , esta relación es más común y abundante en fallas subverticales, los otros constituyentes mayores muestran comportamientos mínimos variables.

Las soluciones tampoco fueron ricas en sílice, razón por la cual, la migración de la sílice liberada de los ataques hidrotermales a la roca encajante (la alteración a carbonatos de los silicatos calco-sódicos y) se da de las cajas hacia la veta y no el proceso inverso, esta afirmación es sostenida por la observación petrográfica como es la formación de sericitas, cloritas, carbonatos y la corrosión del cuarzo. Este fenómeno es observado en numerosos yacimientos filonianos como por ejemplo el descrito por Leitch y Lentz (1994) para la mina Bralorne en Colombia Británica (Canadá), ocurre una fuerte deflexión de Na_2O y una fuerte adición de K_2O en bordura de veta para el caso de La mina Poderosa, se muestra en el gráfico de figura 3.18 y diagramas ternarios de la figura 3.19. Este representa la destrucción de albita (feldespatos) (fig.3.18), la cual es reemplazada por la sericita (muscovita) (Coveney, 1981). La deflexión de MgO y Fe_2O_3 indican que los primeros minerales ferromagnesianos como la hornblenda es destruida para formar carbonato-sericita las cuales son mejor observadas en la petrografía de las dioritas con alteración serícita. El CaO y SiO_2 , son también largamente reducidos en la alteración a sericitas, solo en ocasiones el CaO muestra incrementos; pero esto se debe a la formación de microvenillas de calcita observadas al microscopio al igual como el mostrado por SiO_2 que se reconcentra para formar microvenillas; la formación de microvenillas de cuarzo y calcita son dominantes en bordura de vetas y fallas.

De acuerdo al resultado de balance de masas, observaciones de campo y mineralogía, podemos postular una zonación corta muy restringida de la alteración en bordura de vetas y fallas del contacto hacia la periferia: una primera zona de sericitas,

seguida de sericita-carbonatos y terminando en clorita-carbonatos cuarzo que no siempre es distinguido a simple vista (ejemplo: figs. 3.1 en vetas y 3.4a en fallas) y que pueden darse desde algunas micras a centímetros, esta particularidad en las vetas fue documentado para este tipo de depósitos en otras localidades como: En las venas de Chaters Towers Goldfield en Australia (Kreuzer, 2004); Bronzewing en Australia (Eilu *et al.*, 2001), Yellowknife en Canadá (Boyle, 1979) y (Siems, 1997); Ataud gold-mine en Egipto (Harraz, 1999), en los depósitos de las Sierras pampeanas, Argentina (Skyrrow *et al.*, 2000); en Queensland, Australia (Peters, 1993) estas dos últimas sólo reconocen alteración proximal y distal como sericita y clorita, respectivamente, esta disposición zonal representaría además la variación de la temperatura, el grado de hidrólisis producto del ataque del agua o soluciones cargadas con iones H^+ (Goddard y Evans, 1995) a las cajas, la intensidad es alta en bordura de vetas y favorece la liberación de sílice. Hemley y Jones (1964), Meyer y Hemley (1967), sugieren que la alteración a sericitas se debe al pH neutro de las soluciones en bordura de vetas de cuarzo.

La propilitización es amplia dominante en fallas subverticales. La mineralogía en esta zona consiste de clorita, carbonatos, sericita y perita donde además los niveles de MgO incrementan hecho que concuerda con la abundancia de cloritas como mineral determinante. Este tipo de alteración, según Lowell y Guilbert (1970), ocurre entre 250° a 350°C. Que la sericitización sea muy restringida no bien desarrollada en algunas fallas subverticales podría sugerir que la interacción de fluidos y roca (que es muy corto) así como la naturaleza del fluido son variables con respecto a las de bajo ángulo (fluidos posteriores). Otras anomalías observadas en las fallas como el desarrollo hematita, epidota y arcillas se deben que ellas son activas y permeables que permiten la circulación de los fluidos tardíos tanto ascendentes y descendentes como en el caso de la hematita

que requiere ambientes oxigenados, mientras que la alteración hidrotermal importante reconocido en este trabajo requiere de condiciones reductoras para su formación.

Si bien es cierto que, la carbonatación presente en bordura de vetas asociada a la sericitización o cloritización así como en las fallas puede interpretarse como una reacción de fluidos ricos en CO_2 con silicatos cárnicos (hornblenda y plagioclasa-cárnicas) los que son desestabilizados para formar carbonatos, clorita y cuarzo (Trudel *et al.*, 1989). Los contenidos de CO_2 reportados por Schreiber (1989) y Haeberlin (2000) son demasiado bajos para sugerir esta reacción. Además, Schreiber (1989), determina la composición de los fluidos para los dos estadios principales de la mineralización: un primer fluido rico en K y Na, la segunda que mantiene estas características además de la presencia de CaCl_2 y MgCl_2 teniendo una temperatura de homogenización entre 160-320° y 130-320°C para el primer y segundo estadio respectivamente. Las soluciones ricas en potasio pueden transformar las cloritas en sericitas (Siems, 1997), que como se indicó este pseudomorfismo es observado en la petrografía.

La piritización como fenómeno de alteración se desarrolla sobre todo por remplazamiento de los silicatos y óxidos de hierro por la pirita (Trudel *et al.*, 1989). Estas piritas se forman como reacción del azufre transportado por las soluciones hidrotermales y los iones de Fe de los minerales máficos en las rocas huésped, la mineralogía de las alteraciones muestra su formación en zonas de sericitas así como en zonas de cloritas, la geoquímica indica que el Fe como Fe_2O_3 total tiene un comportamiento variable a lo ancho de la zona de alteración; pero en contacto de vetas de cuarzo y sulfuros muestran un ligero incremento así como en fallas próximas a mineralización aurífera importante.

Las variaciones de elementos y alteración en las zonas de falla y a la periferia no siempre es homogénea, en esto influyen la zonación que a la vez puede estar controlado la composición de las rocas y por un sistema de fracturas por la que circulan los fluidos.

3.5 CONCLUSIÓN

En conclusión, el conjunto es afectado por dos tipos de alteración; una alteración deutérica relacionada a la misma formación del intrusivo, la cual es muy extendida y de bajo grado, la segunda es relacionada a los procesos hidrotermales al interior, de la cual se encuentra los eventos de mineralización. Esta afirmación es soportada por las observaciones petrográficas.

En el primer caso, (alteración deutérica) las plagioclasas y feldespatos potásicos muestran pátinas de sericitas con algo de carbonatos, una alteración a biotitas y tenue cloritización de las hornblendas, en todas las muestras alejadas de los contactos con fallas y vetas (rocas frescas).

La segunda (alteración hidrotermal) es más intensa y espacialmente restringida a las vetas, fracturas y fallas (importante en intersecciones con la veta donde hay ocurrencia de concentración aurífera económica), las más comunes son: la sericitización, cloritización, carbonatación y argilización que se presentan como:

- la sericitización se desarrolla a lo largo de las estructuras mineralizadas (las vetas), en fallas y fracturas (fracturas independientes o asociadas a las fallas) subverticales en estas dos últimas es mejor si el relleno esta constituida de cuarzo esta alteración, esta alteración muestra una extensión lateral irregular,
- la cloritización en el área de Jimena hay un incremento en bordura externa de las vetas, se encuentra en planos de veta vecinas a las áreas mineralizadas,

dominante en tramos de fallas asociadas a zonas económicas en las vetas, se desarrollan mejor en las rocas básicas a intermedias,

- la carbonatación en bordura de vetas, en las fallas, muestran el mismo patrón y se desarrollan mejor en alteraciones de las rocas de composición intermedia a básica,
- la geoquímica que muestra irregularidades en la variación de los elementos mayores en especial relacionado a zonas de fallas en zonas asociadas a áreas mineralizadas (en áreas con ausencia de mineralización no hay variación importante) evidencia un incremento una tendencia al incremento de los elementos metálicos.

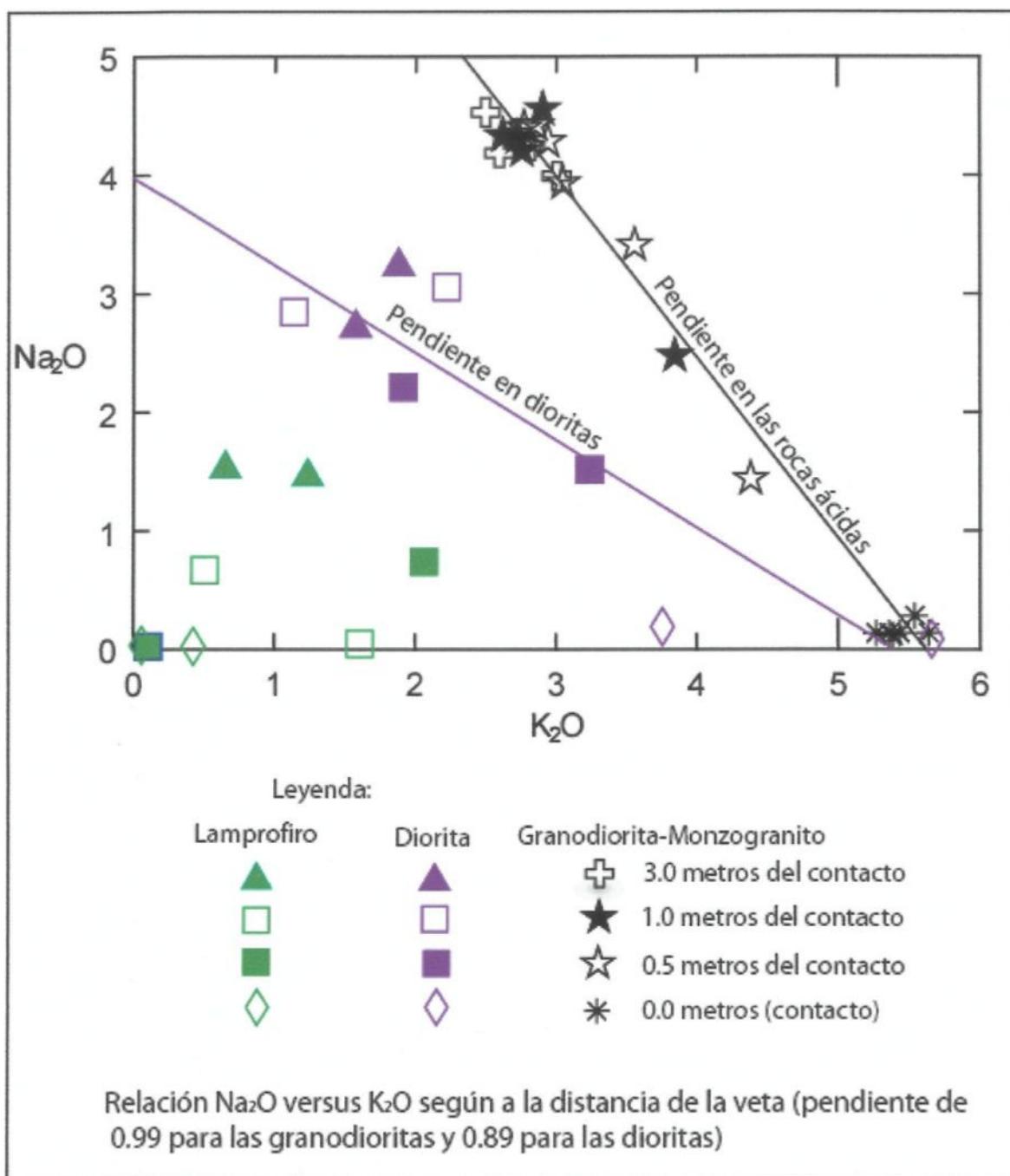


Fig. 3.18 Diagrama de relación $\text{Na}_2\text{O}/\text{K}_2\text{O}$ en diferentes litologías, esta relación es más importante en las rocas ácidas que intermedias y ausente en las rocas máficas

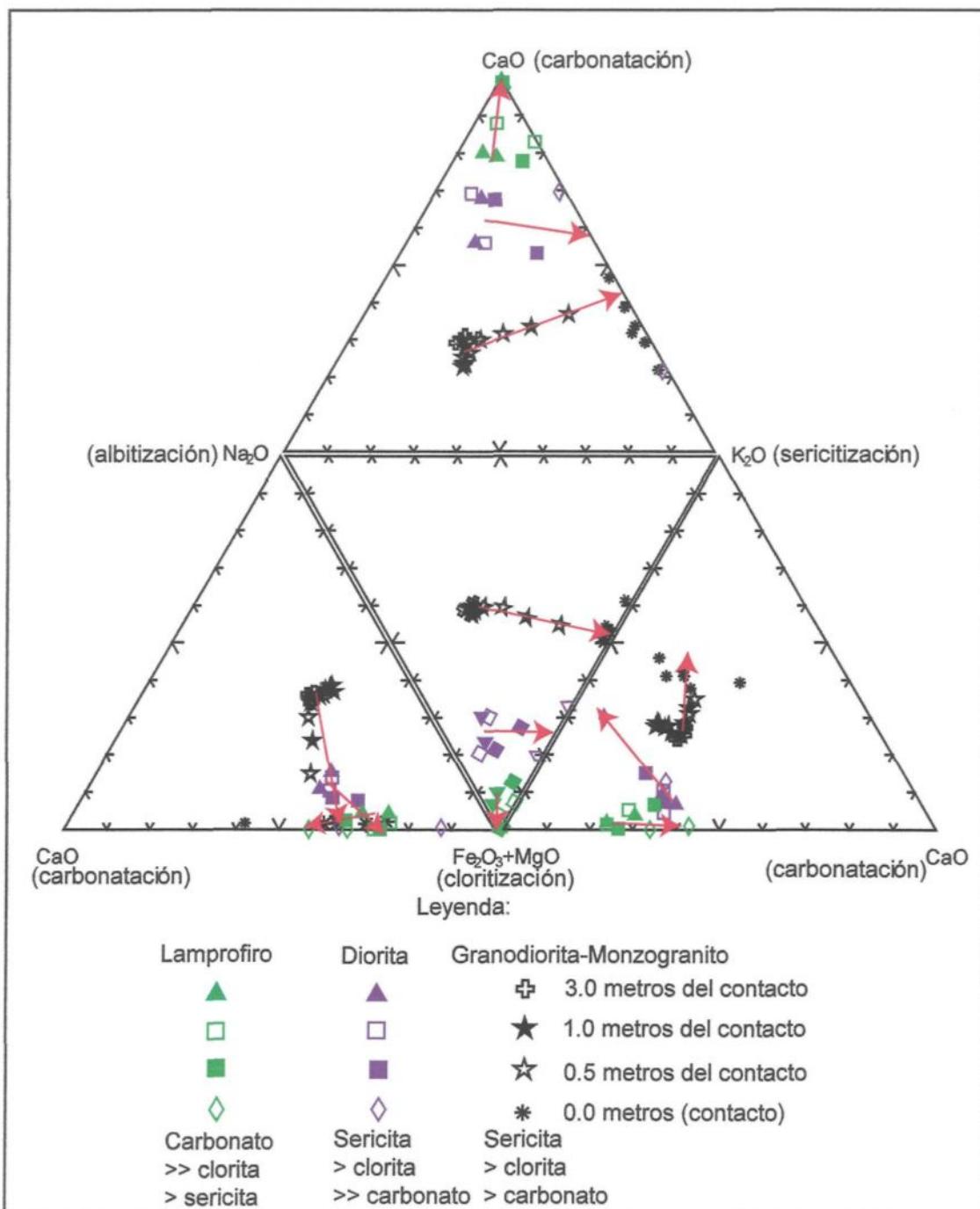


Fig. 3.19 Diagramas ternarios de caracterización geoquímica de las rocas y sus alteraciones relacionada a las vetas. La carbonatación en los lamprofiros y la sericitización en dioritas y en la serie granodiorita-monzogranito son las más importantes

CAPITULO IV

ASPECTO ESTRUCTURAL

4.1 INTRODUCCION

La zona de estudio es afectada por diversas etapas de deformación como producto de la evolución de la Cordillera de los Andes. El resultado de estos fenómenos se expresan formando estructuras de las que las fracturas y fallas forman parte de ella y las que serán tratadas al interior de este estudio, las mismas que además, serán clasificadas en familias de acuerdo a comportamiento.

La descripción de fallas y fracturas estará desarrollada en una primera parte a nivel local, distrital y/o regional en la que se realizara un remarcque especial de las fallas secantes a las vetas de cuarzo aurífero, cuya intersección muestran una relaciones espaciales con el desarrollo de los *Ore Shoots*. La segunda parte es dedicada a las relaciones entre ellas así como la mineralización.

4.2 ANÁLISIS Y DISTRIBUCIÓN DE ESTRUCTURAS

4.2.1 Fallas y fracturas menores

En este estudio se considera como estructuras menores a los fallamientos con movimientos de niveles centimétricos que algunos casos llegan a pocos metros y a las fracturas netas.

4.2.1.1 Área de Jimena

Del cartografiado estructural detallado (escala 1/100) para el área de Jimena en la zona Norte (fig. 4.1, 4.2, 4.3 y 4.4) se obtiene hasta 6 familias de fracturas en la red de Schmidt (fig. 4.1), lo mismo que las distribuciones preferenciales de las estructuras observadas se presenta en el diagrama de "rosas" (fig. 4.2):

- 1- Las de dirección WNW-ESE, el azimut predominante es de N115, de buzamiento subvertical ($>65^\circ$). Un pequeño porcentaje ellas es orientado al ESE-WNW.
- 2- Las de dirección WSW-ENE, con azimut predominante N045°, de buzamiento subvertical ($>65^\circ$), un porcentaje casi igual (ligeramente menor) tienen una orientación inversa.
- 3- Las de dirección NNW-SSE, con azimut principal N330° y de buzamiento inferior a los 45°.
- 4- Las de dirección E-W, de azimut N270° con buzamientos menores a 45°.
- 5- Las de dirección NNW-SSE, de azimut N090° con buzamiento alto sobre 65°.
- 6- Las de dirección SSW-NNE, de azimut N205° con buzamiento entre 45° y 65°.

Las tres primeras familias son las más representativas del área, siendo las dos primeras secantes a la tercera mientras que esta última es paralela al promedio general de la orientación de la veta Jimena. Las familias 4, 5 y 6 se presentan muy esporádicamente y no son representativas.

El análisis de la distribución espacial de las fallas y fracturas en las zonas de trabajo es calculado usando el siguiente criterio; dado que se tiene la orientación de la estructura, la dirección de la labor cartografiada y la distancia aparente (en la labor con respecto a un punto de inicio); por una relación trigonométrica obtiene la distancia real para las familias de las estructuras mencionadas (corrección de Terzaghi).

La figura 4.6 muestra el espaciamiento real para el área de Jimena donde: la primera familia indica un patrón de repetitividad entre 20 y 25 metros, la segunda entre 15 y 20 metros que tienden a formar bloques de mayor dimensión entre los 50 y 60 metros, la tercera familia no muestra una preferencia importante pero de la información obtenida se puede sugerir un su presencia entre 20 y 45 metros, sin embargo, en observación de campo a nivel de la zona Norte éstas se distinguen por ser abundantes en proximidades de veta o contactos litológico.

4.2.1.2 Área de Consuelo

Para el área de Consuelo, con datos del cartografiado en las cortadas N y NW del nivel 2450 (figs. 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10), en el diagrama de la red de Schmidt (fig. 4.7) se han identificado hasta 5 familias, como el mostrado para la zona de Jimena el diagrama de "rosas" de la figura 4.8 muestra las orientaciones preferenciales de las estructuras observadas:

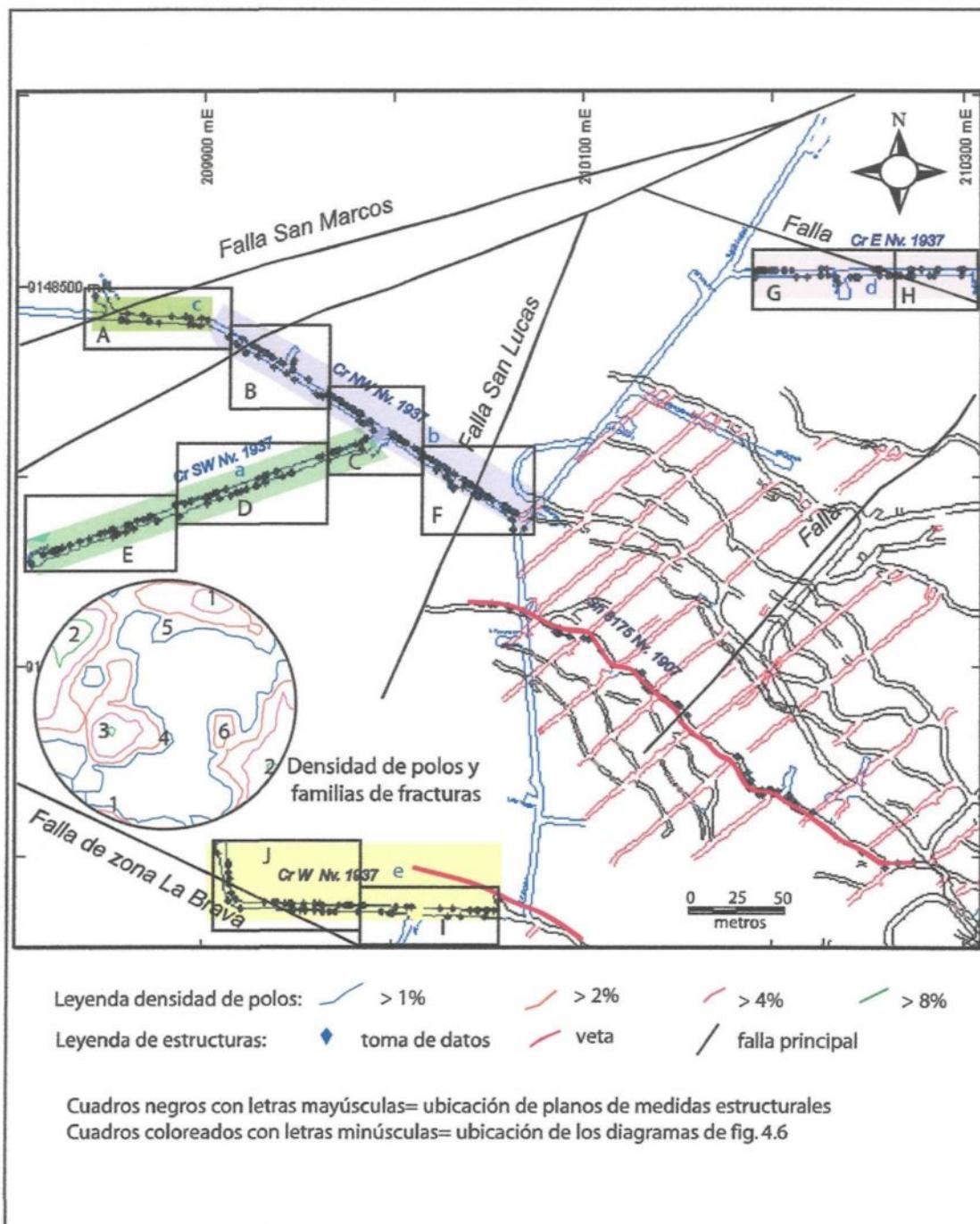


Fig. 4.1 Ubicación de las labores cartografiadas en el área de Jimena y representación de las medidas estructurales en la red de Schimidt (zona Norte)

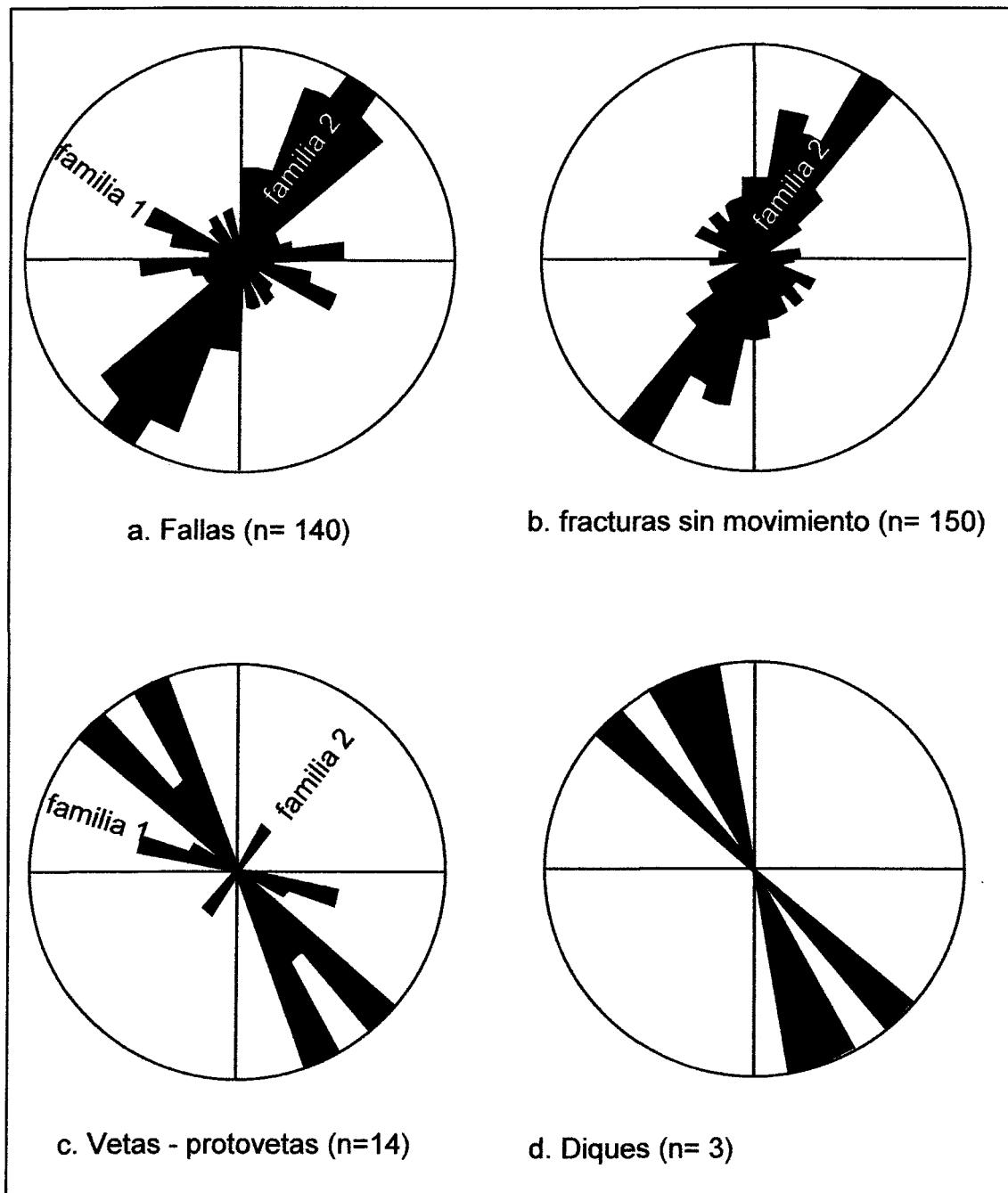
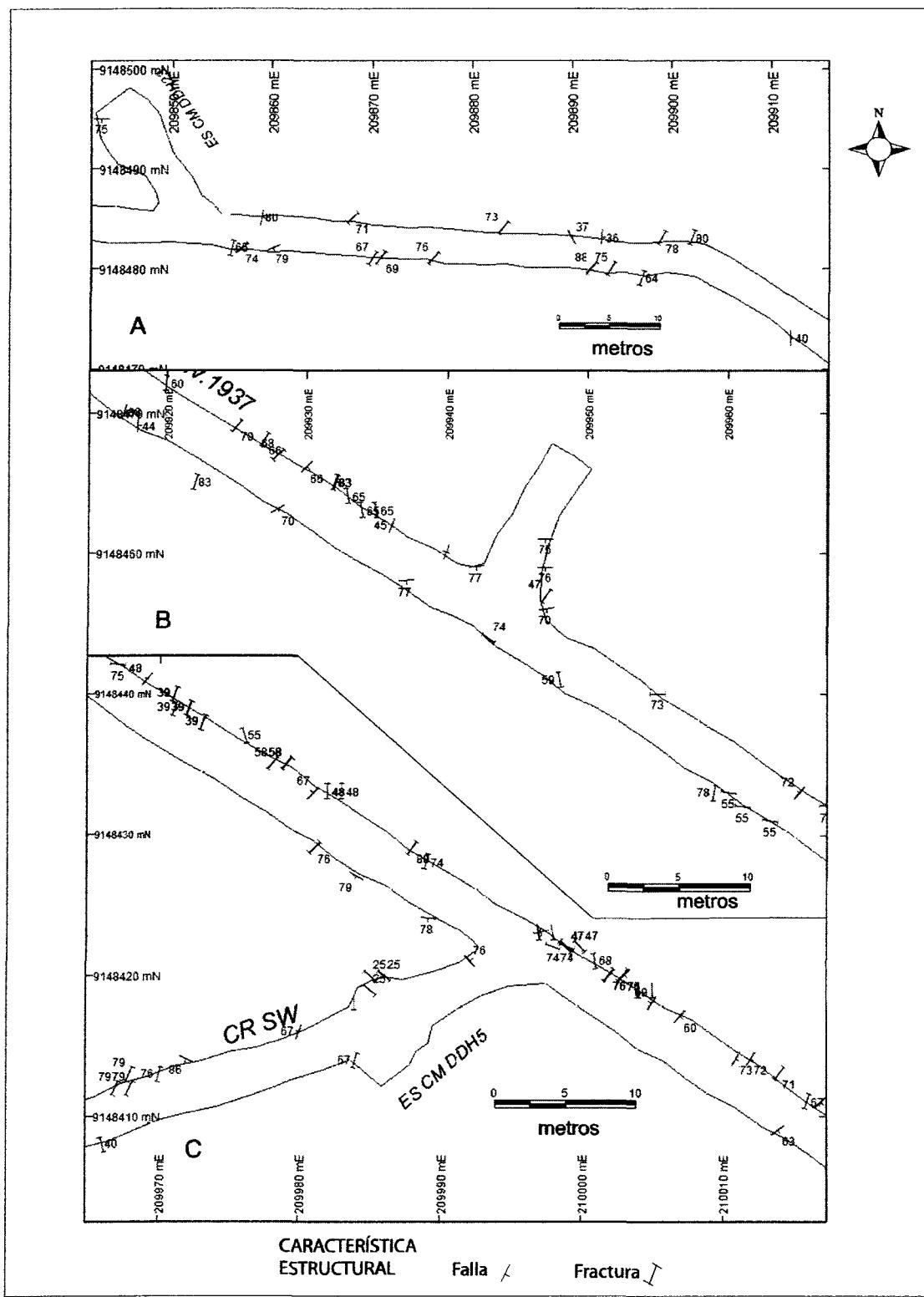


Fig. 4.2 Diagrama de rosas para las diferentes estructuras en el área de Jimena (zona Norte) y posición de las familias 1 y 2



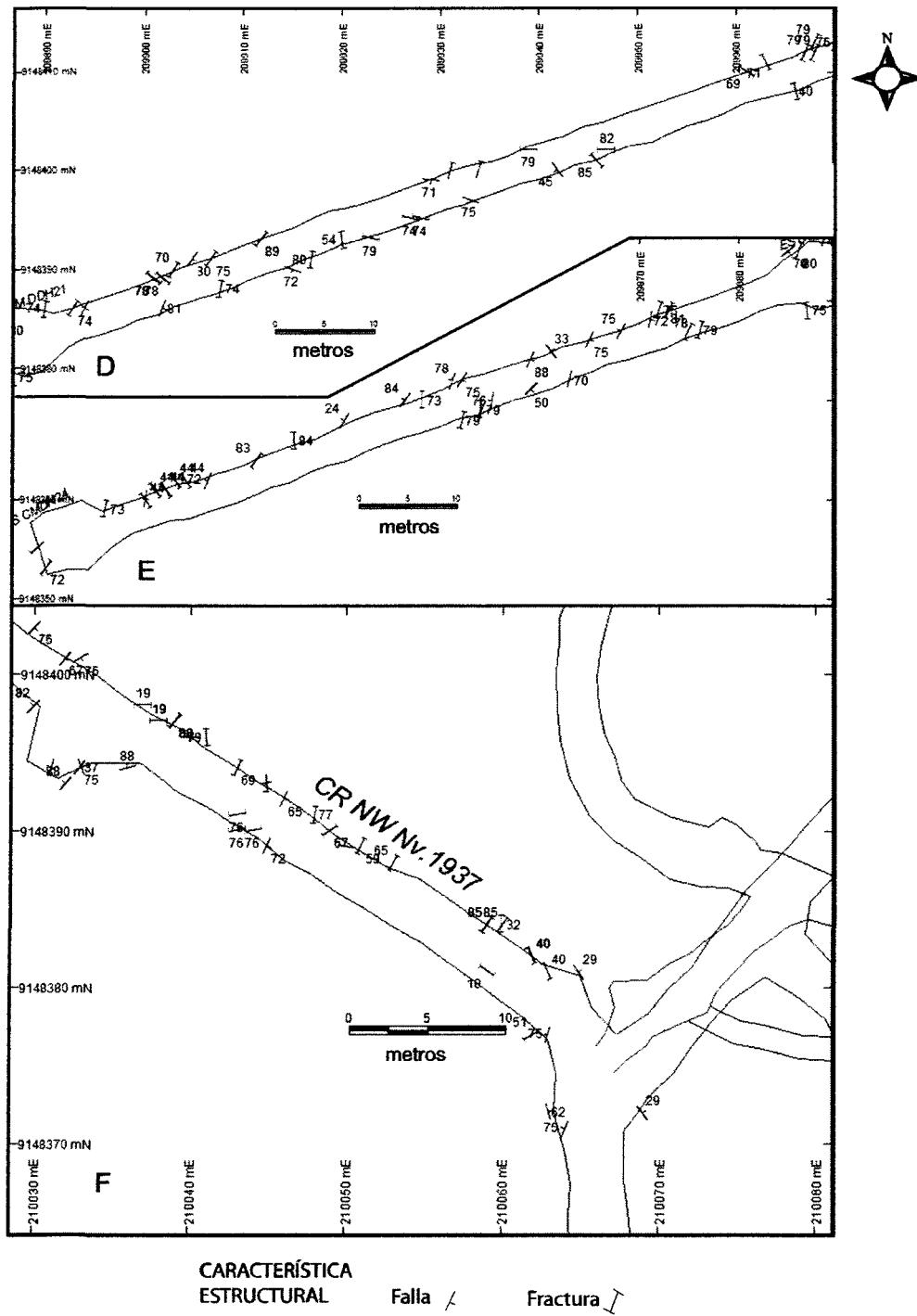


Fig. 4.4 Ubicación de las medidas estructurales en el área de Jimena (zona Norte)

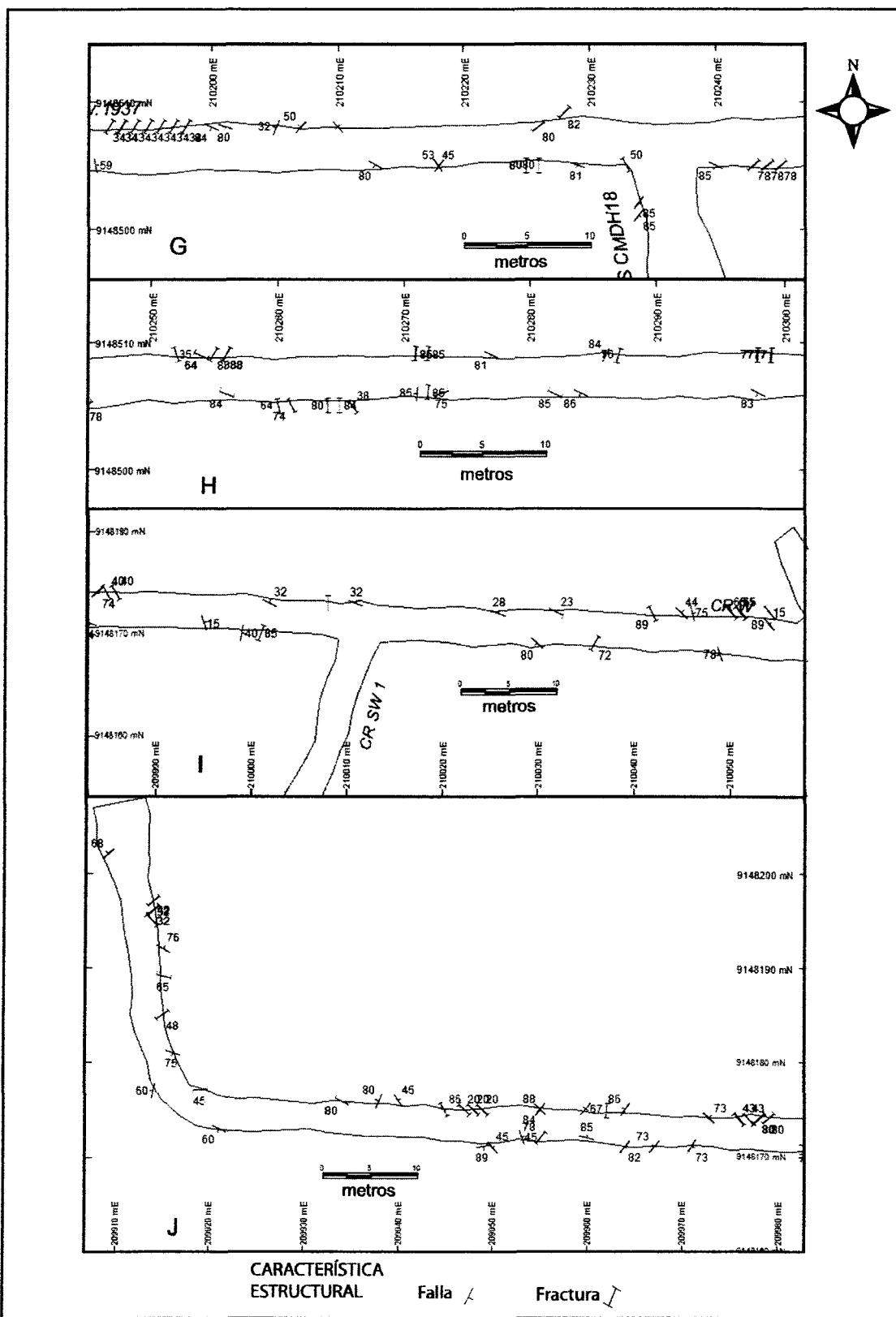


Fig. 4.5 Ubicación de las medidas estructurales en el área de Jimena (zona Norte)

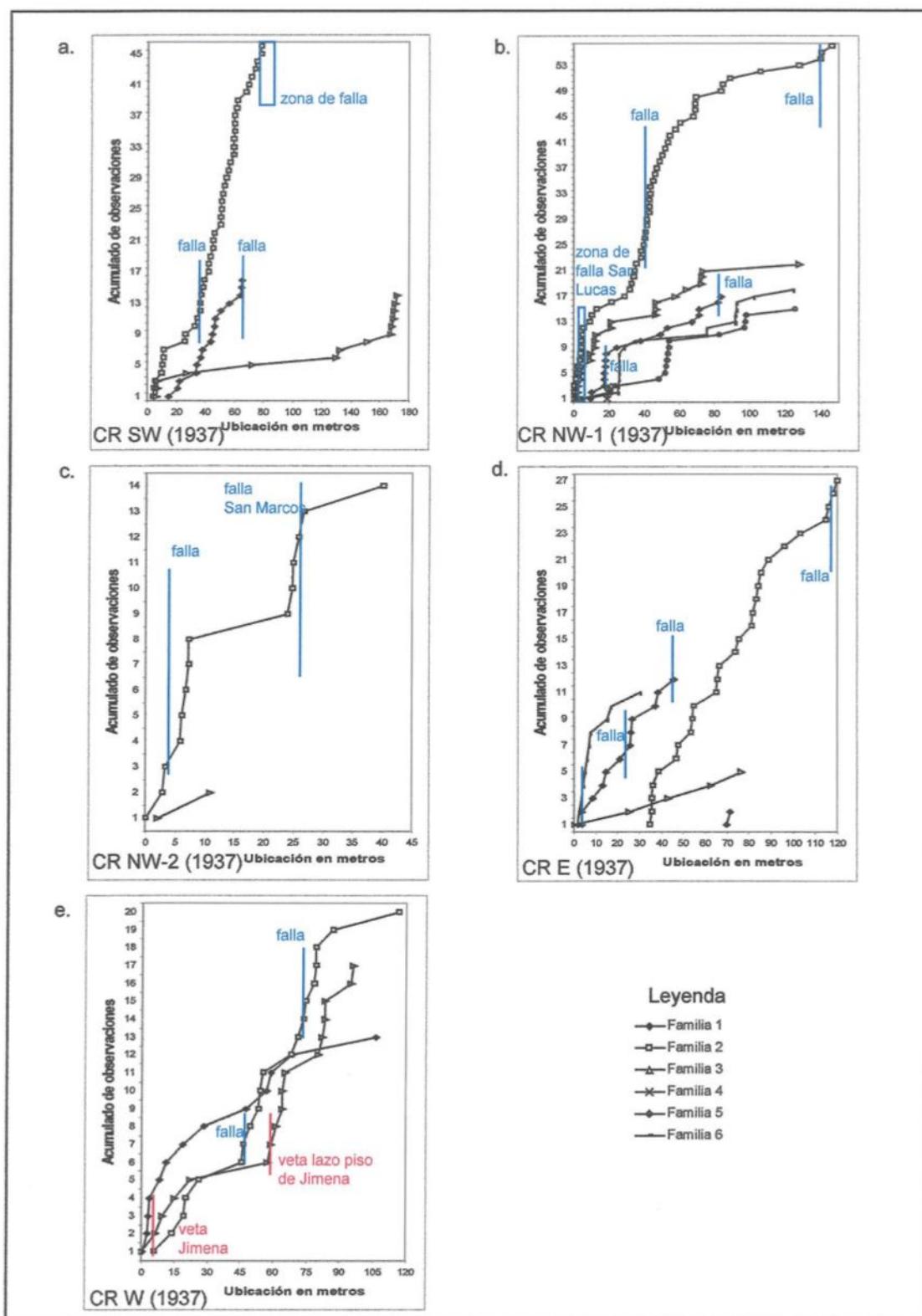


Fig. 4.6 Diagrama comparativo de distancia real entre las fracturas para el área de Jimena (zona Norte)

- 1- Las de dirección WNW-ESE, con azimut predominante N102° y buzamiento superior a 65°.
- 2- Las de dirección WSW-ENE, con azimut predominante N225° y buzamiento superior a 65°. Un porcentaje ligeramente inferior muestra una orientación inversa.
- 3- Las de dirección W-E, de azimut principal N293° con buzamientos entre 49° a 70°.
- 4- Las de dirección NNE-SSW, de azimut N004° con buzamiento de 45° a 60°, otro porcentaje igual posee una orientación inversa.
- 5- Las de dirección E-W, de azimut N089° con buzamiento medio entre 45° a 60°, un porcentaje igual a esta posee una orientación inversa a esta familia.

La distribución espacial de la primera familia es que forma secuencias de fracturamiento paralelo entre los 15 metros a espaciadas de 30 metros, la segunda familia forma corredores a los 15 metros, la tercera familia forma corredores espaciados muy aislados, la familia 4 son de orientación paralela a la veta Consuelo así como a las otras vetas de dirección próxima a N-S con buzamientos promedios de 45°, son escasas pero representativas por corredores, la familia 5 se presenta de manera aislada y muy escasa (fig. 4.11). A diferencia del área Norte, en el Sur hay mucho mas fracturas entre 45° y 65° de buzamiento en los 4 cuadrantes como lo demuestra la distribución de los polos en la red de Schmidt y se han identificado una actitud diferente de la familias 3; pero con una tendencia general del área Norte.

En Consuelo, la poca presencia de fracturas subparalelas a la veta es restringida posiblemente a que la litología predominante es la diorita sin otros apófisis cercanos y que, a la vez, el cartografiado de las cortadas se encuentran alejadas de la zona de veta.

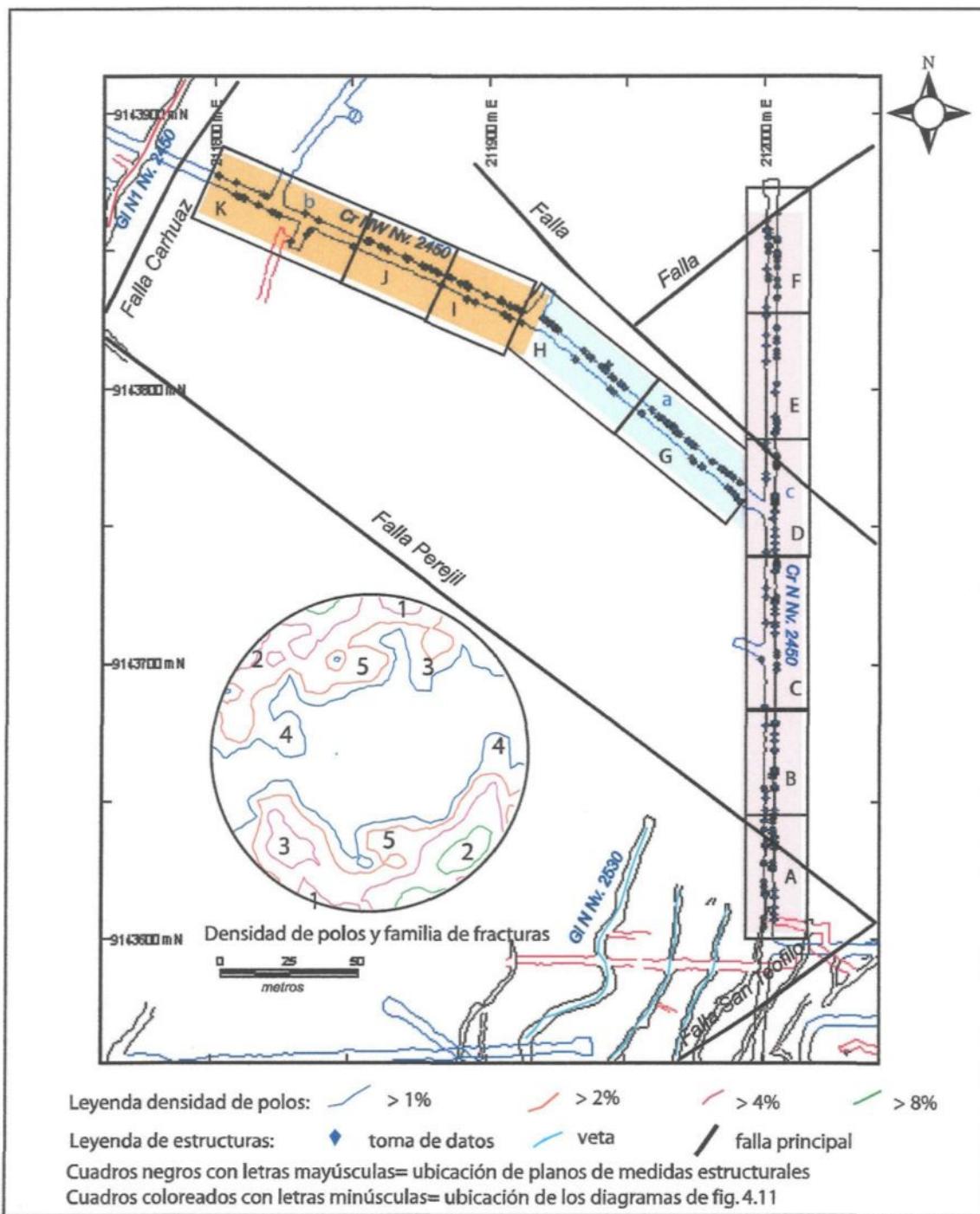


Fig. 4.7 Ubicación de las labores cartografiadas en el área de Consuelo y representación de las medidas estructurales en la red de Schmidt (zona Sur)

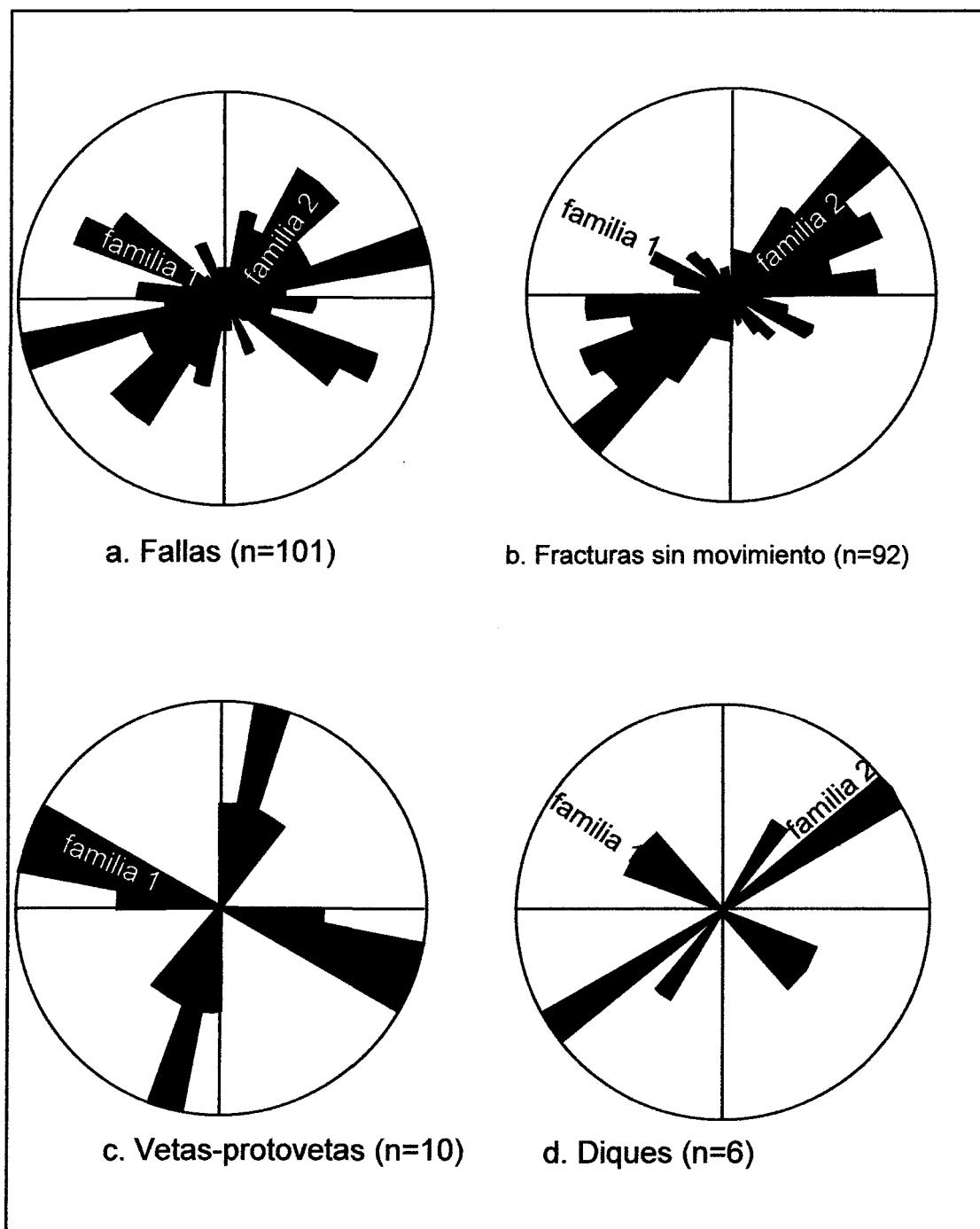


Fig. 4.8 Diagrama de Rosas para las distintas estructuras en el área de Consuelo (zona Sur) y posición de las familias 1 y 2

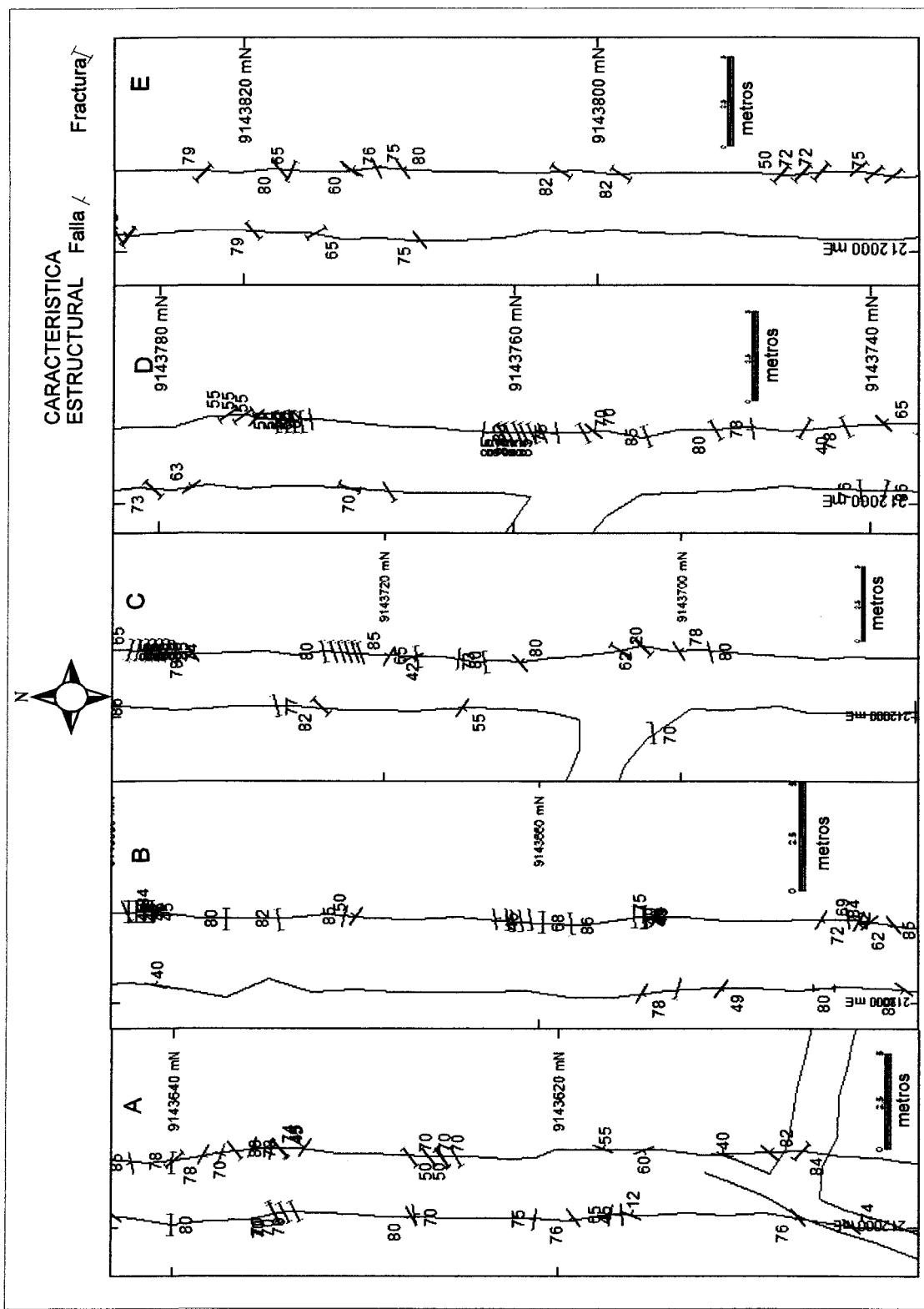


Fig. 4.9 Ubicación de las medidas estructurales en el área de Consuelo (zona Sur)

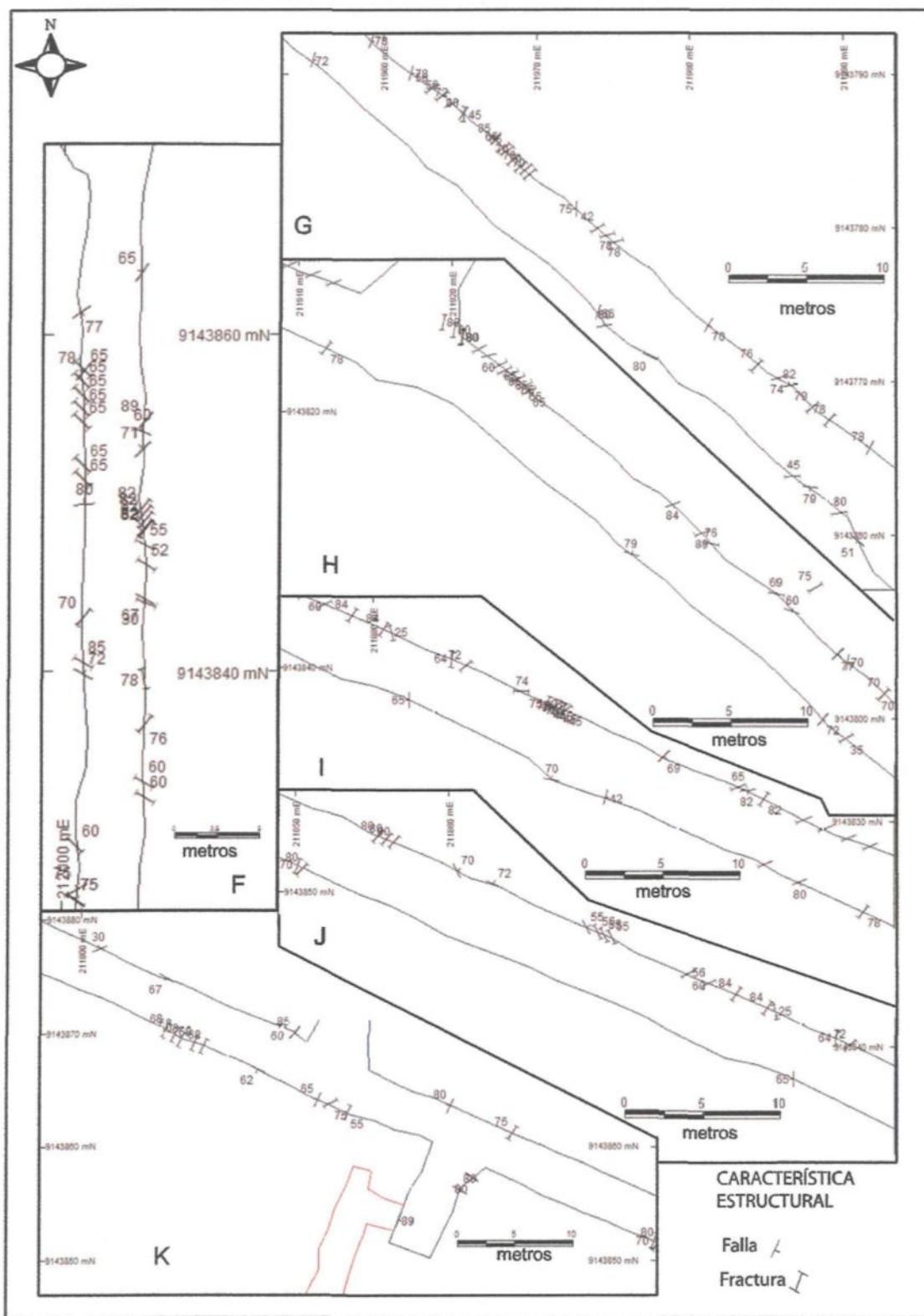


Fig. 4.10 Ubicación de las medidas estructurales en el área de Consuelo (zona Sur)

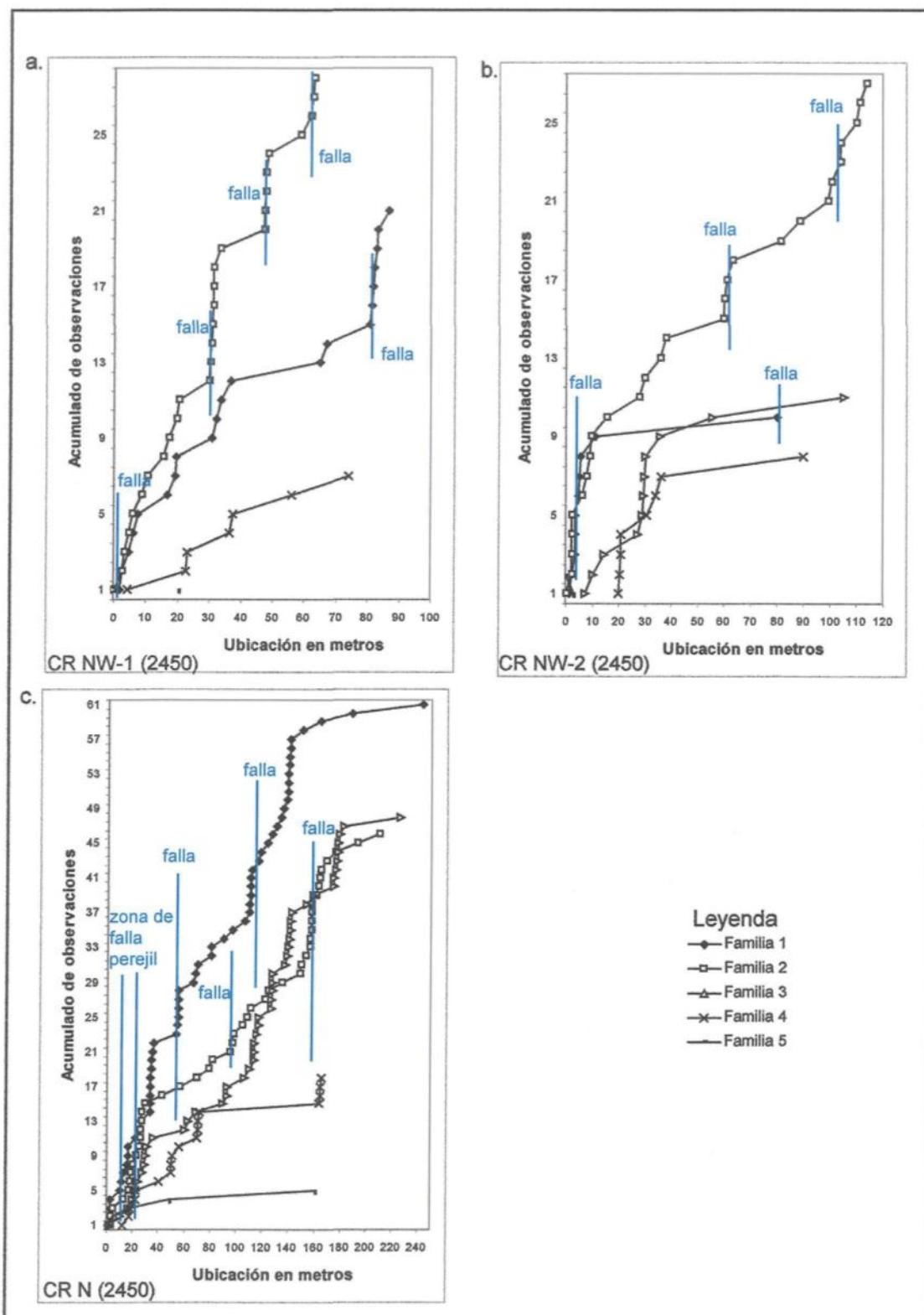


Fig. 4.11 Diagrama comparativo de distancia real entre las fracturas para el área de Consuelo (zona Sur)

En proximidad de vetas las fracturas subparalelas a ella son comunes y semejando un corredor estructural. Con relación a las vetas muchas de estas estructuras secantes de buzamiento subvertical se encuentran truncadas en los planos de veta sólo unos pocos la cortan y desplazan; son de geometría planar y rectilíneas con anchos milimétricos a algunos centímetros.

La sericitización y cloritización acompañados de pirita y/o arsenopirita en casos muy aislados esfalerita y galena son las alteraciones y rellenos más importantes. La silicificación es limitada a algunas estructuras en general el 34% (Jimena 30%, Consuelo 37%), de estas estructuras se encuentran alteradas; en estas fracturas ocurre una inyección de diques de hornblendita, diques aplíticos, venas de cuarzo y/o protovetas, sólo unas pocas estructuras presentan panizo gris blanquecino a gris verdoso como evidencias de reactivación, ocurre que en presencia de estructuras mayores la densidad de fracturas que corresponden a la familia de esta son grandes.

4.2.2 Estructuras mayores

Del cartografiado superficial de la mina Poderosa se observa estructuras subverticales a de bajo ángulo; de tallas, distritales a regionales con pequeñas variaciones locales en rumbo y buzamiento.

Las subverticales: en la zona Norte (Jimena), se reconocen hasta 3 familias, todas secantes y espacialmente relacionados a la presencia de *Ore shoots*.

- la primera serie se expresan como fallas de dirección cercana al N110°, son extensas llegando a los órdenes kilométricos, además parecen controlar sistemáticamente el hundimiento en bloques del batolito hacia el Norte,

- la segunda serie de fallas con dirección próximas a N90°, son menos dominantes en el cartografiado superficial, sus extensiones longitudinales se encuentran limitadas y cortadas por la primera serie de fallas; el último movimiento registrado es de naturaleza sinextral,
- la tercera familia de fallas, son de dirección en promedio próximas a N45° buzando entre 70° y 90° al NW, estas últimas se manifiestan como estructuras conjugadas de la primera familia. Gran parte de los ejes de los “Ore Shoots” son coincidentes con esta dirección que poseen un movimiento tardío gravitacional.

En la zona Sur (Consuelo), dos grandes estructuras secantes con buzamiento promedio de 70° al Norte y con movimientos tardíos sinextrales son observadas:

- las de dirección N315° y
- de dirección N278°.

El análisis de las estructuras muestran que el juego de fallas corresponden a las mismas familias tanto en Consuelo como en Jimena con una ligera rotación de 20° en buzamiento y dirección, a diferencia de la zona de Jimena la ausencia de la tercera familia en Consuelo, puede deberse a que estas estructuras no fueron cartografiadas debido a que no muestran movimientos tardíos aparentes.

Para las fracturas con buzamiento bajo a moderado, en el distrito se reconocen 2 familias ambas con direcciones cercanas al N-S:

- una con buzamiento al Este predominante de 45° que ocasionalmente puede llegar a los 75°, que llegan a tener longitudes kilométricas son reconocidos en las zonas de Jimena y Consuelo así como en toda la región,
- una segunda familia con buzamiento 20° con tendencia al NE (variable de acuerdo a la geometría de la estructura), son reconocidas en la zona Norte

(Jimena, por el suscrito y Miranda, 1983) con longitudes que llegan a las centenas de metros que tranquilamente pueden llegar a ser kilométricas.

Toda la mineralización importante hasta hoy reconocida, se encuentra alojadas en estas dos familias de estructuras.

Las fallas secantes subverticales que a continuación se describen son tomadas del cartografiado geológico de la mina así como el reconocimiento de campo en el marco del desarrollo de este estudio, aquí, se hace una reinterpretación del comportamiento y continuidad de las mismas. Para la zona Norte se describen a las fallas: María, Qori-huarmi, La Brava, San Lucas y San Marcos; en tanto que para la zona Sur se describen a las fallas: Perejil, San Juan, San Luís y San Teófilo.

4.2.2.1 Falla María

La falla María tiene un azimut N295° de buzamiento subvertical con ligera tendencia al NE, el último movimiento registrado es sinextral, hasta donde se reconoce es angosto con relleno de granodiorita fracturada al grado de cataclastitas, con panizo gris blanquecino a crema. Esta falla lo constituyen dos estructuras subparalelas que entre los niveles 1934 y 1667 de la veta Mercedes y con sus complementos toman una geometría lenticular de bloques con 150 metros de ancho al interior del cual se encuentra mejor desarrollado el clavo mineralizado, así mismo la proyección de esta falla hacia el Sur está espacialmente asociado a la formación del Ore Shoot de la veta Karola.

Las estructuras secundarias que forman la geometría lenticular forman parte de las estructuras tensionales a los fallamientos principales.

4.2.2.2 Falla Qori-huarmi

La falla Qori-huarmi es reconocida en superficie por más de 2 km, su ancho varia desde una simple fractura centimétrica (Rampa Lola 3) a una zona compleja de intenso fracturamiento que supera los 10 metros (socavón Qori-huarmi), de orientación general N111°, buzamiento subvertical, en estas zonas de complejidad se observa superposición de movimientos evidenciadas por las numerosas estrías de direcciones verticales a subhorizontales, dique aplítico seccionado, panizo: gris oscuro, gris verdoso a gris blanquecino, la alteración predominante es la cloritización, su último movimiento se define como sinextral y de rotación.

En algunos tramos se puede observar venillas irregulares de cuarzo lechoso y cuarzo gris. Miranda (1983) reporta estas venillas en el nivel Qori-huarmi, donde la falla llega hasta una potencia de 10 metros con cajas cloritizadas a silicificadas; lo mismo que se observan brechas de roca cloritizada, piritizada y sericitizada, además de diques seccionados de composición variada (dique aplítico en el nivel 1987, diques de lamprófiro en los niveles 2080 y próximos a la veta Santa Rosa (Papagayo).

En segmentos cerrados de la falla la alteración es escasa a nula (como el presentado en la rampa Lola 3). Sólo en observación microscópica es posible distinguir las características de estructuras frágiles y dúctiles (¿transicional?) como: *king bands*, microvenillas llenas de cuarzo recristalizado y flexuras en las plagioclasas. En los segmentos amplios (abiertos) el relleno de falla llega hasta grados de milonitas, microestructuralmente se ha definido hasta por lo menos cuatro eventos de deformación; una primera asociada a silicificación; la segunda se asocia a una secuencia de cloritas; la tercera etapa se asocia a la formación de sericitas, mientras que la cuarta secuencia esta

asociada a la formación de clorita azul, carbonatos y epidota estas dos últimas pueden corresponder a una quinta etapa que podrían ser más tardios.

Los clavos mineralizados asociados a esta falla se reportan en la veta Mercedes y laboreo de trabajos artesanales en la veta Santa Rosa reconoce mineralización importante en contacto con esta falla.

4.2.2.3 Falla La Brava

La falla la brava, corresponde a un sistema de fracturas paralelas a la falla Qori-huarmi y a 190 metros al NE de la misma, este corredor de fallas constituyen fallamientos de bloques rotacionales en un ancho de 150 metros, con superficies generalmente rectas; muchas de ellas de anchos milimétricos por lo general sin relleno sin rocas de relleno, sólo algunos pocos tramos que al parecer sufren gran desplazamiento vertical muestran; panizo gris oscuro a gris verdoso con rastros de hematita en un ancho 0.50 metros, además segmentos de diques aplíticos como en la mayoría de estas fallas son observadas.

Al parecer de la misma manera al presentado para la falla María, esta estructura parece formar un bloque lenticular con la falla Qori-huarmi, que hacia la inflexión principal se desarrolla el *Ore Shoot (Sur)* de la veta Mercedes, sin embargo, la prolongación Norte de la falla a partir de la inflexión máxima muestra asociación importante con la mineralización en las vetas Jimena y La Lima 2.

4.2.2.4 Falla San Lucas

La falla San Lucas, se muestra como una zona constituida por un sistema de fracturas casi paralelas con orientaciones entre N49° y N50° con buzamientos de 63° a

79° es reconocida en el nivel 1937 de la veta Jimena, estas estructuras presentan alteraciones milimétricas a centimétricas de sílice y cloritas, el corredor de fallas con un ancho de 17 metros, muestra una fuerte carbonatación de las plagioclasas, la sericitiza es subordinada a al sistema de fracturamiento del área, la extensión longitudinal no está muy bien reconocida y el último movimiento es interpretado como sinextral a partir de evidencias de perforaciones diamantinas que indican un ligero desplazamiento de la veta Jimena. Espacialmente, parece limitar el extremo Norte del “clavo Sur” de la veta Jimena, en observación microestructural se distingue a plagioclasas onduladas y cuarzo fracturado que al igual para la falla Qori-huarmi indica una zona de fracturamiento de ambiente transicional.

Cercanas a esta estructura, en el nivel 1887 (veta Jimena) se encuentran estructuras similares con fracturamiento secundario en forma de “flor” todas sericitizadas las que se truncan en la veta Jimena.

4.2.2.5 Falla San Marcos

El relleno de la falla San Marcos, está constituido de granito fracturado así como localmente presenta fragmentos de hornblendita intensamente cloritizado con pirita gruesa diseminada, además de venillas de cuarzo. La alteración a sericitiza fuerte pero subordinada y restringida a las fracturas, mientras que la cloritización es más amplia. La orientación de la estructura es de N075° buzando 79°. Fracturas asociadas o conjugadas a ésta zona, muestran alteraciones hasta mariposita (propia de las hornblenditas y lamprófiros).

En los niveles conocidos esta estructura parece tener gran extensión y permeabilidad para el paso de los fluidos, sobre el nivel 2190 hasta próxima al nivel 2600

y entre los niveles 1987 y 2017 de la veta la Lima están asociados a “Ore Shoots”, del mismo modo, en niveles inferiores juega el mismo papel sobre el Ore Shoot de la veta Jimena, entre los niveles 1886 y 1907, la cual se extiende hasta el nivel 2027.

4.2.2.6 Falla Perejil

La falla Perejil, tiene una orientación promedio N305° y buzamiento de 74°, en gran parte el relleno de falla se compone de diorita fracturada y panizo gris verdoso, en la zona de contacto con las cajas se observa cloritización con diseminación de pирita, la zona de falla en el nivel 2450 es aproximadamente 20 metros constituida por una familia de fracturas subparelolas con halos de sericitita-clorita. La estructura principal está rellena de panizo cloritizado que, además, presenta venillas de cuarzo, carbonatos (calcita). En el nivel 2700, además de los elementos ya descritos al interior de la falla se emplaza un dique andesítico alterado y fracturado por eventos tardíos.

Es necesario destacar que en el nivel 2450 (Consuelo), de esta falla nace una estructura secundaria (al flanco Sur, donde se encuentra el Ore Shoot N1) con actitud N304/50°, una potencia de 0.15 metros, rellena de cuarzo lechoso, sulfuro diseminado (pirita gruesa) y alteración sericítica a los contactos

La exposición superficial de la falla es reconocida por más de 2.5 kilómetros y al nivel inferior que se le intercepta es al 2400 de la veta Consuelo, el clavo C1N de la veta Consuelo nace en la intersección de las fallas San Teófilo y San Luis con la falla Perejil, entre los niveles 2400 y 2530.

4.2.2.7 Falla San Juan

La falla San Juan, pertenece a la misma familia de la veta Perejil de rumbo promedio N305° con 67° de buzamiento, se encuentra asociada a un sistema de fallas paralelas. El movimiento tardío indica que es una falla de gravitación ligeramente rotacional que se aprecia en los niveles 2650 y 2600, donde el desplazamiento lateral es de unos 36 metros mientras que en el nivel 2450 es de 80 metros. En niveles superiores de interior-mina la falla se expresa como un sistema de fallamientos "ramaleados" mientras que en los inferiores tienden a formar una sola estructura donde el relleno principal que llega a los grados de milonita se encuentran cloritizados sobre las alteraciones sericíticas y carbonatos, cortada por venillas tardías de carbonatos principalmente, además en ellas se encuentran fragmentos recristalizados de rocas oscuras posiblemente de origen volcánico. Hacia los contactos de la roca encajante, las que también se encuentran cloritizados se conservan las evidencias de cataclásis con inyecciones posteriores de sílice y carbonatos.

4.2.2.8 Falla San Luís

La falla San Luís, es una estructura conjugada de la falla Perejil, el relleno consiste de diorita triturada cloritizado, panizo verdoso con rellenos de venas de cuarzo, calcita y clorita. Por tramos se observa epidota, pirita gruesa diseminada dentro y en las cajas. La roca de relleno llega al grado de milonitas al interior de las fallas y hacia las cajas domina las cataclastitas, la actitud de la falla es de N285°/65°. Al parecer su extensión en profundidad esta limitada por la falla Perejil.

Observaciones microscópicas próximas a la zona de "clavo" manifiestan una etapa de cloritización, la que es atacada por una alteración sericítica cortadas por microvenillas

de sílice y carbonatos para finalizar en unas fracturas rellenas clorita azul en forma discontinua. La deformación en los minerales muestra: Cuarzo fracturado a “flexionado” cloritas y otros ferromagnesianos “lenticulares a ondulados” propias de ambientes transicionales frágil-dúctil.

En el nivel 2700, numerosas estructuras secundarias que se originan en esta falla están rellenas de cuarzo desde anchos milimétrico a centimétricos con alteración sericítica-clorítica importante (fig. 4.12).

4.2.2.9 Falla San Teófilo

La falla San Teófilo, pertenece al sistema de San Luís y se manifiesta subparalela a esta; por consiguiente es una estructura conjugada de la falla Perejil. Se presenta como un sistema de fallas en rotación siendo el desplazamiento mayor a cotas inferiores dentro de un pequeño sistema de fallas, hacia cotas superiores se presenta como un penacho de fallas, en el nivel 2700 se puede apreciar un dique aplítico seccionado al interior de la falla, las características de su orientación son N272°/70°, las cajas son ligeramente sericitizadas; sin embargo, el relleno es cloritizado., que además se compone de panizo blanquecino a gris verdoso con venillas de calcita, fracturas paralelas rellenas de cuarzo centimétrico.

El estereograma de la red de Schmidt y el diagrama de rosas de la figura 4.13 para estas fallas, muestran que las orientación dominante al W-E (110-125) y otras orientadas al NE-SW que corresponden bien a la familia 1 y 2 reconocidas para las fracturas respectivamente.

4.3 RELACION CON LOS DIQUES

El conjunto de diques se inyectan al interior de las fracturas y fallas de las familias arriba descritas.

Pequeños diques milimétricos a métricos de composición básica se desarrollan de preferencia, en estructuras subverticales como el observado en los niveles 1937 y 2450, de la mina Papagayo y Consuelo respectivamente; pero también, ocurre en las estructuras paralelas a las vetas hasta de tallas métricas como el reconocido al piso de la veta Consuelo entre los niveles 2650 y 2700 (Haeberlin *et al.*, 2004) (potencia de 14 metros), estos diques son menos abundantes y de menores tallas en el área de Jimena.

Los diques ácidos (aplítas) ocurren en todas las direcciones de acuerdo a la actitud de las estructuras en la que se encuentran, en la zona de Papagayo son más abundantes. En muchos casos, constituyen la caja piso de las estructuras mineralizadas (Chávez, 1990; Haeberlin *et al.*, 2004; Miranda, 1983) y/o pueden ser secantes a ellas, son de tallas centimétricas a métricas, la figura 4.14 muestra el ejemplo del control de las fracturas en el emplazamiento de la aplita.

Diques tardíos de andesita son controlados por reaperturas de las estructuras de preferencia con orientaciones cercanas al E-W con buzamientos subverticales (familia 1) aunque ocasionalmente en estructuras NS y de bajo ángulo.

Todos estas estructuras son afectadas por reactivación de las fallas que en muchos casos las seccionan, además, estas estructuras son cortadas por los planos de veta y por las fracturas a las que estas últimas pertenecen, excepcionalmente las andesitas afectan las vetas, sin embargo estas mismas son afectadas por movimientos de reactivación que son propias de la evolución de la cordillera de los andes y son tardíos a la mineralización.

4.4 ANÁLISIS DE FRACTURAMIENTO Y SUS RELACIONES

En análisis de las fracturas como una unidad y como familias reconocidas en las áreas de Jimena y Consuelo muestran un patrón favorable de correlación, las variaciones entre las dos áreas se dan en la familia tres, esta es representativa en Jimena y la actitud es paralela a la veta Jimena, en Consuelo esta familia parece estar ausente.

Las fallas que se expresan desde expresiones locales, distrital a regionales, presentan 4 familias de fracturas principales, dos de estas son secantes al promedio de las vetas y con buzamientos subverticales ($>67^\circ$); pero que son también capaces albergar mineralización importante, las otras 2 con buzamientos menores sirven de planos para la inyección y entrampamiento de la mayoría de las vetas.

Los estudios de anisotropías al interior de los intrusivos fueron observados por Román-Berdíel y Pueyo-Morer (2000) que definen 3 familias de fracturas primarias clásicas durante el enfriamiento del intrusivo dos estructuras subverticales y una subhorizontal, a esto se adiciona una cuarta que estaría relacionada a los campos de esfuerzos regionales. Estas fracturas se desarrollan paralelas perpendiculares y longitudinales a la foliación magmática y la característica, es que a menudo, éstas son rellenas de aplítas así como de pegmatitas.

Otras observaciones como el de Lafrance *et al.* (1998) indican que las zonas de cizallas son comúnmente asociadas al emplazamiento y enfriamiento del intrusivo. Emplazamientos sincrónicos son observados en las márgenes de los plutones intruidos en sistemas de fallamiento regional activo que es soportado por Vernon *et al.* (1989) y Tobisch *et al.* (1993), así mismo, las zonas de cizalla se desarrollan al interior de los intrusivos como productos de nuevas inyecciones de nuevas ornadas de intrusivos

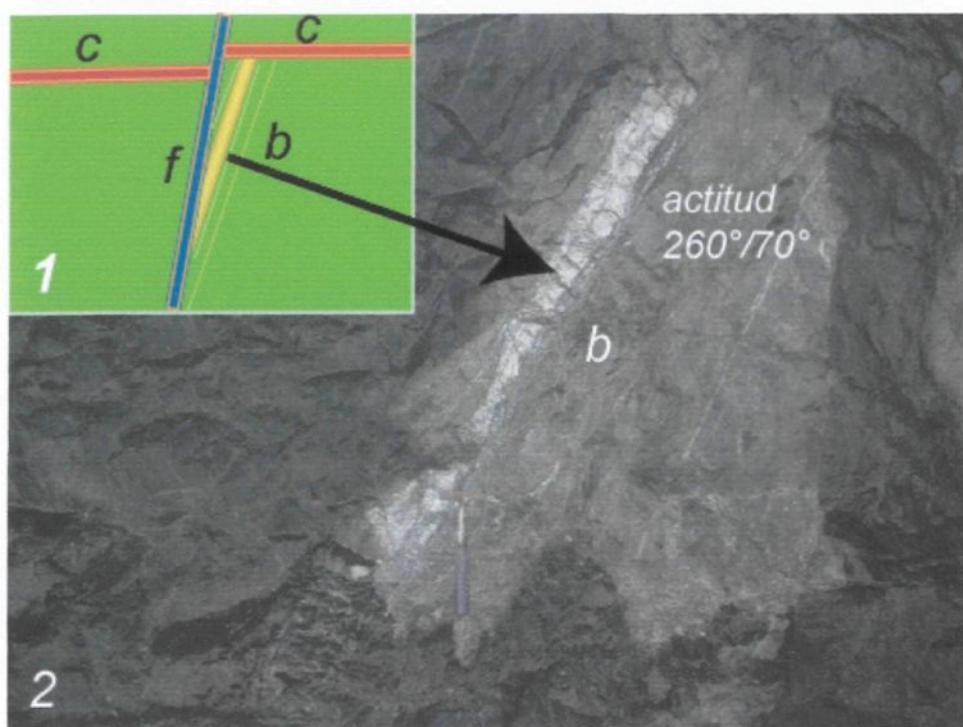


Fig. 4.12 Formación de vetas de cuarzo en estructuras secundarias a las fallas secantes WNW-ENE; 1) diagrama de ubicación de foto, b) sistema de estructuras secundarias relacionadas a la falla San Luís rellenas de cuarzo, clorita y pirita gruesa diseminada. C= veta Consuelo, f= Falla San Luís

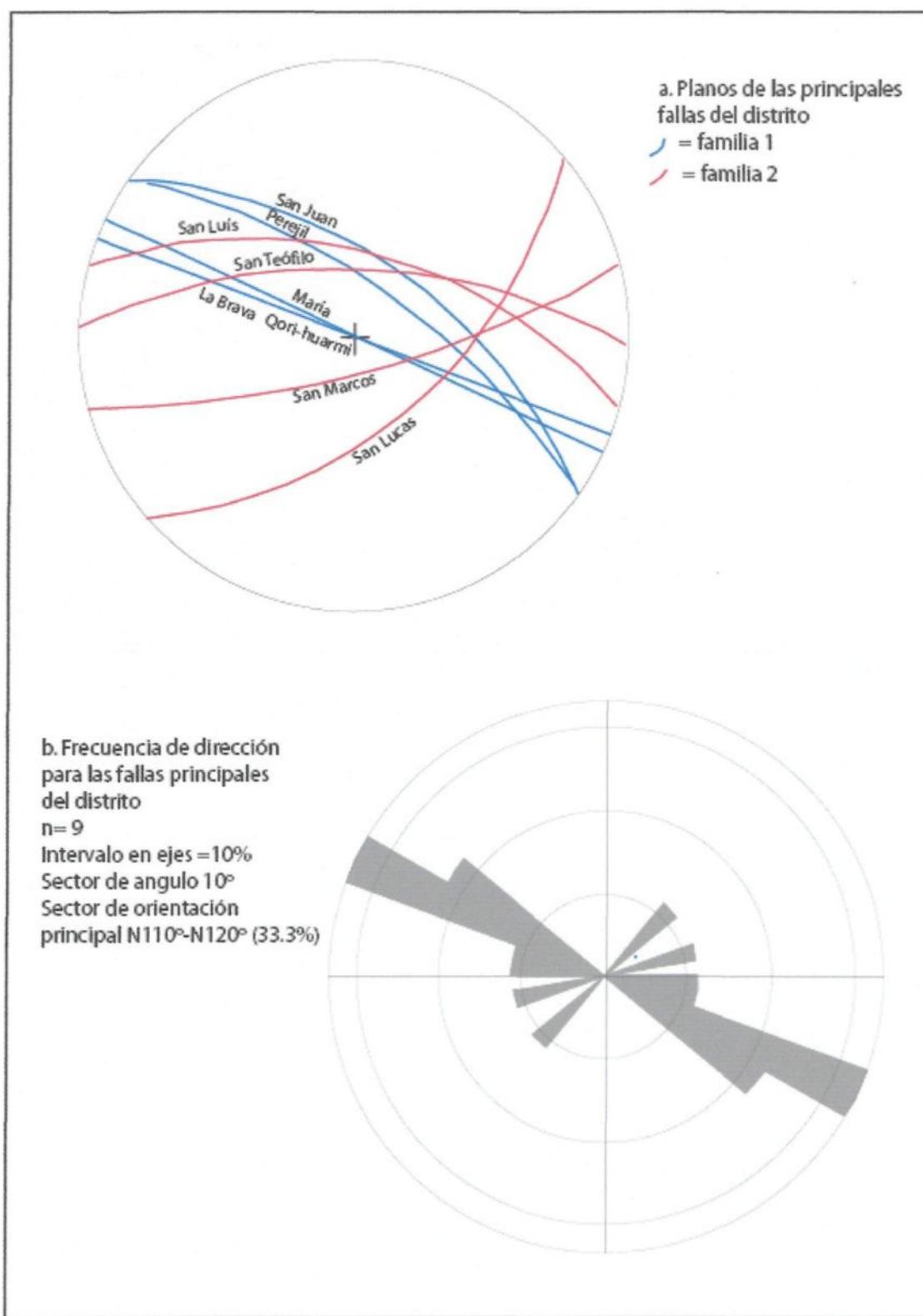


Fig. 4.13 Orientaciones de las fallas principales en la Mina Poderosa

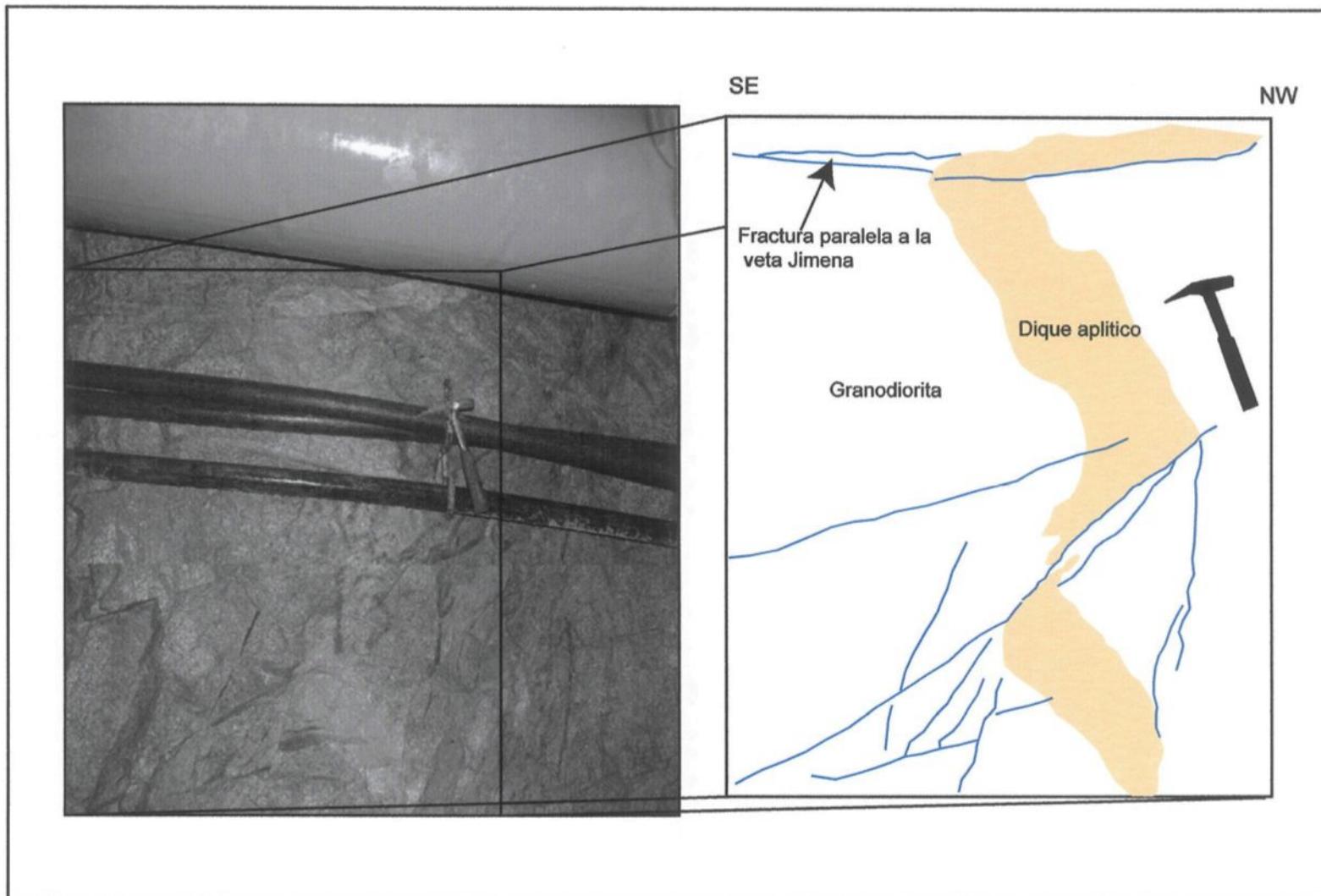


Fig. 4.14 Relación de fracturas con los diques aplíticos (zona de Jimena)

(según John y Blundy, 1993). Así, las zonas de cizalla se van desarrollando en todas las etapas de intrusión de acuerdo (crecimiento y refrigeración).

En la hipótesis de que la formación del Batolito de Pataz es controlado por fallamiento regional se fundamenta por la geometría del cuerpo intrusivo (alongado paralelo al lineamiento andino), la disposición de las rocas las que son orientadas paralelas tanto en rumbo y buzamiento. Con esta premisa el mecanismo de fracturamiento propio del intrusivo pueden ser acogidas favorablemente en este análisis por consiguiente éstas representan las primeras anisotropías del medio y que en relación temporal con la mineralización forman parte del fracturamiento de etapa pre-mineral.

En la formación de estructuras subverticales con orientación N305 y N45° son soportadas por el modelo andersoniano de fallas conjugadas, sin embargo evidencias de cizallamiento son observados en las filitas y estas pueden ser explicadas del mismo modo dentro del modelo *Riedel*; en ambos casos se requiere de esfuerzos compresivos en dirección NW-SE, en la evolución estructural la formación de nuevas estructuras son la reactivación de estas estructuras o formación de nuevas paralelas de menor talla a las ya existentes que por si constituyen parte del fracturamiento sin-mineral y post-mineral.

Como una evidencia macroscópica de que las fallas subverticales (secantes próximas al E-W), se comportaron como vías para la circulación de los fluidos mineralizantes es representada por la figura 4.12 que muestra la formación de veta y venillas de cuarzo en estructuras secundarias que nacen de las fallas, el alto porcentaje de fracturas con alteración hidrotermal de sericitas y cloritas en las dos áreas de trabajo, al interior y en bordura estas fallas.

De la cartografía subterránea realizada por los geólogos de la mina en la veta Jimena, se han extraído los datos de fallas y fracturas que intersecan la veta, con las que,

en un tratamiento de datos por densidad de intersecciones se han obtenido resultados que se muestran en la figura 4.15, donde, se encuentran 4 tipos de fracturas que sumando al plano que contiene la veta se reconoce un quinto dentro de las 6 familias (familia: 1, 2, 3, 5 y 6) reconocidas al interior de este capítulo para el área de Jimena, esta información podría ser subjetiva, dado que el cartografiado subterráneo esta limitada a la forma y disposición de las labores mineras, pero como una herramienta de análisis los resultados muestran concordancia con las observaciones de terreno donde las familias 1 y 2 son las más abundantes. Estas, al ser comparada con la distribución de los valores auríferos muestran (fig. 4.16), que hay una tendencia al incremento, en las intersecciones de las fracturas y la forma de las concentraciones minerales y toman como eje la dirección de las fracturas, de estos los más representativos son las familias 1 y 2. (N115°-330° y N045° respectivamente).

De la cartografía superficial, de las figuras 1.2 y 1.3, con el mismo razonamiento, para con las estructuras del área de Jimena, donde se considera los contactos entre rocas como fracturas rellenas, el de las vetas con las rocas y entre las fallas, se confeccionan planos de densidad de intersección de estas estructuras (fracturas, fallas y contactos) a nivel distrital, que dan como resultado una fuerte anisotropía en el segmento Norte del distrito minero (fig. 4.17), esto se fundamenta por la variada litología presente y la presencia de fracturas así lo demuestran.

4.5 CONCLUSIÓN

En conclusión, las relaciones entre fracturas y fallas esta dada como:

- la orientación de las fracturas y fallas muestran los mismos patrones de actitud,

- la intensidad del fracturamiento es mayor en zonas de falla y a proximidades de ella, la familia de fracturas de mayor densidad corresponde a la misma a la que pertenece la falla,
- las primeras anisotropías controlan las etapas de fracturamiento y fallamiento a lo largo de la evolución estructural,
- en fallas y fracturas subverticales ocurre alteración hidrotermal importante la que se relaciona bien con las observaciones hechas en el capítulo de las alteraciones,
- las fallas y fracturas controlan la inyección de los fluidos (para formar diques y vetas),
- el fracturamiento y fallamiento controla la orientación de las concentraciones auríferas (fig. 4.16).

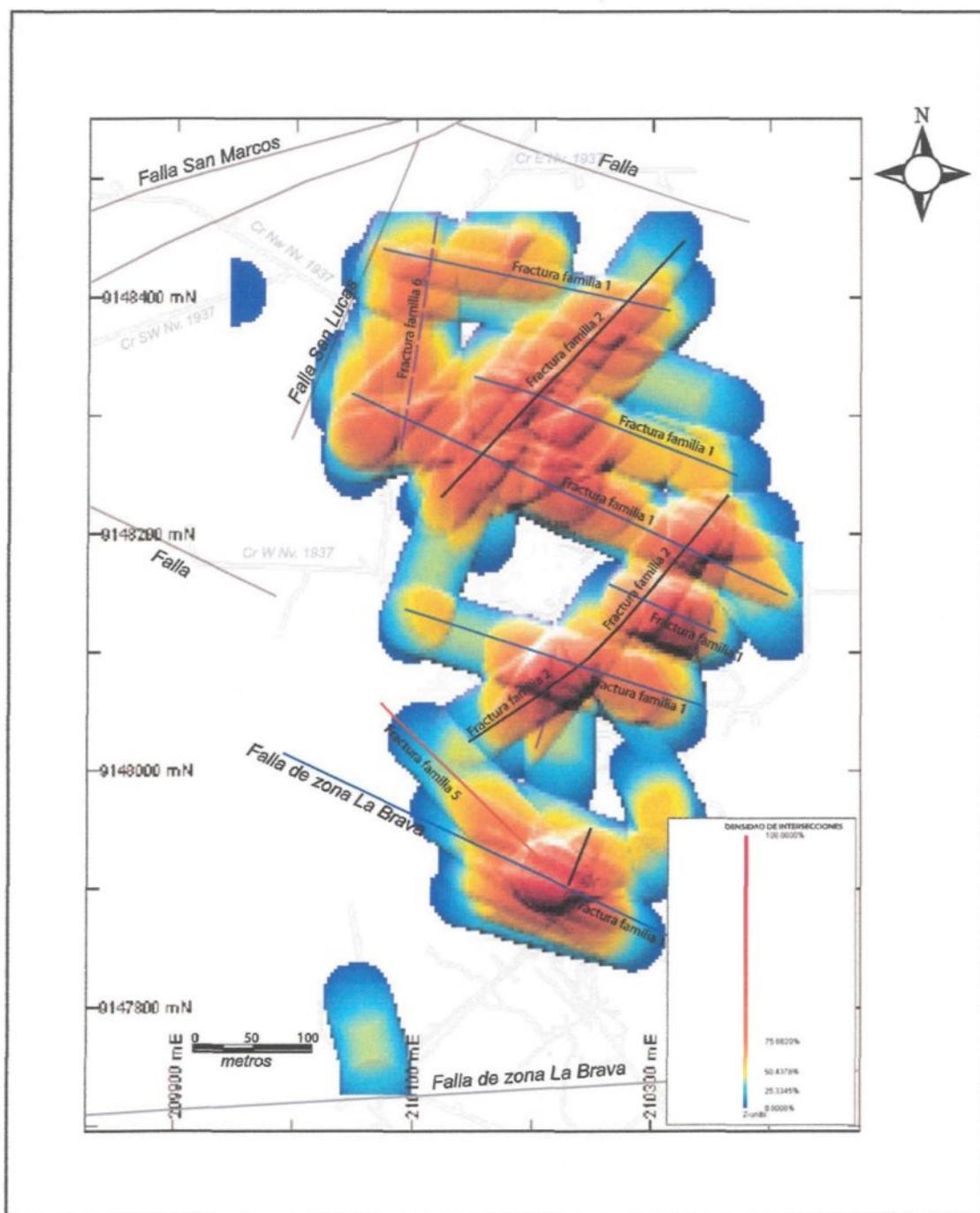


Fig. 4.15 Orientación de las fracturas obtenidas a partir de densidad de intersecciones entre fracturas y la veta Jimena

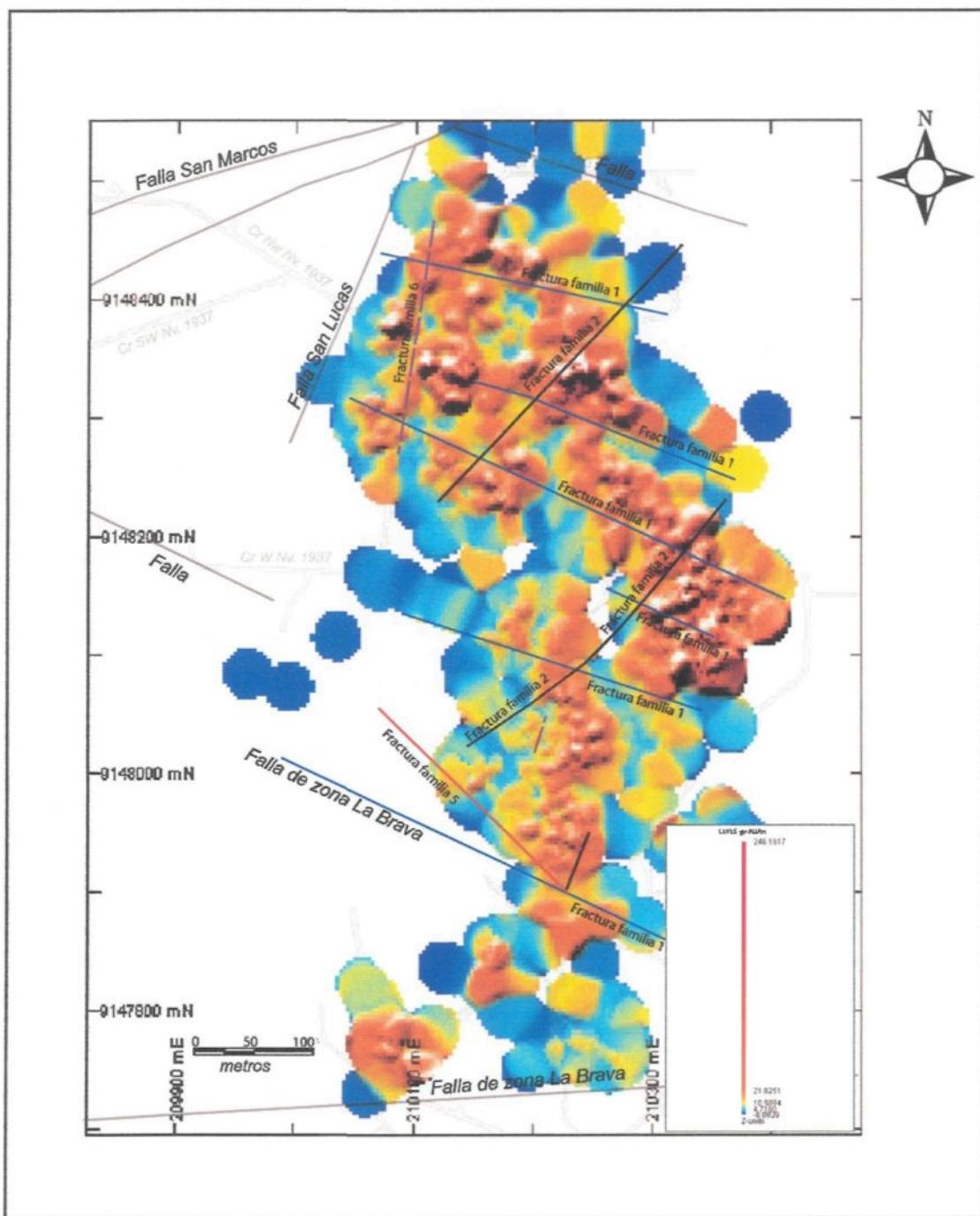


Fig. 4.16 Relación de las fracturas y valores auríferos en la veta Jimena

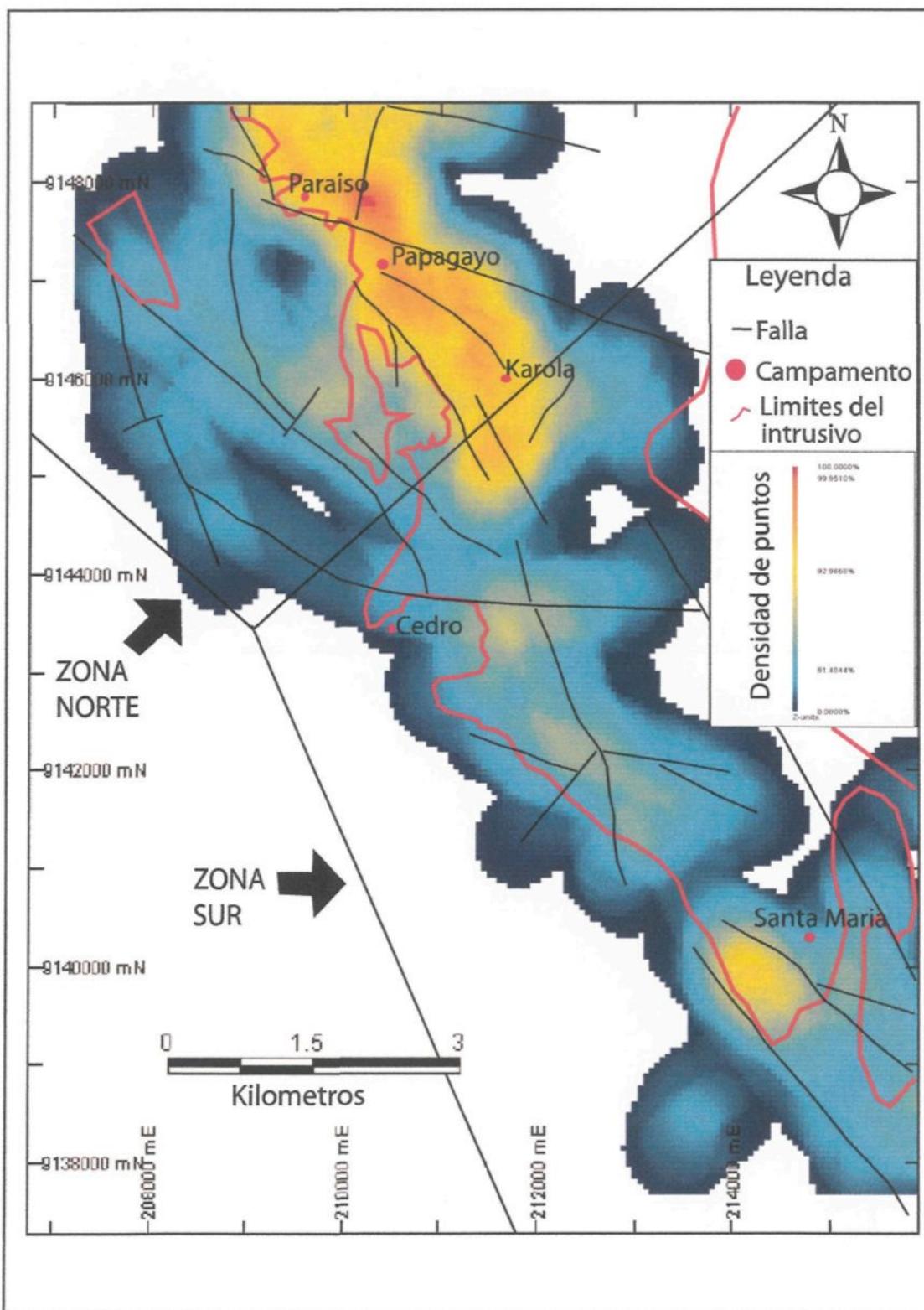


Fig. 4.17 Densidad de intersecciones (fallas y contactos litológicos) a nivel distrital (de La Lima a Santa María).

CAPITULO V

CLAVOS MINERALIZADOS

5.1 INTRODUCCION.

Este capitulo esta dedicado a la descripción de los clavos mineralizados hasta el momento reconocidos en gran parte de las vetas trabajadas por la mina Poderosa, los datos empleados son los reportados por geólogos de la mina así como de las observaciones del suscrito.

El objetivo principal es el de conocer la forma y la distribución de los clavos así como el de sus elementos asociados. Si bien es cierto que la geometría de los clavos mineralizados es irregular, sin embargo, una forma elipsoidal es generada con los datos proporcionados por la Compañía Minera Poderosa.

El criterio empleado para dar forma a los clavos mineralizados esta dado por el contenido aurífero, una constituida por leyes mayores a >10 gr-Au/tn y otra de >20 gr-Au/tn, las que se denominaran de primer y segundo orden respectivamente. El tamaño de los ejes e inclinación es calculado mediante secciones longitudinales (en los ejes) en programa informático MAPINFO a partir de curvas de nivel generados del plano de vetas. A pesar de la forma geométrica y la orientación sean subjetivas, estas no dejan de ser importantes para el análisis y confrontar con las características estructurales de las áreas de estudio.

Para el cálculo de los promedios de ley se hizo una corrección de altos erráticos. Se consideró como alto errático aquellos valores que se encontraban sobre una vez la media más una vez la desviación estándar, el nuevo valor reemplazado fue el promedio de la nueva población.

5.2 VETA LA LIMA

La veta La Lima, lo componen dos segmentos de estructuras separadas por la falla 1-2: El segmento Norte denominado La Lima 1 es reconocido en afloramiento 600 y 400 metros en diferencia vertical, de orientación N025°/47°, no fue posible ubicar la base datos (leyes) para esta veta, por lo que se emplea sólo los reportados por Chávez (1990); el segmento Sur se le conoce como La Lima 2.

En la veta La Lima 1 se reconocen dos clavos mineralizados encajados en granodioritas (Chávez, 1990) un primer clavo y pequeño se encuentra asociada a la falla 1-2 de aspecto elipsoidal con 90 y 60 metros de longitud para los ejes mayor y menor respectivamente con una orientación N115°; un segundo clavo ubicado al extremo norte también elipsoidal orientado a N045° con eje mayor de 210 metros y eje menor de 90 metros, no hay una relación directa entre la potencia y las leyes pero es común que los grandes espesores se encuentran al interior de los clavos mineralizados.

La veta La Lima 2, con orientación N005°/47°, el recorrido en superficie es mayor a 800 metros y una diferencia vertical de 743 metros (aunque perforaciones diamantinas reconocen la profundización de la estructura 60 metros adicionales, hasta el momento sin resultados económicos), con un promedio de potencias y leyes de 0.79 m y 11.46 gr-Au/tn (la ley máxima reportada es de 541.17 gr-Au/tn) respectivamente.

La distribución de los clavos se muestran en la figura 5.1, la granodiorita es encajante común de todos los clavos sin embargo, diques aplíticos segmentados forman la caja piso de los clavos LL3, LL4 y todos los de segundo orden asociadas a estas.

El conjunto de los clavos mineralizados en esta zona muestran tres orientaciones principales: una al Norte (N360°-N10°) que es la orientación de la mayoría de los clavos de segundo orden; la segunda una orientación preferencial es al NE (N040°-N050°) dirección que esta dada por la casi totalidad de los clavos de primer orden a excepción del clavo LL2 que tiene una orientación neta al Este que es la tercera orientación principal (N090-N120).

La coincidencia en orientación de un clavo de primer con el de segundo orden que se encuentran al interior de esta sólo se muestra en LL2 con LLE. Otro aspecto a resaltar, es el paralelismo que se da en los clavos LLJ, LLK y LLL que forman parte del clavo LL4, que sugieren un control neto de inflexión en el buzamiento.

La potencia de las vetas no están necesariamente ligadas a los valores auríferos, sin embargo, en zonas de clavo se observan las mejores potencias. Considerando los clavos de primer orden el promedio de potencia es de 0.86 m con 16.47 gr-Au/tn.

El control de la orientación de los clavos se dan por inflexiones en el buzamiento como es el caso de la mayoría de los de segundo orden, pero es mayor los controlados por inflexión en el rumbo que es a cusa de fracturamiento y/o fallamiento previo o sin-mineral los que forman “valles” en el plano de veta. Se da el caso en que los dos controles pueden conjugar al interior de un clavo como es el caso para LLD y LLN donde el eje mayor de los clavos es en el rumbo de la veta ocasionada por una inflexión en el buzamiento pero los valores auríferos se incrementan de manera perpendicular a partir de “valles” por variaciones de dirección en el rumbo.

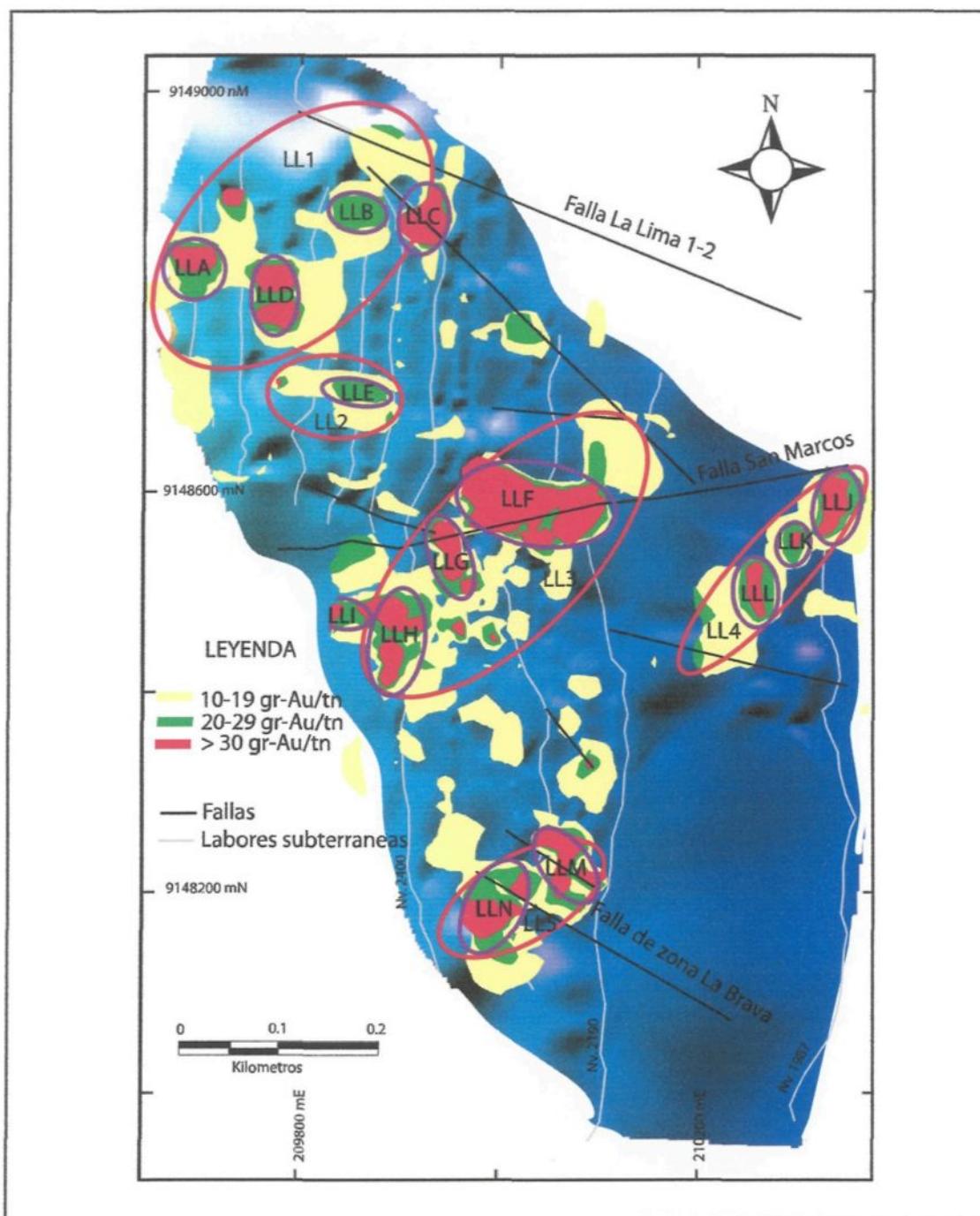


Fig. 5.1 Distribución de clavos, veta La Lima 2, en proyección horizontal; elipsoide rojo= clavo de primer orden, violeta= clavo de segundo orden

5.3 VETA MERCEDES.

La veta Mercedes se presenta en forma de dos ramales que se abren con dirección Norte y hacia cotas superiores del 2027 metros sobre el nivel del mar con una exposición superficial mayor a 1.2 kilómetros, el reconocimiento subterráneo vertical es de 450 metros de cuyos datos se obtiene 1.10 metros de potencia promedio, donde el relleno se constituye de cuarzo, pirlita, galena, esfalerita, calcopirlita, arsenopirlita y oro libre que en promedio dan 17.56 gr-Au/tn de ley (22.64 gr-Au/tn sin la corrección de altos erráticos), el valor máximo reportado es de 832.65 gr-Au/tn para una potencia de 1.45 metros.

Al Sur de la falla Qori-huarmi, el azimut de la veta Mercedes es N052° y buzamiento entre 18° a 25° mientras que, al Norte sufre una inflexión en el rumbo que tiene un azimut N330° con buzamiento desde la horizontal a 30°. La distribución de los clavos mineralizados se muestra en la figura 5.2.

En el segmento Sur se reconocen hasta 4 clavos mineralizados de primer orden con una dirección en el eje principal promedio de N211° (N031°) mientras que los de segundo orden a excepción de ME (subparalelo a las de primer orden) son casi perpendiculares a las primeras, bien que en esta zona se puede generar un elipsoide mayor cuya orientación sería N115° que englobe los dos ordenes, esta resulta paralela al fallamiento de la zona María y a los *Ore Shoots* mayores a 20 gr-Au/tn, la potencia y ley promedio para el conjunto de estos clavos es 1.17 metros y 24.98 gr-Au/tn respectivamente, la característica más importante observado aquí, es que el contenido aurífero se concentra mejor en “valles” por inflexión en el rumbo a la que se asocian las fallas (fallas de zona María) y sus fracturas asociadas.

En el segmento Norte se observa un clavo de primer orden M1, subredondeado, al interior del cual ocurren dos del segundo orden, MB y MA donde MB es controlado por la

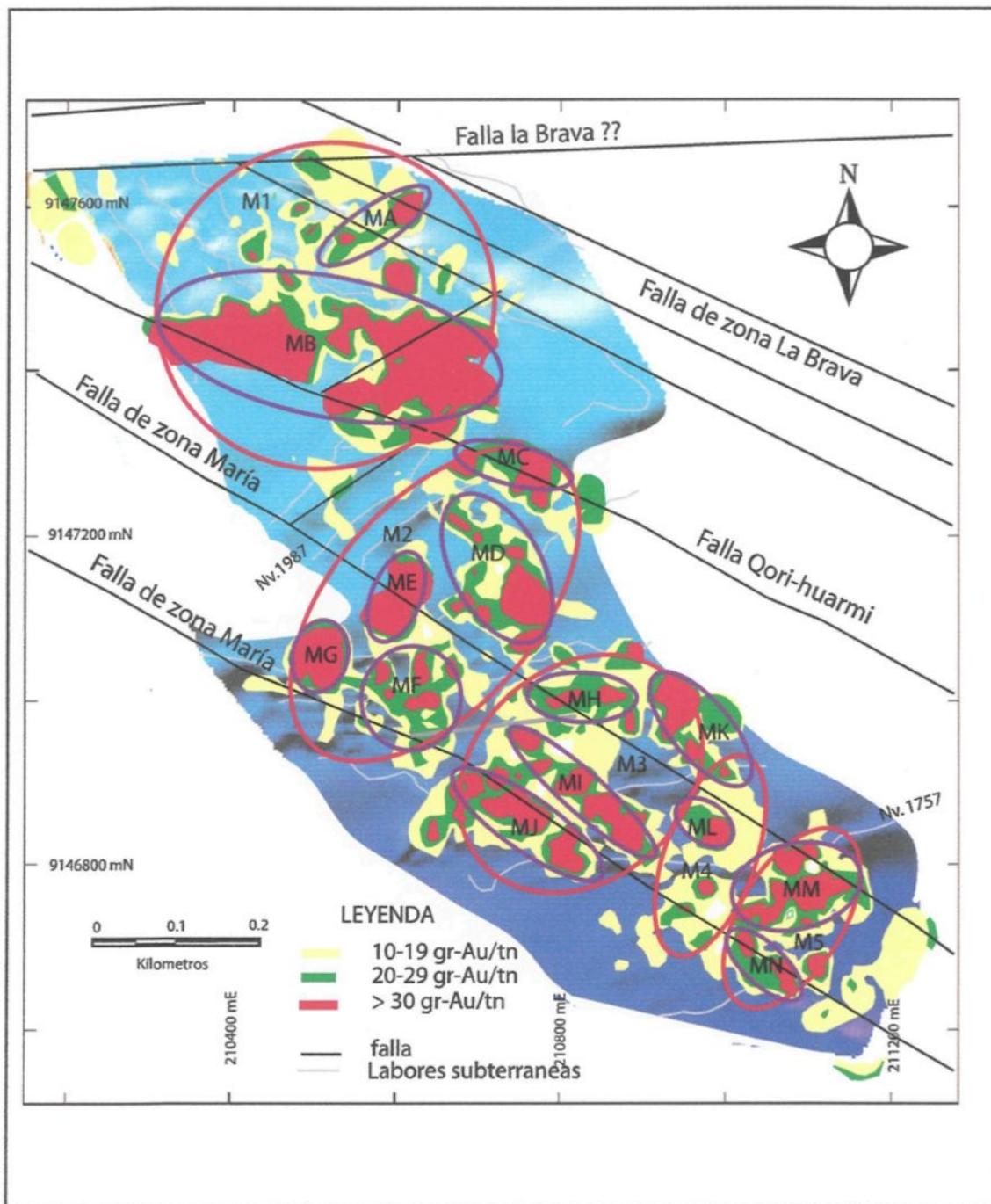


Fig. 5.2 Distribución de clavos, veta Mercedes, en proyección horizontal: elipsoide rojo= clavo de primer orden, elipsoide violeta= clavo de segundo orden

falla Qori-huarmi además del cambio de buzamiento en sus copas inferiores que se hace mas subhorizontal y MA se encuentra espacialmente asociado a las fallas de la zona La Brava. Para esta zona el promedio de potencias es 0.98 metros con una ley de 35.05 gr-Au/tn.

5.4 VETA JIMENA

La veta Jimena tiene una orientación promedio de N30° a 40° W, con buzamientos desde la horizontal a 25° al NNE. Con formaciones locales de lazos sigmoides que se abren en dirección NW y hacia cotas superiores, al momento no se le ha reconocido en afloramiento aunque por su bajo buzamiento y posición espacial puede tratarse de la misma veta Mercedes. La extensión longitudinal es estimada en cientos de metros mientras que su extensión vertical pese a su bajo buzamiento, se encuentra reconocido sobre los 190 metros (evidencias estructurales y perforaciones diamantinas soportan que esta diferencia sería mayor). La potencia que varía de unos centímetros hasta 3 metros son en promedio de 1.04 metros con una secuencia paragenética de: cuarzo – pirita, cuarzo + galena + esfalerita (+ calcopirita, ¿arsenopirita?) – oro (eléctrum) + galena + cuarzo (Miranda, 2002), las que reportan una ley promedio 34.54 gr-Au/tn (el valor errático más alto reportado es de 5305.32 gr-Au/tn para una potencia de 0.68 metros). La alteración típica y predominante es la fílica en rocas de contacto con las vetas con bordura externa a propilitica.

La litología predominante lo compone la granodiorita y monzogranito, localmente asociado a hornfels ya sea al piso, o al techo de la veta. Los clavos muestran una geometría irregular a la que se podría designar como elíptica (fig.5.3). Los valores más altos se encuentran cuando la superficie de la veta muestra asperidades así como

intersecciones de fracturas (N115° con las de N045°), si bien, gran parte coincide con los valles también ocurre en los picos (fig. 5.3). Es claro que la relación potencia y leyes no se relacionan directamente, a pesar que gran parte de las mayores potencias se encuentran al interior de los clavos mineralizados; muchas otras zonas muestran zonas de potencias altas con valores bajos de oro. Sobre el nivel 1987 hasta el nivel 2017, el control para el emplazamiento del *Ore Shoot* es la inflexión del buzamiento que forma “domos” de extensión; el mismo comportamiento es observado en la zona inferior, entre los niveles 1940 a 1897. Mientras que hacia el Norte donde el buzamiento es más regular está controlado por el cambio de rumbo. Ocurre que esta anomalía está ligada a fallas secantes de dirección N115° (La Brava) y a las subverticales de dirección N045°.

La dirección principal de los clavos mineralizados muestran una rotación en sentido horario desde NW (N328°) a NE (N057°) de cotas inferiores a superiores. La concordancia de direcciones de los clavos de segundo orden con los mayores de primer orden es evidente en J1 y J2 (fig.5.3).

De los tres grandes clavos observados el inferior (J1) posee una ley promedio de 48.70 gr-Au/tn para una potencia de 1.16 metros y mientras que para J2 y J3 el promedio es de 1.08 metros en potencia 31.44 gr-Au/tn en ley.

La variación en la dirección de los ejes principales y las inflexiones del plano de la veta indican que esta última conjugada con la presencia de fracturas secantes controlan la orientación de los clavos mineralizados.

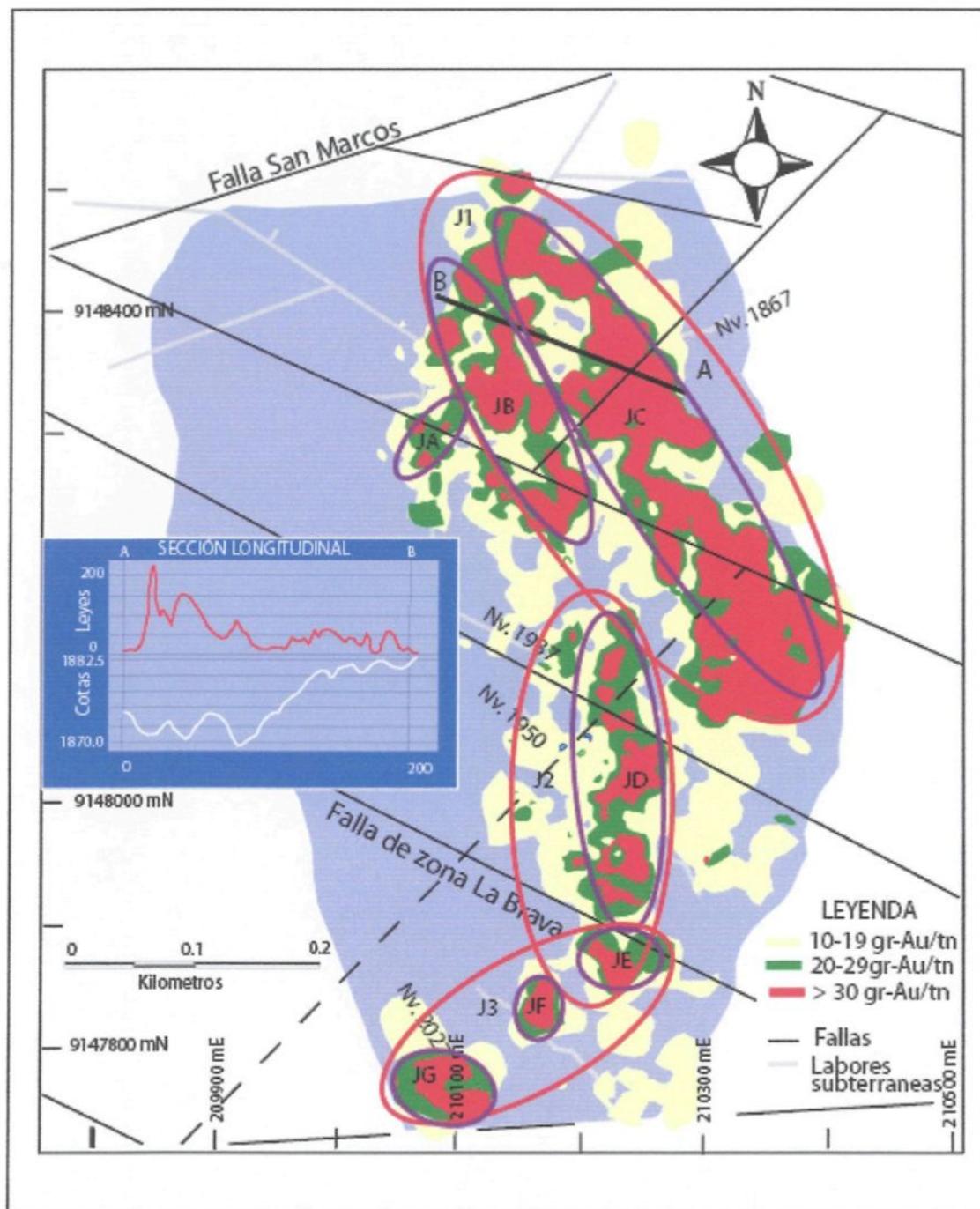


Fig. 5.3 Distribución de clavos, veta Jimena, en proyección horizontal; elipsoide rojo= clavo de primer orden, elipsoide violeta= clavo de segundo orden

5.5 VETA CARMELA

La veta presenta una orientación general N350°/37, seguida en superficie de manera discontinua por más de 500 metros entre las cotas 2179 y 2352 metros sobre el nivel del mar, la profundidad mínima reconocida es el nivel 1934, que al parecer constituye el ramal piso de la veta Glorita, con potencia promedio de 0.61 metros en los que se encuentra como relleno principal cuarzo, además en menor porcentaje pirita, galena, esfalerita y algo de arsenopirita, el cálculo de leyes promedio arroja un valor de 9.65 gr-Au/tn (191.1 gr-Au/tn es el alto errático más elevado reportado para una potencia de 0.65 metros).

El clavo principal C1 (fig. 5.4) se desarrolla encajada en granodiorita, donde la geometría está ligado a la inflexión de la veta más que a una asociación con fallas secantes, donde no es muy desarrollada. Los clavos de segundo orden muestran una orientación preferencial al NE (N030° en promedio). En los clavos CA, CD y CE las mejores concentraciones económicas se encuentran en valles de direcciones al NE.

La potencia de veta es más alta en el clavo así como en la intersección de veta con las fallas subverticales de azimut N090° (fallas secantes) que se encuentran al Norte del clavo. Los promedios de potencia y ley para todo el conjunto de los clavos mineralizados es de 0.70 m y 19.70 gr-Au/tn respectivamente.

5.6 VETA KAROLA

Lo constituyen dos lazos que se separan hacia el norte, de rumbo predominante NS siendo el lazo piso de menor buzamiento en promedio 45° y el techo que llega a 75° al Este, los afloramientos reconocidos recorren una longitud mayor de 1200 metros, con

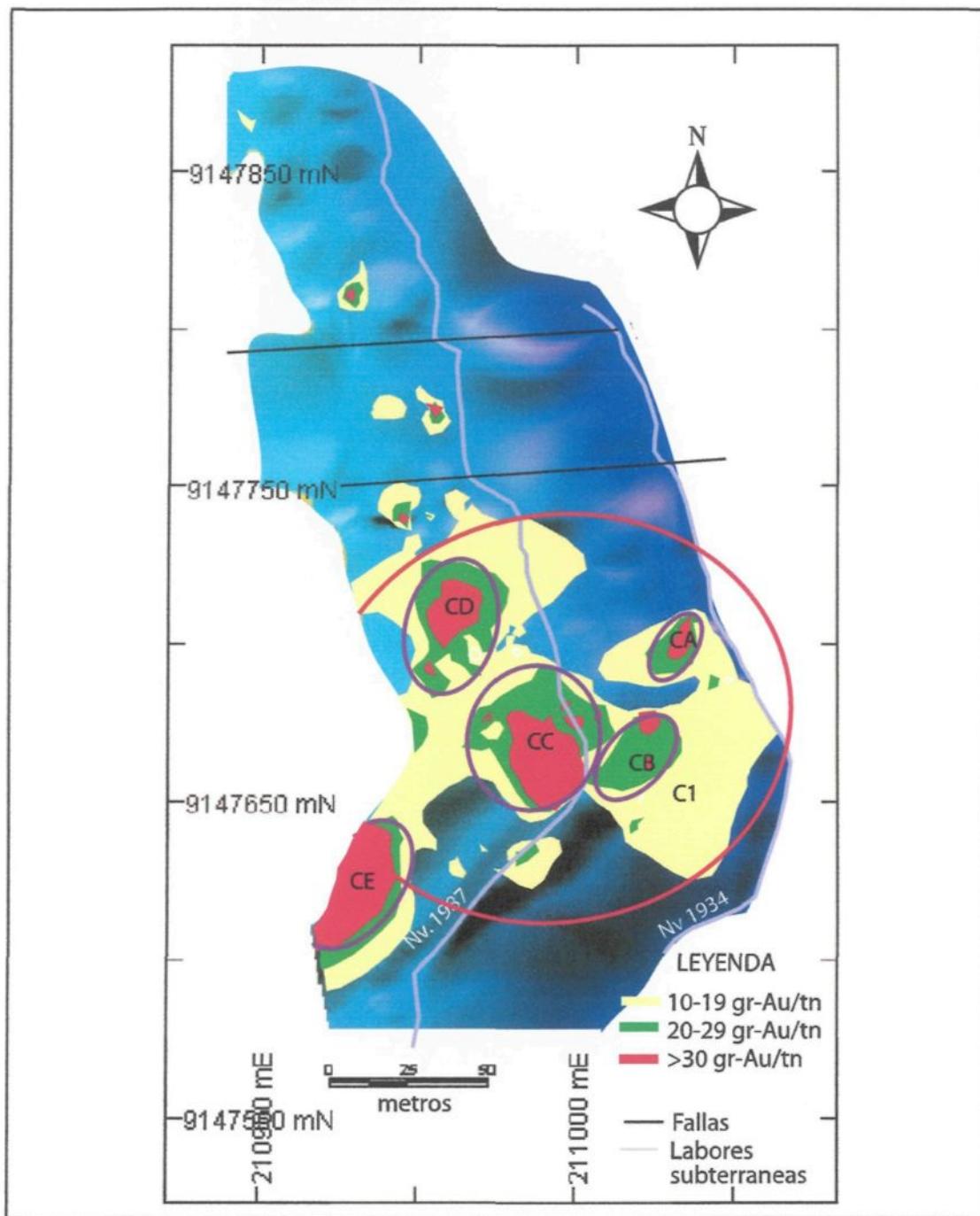


Fig. 5.4 Distribución de clavos, veta Carmela, en proyección horizontal; elipsoide rojo= clavo de primer orden, elipsoide violeta= clavo de segundo orden

una diferencia de cotas superior a los 800 metros que claramente puede llegar al orden kilométrico de potencias variables entre unos centímetros a 1.50 metros, el promedio es de 0.76 metros. El relleno mineral lo constituye cuarzo, pirita, galena, poca esfalerita y arsenopirita en bordura de clavos (esta última parece mostrar un zonamiento en bordura de clavos mineralizados), en ocasiones es posible observar "oro libre", de ley promedio de 35.35 gr-Au/tn (44.50 gr-Au/tn sin corrección de altos erráticos), la ley más alta reportada es de 1123.06 gr-Au/tn para una potencia de 0.50 metros; la alteración típica lo constituyen la sericita y en menor proporción la cloritización.

De la distribución de clavos (fig. 5.5), se observa que los clavos de segundo orden muestran una concordancia de orientación con las de primer orden y las direcciones preferenciales son al NE (aprox. N039°) y ESE (aprox. N116°) que a la vez el conjunto muestra una relación espacial con la fallas secantes.

Las cajas en áreas mineralizadas están constituidas de monzogranitos además de granodioritas, ubicadas también en las inflexiones del rumbo que forman valles asociadas a las fallas secantes, aunque la relación potencia y ley no son directamente proporcionales el grado del contenido aurífero es alto en el eje longitudinal de los clavos y las potencias son mayores en zonas en las áreas mineralizadas que son controladas por asperidades locales de rumbo y buzamiento, siendo esta última, la más dominante, el promedio de la zona mineralizada principal conformado por los *Ore shoots* contiguos K2 y K3 es de 0.73 metros en potencia y 40.30 gr- Au/tn en leyes.

5.7 VETA CONSUELO

La estructura muestra dos ramales abiertos hacia el norte, sin embargo de manera irregular y local ocurren lazos sigmoides que muchas veces se superponen, el

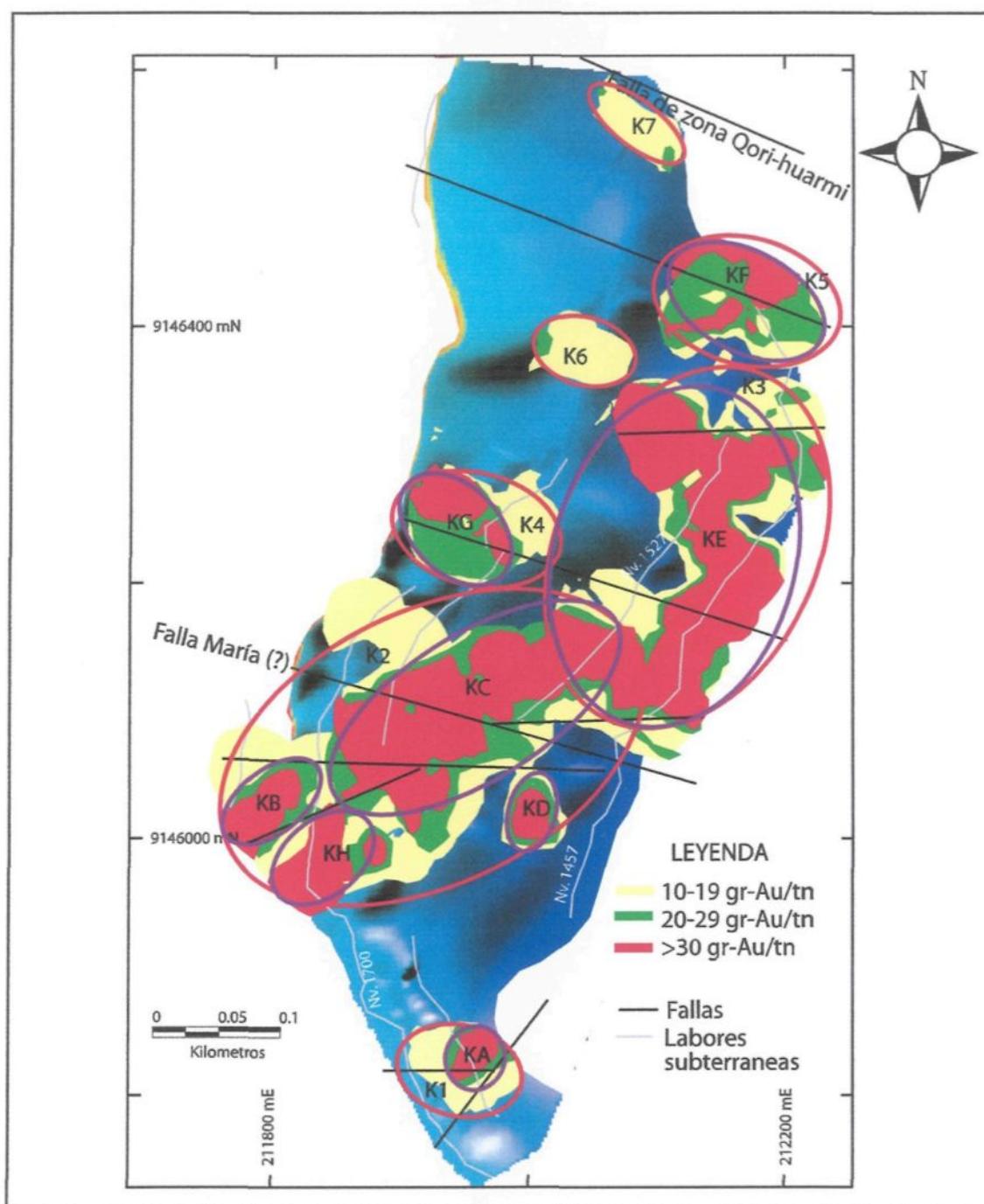


Fig. 5.5 Distribución de clavos, veta Karola, en proyección horizontal;
 elipsoide rojo= clavo de primer orden, elipsoide violeta= clavo de segundo
 orden

afloramiento puede ser seguido por más de 1.5 kilómetros y reconocidos en laboreo subterráneo en más de 600 metros verticales con un rumbo promedio NS buzando 45° al Este, de potencias variables de algunos centímetros hasta los 12 metros, cuyo promedio es de 1.46 metros. El relleno mineral se compone de cuarzo, pirita, galena, esfalerita, calcopirita, arsenopirita y oro libre (eléctrum) escaso que reportan leyes en promedio de 14.00 gr-Au/tn (17.40 gr-Au/tn sin corrección de altos erráticos) el valor aurífero más alto es de 895.60 gr-Au/tn.

La distribución de los *Ore Shoots* (fig. 5.6) de diferentes dimensiones se da dentro tres grandes bloques: un primer bloque al Sur de la falla San Juan, un segundo bloque entre las fallas San Juan y Perejil y el tercer bloque que estaría constituida al Norte de la falla Perejil que por el momento no entrarán en el análisis debido a que no se conoce la forma y distribución del área mineralizada.

En el primer bloque se reconocen 5 pequeños clavos con leyes >10 gr-Au/tn y 4 de >20 gr-Au/tn que muestran una orientación promedio al ESE (N120°). El conjunto de ellos reportan una potencia promedio de 1.59 m y en leyes de 12.64 gr-Au/tn. En general las cajas están constituidas por dioritas, pero la caja piso para los clavos C5, C6 y C7 esta formada por un dique lamprófiro potente.

En el segundo bloque las orientaciones entre los clavos de primer (N48°) y segundo orden son casi concordantes a excepción de CE que parece estar influenciado por la presencia de la fallas San Juan y CL. Los ejes de dirección principal de los clavos C2, C3, C4 y los englobados son alineados a lo largo de las zonas de falla San Teófilo y San Luis y el sistema de fracturas relacionadas a ellas, el área de mineralización influenciada por estas fallas muestra una potencia de 1.41 m y ley de 19.68 gr-Au/tn como promedios; en la parte alta del clavo C4 que incluye CE y CF la caja piso lo constituye un dique

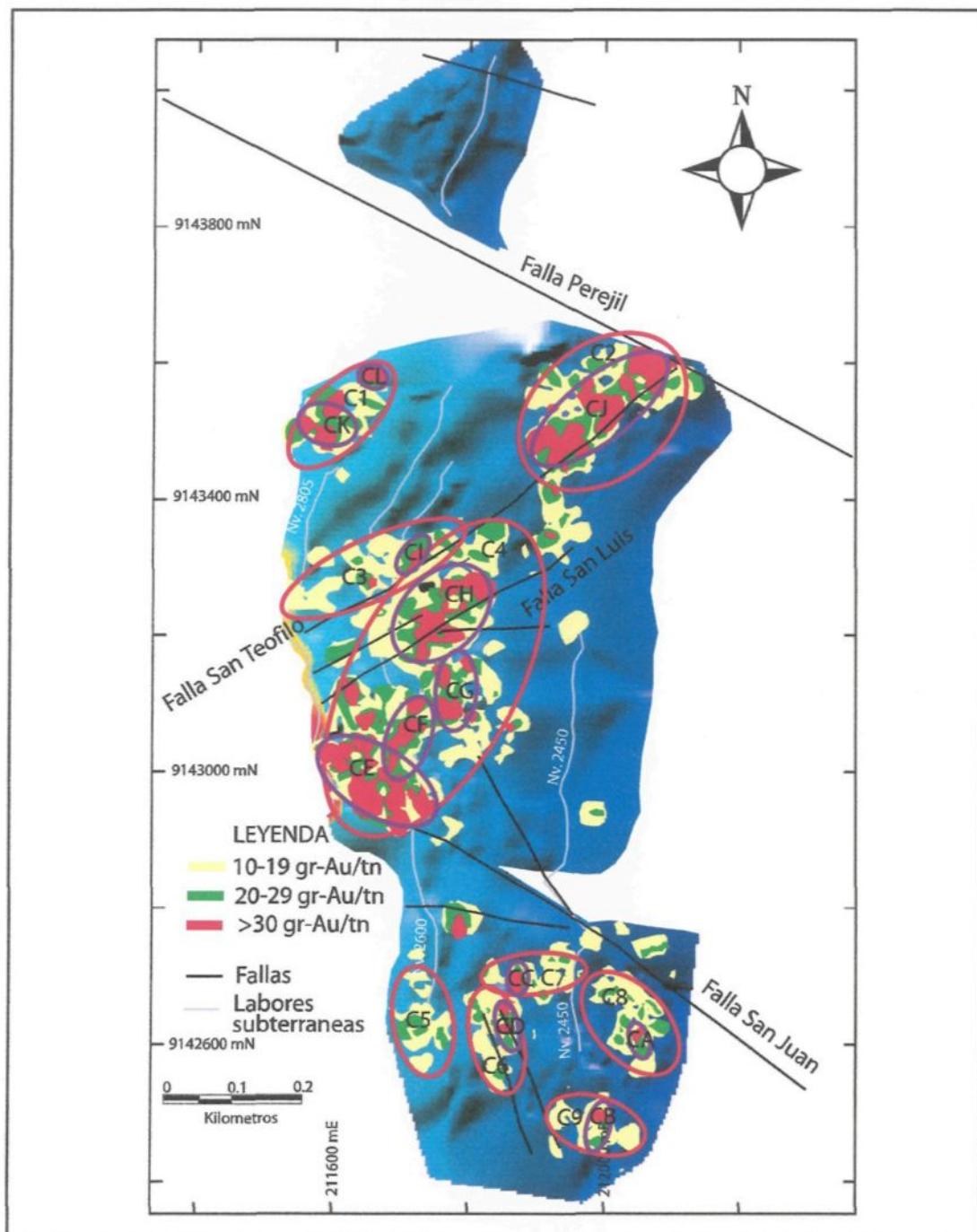


Fig. 5.6 Distribución de clavos, veta Consuelo, en proyección horizontal; elipsoide rojo= clavo de primer orden, elipsoide violeta= clavo de segundo orden

lamprófiro que muestra alteración de textura "leopardo" (fushita y carbonatos). El clavo C1 reporta una potencia promedio de 1.73 m con leyes de 14.40 gr-Au/tn.

5.8 VETA IRMA

Estructura que se encuentra al piso de la veta María Rosa como un ramal piso que se abre en dirección NW, en afloramiento es seguida por más de 1.8 kilómetros gran parte de ella en rocas metamórficas las que controlan la orientación N270°/40° el segmento que se desarrolla en rocas intrusivas tienen una orientación más NS con buzamientos al Este. La diferencia vertical conocida es sobre los 400 metros; la potencia es variable pudiendo formarse pequeños lazos interconectados que se emplaza en pseudosestratos paralelos de los hornfels (pizarras). El promedio calculado es de 0.80 metros con mineralogía de cuarzo, pirita, galena, esfalerita y arsenopirita, el oro libre hasta el momento no ha sido observado, el promedio de leyes es de 9.10 gr-Au/tn (y de 10.94 gr-Au/tn sin corrección de altos erráticos), el valor más alto reportado es de 111.16 gr-Au/tn para una potencia de 0.65 metros.

El clavo se desarrolla al interior de rocas metamórficas (hornfels), controlado por fallas longitudinales (azimut N115°) subverticales donde el segmento sur asciende.

5.9 VETA MARIA ROSA

Es reconocida en superficie en 1 kilómetro de longitud en diferencia vertical de 300 metros con orientación N330/30-65°, la que es muy próxima a la orientación general de las fallas mayores que controlan la mineralización, de potencia promedio 0.50 metros, el relleno de veta principalmente de cuarzo además de pirita, galena, esfalerita, arsenopirita y oro libre, el contenido aurífero en promedio es de 10.59 gr-Au/tn (19.60 gr-Au/tn

considerando los altos erráticos las que llegan hasta 325 gr-Au/tn a una potencia de 0.40 metros).

La granodiorita la roca caja dominante, la distribución de clavos (fig. 5.7) muestra 6 clavos de primer orden y 10 de segundo orden, a excepción de MR6 y MRJ (clavos truncados) son considerados como cerrados (nomenclatura; Blenkinsop, 2004), la orientación de los *Ores Shoots* es dominante en dirección NW (próximo a N330°), que es coincidente con el azimut general de la veta, un pequeño porcentaje de los clavos se orienta al NE (N041°). La concordancia en la dirección entre los clavos se muestra en C2 con CD, C4 con CE y C5 con CF. El conjunto de los clavos mineralizados muestra un promedio de 23.71 gr-Au/tn en leyes para una potencia media de 0.48 m. Las inflexiones en el buzamiento controlan la potencia de la veta, a menor buzamiento mayor potencia como se muestra en la sección de la figura 5.8.

5.10 VETA VICKY

Veta de dirección NS con buzamiento 42° al este, la extensión longitudinal no es reconocida en su totalidad por desplazamiento y/o cobertura cuaternaria al momento el afloramiento es limitado a 500 metros en 100 metros verticales; el promedio de potencia es de 0.80 metro donde el relleno mineral se constituye de cuarzo, pirita (hematina y limonita, como productos supérgenos de la alteración de las piritas), galena, esfalerita dan una ley promedio de 18.79 gr-Au/tn (24.29 gr- Au/tn sin tratamiento de altos erráticos) con leyes anómalas que llegan a 403.00 gr-Au/tn para una potencia de 0.80 metros.

Otras vetas como: Pencas poseen una orientación promedio de N320/80°, con una ley promedio de 15.22 gr-Au/tn, para una potencia de 0.65 metros, en la zona de ore

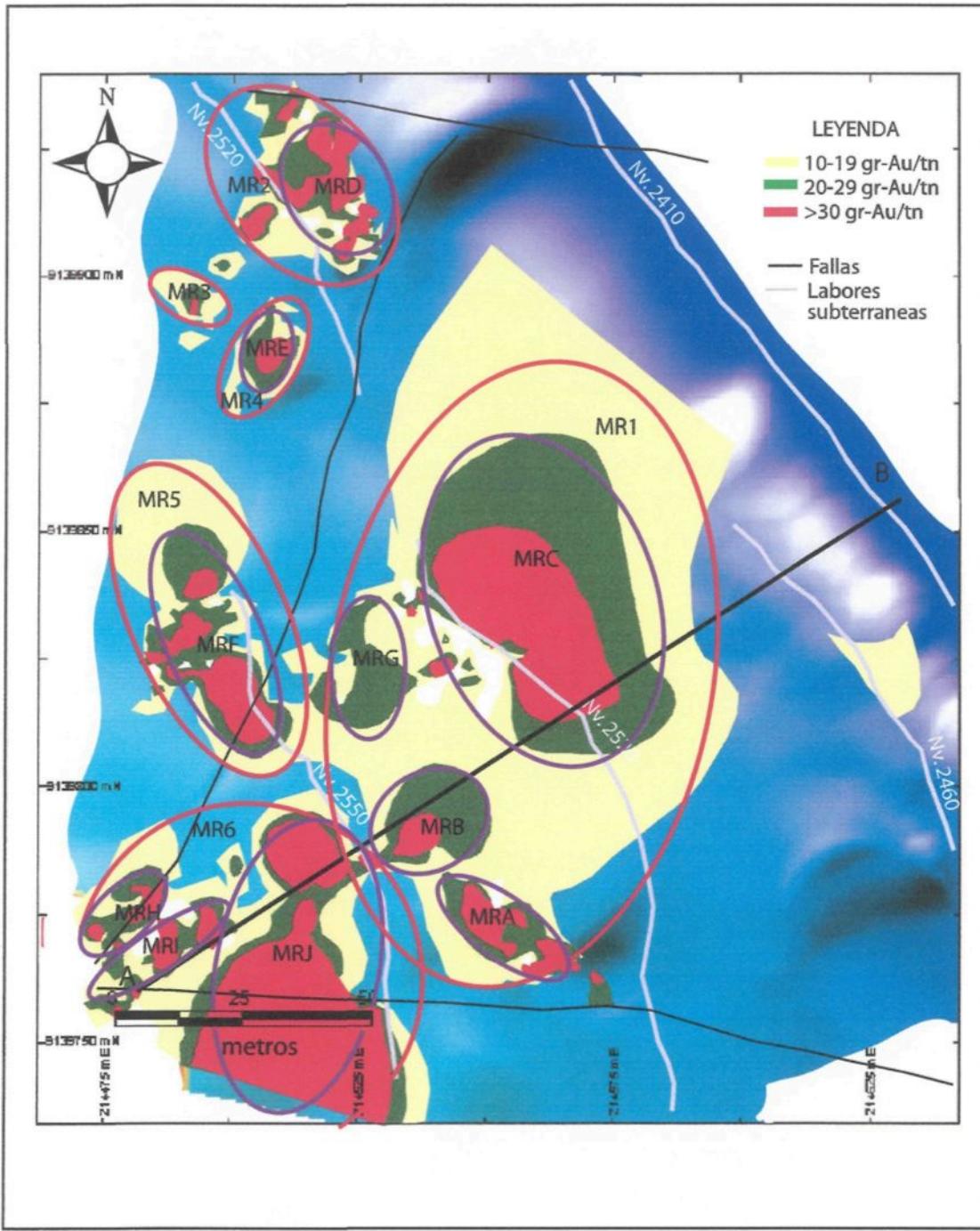


Fig. 5.7 Distribución de clavos, veta María Rosa, en proyección horizontal; elipsoide rojo= clavo de primer orden, elipsoide violeta= clavo de segundo orden

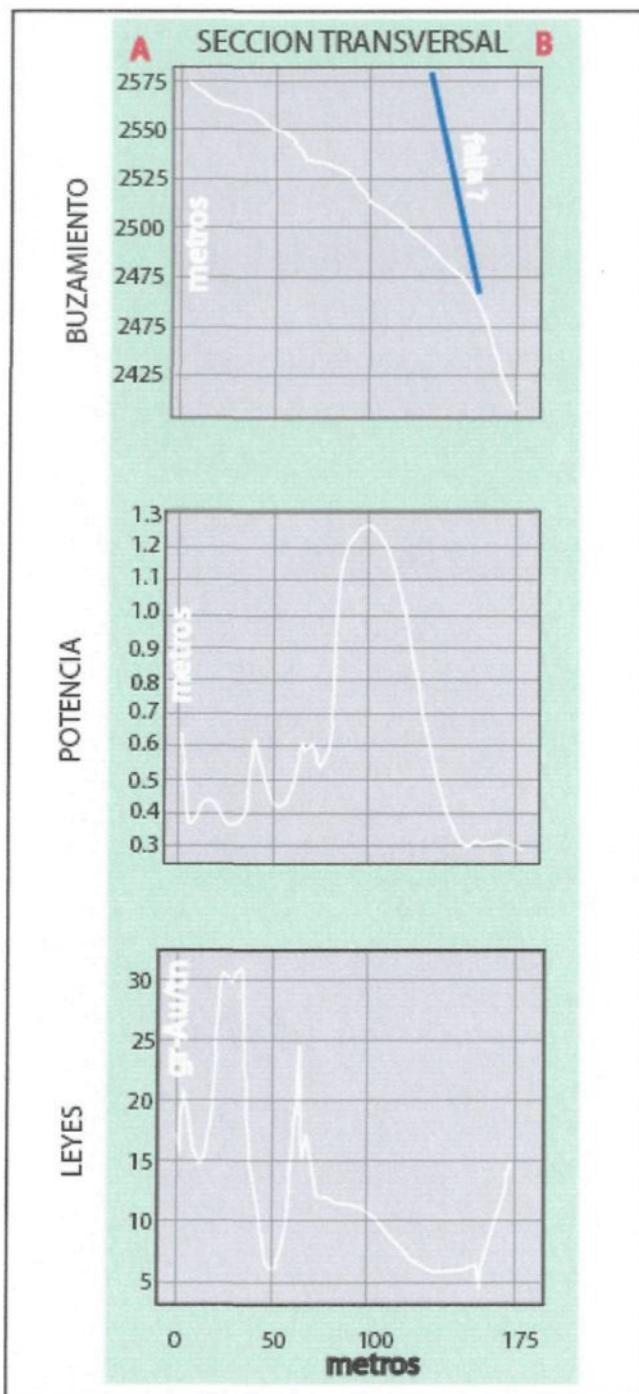


Fig. 5.8 Sección comparativa entre: buzamiento, potencia y leyes en la veta María Rosa

shoot ésta es de 0.67 metros y de 30.87 gr-Au/tn en promedios de potencia y ley. La orientación de esta estructura es paralela a la orientación principal de las grandes fracturas asociadas a la mineralización, en la zona de Santa María, la veta del mismo nombre tendría estas mismas características, aunque el buzamiento sea en promedio de 65° (es reconocida sólo en labores artesanales).

La tabla 5.1 muestra las orientaciones y las asociaciones estructurales encontradas para los clavos reconocidos en las zonas de trabajo.

5.11 CONCLUSIÓN

En conclusión la geometría y la relación entre los clavos mineralizados muestran características comunes siguientes:

- el control de la litología con la presencia de vetas y relacionados a los clavos mineralizados son expresados por la presencia de diques aplíticos (en veta La Lima clavos LL4 y LL4) y diques lamprófiros (parte superior de C4, C5, C6, C7 y sus englobados en la veta Consuelo) como cajas piso, se emplazan al interior de rocas metamórficas controladas por las actitudes de los pseudoestratos (Irma), contacto entre granodioritas y enclaves metamórficos (J3 entre los niveles 1987 y 2017 y contactos entre granodiorita y monzogranito como el mostrado en la figura 2.2a para la veta Karola (también es posible observar en la veta Jimena en el clavo J2);
- las orientaciones de los clavos mineralizados mostrados en la figura 5.9 muestran que los del primer orden tienen una dirección preferente al NE (N040°-N050°) y un pequeño porcentaje hacia a ESE (N110°-N100°), mientras que los de segundo orden además de las direcciones precedentes muestran una

tendencia mayor al Norte. El promedio de la dirección principal de todos los clavos es N052° con 37° de buzamiento;

- los clavos son elipsoidales a subredondeados que según la clasificación de Blenkinsop (2004) son considerados como *Oblate*, basado en que el eje mayor es más grande que el eje medio y el eje menor (la potencia); eje medio mayor que eje menor;
- la orientación de los clavos en general se encuentran controladas por las inflexiones en el buzamiento y en el rumbo la segunda debido a la presencia de fallas o fracturas secantes, en algunos casos se deben a la conjugación de los dos fenómenos;
- las potencias mayores se encuentran en general al interior de los clavos, pero no necesariamente se relacionan de manera directa con los valores auríferos;
- los clavos más grandes siguen la orientación de la traza de fallas;
- a escala distrital para la zona Norte (de la mina Poderosa), los ejes principales de mineralización parecen mostrar un patrón de espaciamiento lateral de ellas entre 220 a 275 metros que se observa en la figura 5.10.

Tabla. 5.1 Características (orientación) de los principales clavos mineralizados en el yacimiento aurífero de Mina Poderosa

Veta	Clavo primer orden	Dirección ^a	Inclinación ^a	Eje mayor	Eje menor	Observación	Clavo segundo orden	Dirección ^a	Inclinación ^a	Eje mayor	Eje menor	Observación
La Lima 2	LL1	48	27	512,0	275,5	Asociado a falla La lima 1-2	LLA	94	52	90,0	61,4	Leyes altas alineados con eje mayor el eje mayor
							LLB	101	55	57,4	36,6	Leyes concentradas en inflexión de rumbo
							LLC	10	30	76,2	62,0	Asociada a falla de orientación NW
							LLD	177	10	75,5	73,8	Leyes altas en los picos del eje principal
La Lima 2	LL2	100	30	201,0	96,3	Clavo secundario en valle control de inflexión de rumbo	LLE	100	53	99,7	25,5	Leyes altas en paralelos al eje principal, dirección del eje mayor concordante con clavo de primer orden
							LLF	101	47	221,3	118,4	Leyes altas en picos perpendiculares a eje principal
							LLG	156	23	84,0	61,1	En sección de eje menor ligero pico muestra mejores leyes solo en inflexión de buzamiento
							LLH	10	25	114,8	88,2	Leyes altas perpendicular y paralelo al eje principal
La Lima 2	LL3	44	39	493,0	215,7	Clavo asociado a la falla San Marcos	LLI	100	10	39,2	33,9	Clavo abierto
							LLJ	8	15	64,2	42,3	Leyes altas en inflexiones positivas en el eje menor
							LLK	6	41	50,0	34,4	Ley alta en el centro del elipsode
							LLL	2	40	80,2	59,4	Leyes altas paralelo al eje principal
La Lima 2	LL4	42	34	300,6	86,0	Asociado a fallas San Marcos y otra paralela a la falla la Brava, con clavos secundarios paralelos entre si.	LLM	140	45	130,4	72,1	Eje principal pseudo-concordante con falla de zona La Brava
							LLN	28	59	182,7	100,0	Asociado a falla de orientación NW, de la zona La Brava
							MA	56	25	152,0	38,0	Asociado a la falla de la zona La Brava
							MB	101	17	371,7	133,6	Asociado a la falla Qori-huarmi
Mercedes	M1	116	17	394,5	324,3	El límite Sur asociado a la falla Qori-huarmi y el Norte asociado a las fallas de la zona La Brava	MC	110	21	86,1	35,5	Con el eje principal en la falla Qori-huarmi
							MD	150	23	226,1	72,1	Ley alta en valle del eje secundario, perpendicular a M2
							ME	23	13	100,8	66,1	Asociado a la falla María
							MF	209	33	113,0	108,5	Asociado a la falla María
Mercedes	M2	220	25	460,4	220,9	Asociado a las fallas de la zona María y al Norte asociada a la falla Qori-huarmi	MG	183	46	105,4	56,6	Asociado a la falla María
							MH	94	13	91,1	56,9	Asociado a la falla María
							MI	133	27	224,1	59,4	Asociado a la falla María, perpendicular a M3
							MJ	125	27	201,7	86,3	Asociado a la falla María, perpendicular a M3
Mercedes	M3	223	25	341,4	287,9	Asociado a las fallas de la zona María y subparallelo a M2	MK	140	29	115,0	54,2	En bordura y perpendicular a M3
							ML	125	15	67,5	47,7	Asociado a la falla María
							MM	68	28	98,5	76,0	Asociado a la falla María
							MN	126	19	58,2	35,7	Asociado a la falla María
Mercedes	M4	196	28	220,6	94,2	Asociado a las fallas de zona María	JA	40	22	70,6	27,2	Eje principal pseudo-concordante con J1
							JB	332	18	207,7	84,2	Eje principal pseudo-concordante con J1
							JC	327	17	481,8	112,1	En bordura y perpendicular a J1
							JD	357	17	223,4	47,6	Paralelo al clavo de primer orden
Jimena	J1	325	16	522,0	226,0	Al Sur de la falla San Marcos, leyes altas en valles de a superficie de la veta	JE	360	23	43,4	42,4	Asociada a falla de zona La Brava
							JF	356	22	62,4	37,3	Controlado por inflexión en buzamiento
							JG	110	10	94,1	51,7	Controlado por inflexión en buzamiento
							CA	32	38	26,8	14,0	Leyes altas al centro
Carmela	C1	80	40	197,1	97,4	Clavo abierto y controlado por inflexión de rumbo	CB	43	45	41,0	25,9	Controlado por inflexión en rumbo
							CC	23	15	38,0	34,5	Controlado por inflexión rumbo
							CD	15	38	49,5	41,5	Leyes altas al centro
							CE	40	37	27,2	17,8	Clavo abierto
Karola	K1	100	45	130,6	107,2	Asociado a falla E-W y NE-SW	KA	35	58,1	86,2	41,4	Nace de intersección de fallas E-W y NE-SW
							KB	48	52,2	123,2	46,5	Leyes altas en el eje mayor del clavo, asociado a fallas
							KC	58	40,9	312,8	152,3	Leyes altas en el eje mayor del clavo, asociado a fallas
							KD	15	22,6	64,4	48,5	Leyes altas en el eje mayor del clavo, no alineado con J2
Karola	K2	60	43	420,0	266,1	Asociado a sistema de fallamientos secantes probablemente de la zona María	KH	55	30,9	81,2	62,4	Leyes altas en el eje mayor del clavo, asociado a fallas
							KE	20	23,6	251,5	164,5	Leyes altas en el eje principal
							KG	128	52,9	157,4	73,1	Ley alta asociado a falla
							KF	114	52,3	210,4	64,6	Eje mayor concordante con falla
Karola	K3	24	24	337,5	259,8	Conjunto a K2 asociado a fallas NV-SE	CK	108	36,3	65,5	41,1	Eje mayor perpendicular a C1
							CL	111	30,6	43,0	28,0	Clavo subredondeado
							CJ	49	22,6	248,1	82,8	Eje concordante a C2 controlado por falla San Teófilo
							CI	38	34,2	59,1	29,5	Asociado a la falla San Teófilo
Consuelo	C1	44	12	185,4	89,8	Asociado a falla NW-SE, paralela a la que afecta K3	CE	123	42,4	223,6	108,3	Asociado a la falla San Juan?
							CF	17	33,1	110,2	56,1	Asociado a fracturas que nacen de las fallas principales??
							CG	5	27,0	90,9	51,8	Asociado a fracturas que nacen de las fallas principales??
							CH	43	43,3	210,6	91,9	Asociado a Falla San Luis
Consuelo	C2	50	25	303,3	159,5	Nace de la intersección de falla perejil y San Teófilo	CD	165	24,4	47,3	28,8	Asociado a fallas de orientación NW-SE
							CC	176	22,4	31,9	25,3	Perpendicular a C7
							CA	162	29,3	45,6	18,5	Paralelo a C8
							CB	12	19,2	50,2	40,1	Perpendicular a C9
Consuelo	C3	63	42	328,8	76,9	Nace de la falla San Teófilo, inflexión en el rumbo	MRA	130	28,0	37,7	13,1	Direccionalizado hacia falla de orientación NW-SE
							MRB	60	37,0	22,8	18,8	Asociado a inflexión en el rumbo y buzamiento
							MRC	155	15,0	64,2	32,0	Asociado a inflexión de rumbo y buzamiento
							MRG	360	17,0	20,9	15,1	Asociado a inflexión de buzamiento
María Rosa	MR1	10	25	127,1	80,7	Asociado a inflexión en el rumbo y buzamiento	MRD	144	17,0	21,5	13,2	Asociado a fallas de orientación NE-SW y NW-SE
							MRE	13	23,0	14,9	9,1	Possible control, inflexión en el rumbo
							MRF	158	16,0	47,5	18,5	Asociado a falla NE-SW, paralelo a MRS
							MRH	46	21,0	12,5	4,4	
María Rosa	MR2	138	15	43,5	42,0	Asociado a fallas de orientación NE-SW y NW-SE	MRI	56	22,0	22,8	10,1	Asociado a la conjunción de fallas de orientación NE-SW y NW-SE
							MRK	6	9,0	54,5	28,2	

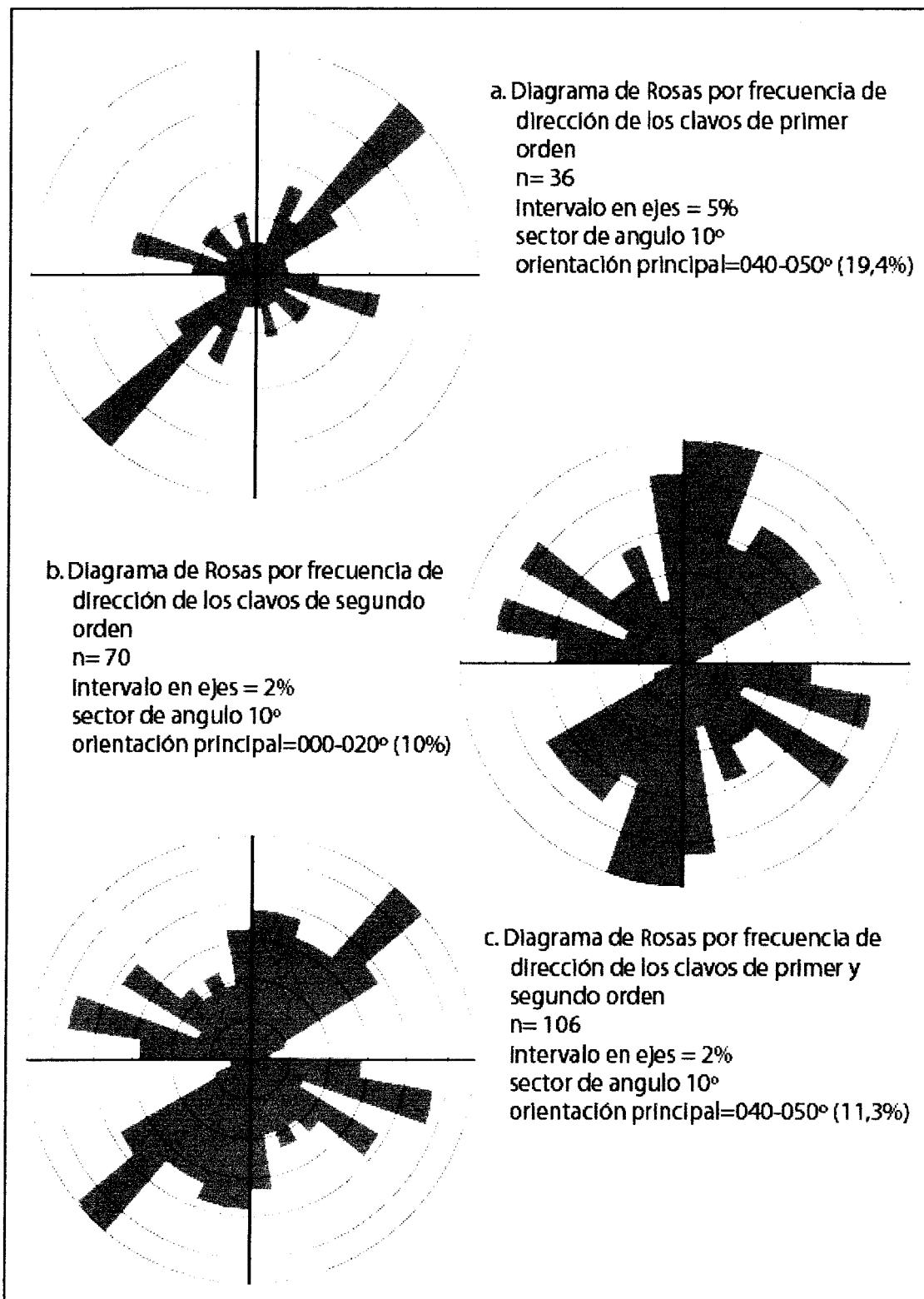


Fig. 5.9 Orientación de los principales clavos mineralizados en el yacimiento aurífero de Mina Poderosa

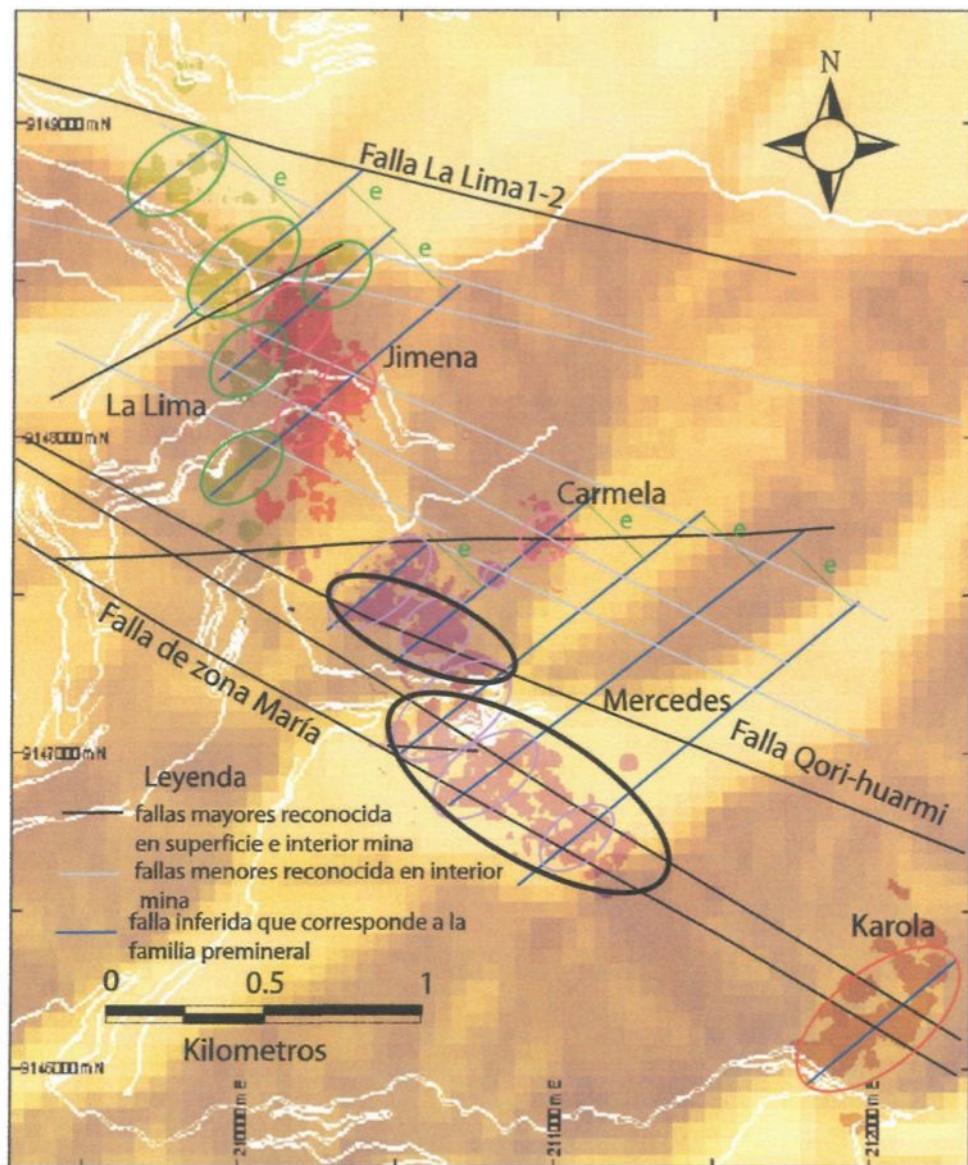


Fig. 5.10 Relación entre los clavos que muestra el espaciamiento lateral en la zona Norte de la mina Poderosa, donde el eje azul es la orientación promedio de los clavos mineralización para todo el deposito; e= espaciamiento entre 220 a 275 metros

CAPITULO VI

SÍNTESIS DE LAS OBSERVACIONES Y DISCUSIÓN

6.1 INTRODUCCION

En este capítulo, se hace una revisión y resumen de los aspectos principales desarrollados en los capítulos anteriores con la finalidad de comprender mejor el rol que juegan las fallas asociadas a la mineralización, la evolución del sistema estructural dentro de rocas intrusivas, a la vez que permite postular un modelo de formación del yacimiento y distribución de los *Ore Shoots* (Alderton *et al.*, 1980; Arslan y Aslan, 2005; Ashley y Craw, 2004; Barret y MacLean, 1994).

6.2 CONTEXTO LOCAL

Numerosas vetas auríferas de la mina Poderosa se encuentran emplazados en la bordura occidental del Batolito de Pataz, que es un cuerpo intrusivo de edad carbonífera y carácter calco-alcalina, el plutón tiene una morfología alongada con una longitud mayor a 90 km y en su parte más ancha llega hasta los 14 km, de dirección paralela al lineamiento andino (azimut N340°) enmarcado dentro de la cordillera oriental de los Andes.

Por la forma y disposición de las rocas intrusivas, la inyección del Batolito de Pataz al parecer es controlado por fallamiento regional de dimensiones kilométricas. La litología

de la región esta conformada por rocas del basamento precambriano, sedimentos marinos y continentales del Paleozoico y Mesozoico, también rocas volcánicas del Cenozoico. El valle del Marañón constituye el límite entre las Cordilleras Occidental y Oriental en el Norte del Perú y a la vez separa dos unidades geológicas con caracteres muy diferentes, mientras que la Cordillera Occidental puede ser considerada como producto de la orogénesis andina y la Cordillera Oriental demuestra rasgos de por lo menos tres ciclos orogénicos desde el Precambriano.

La disposición de las vetas cuarzo-auríferas económicas, hasta hoy reconocidas se encuentran alojadas en el Batolito de Pataz en su bordura occidental, las mismas que son seccionadas por fallas secantes subverticales E-W.

6.3 PETROGENESIS DEL BATOLITO.

La reología del Batolito de Pataz corresponde a una secuencia intrusiva de diferente composición como resultado de una diferenciación magmática, la litología se constituye en orden de intrusión de: la serie diorita-microdiorita (diorita) y la serie granodiorita-monzogranito (granodiorita, granito, monzogranito) seguido de diques aplíticos, pegmatitas y finalizando con diques lamprófiros, todas de carácter calco-alcalino, los más importantes por volumen son las granodioritas seguidas de las dioritas.

La mineralogía de las granodioritas se compone de plagioclasa, cuarzo y ortosa, sólo los primeros de hábito euhedral a anhedral, los minerales accesorios son representados por biotita marrón, allanita, circón y opacos, la hornblenda es muy escasa, la textura dominante es granular xenomórfica.

Las rocas ácidas, de acuerdo a su composición pueden gradar a tonalitas o granitos, sólo en algunos casos se han podido distinguir contactos fracos con los monzogranitos que contienen porcentajes mayores y fenocristales de ortosa.

Las dioritas compuesta esencialmente por plagioclasa, hornblenda, biotita, en menor porcentaje cuarzo y ortosa, de textura granular xenomórfica a microgranular.

Las aplítas muestran como minerales principales: cuarzo, ortosa y plagioclasa por orden de abundancia, de grano fino a grueso, (textura inequigranular), los contactos en general son fracos con dioritas, tonalitas, granodioritas, en las que aprovecha las fracturas preexistentes, sólo en algunos casos los bordes son irregulares en los monzogranitos.

Las pegmatitas llegan a formar estructuras irregulares, algunas veces pueden superar los 10 metros de potencia (Miranda, 1983).

Microdioritas ovoides y fragmentos sub-angulosos de secuencias a vulcanosedimentarias precarboníferas de diferentes dimensiones constituyen los enclaves unas veces dentro de un lineamiento que constituyen la llamada "franja de enclaves" (fig. 6.2a) y otras de manera aislada.

6.4 ALTERACIONES

Los principales tipos de alteración relacionados a la mineralización definidas por el contenido de minerales de alteración son: la sericitización (con variedad de fushita en rocas asociadas a rocas con fenocristales de hornblenda) y la cloritización ambas con algo de carbonatación posterior o subordinada.

La sericitización es la alteración predominante asociado y en bordura de los filones (sean estériles o zonas mineralizados), asimismo, gran porcentaje de fracturas

“transversales” y paralelas poseen halos sericitizados. Además, se ha podido observar sericitas intersticiales aún en rocas consideradas “totalmente frescas”. En el contacto con los filones, las secciones delgadas muestran unas sericitas finas asociadas a carbonatos reemplazando a plagioclasas y ortosas, otras son “fenocristales” (muscovita) de colores magenta radiales, exfoliada o flexionados que reemplazan a biotitas y cloritas.

La cloritización es la alteración dominante en estructuras subverticales, las trazas de la cloritización en contacto con los filones auríferos fueron borradas por la sericitización sin embargo, existe una segunda generación de cloritas coetáneas o ligeramente posteriores a la sericitización, localmente se observa venillas de cloritas rellenando fracturas en los filones. En el área mineralizada del nivel 2650 en veta Consuelo, el dique lamprófiro que se encuentra como caja piso presenta minerales de alteración de; cloritas con carbonatos, sericitas y algo de arcillas.

Durante las etapas de alteración (en formación de cloritización y sericitización) se distingue ocurrencia de pirita gruesa como resultado de la alteración de los ferromagnesianos, estas piritas son gruesas, los cuales son generalmente euhedrales y son más opacos (latón) que las piritas asociadas a la generación de sulfuros.

Además de estas alteraciones venillas de carbonatos se observan generalmente rellenando estructuras reactivadas de generación post mineral, ocurre epidota hidrotermal rellanando micro-fracturas a las que se asocian generaciones de cloritas y carbonatos; epídotas supérgenas tardías se encuentran rellenando fracturas y microfracturas asociada a grandes fallamientos, algo de hematita es reconocida rellenando fracturas sin un control aparente, lo que puede ser considerado como de origen supergénico.

Las observaciones microscópicas y los análisis de geoquímica indican que las alteraciones hidrotermales son restringidas y se desarrollan con intensidad en rocas de

contacto con los filones auríferos y en bordura de fracturas (fallas) que se comportarían como estructuras canalizantes y distribuidores de los fluidos.

El balance de masas de elementos mayores en bordura de veta muestra una pérdida de SiO_2 y Na_2O , mientras que el CaO sufre pérdidas en la sericitización, en la cloritización son grandemente favorecidos para el incremento como ocurre con el MgO , la cual es propia en rocas con altos contenidos de ferromagnesianos (dioritas hornblendicas y lamprófiros), el K_2O que generalmente muestra adiciones en la sericitización en la cloritización, ocurre una ligera pérdida, la variación del Fe_2O_3 de composición intermedia a básica es ligeramente positivas, los otros elementos mayores se muestran inmóviles. Los elementos metálicos tienen un comportamiento variable: una tendencia al incremento en zonas próximas a la ocurrencia de sulfuros y comportamiento irregulares en zonas "estériles".

En zonas de falla los elementos mayores registran: una tendencia al incremento de SiO_2 , CaO y MgO , en fallas asociadas a la mineralización (San Luís 2530) muestra un incremento en K_2O detalle que no se observa en las otras fallas por encontrarse alejadas de clavos mineralizados, las otras fallas presentan ligeras pérdidas de K_2O y más marcada en Na_2O , los otros elementos no muestran variaciones importantes salvo algunas pequeñas anomalías localizadas y positivas de Fe_2O_3 .

En la zona de Consuelo donde la roca es más homogénea la alteración asociada a la veta en la zona mineralizada del nivel 2650 y fallas secantes subverticales son similares, solo que en el caso de las fallas la variación de los elementos mayores es enmascarada de reactivación de fallas o circulación de fluidos que pueden ser también meteóricas tardíos a la alteración hidrotermal. En la zona de Jimena es común observar

la alteración sericítica en las fracturas y fallas lo mismo que clorítica (cartografiado geológico en interior mina para el desarrollo de este trabajo).

6.5 FRACTURAS Y FALLAS

El análisis del fraturamiento en las zonas estudiadas, así como su relación con las fallas muestra que son parte de un mismo sistema que de acuerdo a sus actitudes son reconocidas en 6 familias donde 4 de ellas son las más importantes:

- las de orientación N115° (familia 1; E-W) con buzamiento superior a 65° que a nivel distrital y regional constituyen la orientación de los fallamientos principales,
- las de orientación N045° (familia 2; NE-SW) con buzamiento superior a 65° y que forman las fallas complementarias de los de la primera familia,
- las de orientación N330° (familia 3) con buzamientos menores a 45° de ellas forman parte las vetas de bajo ángulo (veta Jimena y flaco Norte de la veta Mercedes),
- las de orientación al Norte (familia 5; NNW-SSE) con buzamientos de 45° a 65°, actitudes que muestran la mayor parte de las vetas.

La densidad de fracturas de una familia en un área revela la presencia o zona de fallas con la misma actitud.

Las primeras anisotropías controlan el fraturamiento y fallamiento a lo largo de la evolución estructural.

Ocurre alteración hidrotermal importante (sericitización y cloritización) al interior de las fracturas y fallas (al igual que las que contienen las vetas) además de presentar en algunos casos vetas menores de cuarzo lechoso a cuarzo hialino, también es común observar que las mismas fracturas y fallas en otras estaciones no presenten ninguna

alteración hidrotermal, lo que soporta la interpretación de que no todo el plano de las fracturas y fallas favorecen el paso de los fluidos. El paso de los fluidos en las fallas y fracturas es zonal y controlado ya sea por inflexiones en el rumbo, buzamiento, intersección entre fracturas (fallas) o debido a la naturaleza de los rellenos.

Así como las fracturas y las fallas controlan el paso y la distribución de los fluidos mineralizantes, estas controlan la disposición y geometría de diques de diferente composición.

6.6 CLAVOS MINERALIZADOS

El control litológico observado en algunos clavos mineralizados se da por la presencia de diques de diferente composición (aplíticos a lamprófiros), los contactos de las series intrusivas así como de enclaves metamórficos y en menor proporción por los pseudos estratos de rocas metamórficas. La alteración común y dominante es la sericitización seguida de la cloritización.

La mineralización de los clavos se constituye principalmente de cuarzo lechoso, de sulfuros (pirita, galena, esfalerita, arsenopirita y algo de calcopirita) que constituyen de 5 a 50%, y cuarzo hialino relleno de fracturas, la presencia de la textura dominante es de “peine”.

Los clavos mineralizados se distribuyen dentro de estructuras planares de orientación próxima al Norte con buzamientos al E entre 67 y 20°, a escala local así como distrital los clavos se muestran de formas complejas que dependen de la geometría del plano que las contiene además de su relación con las fallas y fracturas secantes; la evidencia de nucleación de *Ore Shoots* se da en la intersección de dos estructuras subverticales son mostrados en la figura 4.15 del capítulo IV.

El crecimiento del clavo es de manera elipsoidal teniendo como ejes principal la de orientaciones N052° y un segundo eje de dirección N110° y una tercera paralela a dirección de las vetas. El control en planos de veta esta dado por las variaciones de buzamiento y en rumbo siendo estas última la más dominante, esto influencia en la distribución de la mineralización así como la potencia de las vetas que va desde algunos centímetros a 6 metros en el caso de la veta Consuelo que muestra las mejores potencias.

6.7 RELACION DE LOS ELEMENTOS OBSERVADOS

Muchas evidencias petrográficas y geoquímicas permiten clasificar que el intrusivo de naturaleza calco-alcalina es del tipo-I desarrollada en ambiente orogénico (sin-orogénico), mientras que la geometría y distribución de las estructuras magmáticas orientadas dicen de su modo de emplazamiento al interior de gran fallamiento regional en diferentes pulsos magmáticos, esta primera etapa de deformación es pre-carbonífera.

La presencia de sericita a manera de pátinas sobre ortosas, plagioclasa y reemplazando parcialmente a biotitas en rocas totalmente “frescas” son consideradas como primarias dentro de la evolución del intrusivo.

Un primer episodio de alteración hidrotermal reconocido en todas las fracturas pre-minerales es la cloritización, asociadas a sericitas y carbonatos, la clorita como alteración de ferromagnesianos, la sericita como destrucción química de plagioclasas y feldespato potásico; los carbonatos, originadas por la destrucción de plagioclasa, ortosa, biotita y hornblenda. Todas estas evidencias son controladas por observaciones microscópicas.

La predominancia de alteración a cloritas en las estructuras subverticales posiblemente se deba a relación con pequeños diques máficos (hornblenditas y

lamprófiros) las que se inyectan a manera de diques centimétricos en fracturas primarias, las microfracturas en las cloritas se llenan de sericita, las cloritas y biotitas se destruyen para formar muscovitas son claros indicios de que ocurre una segunda etapa de alteración filica que está relacionado con el desarrollo de las vetas, cuyos ensambles minerales los constituyen sericita, cuarzo, carbonatos (anquerita) y pirita, esta pirita euhedral de primera generación es el producto de la alteración de minerales ferromagnesianos (hornblenda- biotitas) constituyentes de las rocas, son de tallas hasta centimétricas lo que significa una época de nucleación y crecimiento en el tiempo.

Las relaciones de las alteraciones con la mineralogía correspondiente son apoyadas por las características geoquímicas del: CaO, Na₂O y SiO₂ en contraparte una ganancia de K₂O, la geoquímica además sugiere que en este estadio los fluidos hidrotermales ya transportan oro, pues grandes anomalías son reportados en zonas de alteración, donde no hay asociación espacial con sulfuros. La sericitización de este estadio en los lamprófiros se comporta formando fushita, cloritas y carbonatos.

La relación entre los *Ore Shoots* y las fracturas esta dada en que los 2 principales ejes de la mineralización corresponden a las dos principales familias de fracturas reconocidas en el área de Poderosa, esta relación sigue siendo más estrecha cuando se observa que las inflexiones en el rumbo de las vetas que son las zonas favorables para la mineralización son debido a la acción de las fallas sobre los planos de veta, dado que el movimiento en general es sinextral la tendencia general es a formar valles en los planos de veta. La concentración de las leyes en el eje de la gran parte de los clavos mineralizados refleja la importancia de las fallas en el transporte de los fluidos mineralizantes.

La distribución espacial de todos los clavos en la zona Norte (designado en la fig. 5.10) en la mina Poderosa parece repetir el mismo control del presentado en la veta La Lima, de este modo determina un espaciamiento lateral de 220 metros aproximadamente entre concentraciones económicas de mineralización independiente a los planos de veta que se encuentren.

6.8 DISCUSION

6.8.1 Importancia y formación del cuerpo intrusivo

La geoquímica de las rocas intrusivas del Batolito de Pataz (series granodiorita – monzogranito y diorita . microdiorita) muestran que el intrusivo es del tipo I, esto sugiere, una fuerte posibilidad de que los fluidos mineralizantes sean de origen ígneo, posibilidad por la cual los fluidos poseen bajo contenido de CO₂ (Haeberlin *et al.*, 2002; Schreiber, 1989) que es una característica de depósitos *Intrusión-Related* salvo en zonas de poca profundidad. Los valores altos de CO₂ son característicos también en los fluidos que forman depósitos del tipo orogénico.

La importancia de que el Batolito de Pataz forme anisotropías favorables para albergar la mineralización aurífera se debe a su modo de emplazamiento y fracturamiento y se parte de que; el cuerpo intrusivo se emplazó al interior de fallamiento regional bien orientado en varias etapas y diferentes pulsos, dividido en dos series de composición variable (ácidos a intermedio-básicos).

La forma tabular del intrusivo emplazado a lo largo de una gran fractura de orden crustal (Haeberlin *et al.* 2004), la textura granular xenomórfica dominante en las rocas (desde diorita a monzogranito), el desarrollo de pegmatitas y la presencia aplita que es común (a profundidades de 4 a 6 kilómetros; Cruden, 1998), la geoquímica donde se

observa que las inyecciones tardías de intrusivo son más alcalinas y silíceas, el metamorfismo a esquistos y hornfels de los contactos y los enclaves, son característicos en intrusivos epizonales a mesozonales (Blenkinsop y Treloar, 2001; Cruden, 1998), por lo que se postula una formación del Batolito de Pataz se dio entre la epizona y mesozona, además, las características estructurales que le dieron la geometría quedaron marcadas en ella y formaran parte de la anisotropía del conjunto las mismas fracturas y serán favorables para el desarrollo de la mineralización.

6.8.2 Etapas de fracturamiento

Una secuencia de eventos de fracturamiento es reconocida en el área, estos tienen un rol preponderante en la formación del yacimiento aurífero de Cía. Minera Poderosa, los elementos observados en los capítulos precedentes permiten ubicarlas espacialmente en 3 etapas principales: fracturas pre-mineral, sin-mineral y post-mineral.

6.8.2.1 Etapa pre-mineral

Las expresiones de este fallamiento a nivel regional se manifiesta en 4 grandes sistemas: las de rumbo próximas a N-S con buzamientos sobre 45° al E; la segunda secuencia de fallas son próximas a E-W (azimut N110°), una tercera familia aproximadamente 47° de azimut con buzamiento subvertical y una cuarta de orientación entre N085° a N090° con buzamiento también subvertical.

Para los fallamientos de orientación N-S, la disposición de la variabilidad litológica del batolito sugiere que estas fueron controladas por una anisotropía precedente con orientación preferencial N-S y un promedio de 45° de buzamiento al Este, además, una secuencia de fallas subparelolas a la fosa del Marañón de geometría anastomosada de longitudes kilométricas que se expresan en un ancho superior a 3 kilómetros afectando

tanto rocas intrusivas, como sedimentarias o meta sedimentarias. Se estima que estas estructuras son de movimiento inverso y se formaron en una etapa de compresión sostenidos por Haeberlin *et al.* (2004), Miranda (1983) y Rivera (1992) y la organización del fracturamiento. Los indicadores cinemáticas son “alterados” por eventos posteriores. Estos fallamientos son coincidentes y paralelos a las fracturas de enfriamiento (NNW-SSE buzando al E).

Fallamientos de azimut N110 y N047° corresponden a series de fallas conjugadas, la primera de ellas ocasionalmente muestra estructuras lenticulares, dando origen a estructuras secundarias con 90° de azimut también subverticales, en general, son rectilíneas. En el cartografiado superficial, las primeras puede reconocerse como estructuras principales que sobrepasan los 5 kilómetros; las segundas (la conjugada) de longitudes limitadas por los bloques formados entre fallas principales.

Las evidencias de este fracturamiento pre-mineral son que la distribución de las estructuras intrusivas son controladas por el sistema de anisotropías previas, gran número de fracturas de este tipo (orientación casi E-W con buzamientos subverticales) se encuentran limitadas por el contacto a las vetas. La presencia de estructuras paralelas a las estructuras mineralizadas sugiere anisotropías o corredores previos existentes que, a su vez, concuerdan con el fallamiento regional de la fosa del Marañón, además, los diques aplíticos y de hornblendita inyectados con antelación en algunos casos constituyen las cajas de las vetas.

6.8.2.2 Etapa sin-mineral

La formación de nuevas estructuras no es tan clara; pero la reactivación de las precedentes es notoria para dar paso a la migración de los fluidos u otorgar los espacios

necesarios para formar las vetas de cuarzo, las evidencias macroscópicas más saltantes son la formación de venillas de cuarzo-clorita en estructuras subverticales, así como en el de sus estructuras asociadas y el de vetas principales en estructuras de bajo buzamiento, al interior de las venas como el que reporta Rivera (1992) en las vetas Mercedes y La Lima ocurre formación de bandas de sulfuros concordantes a los niveles de cuarzo a partir de las cuales surgen fracturas cortantes llenas de sulfuros. Como parte de este trabajo se ha podido verificar este fenómeno como propias de formaciones *crack and seal*, además de desplazamientos laterales de la veta, texturas de peine en las vetas Jimena, Mercedes, Karola y Consuelo.

Á nivel microscópico, por lo menos, dos estadios de fracturamiento asociados a la formación de vetas son reconocidos por Miranda (1983) y Chávez (1990) en estudios minerográficos para las vetas Mercedes y La Lima: una primera fase asociada a la formación de cuarzo lechoso con algo de pirita gruesa, una segunda etapa de sulfuros llenando fracturas a microfracturas.

En las estructuras subverticales existen venillas de cuarzo, cuarzo-sulfuros, halos de sericitia que denotan el paso de los fluidos en etapas de mineralización y ocurre una asociación espacial con los *Ore Shoots*.

La hipótesis que estas fracturas se hayan originado por presión hidrostática, requiere de una abertura por presión de fluido, en una etapa de extensión. Numerosas evidencias de este fenómeno son reportados para muchos depósitos auríferos vetiformes.

Por lo observado, se puede deducir que no hay formación de nuevas fracturas a escalas sobre la decena de metros, sólo como rellenos y reactivaciones de las ya existentes.

6.8.2.3 Etapa post-mineral

Estas fases de fracturamiento fueron controlados por la anisotropía ya existente. En las fallas de bajo ángulo se observa un sobre escurreimiento normal, una reactivación gravitacional en bloques hacia el Norte es dominante en las estructuras subverticales.

Las evidencias de reactivación en estructuras de bajo ángulo son:

- la presencia de panizo hacia las cajas de las vetas, éstas son predominantes, oscuros producto del fracturamiento de los sulfuros,
- estrías de fallas en la superficie de las vetas,
- vetas seccionadas,
- diques tardíos (andesíticos) desplazados (dextral),
- superposiciones de fragmentos de veta (cabalgamiento),
- estructuras tardías con ausencia de alteración que en general son paralelas a las fracturas ya existentes.

En las estructuras subverticales, el relleno lo constituyen algunas veces: panizo gris oscuro, fragmentos de veta, venillas de carbonatos y epídotas, estrías polifásicas con movimiento vertical tardío, diques (principalmente andesíticos) fracturados hasta seccionados que también seccionan las vetas.

6.8.3 Fracturamiento y mineralización

Si consideramos que en el Pensilvaniano, durante la etapa de mineralización la zona sufrió un levantamiento emergente (Haeberlin *et al.*, 2004) acompañada de una fuerte erosión y consecuente deposición de molasas que ocurren desde fines del Missisipiano (Grupo Ambo) hacia la fosa del marañón esto resultaría un levantamiento del nivel del intrusivo a profundidades netamente epizonales.

El dominio de texturas de extensión: peine (relleno de espacios abiertos), brechas y laminaciones pudieran sugerir un mecanismo de apertura a profundidades de algunos kilómetros en la corteza. Así mismo sabiendo que todas las vetas ya sean de buzamiento alto a las tabulares poseen esta textura es de suponer que las presiones hidrostáticas son las que dominan en el área. De los modelos de inyección de fluidos propuestos: el de "bomba de succión" y el de "falla válvula" (Sibson, 1989) se aplican para yacimiento epitermales y de profundidades respectivamente, los modelos de "válvula hidráulica" (Foxford *et al.*, 2000) y *self-induced* (Gaboury y Daigneault, 2000) son presentados para explicar la formación de vetas subhorizontales a profundidades transicionales. Este modelo requiere de fallas que transporte los fluidos y estas se inyectan en estructuras sub-horizontales para liberar la presión de fluidos.

Como se sugería líneas arriba, los fluidos parecen tener un dominio magmático, pues, además, del bajo contenido de CO₂, la ganga de la veta lo componen especialmente cuarzo, los carbonatos son escasos a ausentes, a diferencia del modelo orogénico tienen altos contenido de sulfuros, ocurre un incremento en W y Bi que son características del modelo *Intrusion Related*.

En el yacimiento de Poderosa la diferencia de edades (diferencia relativa puesto que no existe una datación de la mineralización como tal) entre la intrusion y la mineralización puedes ser soportado por la conservación del calor del modelo TAG (*Thermal Aureole Gold*) de McLaren *et al.* (1999).

Los datos de inclusiones fluidas presentado por Schreiber, (1989) para el depósito de Poderosa son ricos H₂O-KCl-NaCl y CaCl₂-MgCl₂ las que se reflejan por la adición de potasio y lixiviación del sodio que es notorio en el balance de masas para los óxidos (K₂O y NaO respectivamente) y con la formación de minerales de alteración (sericitas y

cloritas) en vetas y fallas. La presencia de H_2O sugiere una relación de hidrólisis que libera la sílice en el proceso de alteración a la que se suma la corrosión del cuarzo reconocido en las secciones delgadas, estos fenómenos, se expresan de diferente manera en los sistemas de fracturas, ahí, donde se formaron las vetas y otras estructuras que favorecen el paso de los fluidos.

La disponibilidad de las fracturas planares, subhorizontales son favorecidas por la variación de la litología intrusiva, así como el de presencia de diques subparalelos con rumbos cercanos al Norte y buzando el Este. Esto explicaría la abundancia de vetas en el sector Norte (Papagayo) de la zona de estudio, ahí donde la naturaleza de las rocas es más variada, mientras que en la zona de Consuelo la mineralización reconocida se encuentra emplazada teniendo un dique lamprófiro a la caja piso.

La formación de vetas rellenando fracturas para el caso de dominios hidrostáticos, puede estar reflejado por la potencia de las vetas, dado que en la zona Norte existen muchas más vetas los espesores son menores al presentado por la veta Consuelo que se comporta como una veta aislada al interior de un cuerpo más homogéneo (sólo variada por el lamprófiro) como se observa en la figura 6.1.

Las estructuras que sirvieron como pasajes para los fluidos en parte lo constituyen las fallas N-S con un ángulo de 45°E, pero lo mayor parte es favorecida por la aberturas de las fallas subverticales secantes a las de orientación N-S, estos pasajes son zonales, dependen de la geometría y permeabilidad de la fractura, como lo confirma las observaciones microscópicas y el balance de masas para elementos mayores y algunos menores. Las intersecciones de fracturas subhorizontales con las subverticales profundas, son las zonas más favorables para depositar las soluciones constituyentes de las vetas, mejor, si las estructuras subverticales provocan un cambio de rumbo local en el

plano de las vetas como el observado en la formación de *Ore Shoots* que forman los "valles" a nivel de toda la mina Poderosa.

Además, las estructuras subverticales favorecen grandemente a la inyección de diques básicos, cuyo rol en la mineralización aurífera es aún discutida, en las áreas de Jimena y Consuelo estos diques se encuentran en proximidades de las zonas mineralizadas o en contacto con ellas (Consuelo, bloque entre fallas San Juan y Perejil, niveles 2650-2700).

Los diques lamprófiros por ser estructuras que vienen desde las profundidades, posiblemente del manto (Boyle, 1979; Kisters *et al.*, 2000; Sazonov *et al.*, 1989), bien pueden servir como conductos y pueden introducir el oro o pueden constituir parte de una gran anisotropía desde los niveles profundos (Borodaevsky, 1971), la falta de datos no permite asegurar esta función y al momento no existe una datación de estos cuerpos, ya que en muchos depósitos son coetáneos a la mineralización (Boyle, 1979; Fan *et al.*, 2003; Lewis, 1955), sin embargo, estas observaciones soportan el rol de las fallas subverticales que se constituirían en fallas profundas por los que migran los fluidos mineralizantes incluido los diques básicos.

El crecimiento de las vetas se manifiesta en la textura, estos son cílicos. Esto requiere que las estructuras canalizantes sean reactivadas en el tiempo, además, las soluciones mineralizantes aportaron desde sus inicios el oro, como lo manifiestan los valores auríferos en estructuras pre-minerales y post-minerales y la concentración en las venas se debería a una removilización más que aún sólo evento aurífero.

Además de la alteración, las evidencias que las fallas subverticales y secantes a las vetas transportaron los fluidos son reflejadas por la formación de venillas de cuarzo al interior de estas o en estructuras de segundo orden asociadas a las fallas, entre las

vetas, formaron al interior de esta fallas se reconocen a la veta Santa María en la Unidad Minera del mismo nombre (Pataz) y la veta Pencas en El Tingo.

De la hipótesis que algunas fallas son las que transportan las soluciones y otras que distribuyen la mineralización podemos resumir que las fallas de orientación WNW-ESE (N295-325°, familia 1) son las responsables del transporte y las de ESW-WNE entre fallas y fracturas (N265-225°, familia 2), son las que distribuyen la mineralización y las estructuras de tendencia al Norte y de bajo ángulo (entre ellas las familias 3-4) son las estructuras receptoras, esta interpretación esta basada en la geometría de los clavos mineralizados.

6.9 COMPARACION CON OTROS YACIMIENTOS

Muchos otros *Ore Shoots* desarrollados en el Batolito de Pataz (al sur de la mina Poderosa, pertenecientes a otras compañías mineras) se desarrollan en la intersección de grandes fallas de comportamiento azimut N295° a N325° y buzamientos subverticales de tendencia al NE con las estructuras de transversales de bajo ángulo (planos de veta) como el mostrado (fig. 6.2) para el sistema de vetas Gigante-Esperanza y Cabana en el distrito minero de Parcay (MacFarlane *et al.*, 1999), lo que significa un control a nivel regional. Comparativamente las fallas Pumas y Yanaracra del distrito de Parcay, muestran un movimiento sinextral y la misma actitud que las fallas San Juan, Perejil, María, Qori-huarmi, la Brava y La Lima 1-2 en la mina Poderosa, todas ellas espacialmente están relacionadas a concentraciones importantes de mineralización aurífera. Entre las fallas complementarias se describe a Mano de Dios para el área de Parcay, en Poderosa son representados por las fallas San Luís y San Teófilo.

Muchos otros *Ore Shoots* en depósitos filonianos poseen estos controles estructurales, entre los que se encuentran: el depósito de Moulin de Chéni (Francia) donde los clavos mineralizados se encuentran en la intersección de estructuras entre N060° a 090°/45° con fallas secantes de orientación entre N000° a 030° subverticales, que además a semejanza de las vetas de la mina Poderosa la textura extensional es dominante y se desarrollaron después de un rápido levantamiento (*uplift*) que permite la deposición de los sulfuros. En Egipto, los clavos mineralizados en las minas Fawakhir y El Sid, están relacionadas a la intersección de estructuras ENE-WSW de buzamiento promedio entre 42° SE a 70° S con fallas subverticales NNE a NNW. En Australia, el control estructural en filones hospedados en intrusivos es bien documentada por Cassidy *et al.* (1998) el desarrollo de ore shoots en las intersecciones de zonas de cizalla con fallas transversales y otras estructuras planares, siendo en la mina Lady Bountiful formada en la intersección de estructuras 085° con 055° y para Great Eastern se localizan en las intersecciones de estructuras de orientaciones 110° con las de 065-090°. En Rusia, el depósito aurífero Central (Volfsón y Yákovlev, 1982) la mineralización nace en las uniones de estructuras N-S buzando al W, además de la presencia de muchos diques lamprófiros que se encuentran preferentemente con orientación NW-SE. Depósitos vetiformes de otros elementos también se forman con este tipo de controles como el citado por Volfsón y Yákovlev (1982) para los yacimientos de molibdeno de Davendiskoie (en Transbaikalia Oriental) estructuras de dirección NE que se intersectan con fallas E-W para formar los clavos mineralizados.

En la mina Géant Dormant, Canadá (Gaboury y Daigneault, 2000), la formación se da en estructuras subhorizontales que nacen de la intersección con diques cuarzo feldespáticos de alto ángulo, a los cuales se les considera las estructuras canalizantes y

a las primeras las estructuras receptoras. Estas vetas por lo menos, presentan dos etapas de inyección de fluidos: una primera etapa de preparación de terreno con abertura de fractura y relleno de cuarzo; una segunda etapa de abertura de adición de cuarzo, sulfuros y el oro, como el reconocido para las vetas de Poderosa, la ausencia actinolita y turmalina en la mina Poderosa, se debe a la variada composición de los fluidos y la disponibilidad del boro (para el segundo) en el ambiente. Las fracturas subverticales preminerales en Poderosa están llenas de diques desde ácidos a básicos.

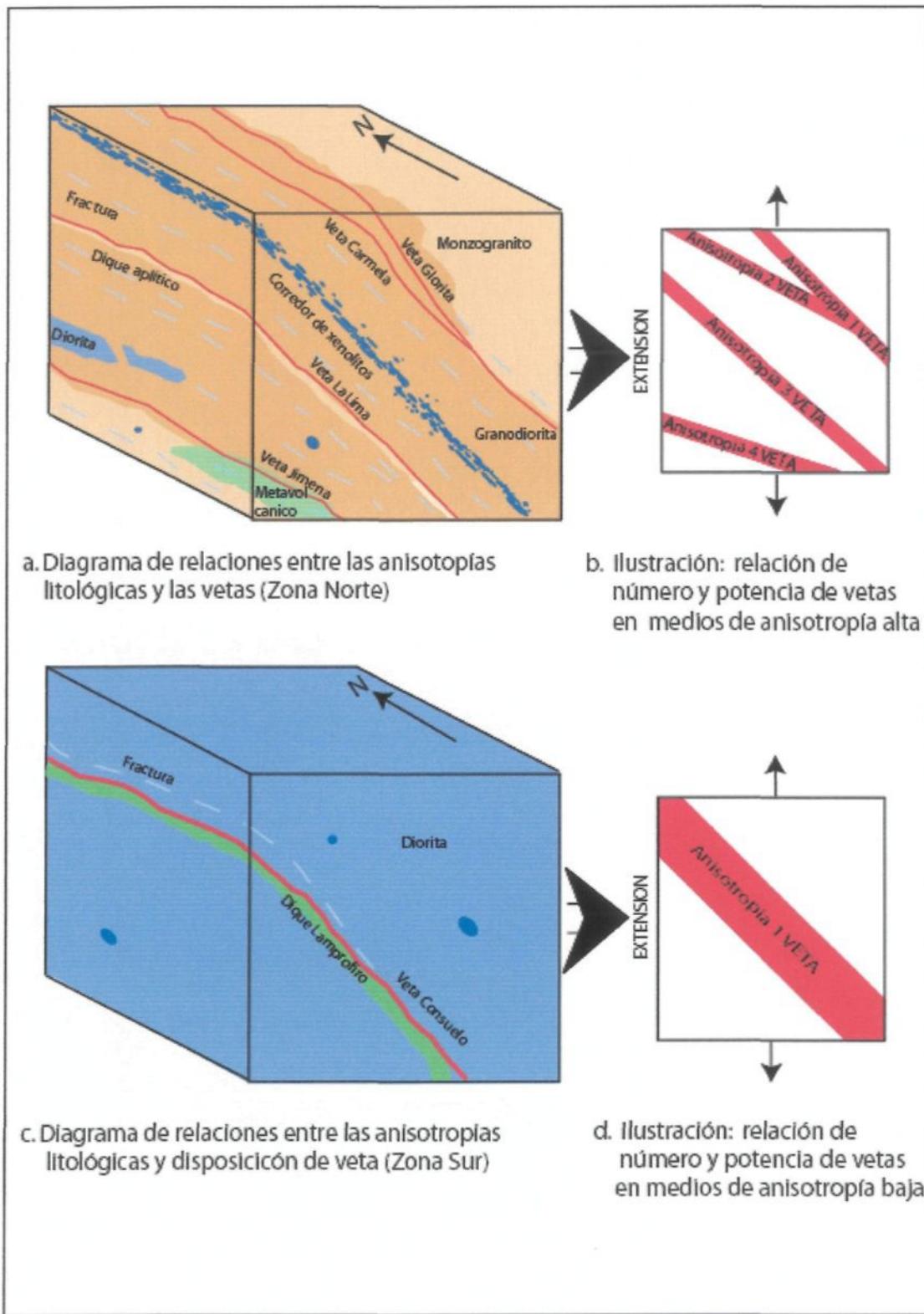


Fig. 6.1 Representación esquemática de variación litológica y sus relaciones con el número y potencia de vetas

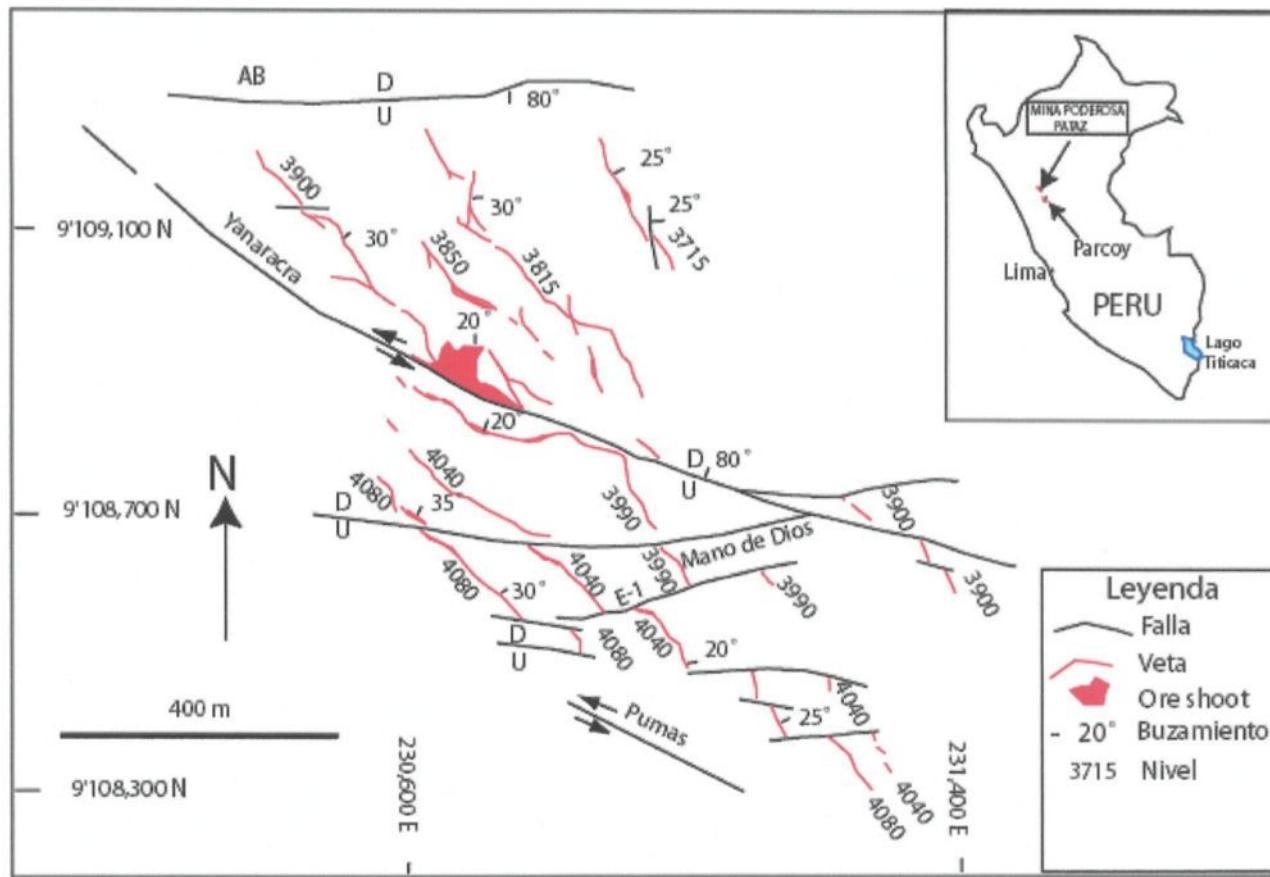


Fig. 6.2 Control estructural de las vetas Gigante-Esperanza y Cabana; en el distrito de Parcoy al Sur de la mina Poderosa (Tomado de MacFarlane et al, 1999)

CAPITULO VII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1 CONCLUSIONES

El desarrollo de la petrología, la geoquímica y el aspecto estructural de la mina Poderosa ha permitido entender mejor el rol de las fallas secantes para con la formación de cuerpos mineralizados así como la tipología de las alteraciones relacionadas a ellas.

Los análisis geoquímicos indican que la secuencia de intrusivos tiene una afinidad calco-alcalina de carácter peralumíco, se ubican dentro de intrusiones sin-orogénicos del tipo I, los xenolitos metasedimentarios y meta volcánicos observados pertenecen a secuencias preexistentes, mientras que para el caso de las microdioritas, bien pueden tratarse también productos de una diferenciación magmática o de inmobilidad de dos magmas distintos.

La formación de tres familias principales de fracturamiento en la etapa pre-mineral durante la evolución del intrusivo funciona como anisotropías que controlan la evolución estructural de la región. Estas fracturas se constituyen de dos familias subverticales con orientación WSW-ENE y WNW-ESE con una tercera de buzamiento entre 45° a la horizontal. Así mismo, la presencia de estructuras secantes hace que las estructuras subverticales sufran variaciones locales en el rumbo que jugaron un rol en la geometría de las vetas y sus rellenos minerales.

El rol de las fallas secantes que es el objetivo principal de este estudio esta definido que las de orientación WNW-ESE (N295-325°), son de ordenes regionales y son las que favorecen la ascensión de los fluidos, mientras que sus complementarios, las de orientación WSW-ENE (N225-265°), ayudan a distribuir la mineralización dentro de un tercer plano NNW-SSE (a la que pertenecen las vetas).

Los clavos mineralizados se encuentran controlados por anisotropías que desarrollan las estructuras secantes en el plano de veta, además de que éstas favorecen la migración de fluidos mineralizantes. Estas anisotropías, funcionan como grandes zonas de debilidad, donde la presión de fluidos actúa creando espacios propicios para la formación de estructuras mineralizadas. Las formas de los clavos mineralizados son irregulares pero que en general se observan como conjuntos elipsoidales de dos orientaciones principales: con N052° y N115° que coinciden y están asociadas a los fracturamientos importantes en el área. El espaciamiento lateral de los clavos mineralizados entre 220 metros en la zona Norte es un control estructural muy marcado faltando por determinar el espaciamiento vertical y longitudinal.

De las alteraciones, las de origen hidrotermal son las más importantes entre ellas destacan la sericitización, cloritización a las que se asocia la carbonatación y argilización, todas ellas están presentes en zonas de las fallas y fracturas subverticales que permitieron el paso de los fluidos para luego ser entrampadas en fallas y fracturas de bajo ángulo (menores a 65°) para constituir las vetas donde la alteración se desarrolla con mayor intensidad. La geoquímica (balance de elementos mayores y metálicos) de ellas soportan estas afirmaciones.

Proponer un modelo especial para estos yacimientos aún es prematuro, como se menciona en este trabajo hay elementos para considerar dentro del modelo "*Intrusion Related*", sin embargo el modelo "Orogénico" no están descartados.

Para la exploración, por el control estructural se postula que la formación de clavos mineralizados puede darse en todo lo ancho del batolito de Pataz, inclusive en rocas pre-intrusivas que se encuentran en contacto y bordura del intrusivo, ya que las estructuras de azimut N115-N305°, cortan el intrusivo a demás de secuencias pre-carboníferas donde la formación de clavos es posible si encuentra las condiciones necesarias como: estructuras favorables, alta permeabilidad y condiciones físico-químicas.

7.2 RECOMENDACIONES

Siguiendo a las observaciones en el cuadro de este estudio, varias recomendaciones pueden ser propuestas con relación al comportamiento estructural y la mineralización para el desarrollo de la exploración, así tenemos:

- 1- Determinar la evolución del sistema hidrotermal y el modelo genético es una tarea a desarrollar, sobre todo teniendo en cuenta la extensión del Batolito de Pataz y la distribución de depósitos a lo largo de ella. Serán necesarios representaciones tridimensionales (3D) para una mejor visualización e interpretación, además de estudios sobre el origen y la migración de los fluidos.
- 2- Realizar reconocimientos de las estructuras principales: fallas secantes de azimut N395°-N325° (N115°-N135° familia 1), N265°-N225° (N085°-N045° familia 2) y las longitudinales (NNW-SSE familia 3 y 4) que albergan las

vetas ya sea por aerofotografía, imágenes satelitales/radar y ubicarles en el terreno para determinar las áreas potenciales en la exploración.

- 3- El distanciamiento lateral entre los clavos de 220 metros debe ser probado, así como reconocido los espaciamientos verticales y longitudinales para todo el distrito y adicionando a ellas la orientación de los clavos mineralizados deben ser empleados como herramientas de la exploración.
- 4- Siendo la sericitización la alteración importante asociada a vetas ellas constituyen las guías para la exploración. Dado que los contactos e inyecciones de diques favorecen la reactivación de planos para alojar la mineralización, es importante determinar estos contactos en la búsqueda de nuevas estructuras mineralizadas.
- 5- Si la potencia además está relacionada a la permeabilidad de las rocas, es necesario determinar éstas, con un estudio más detallado del rol de las hornblenditas en la formación de la mineralización.
- 6- La exploración regional, debe realizarse a todo lo ancho del batolito así como al interior de estructuras sedimentarias pre-carboníferas, siguiendo lineamientos de las fallas de azimut N115-N305° (aproximado) y centrándose ahí donde existe una intersección con anisotropías paralelas al lineamiento andino y fallamiento regional.
- 7- Las zonas de deformación, constituyen zonas de interés en la exploración por lo que es necesario determinar las zonas más permeables y de baja presión, la variación de los elementos menores y trazas (de elementos metálicos y tierras raras) puede aportar mayores conocimientos en la ubicación de estructuras mineralizadas.

- 8- La relación de Zn y Cd debería ser mejor determinada para todas las zonas, al momento esta relación así como el incremento de los elementos metálicos puede ser usado en la orientación de la exploración y seguimiento de los clavos mineralizados.
- 9- La dirección predominante de los clavos (N052° y N115°) pueden constituir las guías en la extensión y reconocimiento de los clavos mineralizados a nivel local y regional.

Referencias

- Alderton, D.H.M., Pearce, J.A., y Potts, P.J., 1980, Rare Earth Element Mobility During Granite Alteration: Evidence from Southwest England: *Earth and planetary Science Letters* **49**: 149-165.
- Arslan, M., y Aslan, Z., 2005, Mineralogy, petrography and whole-rock geochemistry of the Tertiary granitic intrusions in the Eastern Pontides, Turkey: *Journal of Asian Earth Sciences* **XX**: 1-16.
- Ashley, P.M., y Craw, D., 2004, Structural controls on hydrothermal alteration and gold-antimony mineralization in the Hillgrove area, NSW, Australia: *Mineralium Deposita* **39**: 223-239.
- Barret, T.J., y MacLean, W.H., 1994, Mass Changes in Hydrothermal Alteration Zones Associated with VMS Deposits of the Noranda Area. *Exploration and Mining: Geology* **3**: 131-160.
- Becker, G.F., 1982, Geology of the Comstock Lode, U.S. Geological Survey: *Monografía 3*: 81-94.
- Benavides, V., 1956, Cretaceous System in Northern Peru: *American Museum of Natural History: Boletín* **108**: 352-494.
- Blenkinsop, T.G., 2004, Ore body geometry in lode gold deposits from Zimbabwe: implications for fluid flow, deformation and mineralization: *Journal of Structural Geology* **26**: 1293-1301.
- Blenkinsop, T.G., y Treloar, P.J., 2001, Tabular intrusion and folding of the late Archaean Murehwa granite, Zimbabwe, during regional shortening: *Journal of the Geological Society, London* **158**: 653-664.
- Boiron, M.C., Cathelineau, M., Banks, D.A., Yardley, B.W.D., Noronha, F., y Miller, M.F., 1996, P-T-X Conditions of late Hercynian fluid penetration and the origin of granite-hosted gold quartz veins in northwester Iberia: A multidisciplinary study of fluid inclusions and their chemistry: *Geochimica et Cosmochimica, Acta* **60**: 43-57.
- Borodaevsky, N., 1971, New data on the vein rocks and tabaski of the Kochkar ore field in connection with problems of their origin and classification: En: *The magmatic associations, metamorphism, and metallogenesis of the Urals* **4**: 163-170.
- Boyle, R.W., 1979, The geochemistry of gold and its deposits: *Geological Survey Canada, Boletín* **280**: 584 páginas.

- Burnham, C.W., 1962, Facies and types of hydrothermal alteration: *Economic Geology* **57**: 768-784.
- Burrows, D.R., y Spooner, E.T.C., 1987, Generation of magmatic H₂O-CO₂ fluid enriched in Mo, Au and W within an Archaean sodic granodiorite stock, Mink Like, Northwestern Ontario: *Economic Geology* **82**: 1931-1957.
- Callan, N.J., y Spooner, E.T.C., 1998, Repetitive hydraulic fracturing and shear zone inflation in an Archean granitoid-hosted, ribbon banded, au-quartz vein system, Renabie area, Ontario, Canada.: *Ore Geology Reviews* **12**: 237-266.
- Cameron, E., 1989, Scouring of gold from the lower crust: *Geology* **17**: 26-29.
- Cassidy, K.F., Groves, D.I., y McNaughton, N.J., 1998, Late-Archean granitoid-hosted lode-gold, Yilgarn Craton, Western Australia: Deposit Characteristics, crustal architecture and implications for ore genesis: *Ore Geology Reviews* **13**: 65-102.
- Chappell, B.W., y White, A.J.R., 1974, Two contrasting granite types: *Pacific Geology* **8**: 173-174.
- , 1984, I- and S- type granites in the Lachland Fold Belt, Southeastern Australia: Science Press, p. 87-101.
- Chávez, J., 1990, Estudio geológico de la veta La Lima en el segmento Norte del batolito de Pataz, Mineralogía aurífera asociada: Lima, U.N.M.S.M. Tesis para obtener el grado de ingeniero: 124 páginas.
- Coveney, R.M., 1981, Gold quartz veins and auriferous granite at the Oriental Mine, Allegheny district, Cal.: *Economic Geology* **76**: 2176-2199.
- Cox, K.G., Bell, J.D., y Pankhurst, R.J., 1979, The Interpretation of Igneous Rocks. *Editado por Chapman & Hall, Londres London*, 450 páginas.
- Cruden, A.R., 1998, On the emplacement of tabular granites: *Journal of the Geological Society, London* **155**: 853-862.
- Cueva, F., 1987, Geología general y económica del distrito de Pataz- La Libertad: Lima, UNI. Tesis para obtener el grado de ingeniero: 154 páginas.
- Daigneault, R., 2003, Informe proyecto Poderosa: UQAC, 21 páginas.
- Dalmayrac, B., 1970, Mise en évidence d'une chaîne anté-ordovicienne et probablement précambrienne dans la Cordillère orientale du Pérou central (région de Huanuco): *Compte rendu Acad. Sci. Paris, série D*, **270**: 1088-1091

- Eilu, P., Mikucki, E.J., y Dugdale, A.L., 2001, Alteration zoning and primary geochemical dispersion at the Bronzewing lode-gold deposit, Western Australia: *Mineralium Deposita* **36**: 13-31.
- Fan, H.R., Zhai, M.G., Xie, Y.H., y Yang, J., 2003, Ore-forming fluids associated with granite-hosted gold mineralization at the Sanshandao deposit, Jiaodong gold province, China: *Mineralium Deposita* **38**: 739-750.
- Feng, R., y Kerrich, R., 1992, Geochemical evolution of granitoids from archean Abitibi souther volcanic zone and the Pontiac subprovince, Canada: implications for tectonic history and source regions: *Chemical Geology* **92**: 23-70.
- Foxford, K.A., Nicholson, R., Polya, D.A., y Hebblethwaite, R.P.B., 2000, Extensional failure and hydraulic valving at Minas da Panasqueira, Portugal: evidence from vein spatial distributions, distlacements and geometries: *Journal of Structural Geology* **22**: 1065-1086.
- Gaboury, D., y Daigneault, R., 2000, Flat vein formation in a transitional crustal setting by self-induced fluid pressure equilibrium-an example from the Géant Dormant gold mine, Canada: *Ore Geology Reviews* **17**: 155-178.
- Goddard, J.V., y Evans, J.P., 1995, Chemical changes and fluid-rock interaction in faults of crystalline thrust sheets, Northwestern Wyoming, U.S.A.: *Journal of Structural Geology* **17**: 533-547.
- Grant, J.A., 1986, The Isocon Diagram - A Simple Solution to Gresens' Equation for Metasomatic Alteration: *Economic Geology* **81**: 1976-1982.
- Groves, D.I., Goldfarb, R.J., Gebre-Marriam, M., Hagemann, S.G., y Robert, F., 1998, Orogenic gold deposits: A proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other deposit types: *Ore Geology Reviews* **13**: 7-27.
- Haeberlin, Y., 2000, Marco estructural de los depósitos orogénicos de oro: Reporte no publicado de CIA. Minera Poderosa, 17 páginas.
- Haeberlin, Y., Moritz, R., y Fonboté, L., 2002, Paleozoic orogenic gold deposits in the eastern Central Andes and its foreland, Shout America: *Ore Geology Reviews* **22**: 41-59.
- Haeberlin, Y., Moritz, R., Fonboté, L., y Cosca, M., 2004, Carboniferous Orogenic Gold deposits at Pataz, Esatern Andean Cordillera, Peru: Geological and Structural Framework, Paragenesis, Alteration, and $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ Geochronology: *Economic Geology* **99**: 73-112.

- Harraz, H.Z., 1999, Wall rock alteration, Ataud gold mine, Eastern Desert, Egypt: processes and P-T-X CO₂ conditions of metasomatism: *Journal Sciences* **28**: 527-551.
- Hemley, J.J., y Jones, W.R., 1964, Chemical aspects of hydrothermal alteration with emphasis on hydrogen metasomatism: *Economic Geology* **59**: 538-569.
- Hodgson, C.J., 1989, The structure of shear-related vein-type gold deposits: a review: *Ore Geology Reviews* **4**: 231-273.
- Huang, W.T., 1991, Petrología: *Editado por Unión tipográfica*, México, 346 páginas.
- Irvine, T.N., y Baragar, W.R.A., 1971, A guide to chemical classification of the common volcanic rocks: *Canadian Journal of Earth Sciences* **8**: 523-548.
- John, B.E., y Blundy, J.D., 1993, Emplacement-related deformation of granitoid magmas, southern Adamello Massif, Italy: *Geological Society of America, Boletín* **105**: 1517-1541.
- Kisters, A.F.M., Meyer, F.M., Znamensky, S.E., Seravkin, I.B., Ertl, R.G.W., y Kosarev, A.M., 2000, Structural controls of lode-gold mineralization by mafic dykes in late-Paleozoic granitoids of the Kochkar district, southern Urals, Russia: *Mineralium Deposita* **35**: 157-168.
- Kreuzer, O.P., 2004, How to resolve the controls on mesothermal vein systems in a goldfield characterized by sparse kinematic information and fault reactivation a structural and graphical approach: *Journal of Structural Geology* **26**: 1043-1065
- Lafrance, B., John, B.E., y Frost, B.R., 1998, Ultra high-temperature and subsolidus shear zones: examples from the Poe Mountain anorthosite, Wyoming: *Journal of Structural Geology* **20**: 945-955.
- Lang, R.J., y Baker, T., 2001, Intrusion-related gold systems: the present level of understanding: *Mineralium Deposita* **36**: 477-489.
- Leitch, C.H.B., y Lentz, D.R., 1994, The gresens approach to mass balance constraints of alteration systems: methods, pitfalls, examples: *Geological Association of Canada, Short Course Notes* **11**: 161-192.
- Lewis, D.V., 1955, Relationships of ore bodies to dikes and sills: *Economic Geology* **50**: 495-516.

- Lira, R., Millone, H.A., Kirschbaum, A.M., y Moreno, R., 1997, Calc-Alkaline Arc Granitoid Activity in the Sierra Norte-Ambargasta Ranges, Central Argentina: *Journal of South American Earth Sciences* **10**: 157-177.
- Lowell, J.D., y Guilbert, J.M., 1970, Lateral and vertical alteration-mineralization zoning in potphyry ore deposits: *Economic Geology* **65**: 373-408.
- MacFarlane, A.W., Tosdal, R.M., Vidal, C.E., y Paredes, J., 1999, Geologic and Isotopic Constraints on the Age and Origin of Auriferous Quartz Veins in the Parcoy Mining District, Pataz, Peru: *Economic Geology* **7**: 267-279.
- MacLean, W.H., y Barret, T.J., 1993, Lithogeochemical techniques using immobile elements: *Journal of Geochemical Exploration* **48**: 109-133.
- Maniar, P.D., y Piccoli, P.M., 1989, Tectonic discrimination of granitoids: *Geological Society of America, Boletín* **101**: 635-643.
- Mason, D.R., 2004, Thermodynamic modelling of lode-gold deposits in Archaean granitoids: woodcutters and Lady Bountiful mines, Kalgoorlie region, Western Australia: *Australian Journal of Earth Sciences* **51**: 431-438.
- McLaren, S., Neumann, N., Sandiford, M., y Wyborn, L., 1999, Post-intrusion heating associated with-high-heat-producing Proterozoic granites - implications for mineralisation?: *AGSO Research Newsletter* **30**: 23-26.
- Meyer, C., y Hemley, J.J., 1967, Wall rock alteration, *in. Geochemistry of hydrothermal ore deposits*, *Edited* Barnes, H.L, New York, Holt, Rinehart and Winston, Inc., p. 166-235.
- Miranda, C., 1983, Informe geológico Cia. Minera Poderosa, Informe Privado de Cia. Minera Poderosa: Lima, 75 páginas.
- , 1987, Alteración y petrología de la veta Mercedes: Informe privado de Cia. Minera Poderosa S.A., 15 páginas.
- Nesbitt, B.E., Murowchick, J.B., y Muehlenbachs, K., 1986, Dual origin of lode gold deposits in the Canadian Cordillera: *Geology* **14**: 506-509.
- Norman, M.D., Leeman, W.P., y Mertzman, S.A., 1992, Granites and rhyolites from the northwestern U.S.A.: temporal variation in magmatic processes and relations to tectonic setting: *Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences* **83**: p. 71-81.
- Peacock, M.A., 1931, Classification of igneous rocks: *Journal of Geology* **39**: 54-67.

- Pearce, J.A., Harris, N.B.W., y Tindle, A.G., 1984, Trace Elements Discriminations Diagrams for the Tectonic Interpretation of Granitic Rocks: *Journal of Petrology* **25**: 956-983.
- Peters, S.G., 1993, Formation of oreshoots in mesothermal gold-quartz vein deposits: example from Queensland, Australia: *Ore Geology Reviews* **8**: 277-301.
- Phillips, G.N., 1986, Geology and alteration in the Golden Mile Dolerite, Kalgoorlie: *Economic Geology* **81**: 779-808.
- Phillips, G.N., y Groves, D.I., 1983, The nature of Archaean gold bearing fluids as deduced from gold deposits of Western Australia: *Journal of the Geological Society of Australia* **30**: 25-39.
- Raymond, A.R., 2002, Petrology: The study of igneous, sedimentary and metamorphic rocks: *Editado por Mc Graw Hill*, 720 páginas.
- Richards, H.G., Cann, J.R., y Jensenius, J., 1989, Mineralogical zonation and metasomatism of the alteration pipes of Cyprus sulfide deposits: *Economic Geology* **84**: 91-115.
- Rivera, L., 1992, Estudio estructural del yacimiento aurífero en el sector Norte del distrito de Pataz: Lima -Perú, UNMSM. Tesis para obtener el grado de Ingeniero: 146 páginas.
- Robert, F., y Brown, A.C., 1986, Archean Gold-Bearing Quartz Veins in the Sigma Mine, Abitibi Greenstone Belt, Québec: Part I. Geologic Relations and formation of the Vein System: *Economic Geology* **81**: 578-592.
- Román-Berdiel, T., y Pueyo-Morer, E., 2000, Distribution d'orientation des joints et relation avec l'anisotropie magmatique primaire dans le massif granitique de Trives (Nord-Ouest de l'Espagne): *Earth and planetary Sciences Letters* **330**: 437-443.
- Romberger, S.B., 1990, Transport and Deposition Of Gold in Hydrothermal Systems: Geological Society of Canada, Mineral Division, Greenstone Gold and Crustal Evolution (Workshop held at Val d'or Québec May. 24-27), p. 61-66.
- Sazonov, V.N., Popov, B.A., N.A., G.e., Murzin, V.V., y Mecner, E.I., 1989, The mineralization of the sialic block of the Uralian eugeosyncline (in Russian): Urals Academy of Sciences, Sverdlovsk, p. 1-117.
- Schreiber, D.W., 1989, Las vetas auríferas de Pataz y su génesis en el marco de la evolución geológica de la Cordillera Central del Norte del Perú. Informe privado de Cia. Minera Poderosa S.A. 206 páginas.

- Selby, D., Creaser, R., Hart, C., Thompson, J., Smith, M., Bakke, A., y Goldfarb, R.J., 2002, Absolute timing of sulfide and gold mineralization: A comparison of Re-Os Molybdenite and Ar-Ar mica methos from Tintina Gold Belt, Alaska: *Geology*, **30**: 791-794.
- Sibson, R.H., 1989, High-angle reverse faulting in northern New Brunswick, Canada, and its implications for fluid pressure levels: *Journal of Structural Geology* **11**: 873-877.
- , 1990, Conditions for fault-valve behaviour. In Knipe, R.J., Rutter, E.H. (Eds), *Deformation Mechanisms, Rheology and Tectonics*,: Geological Society London Spec. Publ. **54**: 15-28.
- Siems, P.L., 1997, Lecture manual wall-rock alteration for gold exploration workshop: Economic Geology Unite, 1-2: 130 páginas.
- Skinner, B.J., 1997, *Hydrothermal Mineral Deposits: What we do and Don't know*: Department of Geology and Geophysics: Editado por la Universidad de Yale: 1-30 p.
- Skyrrow, R.G., Camacho, A., Lyons, P., Pieters, P.E., Sims, J.P., Stuart-Smith, P.G., y Miró, R., 2000, Metallogeny of the southern Sierras Pampeanas, Argentina: geological, ^{40}Ar - ^{39}Ar dating and stable isotope evidence for Devonian Au, Ag-Pb-Zn and W ore formation: *Ore Geology Reviews* **17**: 39-81.
- Stephens, J.R., Mair, J.L., Olivier, N.H.S., Hart, C., y Baker, T., 2004, Structural and mechanical controls on intrusion-related deposits of the Tombstone Gold Belt, yucon, Canada, with comparison to other vein-hosted ore-deposits types: *Journal of Structural Geology* **26**: 1025-1041.
- Streckeisen, A., 1976, To each plutonic rock its proper name: *Earth Sciences Reviews* **12**: 1-33.
- Tobisch, O.T., Renne, P.R., y Saleeby, J.B., 1993, Deformation resulting from regional extension during pluton ascent and emplacement, central Sierra Nevada, California: *Journal of Structural Geology* **15**: 629-646.
- Tripp, G.I., y Vearncombe, J.R., 2004, Fault/fracture density and mineralization: a contouring method for targetin in gold exploration: *Journal of Structural Geology* **26**: 1087-1108.
- Trudel, P., Methot, A., y Perrault, G., 1989, Géochimie de la minéralisation aurifère à la mine Eldrich, région de Rouyn-Noranda, Québec, Canada: *Journal of Geochemical Exploration* **32**: 415-428.

- Vernon, R.H., Paterson, S.R., y Geary, E.E., 1989, Evidence for syntectonic intrusion of plutons in the Bear Mountain fault zone, California: *Geology* **17**: 723-726.
- Volfson, F.I., y Yákovlev, P.D., 1982, Estructuras de los campos y yacimientos metalíferos: *Editado por MIR*, Moscú, Rusia, 333 páginas.
- Von Richtofen, F., 1868, The natural system of volcanic rocks, California Academy of Science, Memoria 1: 22 páginas.
- White, D.E., 1974, Diverse origins of hydrothermal ore fluids: *Economic Geology* **69**: 954-973.
- Wilson, J., y Reyes, L., 1964, Geología del cuadrángulo de Pataz: *Boletín del servicio de Geología y Minería* **9**: 91 páginas.
- Wilson, M., 1989, Igneous Petrogenesis: *Unwin Hyman*, London, 466 páginas.
- Yang, J., Wu, F., y Wilde, S.A., 2003, A review of the geodynamic setting of large-scale Late Mesozoic gold mineralization in the North China Craton: an association with lithospheric thinning: *Ore Geology Reviews* **23**: 125-152.
- Zhou, T., y Guxian, L., 1999, Tectonics, granitoids and Mesozoic gold deposits in East Shandong, china: *Ore Geology Reviews* **16**: 71-90.
- Zhou, T., Phillips, G.N., Denn, S., y S., B., 2003, Woodcutters gold-field: gold in an Archean granite, Kalgoorlie, Western Australia: *Australian Journal of Earth Sciences* **30**: 553-569.
- Zirkel, F., 1873, U.S. Geological and Geographical Survey of the 40th Parallel, p. 83.

ANEXOS

Anexo 1 Ubicación de las muestras en las estaciones de trabajo

MUESTRA	ESTE	NORTE	OBSERVACION DE CAMPO
104040	212000,40	9143636,13	muestra tomada en la falla Perejil (posible cataclastita) cataclastita Perejil
104041	212000,35	9143637,17	Di. Ligeramente clor, asociada a fracturas que estan relacionadas a falla principal
104042	212000,30	9143638,15	Di. Clor asociada a fracturas secundaria sub-horizontal
104043	212000,31	9143641,14	Di. Asociada a estructura transversal EW (posible veta en formacion), con cz de segunda generacion?
104046	212000,69	9143634,83	Di. Ligeramente fresca
104047	212000,79	9143633,82	Di. Ligeramente fresca
104048	212000,67	9143630,66	Di. A horblendita con nodulos?? De cz??
108266	210029,67	9148402,47	Gd a Gr ligeramente cloritizado, algo SERT, escaza py--. Asociada a zona de alteracion SERT
108267	210030,94	9148401,68	Gd SERT-CORT en contacto a falla con venilla de carbonatos (calcita), muestra ligeramente delesnable
108269	210028,90	9148403,07	Gd a Gr escasamente CLORT con fenos de ortosa, muestra entre 2 fracturas cona alteracion SERT y CLORT
108270	210025,42	9148405,33	Gd a Gr con microfracturas CLORT, ligeramente sericitizadas, muestra tomada proxima a fallas secundarias SERT (zona SERT)
108271	210026,82	9148404,51	Gd. Clort. muestra intermedia entre dos zonas de alteración
108272	210024,93	9148405,61	Gd. Ligeramente sericitizada y cloritizada, asociada a zona de alteración entre dos fallas secundarias parcialmente soldadas
108273	210023,91	9148406,30	Gd a Gr (con algunos fenos de ortosa) asociada a una nueva falla transversal CLORT (posiblemente dique de hbdt), zona SERT
108274	210022,36	9148407,26	Gd (con fenos de ortosa) cercana a falla transversal cloritizado (zona sericitizada), microvenillas con SERT-CLORT
108275	210021,39	9148407,75	Gr. Con características transicionales a Mnzgr. (con fenos de ortosa) Próxima a fractura sericitizada
108276	210019,73	9148408,80	Gr. con características transicionales a Mnzgr. (con fenos de ortosa). Fracturas con clorita epidota (alteracion secundaria)
108277	210014,85	9148411,96	Gr con características de Mnzgr. (con algunos fenos de ortosa) no hay influencia de zonas alteradas
108308	210033,31	9148400,33	Gd.ligeramente SERT
108309	210034,10	9148399,87	Gd. (con fenos de ortosa) ligeramente afectada por alteracion secundaria (muestra cercana fractura transversal cloritizada)
108310	210036,61	9148398,04	Gd con algunas fracturas serit-Py--
108311	210040,83	9148395,38	Gr. Con biotita como mineral secundario no muy alterados
108312	210048,91	9148390,04	Gd. Asociada a venillas clort. Roca relativamente fresca
108313	211655,05	9143257,47	cataclastita, con venillas de carbonato, intensamente cloritizado 272-70
108314	211655,26	9143256,34	Di. Cloritizado
108315	211655,42	9143255,48	Di- a microdiorita cloritizado
108316	211655,34	9143253,05	Dio, con alteracion de piroxenos
108318	211654,74	9143258,88	Diorita con alteracion de piroxenos
108320	211654,61	9143259,92	Di
108321	211654,52	9143263,04	Di
108325	211669,60	9143156,28	Possible dique de horblendita a roca CLORT. Dentro de falla san Luis
108326	211669,70	9143155,09	Micodiorita, diorita fuertemente SERT-CLORT
108327	211669,83	9143154,08	Diorita parcialmente fresca
108328	211666,37	9143150,69	Diorita ligeramente clor.
108331	211838,97	9143219,01	Di. Xenos de mdi
108332	211838,05	9143219,62	Di. Xenos de mdi. Lig. Py
108334	211838,49	9143222,41	Alt. Al piso de veta vnillas de cz
108335	211839,98	9143218,42	(muestreado al techo de la veta) Di. Con fenos clor++, py fina diss, vnillas de cz, cac, epy
108336	211840,62	9143217,74	(muestreado al techo de la veta) Di. Xenos de mdi, vnillas de epy.
108337	211841,31	9143217,03	(muestreado al techo de la veta) Di. Xenos de mdi
108339	211849,10	9143206,41	(muestreado al techo de la veta) Di a microdiorita
108340	211850,55	9143204,96	Di. Vnillas de cac, ligeramente clort.
108341	211851,31	9143204,24	Di. frac serit
108342	211853,08	9143203,11	Falla clor, cataclastita SERT
108343	211853,49	9143202,15	Di. Muestreada al piso de la veta aprox 1 m. Sert+++ vnillas de Cz
108344	211853,88	9143201,30	Di. Muestreada al piso de la veta 1m. Sert+++ Py gruesa y frag. De Cz
108345	211854,84	9143198,43	Di. (muestreada en contacto con caja piso de la veta) Sert+++ Py gruesa y frag. De Cz
108348	211973,72	9142768,14	Falla San Juan, SERT ligeramente clor.Vnillas de carbonatos??
108349	211971,78	9142771,10	hornblendita? Alterada u otro dique básico? En contacto gradacional a diorita, Cz de forma amorfa muy escasa
108350	211971,78	9142771,10	Di.con venillas de Cac. Ligeramente CLORT-SERT?- Sif.
108351	211970,98	9142772,49	Di.ligeramente serit. Con venillas de cac-epy
108352	211968,47	9142776,64	Di. Mas fresca con esporádicas Vnillas de epy
108353	211964,83	9142781,91	Di. Ligeramente clor.
108354	211960,15	9142790,88	Di. Ligeramente serit, proxima a falla secundaria EW se observa algo de py' y algunos fenos de ortosa? Amorfos
108355	211965,91	9142773,21	Di. Fuertemente cloritizada (tambien puede ser un dique gradacional de orbendita a diorita, fracturas con clor. Y epy
108356	211966,42	9142771,10	Di. Con venillas de clorita asociada a fracturas secundarias, ligera alteracion de orbenda a clor.
108357	211966,16	9142766,19	Di a Mdtita, a c/p de veta, ligeramente alterado asoc. a sistema de fallas, posibles fccs cz amorfo, biotita alterada, trazas de py-- Fina
108358	211970,05	9142757,77	Di a microdiorita-Gd?. Pyritizada, epy?, muestra tomada al piso de la veta, hay mucha influencia de la veta con respecto a la falla
108359	211970,84	9142749,52	Idem a muestra anterior, pero con más alteración Sif.
108360	211947,50	9142729,97	Di-microdiorita, SERT, pyrt, con venillas de cac?, muestra tomada al contacto de caja piso en clavo 0
108361	211946,75	9142729,61	Di. clor, con algunos fragmentos de cz amorfo?
108362	211946,25	9142729,36	Di Ligeramente Clor. Con alguna microvenillas de cac?
108364	211944,45	9142729,03	Di. Con alguna alteracion de minerales maficos a clorita
108385	210053,67	9148171,54	Gd. Ser-py
108366	210052,68	9148171,63	Gd. Ser
108367	210051,68	9148171,72	Gd
108368	210049,68	9148171,71	Gd
108369	210048,68	9148171,72	Gd. Ser
108370	210048,18	9148171,72	Gd. Sert-py
108371	210048,18	9148171,72	Gd. Ser-py
108372	210047,18	9148171,73	Gd
108373	210046,68	9148171,73	Transicion de Gd a Mgr.
108375	210044,70	9148171,78	Transicion de Gd a Mgr.
108376	210073,61	9148174,05	Gd. Ser-con clastos de QZ
108377	210069,86	9148174,35	Gd
108378	210070,05	9148174,94	Gd con vnillas de Epy.

NUESTRA	ESTE	NORTE	OBSERVACION DE CAMPO
108380	210074,92	9148182,02	Gd
108381	210074,15	9148169,36	Gd. Clort.
108383	210651,42	9147315,25	posible mtv.
108384	210651,28	9147316,64	posible mtv.
108385	210651,08	9147317,99	afectado por alteracion supergena
108386	210650,66	9147320,01	afectado por alteracion supergena
108387	210649,44	9147323,14	afectado por alteracion supergena
108388	210649,19	9147324,19	afectado por alteracion supergena
108389	210648,42	9147327,02	afectado por alteracion supergena
108392	210651,53	9147314,09	Gd. Veni. Cz-py
108393	210651,75	9147313,00	Gd. Ser con ven. Cz py gruesa diss
108394	210651,98	9147312,04	Gd. Ser con ven. Cz py gruesa diss
108395	210653,36	9147309,41	Gd. Ser con ven. Cz py gruesa diss
108398	210207,73	9147498,75	Gd. Veni. Cz
108399	210208,36	9147499,71	Gd con fenos de ortoza
108400	210208,85	9147500,63	Gd deslestable
108401	210210,14	9147503,31	Gd deslestable
108404	210207,27	9147498,01	Mtv. A Microdiorita con fracturas horizontales asociado a estructuras Sert.
108405	210206,91	9147497,13	idem
108406	210205,71	9147494,26	idem
108410	211731,03	9143779,56	Rc. Asociada a falla oxicos+++
108411	211731,03	9143779,56	panizo
108412	211728,06	9143788,04	Mdi. Oxicos
108413	211727,72	9143789,53	Di-Mdi contacto
108414	211727,02	9143791,02	Di
108415	211725,93	9143794,24	Di
108416	211724,22	9143798,94	Di
108417	211721,33	9143808,33	Di
108420	211721,89	9143805,76	Gr. Oxicos
108423	211732,02	9143776,09	Gr. Oxicos
108424	211732,26	9143775,02	Di. Sert+
108425	211733,16	9143772,30	Di. Sert+
108426	211735,55	9143766,88	Di-xe-mdi
108427	211738,22	9143757,66	Di
108428	211897,51	9143438,44	panizo
108429	211897,27	9143439,69	Di. Vnillas de cac, clor+++
108430	211897,13	9143440,62	Di. Vnillas de cac, clor+++
108431	211897,26	9143443,58	Di.
108432	211901,13	9143448,73	Di.
108434	211897,74	9143437,75	Di. Clor
108435	211898,03	9143436,88	Di. Vnillas de cac
108436	211898,33	9143433,96	Di.
108437	211898,31	9143428,89	Di.
108439	211782,96	9142825,08	Di
108440	211782,86	9142826,09	Di
108441	211782,09	9142828,94	Di
108442	211781,28	9142833,89	Di
108443	211780,18	9142843,89	Di
108444	211783,50	9142818,67	Di
108445	211783,48	9142817,74	Di
108446	211783,64	9142816,69	Di
108447	211783,94	9142813,74	Di
108448	211783,87	9142812,33	Di
108449	211783,93	9142811,14	Di
108450	211784,65	9142805,51	Di
108451	211784,17	9142801,78	Di. Vnillas de cac
108452	211784,47	9142800,79	Di. Vnillas de cac
108453	211785,70	9142797,81	Di. Vnillas de cac
108454	211785,29	9142792,91	Mdi a Hbda Clort con Py gruesa--
108456	211727,62	9143080,84	Rc. Sert-clor vnlas Cz-Cac
108457	211727,74	9143080,79	Tex. Leopardo
108458	211728,01	9143080,74	Di. Sert-Clort
108459	211728,48	9143080,62	Di. Sert-Clort+++
108461	211729,63	9143080,27	Hornblendita
108462	211723,91	9143081,81	Hornblendita tex. Leopardo
108463	211722,47	9143081,31	Tex. Leopardo
108464	211722,12	9143081,90	Tex. Leopardo
108465	211719,71	9143082,39	Hornblendita
108467	211962,27	9142728,08	Gd. Sert
108468	211962,41	9142728,11	Gd. Sert-Py gruesa
108469	211962,58	9142728,11	Gd a Di Clort
108470	211962,76	9142728,09	Gd a Di.
108472	211964,35	9142728,25	Gd a Di frac. Clort.
108473	210254,95	9148356,95	Gd. Sert-Py
108475	210255,47	9148357,81	Gd grano grueso Sert+
108476	210256,14	9148358,55	Di. Sert+
108480	210258,40	9148360,56	Gd
108481	210252,86	9148353,21	Gd. Sert++, py gruesa
108482	210251,79	9148352,86	Gd. con pequeñisimos xeno. De microdiorita
108483	210251,25	9148352,69	Gd. Clort.
108487	210249,03	9148350,12	Gd. Vnillas sert

Anexo 2 Base de datos del análisis químico

Muestra	104040	104041	104042	104043	104046	104047	104048	108266	108267	108269	108270	108271	108272	108273	108274	108275
SiO ₂ %	45,53	52,40	49,08	52,28	51,03	50,01	51,58	73,94	65,09	73,85	75,69	67,40	67,76	68,74	67,91	67,48
TiO ₂ %	0,89	0,91	1,00	0,96	1,14	0,86	1,17	0,24	0,23	0,23	0,24	0,49	0,47	0,42	0,47	0,49
Al ₂ O ₃ %	15,95	17,58	17,24	17,16	18,46	18,77	18,80	13,73	14,58	13,95	12,40	16,03	15,69	14,95	15,70	15,45
Fe ₂ O ₃ %	7,52	8,03	8,25	8,72	8,73	9,14	9,48	2,20	3,24	1,96	2,29	4,20	3,77	3,50	3,97	4,11
MnO %	0,14	0,11	0,13	0,11	0,17	0,18	0,18	0,03	0,05	0,03	0,03	0,05	0,06	0,05	0,05	0,08
MgO %	5,05	4,49	4,01	4,23	3,88	5,03	3,96	1,02	1,36	0,65	1,10	1,94	1,50	1,39	1,63	1,06
CaO %	9,69	4,11	6,51	4,33	6,48	7,27	6,76	0,46	3,86	1,03	0,66	0,72	1,53	1,92	0,99	2,60
Na ₂ O %	3,79	6,13	5,38	6,22	5,61	2,96	3,08	6,18	5,01	5,55	5,78	5,45	5,30	5,23	5,24	4,12
K ₂ O %	1,17	0,68	1,13	0,55	0,80	2,22	1,98	0,73	1,19	1,81	0,53	1,47	1,50	1,47	1,81	2,76
P ₂ O ₅ %	0,22	0,19	0,18	0,22	0,27	0,20	0,25	0,05	0,07	0,06	0,06	0,13	0,12	0,11	0,12	0,12
Cr ₂ O ₃ %	0,03	0,01	0,01	0,01	-0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02
LOI %	10,20	5,70	7,51	5,45	3,68	2,97	2,44	1,12	4,92	1,41	1,34	2,08	2,37	2,43	1,89	1,72
Total	100,18	100,34	100,43	100,24	100,24	99,62	99,70	99,72	99,61	100,55	100,16	99,98	100,07	100,22	99,79	100,00

Au ppb	84,40	-5,00	5,00	5,00	13,00	-5,00	5,83	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	20,17	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00
Ag ppm	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10
Cd ppm	0,66	0,48	0,41	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	0,22	0,26	0,30	0,32	0,24	0,39	0,52	0,43	0,58
Cu ppm	47,25	6,52	18,98	31,11	27,29	11,65	9,68	1,53	-1,00	1,25	-1,00	-1,00	-1,00	2,33	-1,00	1,39
Pb ppm	11,70	7,02	7,73	11,89	21,83	16,93	13,72	4,17	2,50	3,44	2,66	3,07	4,50	4,33	4,05	7,52
Zn ppm	55,18	53,87	51,12	48,27	53,62	50,33	58,28	15,10	11,40	11,42	12,57	24,89	28,56	24,68	24,90	42,59
As ppm	17,28	3,61	-3,00	10,17	24,00	11,47	17,78	5,08	4,38	-3,00	4,07	-3,00	4,70	3,83	-3,00	7,76
S %	0,36	0,09	0,11	0,19	0,14	0,06	0,04	0,01	0,04	0,00	0,03	0,01	0,01	0,01	0,05	0,00

Muestra	108276	108277	108308	108309	108310	108311	108313	108314	108315	108316	108319	108320	108321	108325	108326	108327
SiO ₂ %	67,57	68,01	73,63	68,25	67,41	68,23	48,99	49,17	50,75	52,35	52,59	50,46	51,21	46,23	48,71	53,67
TiO ₂ %	0,48	0,48	0,27	0,47	0,50	0,50	0,85	1,04	0,89	0,60	0,86	0,83	0,98	0,59	1,30	1,10
Al ₂ O ₃ %	15,63	15,48	13,71	15,51	15,42	15,59	16,75	18,89	18,53	16,95	18,16	18,61	18,82	9,42	17,84	18,47
Fe ₂ O ₃ %	4,00	4,06	2,00	3,99	4,08	4,29	7,82	9,86	8,98	8,12	8,64	9,01	9,30	10,15	8,75	9,72
MnO %	0,08	0,08	0,03	0,08	0,07	0,07	0,13	0,18	0,16	0,14	0,15	0,16	0,16	0,19	0,24	0,19
MgO %	0,98	0,89	1,23	0,98	0,98	0,97	3,72	5,47	5,28	7,27	4,86	5,46	4,92	19,07	4,17	3,42
CaO %	2,69	2,80	0,70	2,42	2,96	3,28	14,58	8,60	8,93	8,02	8,79	8,53	9,74	8,52	5,76	7,53
Na ₂ O %	4,15	4,12	5,49	4,45	4,46	3,94	0,91	2,70	2,37	1,91	2,61	2,53	2,22	0,60	0,38	3,36
K ₂ O %	2,90	2,88	1,03	2,60	2,29	2,50	0,10	1,30	1,34	1,30	1,20	1,55	0,99	0,22	4,49	0,63
P ₂ O ₅ %	0,12	0,13	0,06	0,12	0,13	0,13	0,18	0,20	0,17	0,12	0,15	0,15	0,17	0,10	0,24	0,28
Cr ₂ O ₃ %	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,29	0,01	0,01
LOI %	1,65	1,36	1,49	1,55	1,76	0,64	6,15	3,05	2,36	2,70	2,29	3,00	1,40	4,61	8,04	1,73
Total	100,26	100,11	99,65	100,43	100,08	100,16	100,20	100,48	99,78	99,49	100,31	100,30	99,92	100,10	99,93	100,11

Au ppb	-5,00	-5,00	26,70	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	1576,20	-5,00
Ag ppm	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	0,52	-0,10
Cd ppm	0,38	0,47	0,31	0,44	0,50	-0,20	1,32	0,94	0,59	0,48	1,02	0,81	1,35	0,23	-0,20	0,90
Cu ppm	1,72	1,17	7,12	15,57	3,09	7,32	13,92	20,50	28,32	5,55	23,94	10,19	21,02	3,02	54,76	31,67
Pb ppm	8,99	7,14	-2,00	11,06	7,35	9,42	35,30	18,66	9,17	10,12	10,89	18,51	14,83	11,46	16,19	10,33
Zn ppm	49,49	43,19	17,60	49,37	29,98	52,12	37,07	55,28	43,31	34,24	37,71	47,64	30,83	41,80	40,44	36,14
As ppm	8,74	8,03	-3,00	10,33	5,51	11,95	11,17	7,07	12,29	6,86	4,97	7,31	-3,00	73,05	3176,63	11,58
S %	0,01	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,09	0,07	0,01	0,08	0,03	0,08	0,01	2,32	0,18

Muestra	108328	108331	108332	108334	108335	108336	108337	108339	108340	108341	108342	108343	108344	108345	108348	108349
SiO ₂ %	48,90	56,59	53,54	42,70	55,45	55,03	54,92	49,64	55,19	55,62	49,88	59,93	51,75	54,23	55,37	47,76
TiO ₂ %	1,17	0,93	1,03	0,07	0,80	0,96	0,88	0,52	0,63	0,72	0,61	0,98	0,96	0,81	0,94	1,65
Al ₂ O ₃ %	18,65	17,70	18,27	5,80	15,90	17,92	17,46	10,45	14,90	15,76	13,61	19,28	17,41	16,40	15,87	17,06
Fe ₂ O ₃ %	10,00	8,15	8,68	7,01	7,47	8,38	7,96	10,00	7,30	7,33	8,10	2,59	8,55	6,85	6,85	10,50
MnO %	0,19	0,15	0,17	0,28	0,16	0,13	0,17	0,16	0,13	0,13	0,14	0,13	0,16	0,12	0,14	0,25
MgO %	5,31	3,34	3,80	5,39	3,75	3,52	3,70	18,01	6,50	5,50	7,70	1,85	3,52	3,53	3,67	3,89
CaO %	9,20	6,97	7,29	20,24	5,45	7,42	7,11	6,27	7,93	8,40	7,07	3,35	6,21	6,29	6,31	12,25
Na ₂ O %	1,92	2,73	2,86	0,04	2,98	2,88	2,64	1,17	2,24	2,87	0,98	0,12	1,29	1,32	3,52	1,82
K ₂ O %	1,54	1,32	1,42	0,04	1,80	1,26	1,60	0,59	2,55	1,37	1,61	6,16	3,35	3,17	1,43	0,24
P ₂ O ₅ %	0,20	0,23	0,26	0,03	0,18	0,23	0,20	0,10	0,12	0,14	0,12	0,24	0,22	0,18	0,24	0,25
Cr ₂ O ₃ %	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,32	0,06	0,04	0,07	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02
LOI %	2,97	1,55	2,29	18,22	5,19	2,10	3,08	3,26	2,30	2,25	9,75	5,32	6,84	7,18	5,69	4,36
Total	100,06	99,68	99,42	99,84	99,14	99,85	99,72	100,50	99,85	100,13	99,65	99,97	100,28	100,09	100,05	100,05

Au ppb	-5,00	-5,00	-5,00	8,90	6,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	1315,50	80,80	72,40	8,00	33,40
Ag ppm	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	0,21	-0,10	-0,10	1,37	0,34
Cd ppm	0,83	0,34	0,63	0,30	-0,20	0,68	0,28	-0,20	-0,20	0,28	0,24	1,69	0,42	1,09	-0,20	0,96
Cu ppm	37,52	31,28	47,64	23,19	62,41	43,01	39,36	31,65	58,55	30,83	13,68	148,86	68,05	56,94	117,85	43,87
Pb ppm	22,24	15,90	19,87	18,47	8,90	11,26	12,50	5,33	11,30	7,39	12,71	21,07	12,53	29,18	60,42	44,14
Zn ppm	49,32	60,07	68,09	39,01	66,17	50,70	55,42	11,46	19,61	21,26	47,75	141,18	51,89	99,37	83,12	84,86
As ppm	10,23	11,35	11,30	-3,00	10,57	6,01	13,47	24,56	13,44	8,22	35,62	108,23	323,10	38,61	24,99	133,02
S %	0,20	0,10	0,15	0,06	0,22	0,17	0,20	0,04	0,09	0,08	0,12	0,72	0,83	0,43	0,41	0,32

Muestra	108350	108351	108352	108353	108354	108355	108356	108357	108358	108359	108360	108361	108362	108364	108365	108366
SiO ₂ %	54,57	53,50	51,21	56,50	58,23	50,86	52,74	51,69	52,25	55,85	46,33	49,94	49,76	51,45	66,66	67,20
TiO ₂ %	0,71	0,80	1,02	0,93	0,87	0,92	0,70	0,98	1,01	0,93	0,91	1,02	1,32	1,04	0,46	0,44
Al ₂ O ₃ %	16,68	16,28	16,64	17,23	17,15	17,21	17,50	17,25	17,97	17,80	15,84	17,32	17,76	18,60	15,60	14,65
Fe ₂ O ₃ %	7,96	8,67	9,96	7,66	7,50	8,26	7,67	8,39	8,93	7,59	9,30	9,26	9,92	8,75	4,34	3,78
MnO %	0,18	0,18	0,19	0,13	0,12	0,17	0,18	0,25	0,29	0,26	0,25	0,19	0,19	0,15	0,10	0,11
MgO %	4,31	4,20	5,54	3,53	2,96	3,58	4,79	3,85	2,18	2,20	5,09	5,07	4,97	4,72	0,86	0,83
CaO %	5,87	6,87	7,18	4,71	4,74	9,53	7,79	6,55	3,66	2,78	8,06	8,15	8,65	8,71	2,17	3,26
Na ₂ O %	3,24	3,33	2,44	4,87	3,94	3,49	3,38	0,97	0,10	0,14	0,17	2,10	2,75	2,65	0,11	1,38
K ₂ O %	2,49	2,25	1,91	1,01	2,20	1,00	1,88	3,46	6,10	5,92	3,36	1,82	1,10	1,54	5,15	4,21
P ₂ O ₅ %	0,20	0,17	0,17	0,25	0,21	0,18	0,15	0,23	0,26	0,23	0,14	0,18	0,24	0,21	0,13	0,12
Cr ₂ O ₃ %	0,02	0,02	0,01	-0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,02
LOI %	3,90	3,71	3,47	2,95	2,52	4,65	3,30	6,43	7,77	6,27	10,67	4,88	2,64	2,12	4,67	3,82
Total	100,12	99,98	99,75	99,76	100,46	99,86	100,09	100,06	100,52	99,99	100,13	99,93	99,31	99,95	100,27	99,83

Au ppb	-5,00	-5,00	-5,00	10,70	-5,00	-5,00	-5,00	22,20	473,00	617,33	55,70	-5,00	-5,00	-5,00	308,50	657,50
Ag ppm	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	0,67	5,55	0,54	-0,10	-0,10	-0,10	0,12	-0,10
Cd ppm	0,27	0,55	0,38	0,20	0,58	0,28	-0,20	-0,20	1,96	26,93	0,24	0,89	0,38	-0,20	0,57	0,69
Cu ppm	4,97	12,92	32,39	30,30	37,67	7,85	8,75	27,78	24,06	142,47	185,27	23,98	37,87	15,14	15,15	8,37
Pb ppm	16,89	20,00	17,73	16,25	17,52	19,67	17,89	17,92	132,25	1486,28	16,92	31,83	23,61	13,71	63,26	45,81
Zn ppm	61,34	66,67	71,93	81,68	58,39	60,37	44,91	74,09	150,39	2104,34	90,44	62,23	47,81	33,63	22,79	62,46
As ppm	26,12	18,86	25,42	19,42	14,25	16,76	11,72	58,22	1427,09	1280,31	188,54	9,97	10,90	11,57	2784,34	56,34
S %	0,02	0,09	0,11	0,34	0,18	0,03	0,02	0,52	5,52	4,77	0,72	0,12	0,13	0,08	2,28	0,32

Muestra	108367	108368	108369	108370	108371	108372	108373	108375	108376	108377	108378	108380	108381	108383	108384	108385
SiO ₂ %	67,98	66,98	67,01	65,25	65,86	67,06	67,01	67,40	66,39	67,02	67,44	67,80	65,11	68,23	68,55	69,22
TiO ₂ %	0,44	0,43	0,46	0,49	0,46	0,44	0,43	0,42	0,47	0,46	0,47	0,47	0,45	0,37	0,36	0,35
Al ₂ O ₃ %	15,28	15,13	15,19	16,12	15,14	15,05	15,24	15,24	15,77	15,41	15,33	15,32	15,03	15,16	14,47	14,52
Fe ₂ O ₃ %	3,82	3,85	4,02	4,09	4,25	3,91	4,04	3,95	3,78	3,95	4,01	4,02	3,50	3,76	3,45	3,38
MnO %	0,09	0,09	0,12	0,13	0,10	0,11	0,10	0,09	0,06	0,10	0,10	0,08	0,11	0,07	0,06	0,06
MgO %	0,86	0,89	0,91	0,83	0,84	0,90	0,90	0,87	0,86	0,87	0,93	0,91	0,86	1,08	0,96	1,00
CaO %	2,90	3,08	2,52	2,80	3,31	2,14	2,13	2,83	2,59	2,36	2,69	3,03	4,37	1,67	2,02	1,77
Na ₂ O %	4,26	4,24	4,17	0,13	0,13	4,28	4,43	4,43	0,27	4,28	4,23	4,12	1,08	4,19	4,57	4,28
K ₂ O %	2,57	2,64	2,66	5,38	5,11	2,76	2,82	2,44	5,30	2,69	2,66	2,55	4,46	3,42	2,89	3,44
P ₂ O ₅ %	0,12	0,11	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,13	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,11	0,10
Cr ₂ O ₃ %	0,01	0,01	-0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	-0,01
LOI %	1,31	1,20	2,27	4,82	4,81	1,81	1,71	1,22	4,45	1,65	1,47	1,18	5,11	2,24	2,43	2,17
Total	99,64	98,65	99,64	100,19	100,14	98,59	98,94	99,03	100,09	98,92	99,46	99,61	100,22	100,31	99,89	100,28

Au ppb	-5,00	-5,00	-5,00	251,50	367,50	-5,00	-5,00	-5,00	419,20	-5,00	-5,00	-5,00	37,00	-5,00	-5,00	-5,00
Ag ppm	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10
Cd ppm	0,45	-0,20	0,64	0,67	0,60	0,47	0,43	0,68	0,53	-0,20	-0,20	0,36	0,63	0,43	0,38	0,72
Cu ppm	3,99	2,10	1,65	35,74	7,20	1,77	2,33	1,82	18,76	2,14	1,71	2,41	6,20	1,47	2,55	1,08
Pb ppm	11,93	12,25	12,21	14,10	27,97	13,41	15,12	15,27	13,13	11,24	12,41	16,80	10,79	9,17	6,86	6,82
Zn ppm	56,68	57,87	57,78	12,49	8,11	55,09	62,06	54,64	7,06	49,43	60,21	57,31	20,83	41,69	32,15	31,71
As ppm	9,57	5,10	7,71	1458,18	2111,06	10,68	9,36	5,72	3199,28	16,37	7,88	4,83	6,04	7,57	-3,00	5,64
S %	0,02	0,01	0,03	2,02	2,18	0,04	0,01	0,01	1,85	0,02	0,02	0,01	0,11	0,01	0,02	0,01

Muestra	108386	108387	108388	108389	108392	108393	108394	108395	108398	108399	108400	108401	108404	108405	108406	108410
SiO2 %	69,65	69,28	69,04	69,71	64,51	58,86	53,17	64,65	73,30	66,98	67,69	67,65	75,30	79,38	72,89	48,23
TiO2 %	0,36	0,38	0,36	0,38	0,40	0,67	0,55	0,49	0,36	0,49	0,45	0,47	0,22	0,17	0,32	2,72
Al2O3 %	14,48	14,99	15,03	14,87	13,54	15,27	12,84	15,70	13,60	15,15	15,39	15,24	13,37	11,04	13,85	13,80
Fe2O3 %	3,46	3,66	3,56	3,56	2,88	5,24	4,23	3,07	2,62	3,77	4,09	3,83	2,61	1,80	2,93	10,07
MnO %	0,07	0,09	0,08	0,06	0,07	0,14	0,37	0,15	0,03	0,07	0,09	0,08	0,02	0,01	0,03	0,21
MgO %	1,02	1,02	1,06	1,15	0,82	1,05	0,96	0,99	1,27	1,20	0,96	0,91	1,35	0,78	1,51	5,14
CaO %	1,49	1,97	1,52	0,93	5,52	5,53	11,85	3,80	0,50	2,24	3,02	2,85	0,20	0,19	0,38	8,74
Na2O %	4,28	3,88	4,27	4,46	6,40	0,13	0,24	0,15	6,89	5,46	3,98	4,01	4,50	4,99	5,28	2,17
K2O %	3,34	3,49	3,64	3,47	0,44	4,97	3,99	5,22	0,16	2,03	2,57	2,94	1,05	0,52	0,87	1,43
P2O5 %	0,10	0,10	0,11	0,10	0,11	0,13	0,11	0,12	0,25	0,13	0,13	0,12	0,04	0,03	0,03	0,35
Cr2O3 %	0,02	-0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,03	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,02	-0,01
LOI %	1,89	1,47	1,61	1,39	5,27	8,05	11,80	5,68	1,15	2,54	1,75	1,87	1,28	0,98	1,56	7,07
Total	100,16	100,32	100,29	100,09	99,98	100,06	100,14	100,05	100,14	100,07	100,13	99,99	99,96	99,91	99,67	99,92

Muestra	108411	108412	108413	108414	108415	108416	108417	108420	108423	108424	108425	108426	108427	108428	108429	108430
SiO ₂ %	45,85	50,79	53,26	51,92	50,86	51,87	49,70	51,97	54,47	50,53	52,87	48,27	55,92	51,31	49,94	46,17
TiO ₂ %	0,66	3,27	0,71	0,67	1,05	0,76	0,61	0,67	0,61	1,41	0,64	1,17	0,89	0,50	0,25	0,50
Al ₂ O ₃ %	11,40	14,11	14,59	16,23	18,20	18,21	15,36	17,97	17,11	18,33	15,44	17,47	16,85	11,99	5,40	7,66
Fe ₂ O ₃ %	12,45	11,38	8,86	8,62	8,70	7,73	8,51	7,46	6,85	9,15	6,78	11,54	8,59	7,87	7,88	8,38
MnO %	0,20	0,21	0,16	0,13	0,13	0,12	0,14	0,13	0,13	0,19	0,16	0,20	0,17	0,16	0,20	0,21
MgO %	6,48	4,79	8,06	7,85	4,97	4,66	9,35	5,69	5,19	4,78	6,38	5,85	3,53	12,88	15,54	15,32
CaO %	7,76	6,67	6,53	6,28	5,81	8,15	8,70	7,83	6,56	5,56	9,91	8,30	6,40	5,55	10,82	10,40
Na ₂ O %	0,06	2,12	2,82	4,05	4,86	4,54	2,44	2,77	3,32	3,93	3,97	1,82	3,30	0,98	0,27	0,65
K ₂ O %	0,85	2,30	1,74	1,38	1,28	0,74	1,76	2,04	1,65	1,83	0,66	2,54	1,63	0,70	0,08	0,17
P ₂ O ₅ %	0,10	0,38	0,11	0,12	0,16	0,12	0,10	0,11	0,13	0,40	0,10	0,07	0,14	0,07	0,03	0,03
Cr ₂ O ₃ %	0,14	0,01	0,05	0,04	0,01	0,01	0,06	0,02	0,02	-0,01	0,04	0,01	-0,01	0,11	0,18	0,16
LOI %	13,13	4,23	3,58	2,86	3,57	2,73	3,17	3,53	4,42	4,11	3,14	3,00	2,36	8,33	9,57	9,88
Total	99,08	100,26	100,47	100,16	99,63	99,64	99,90	100,19	100,46	100,21	100,09	100,24	99,78	100,45	100,16	99,53

Au ppb	37,00	-5,00	-5,00	-5,00	7,90	25,10	-5,00	-5,00	-5,00	4,60	-5,00	6,67	-5,00	-5,00	-5,00	
Ag ppm	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	
Cd ppm	0,84	0,57	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	-0,20	0,48	0,27	0,60	0,40	0,38	0,50	0,34	-0,20	
Cu ppm	5,54	36,62	3,26	4,36	55,45	93,37	1,47	1,31	11,73	50,04	2,49	84,48	30,67	28,29	11,63	12,78
Pb ppm	12,92	18,00	9,90	7,42	10,84	11,34	6,39	4,86	11,51	14,49	13,64	11,55	16,09	13,85	8,43	6,82
Zn ppm	87,45	57,82	39,79	31,05	36,06	24,90	20,21	23,26	32,41	46,12	24,13	22,19	54,85	75,12	40,83	55,02
As ppm	406,80	70,43	37,98	22,45	27,15	56,75	5,97	6,29	25,34	79,98	15,77	18,96	8,89	8,92	-3,00	-3,00
S %	0,01	0,14	0,04	0,02	0,14	0,16	0,00	0,00	0,00	0,06	0,01	0,53	0,27	0,18	0,01	0,02

Muestra	108431	108432	108434	108435	108436	108437	108439	108440	108441	108442	108443	108444	108445	108446	108447	108448
SiO ₂ %	50,50	52,69	44,25	39,39	41,39	48,67	48,29	49,57	49,09	47,98	50,11	50,21	50,40	49,58	51,70	51,89
TiO ₂ %	0,93	0,48	0,48	0,50	0,62	0,56	1,03	1,03	1,04	1,06	0,83	0,75	0,71	0,97	0,75	0,78
Al ₂ O ₃ %	17,89	13,92	8,64	8,92	9,66	12,91	19,02	19,18	19,13	19,18	18,84	19,14	18,75	19,30	19,46	19,27
Fe ₂ O ₃ %	9,29	7,18	8,68	8,45	8,24	7,86	10,33	9,60	9,99	10,18	8,73	8,27	9,02	9,35	8,41	8,07
MnO %	0,20	0,17	0,24	0,25	0,24	0,15	0,18	0,17	0,16	0,19	0,15	0,14	0,16	0,17	0,15	0,14
MgO %	4,77	8,48	15,15	9,17	10,86	10,13	5,74	4,75	5,27	5,66	5,06	4,96	5,74	5,12	5,10	4,77
CaO %	7,96	10,25	10,35	12,08	13,37	10,98	8,39	9,46	8,35	7,93	9,52	7,81	9,01	9,23	8,62	8,61
Na ₂ O %	3,01	2,29	0,14	0,05	0,44	2,24	2,59	2,43	2,56	2,46	2,57	2,56	2,36	2,40	2,66	2,75
K ₂ O %	1,87	1,34	0,07	1,26	0,32	1,36	1,49	1,30	1,55	1,76	0,93	1,42	1,27	1,21	1,17	1,18
P ₂ O ₅ %	0,19	0,07	0,09	0,08	0,08	0,07	0,22	0,21	0,21	0,22	0,17	0,17	0,15	0,20	0,18	0,17
Cr ₂ O ₃ %	0,03	0,06	0,17	0,15	0,12	0,07	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
LOI %	3,78	3,31	12,23	19,95	15,23	5,15	2,93	2,43	2,72	3,08	2,88	4,03	2,59	2,67	2,13	2,38
Total	100,41	100,24	100,50	100,25	100,57	100,15	100,22	100,16	100,08	99,71	99,80	99,48	100,17	100,22	100,34	100,02

Au ppb	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	18,67
Ag ppm	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10
Cd ppm	-0,20	0,36	-0,20	-0,20	-0,20	0,34	0,26	0,46	0,24	0,63	0,88	0,38	0,50	0,53	0,76	0,23
Cu ppm	15,07	20,70	-1,00	1,40	3,32	4,19	15,77	17,00	28,15	26,86	16,81	16,91	14,20	31,11	12,48	9,79
Pb ppm	13,61	28,29	12,99	16,42	12,95	19,63	17,73	14,75	13,17	12,57	13,74	12,73	11,90	16,43	12,48	13,25
Zn ppm	49,72	22,85	72,67	53,70	76,75	21,88	56,65	37,99	43,24	61,66	37,10	39,28	38,18	40,58	39,71	35,84
As ppm	7,32	-3,00	-3,00	175,72	-3,00	4,49	3,17	-3,00	4,84	7,52	-3,00	11,57	-3,00	3,18	9,22	-3,00
S %	0,05	0,03	0,03	0,13	0,04	0,00	0,02	0,14	0,11	0,11	0,05	0,06	0,04	0,07	0,02	0,03

Muestra	108449	108450	108451	108452	108453	108454	108455	108457	108458	108459	108461	108462	108463	108464	108466	108467
SiO ₂ %	52,22	49,63	52,86	54,37	48,99	46,93	45,20	47,07	47,30	47,55	48,68	37,28	42,07	46,70	48,44	51,04
TiO ₂ %	0,75	0,96	0,84	0,72	0,99	2,33	0,48	0,84	0,63	0,67	0,52	0,46	0,48	0,47	0,58	0,92
Al ₂ O ₃ %	18,94	19,76	19,00	18,07	19,43	15,42	9,83	10,34	12,85	13,14	12,29	8,57	8,67	9,47	10,05	17,47
Fe ₂ O ₃ %	8,09	8,87	8,19	7,78	8,89	12,11	7,17	7,06	6,89	6,61	8,43	8,00	8,36	8,39	9,33	6,75
MnO %	0,15	0,15	0,14	0,13	0,15	0,20	0,22	0,24	0,17	0,20	0,15	0,50	0,29	0,15	0,15	0,17
MgO %	4,84	5,00	4,49	4,81	4,59	7,03	12,62	13,52	10,17	11,88	14,35	12,06	16,71	18,75	17,94	2,31
CaO %	8,46	7,63	6,90	6,85	8,35	10,10	10,20	8,02	8,82	7,18	9,69	15,13	9,10	7,80	8,38	6,04
Na ₂ O %	2,56	2,96	3,47	3,03	3,15	2,52	0,03	0,05	0,66	0,04	1,41	0,02	0,02	0,61	1,48	0,10
K ₂ O %	1,09	1,82	1,57	1,42	1,92	0,27	0,05	0,07	1,85	1,43	1,20	0,35	0,09	0,46	0,63	5,41
P ₂ O ₅ %	0,16	0,22	0,17	0,14	0,20	0,29	0,06	0,09	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11	0,13	0,20
Cr ₂ O ₃ %	0,01	0,01	0,01	0,02	0,06	0,02	0,18	0,18	0,14	0,13	0,17	0,17	0,16	0,16	0,17	0,01
LOI %	2,49	3,06	2,89	3,04	3,04	3,29	14,00	13,05	9,99	11,21	3,01	17,76	14,28	9,08	3,11	9,57
Total	99,76	100,08	100,53	100,38	99,76	100,51	100,04	100,33	99,57	100,14	100,00	100,41	100,33	100,15	100,39	99,99

Au ppb	6,83	7,50	-5,00	-5,00	-5,00	-5,00	35,30	-5,00	7,10	-5,00	5,50	365,17	52,00	9,83	7,00	288,33
Ag ppm	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	0,56
Cd ppm	0,83	-0,20	-0,20	0,55	0,40	0,21	0,74	-0,20	0,30	-0,20	0,22	-0,20	-0,20	0,29	-0,20	1,45
Cu ppm	16,62	52,00	23,73	19,60	29,59	48,47	1,42	4,07	9,50	3,04	23,53	2,80	20,58	24,43	22,82	130,24
Pb ppm	15,82	14,20	11,25	13,91	15,52	19,89	16,09	13,98	10,85	14,22	18,16	18,93	14,25	12,98	9,19	33,25
Zn ppm	42,87	39,27	36,53	37,39	35,05	65,63	58,17	46,64	34,35	58,34	22,61	39,57	43,62	31,30	21,12	125,27
As ppm	-3,00	17,12	8,70	4,99	11,04	15,51	665,32	164,31	31,12	54,17	6,03	2710,56	130,50	5,88	6,81	8815,86
S %	0,04	0,13	0,10	0,07	0,17	0,12	0,17	0,12	0,04	0,09	0,02	1,88	0,20	0,04	0,02	3,16

Muestra	108468	108469	108470	108472	108473	108475	108476	108480	108481	108482	108483	108487
SiO ₂ %	57,73	53,21	53,63	55,40	69,23	66,56	66,37	68,47	65,14	68,20	67,84	67,33
TiO ₂ %	0,82	0,96	0,89	0,93	0,43	0,43	0,45	0,41	0,46	0,45	0,44	0,44
Al ₂ O ₃ %	15,60	17,40	17,60	17,69	15,04	15,09	15,03	15,45	15,56	15,55	15,11	15,53
Fe ₂ O ₃ %	9,22	7,76	8,15	8,05	3,70	3,82	3,87	3,66	2,54	3,81	4,07	3,84
MnO %	0,06	0,23	0,16	0,14	0,08	0,14	0,10	0,07	0,12	0,09	0,11	0,10
MgO %	1,44	3,98	3,50	3,24	0,78	0,78	0,73	0,81	0,77	0,82	0,87	0,83
CaO %	1,47	5,04	6,45	6,26	1,46	3,09	3,03	2,93	4,58	2,94	2,10	2,97
Na ₂ O %	0,08	1,41	2,93	3,13	0,13	3,30	2,37	4,20	0,13	3,89	4,10	3,91
K ₂ O %	5,20	3,02	2,13	1,82	5,06	3,44	3,68	2,78	5,14	3,01	2,68	2,94
P ₂ O ₅ %	0,21	0,22	0,20	0,22	0,12	0,12	0,11	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11
Cr ₂ O ₃ %	0,02	0,01	0,01	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01
LOI %	8,20	6,99	4,53	2,66	4,23	3,58	4,10	1,38	5,99	1,36	2,79	1,74
Total	100,05	100,23	100,37	99,55	100,27	100,36	99,86	100,28	100,58	100,24	100,22	99,75

Au ppb	871,25	17,50	18,00	-5,00	529,33	91,83	102,00	-5,00	125,10	10,67	11,50	14,17
Ag ppm	0,62	-0,10	-0,10	-0,10	0,48	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10	-0,10
Cd ppm	0,86	0,26	0,58	-0,20	3,62	0,63	1,03	0,49	2,48	0,78	0,74	0,33
Cu ppm	13,61	29,25	21,77	70,06	13,54	8,00	22,39	1,64	7,87	3,29	-1,00	2,58
Pb ppm	79,88	20,30	15,42	16,19	264,30	15,00	49,52	12,15	40,19	18,40	13,72	15,08
Zn ppm	54,08	64,10	50,61	43,47	213,02	47,86	44,08	47,07	156,15	61,22	37,74	48,00
As ppm	29074,31	246,35	35,92	15,27	2351,31	14,12	5,04	3,03	866,54	9,73	4,64	7,79
S %	4,64	0,27	0,18	0,28	1,86	0,29	0,91	0,01	0,86	0,03	0,05	0,04

Anexo 3 Base de datos de las medidas estructurales en el área de Jimena

LABOR	NIVEL	AZIMUT	BUZAMIENTO	ESTE	NORTE	DESCRIPCION
CR NW	1937	360	40	209912,27	9148473,01	Zona estructura de reactivación (veta)de falla cloritizada con due aplítico 0.15m al piso
CR NW	1937	5	36	209882,50	9148482,99	Estructura clor, con hematita, pot. 1.00m
CR NW	1937	332	37	209889,75	9148483,50	Estructura clor, con hematita, pot. 1.00m
CR NW	1937	66	79	209859,65	9148481,65	Falla sert, clor. Con fragmentos de veta en formacion, pot. 0.24m.
CR NW	1937	10	80	209859,13	9148485,19	falla secundaria relacionada a la anterior
CR NW	1937	90	75	209842,65	9148494,64	falla angosta con fracturas paralelas milimetricas
CR E	1937	348	59	210190,58	9148504,61	falla?? Contacto
CR E	1937	114	84	210199,61	9148508,25	falla asociados a fallas principal con espejos piritizados y cloritizados
CR E	1937	110	80	210201,39	9148508,40	falla asociados a fallas principal con espejos piritizados y cloritizados
CR E	1937	202	32	210205,24	9148508,17	falla ligeramente sericitizada angosta
CR E	1937	222	50	210206,63	9148507,70	falla angosta
CR E	1937	120	80	210212,60	9148504,64	Falla principal, con espejos de falla clor y piritizado, ley 2.00 gr Au
CR E	1937	318	90	210209,87	9148507,98	falla secundaria conjugada
CR E	1937	325	45	210217,77	9148504,82	falla secundaria conjugada
CR E	1937	217	53	210218,11	9148504,88	falla secundaria conjugada
CR E	1937	110	81	210228,64	9148505,19	falla principal con espejo relleno de clor y py-
CR E	1937	115	85	210240,27	9148504,86	Corresponde a la misma falla anterior
CR E	1937	38	85	210234,09	9148502,15	Falla paralela
CR E	1937	38	85	210234,49	9148500,96	Falla paralela
CR E	1937	185	85	210270,86	9148505,77	falla soldada
CR E	1937	115	81	210277,46	9148508,75	falla principal con panizo 0.03m sert, clor, oixidos de fe.
CR E	1937	115	86	210283,93	9148505,71	falla principal con panizo 0.03m sert, clor, oixidos de fe. Correlacionado con la penúltima
CR E	1937	207	84	210285,61	9148509,19	falla secundaria
CR E	1937	117	83	210287,62	9148505,50	paralela a falla principal
CR W	1937	345	75	210046,08	9148171,74	Falla con venillas de cz cajas alt.clor-sert 0.15 m.
CR W	1937	130	80	210030,10	9148168,76	falla soldada sert
CR W	1937	10	40	209999,32	9148170,35	posible dique aplítico con formacion de veta, cz, hialino y venillas de clor.
CR W	1937	50	74	209983,69	9148174,12	falla de posible mov. Sinstral ligeramente sert-sold
CR W	1937	110	74	209982,79	9148170,61	falla sold-sert
CR W	1937	315	73	209972,80	9148174,19	falla angosta sert
CR W	1937	30	73	209970,58	9148171,17	falla angosta sert
CR W	1937	220	73	209967,20	9148171,12	falla angosta sert
CR W	1937	40	82	209964,32	9148171,09	falla angosta sert. Buzamiento varia al otro hastial a 69°
CR W	1937	215	86	209964,40	9148174,62	Estructura sert. Pot. 0.07m
CR W	1937	285	85	209960,25	9148171,62	Falla soldada sert.
CR W	1937	40	90	209960,24	9148174,68	falla-fractura??, sert
CR W	1937	217	88	209954,58	9148175,21	falla-fractura??, sert
CR W	1937	80	89	209948,84	9148171,39	falla clor. 0.03m
CR W	1937	204	80	209938,33	9148175,65	falla con lentes de cz, clor-hematita
CR W	1937	115	60	209920,79	9148172,91	falla con epidota, pot. 0.03m
CR W	1937	195	60	209914,32	9148177,10	falla rellena de cac, Clor. Alt. Sert. Pot. 0.02m
CR W	1937	108	75	209916,38	9148180,72	falla-fractura?? Sert
CR W	1937	300	76	209914,61	9148191,59	falla soldada clor.
CR W	1937	228	68	209908,59	9148201,75	falla soldada
SN 8175 N	1907	360	85	210265,69	9148196,98	falla sinstral centimétrico
SN 8175 N	1907	45	68	210203,25	9148234,50	fractura-falla?
SN 8175 N	1907	122	74	210198,31	9148235,00	falla soldada
SN 8175 N	1907	235	84	210194,47	9148232,17	fractura de cz hialino
SN 8175 N	1907	44	80	210193,43	9148232,45	fractura
SN 8175 N	1907	261	72	210186,49	9148238,85	falla
SN 8175 N	1907	90	80	210189,13	9148239,72	falla lig. Sinstral
SN 8175 N	1907	90	50	210187,54	9148244,28	falla anterior
SN 8175 N	1907	345	35	210182,72	9148252,24	estructuras reactivadas sert
SN 8175 N	1907	140	70	210181,10	9148252,71	estructuras reactivadas sert
SN 8175 N	1907	180	60	210146,47	9148279,54	falla-fractura?
SN 8175 N	1907	70	76	210134,70	9148287,46	Venillas clor-sert centimétricas
SN 8175 N	1907	80	40	210133,87	9148288,36	Venillas clor-sert centimétricas
SN 8175 N	1907	90	70	210133,27	9148288,93	Venillas clor-sert centimétricas
SN 8175 N	1907	100	81	210131,18	9148296,71	Falla-fractura? Sert
SN 8175 N	1907	40	52	210110,14	9148308,46	estructura paralela a la veta sert.
SN 8175 N	1907	350	75	210100,71	9148314,61	falla-fract sert anteriores del piso
SN 8175 N	1907	210	55	210093,14	9148315,48	falla anterior
SN 8175 N	1907	40	82	210086,74	9148317,63	falla sert, que cruza la veta no se ve gran movimiento, venillas // de SERT. que nacen de la falla
SN 8175 N	1907	190	85	210062,39	9148330,74	falla ligeramente sert
CR SW	1937	310	25	209985,61	9148419,77	Familia de diaclasas
CR SW	1937	360	90	209983,71	9148418,98	fractura subvertical que cruza toda la cortada
CR SW	1937	196	67	209983,52	9148413,95	Fractura cortada por la anterior
CR SW	1937	195	76	209969,85	9148413,03	Fracturas milimétricas relacionadas a diaclasas
CR SW	1937	204	79	209967,23	9148412,25	Fracturas milimétricas relacionadas a diaclasas
CR SW	1937	345	40	209965,60	9148408,03	fracturas milimétricas
CR SW	1937	123	69	209960,90	9148409,87	fractura milimétrica
CR SW	1937	270	82	209946,84	9148401,54	fractura milimétrica cloritizada
CR SW	1937	91	79	209938,50	9148402,29	Fractura relacionada a 270°82°
CR SW	1937	197	90	209933,59	9148400,46	Fracturas posteriores sub paralelas
CR SW	1937	195	90	209931,44	9148400,02	Fracturas posteriores sub paralelas
CR SW	1937	103	74	209827,42	9148394,80	fracturas pertenecientes a una familia de diaclasas
CR SW	1937	103	79	209822,70	9148393,25	Familia de diaclasas

LABOR	NIVEL	AZIMUT	BUZAMIENTO	ESTE	NORTE	DESCRIPCION
CR SW	1937	170	54	209920,35	9148392,55	fracturas centimétricas, ligeramente clort.
CR SW	1937	190	80	209917,34	9148381,40	Fractura (sistemas de fracturas?)
CR SW	1937	40	89	209911,95	9148393,10	Fracturas antiguas
CR SW	1937	11	74	209908,35	9148387,91	Fractura centimétrica
CR SW	1937	35	75	209906,54	9148391,09	Fractura asociada a zona de falla
CR SW	1937	212	70	209903,17	9148389,90	Fractura relacionada a falla 22°/81°
CR SW	1937	130	78	209901,12	9148389,08	Familia de diaclasas cortadas por fractura 210°/70°
CR SW	1937	34	74	209893,29	9148388,25	Fractura fresca
CR SW	1937	190	74	209890,45	9148385,62	Fractura cortada por la anterior
CR SW	1937	355	75	209887,41	9148379,31	Fractura
CR SW	1937	23	80	209886,16	9148385,34	Fractura SERT
CR SW	1937	16	79	209876,23	9148376,79	Fractura Cloritizada Crn.
CR SW	1937	205	81	209875,43	9148378,58	Fractura Cloritizada Crn. Con fracturas secundarias tangenciales
CR SW	1937	27	78	209872,79	9148378,94	Fractura Cloritizada Crn. Asociada a falla sert
CR SW	1937	18	75	209871,88	9148378,62	Fractura Cloritizada Crn. Asociada a falla sert
CR SW	1937	25	90	209854,04	9148368,74	Fracturas
CR SW	1937	2	79	209853,81	9148368,58	Fracturas
CR SW	1937	14	79	209852,38	9148368,39	Fracturas
CR SW	1937	380	73	209848,14	9148370,42	Fractura lg. Sert
CR SW	1937	358	84	209834,03	9148365,53	Fractura
CR SW	1937	216	83	209830,82	9148363,89	Fractura
CR SW	1937	324	44	209822,45	9148361,28	Familia de diaclasas
CR SW	1937	12	73	209816,45	9148359,13	fractura
CR SW	1937	36	72	209809,96	9148352,93	fractura
CR SW	1937	50	90	209809,33	9148354,70	fractura
CR NW	1937	240	51	210062,29	9148377,28	Fractura
CR NW	1937	335	40	210062,43	9148381,65	Familia de diaclasa
CR NW	1937	360	32	210059,57	9148383,63	Fractura sert.
CR NW	1937	125	10	210058,91	9148381,23	Estructura inversa sericitizada
CR NW	1937	214	85	210058,58	9148384,30	Familia de diaclasas
CR NW	1937	210	65	210052,74	9148387,88	fracturas
CR NW	1937	27	58	210050,54	9148388,94	fracturas
CR NW	1937	99	90	210050,12	9148389,22	fracturas
CR NW	1937	55	67	210048,69	9148390,21	fracturas
CR NW	1937	10	77	210047,81	9148390,81	fracturas
CR NW	1937	360	90	210045,29	9148392,57	fractura relacionada a falla
CR NW	1937	80	76	210043,28	9148390,15	familia de diaclasa
CR NW	1937	25	69	210042,72	9148394,27	fractura
CR NW	1937	175	79	210040,60	9148395,56	fractura
CR NW	1937	40	88	210039,40	9148396,50	familia de diaclasa
CR NW	1937	180	19	210037,73	9148397,40	familia de diaclasa
CR NW	1937	360	72	210019,55	9148409,00	familia de diaclasa
CR NW	1937	18	67	210015,63	9148411,27	fractura
CR NW	1937	37	71	210013,60	9148412,79	Fractura
CR NW	1937	358	90	210004,25	9148418,90	familia de diaclasas verticales
CR NW	1937	38	76	210002,34	9148419,91	familia de diaclasa
CR NW	1937	348	68	210000,53	9148421,00	fractura
CR NW	1937	315	47	209999,39	9148421,69	familia de diaclasa
CR NW	1937	111	74	209998,55	9148422,29	familia de diaclasa
CR NW	1937	350	90	209997,87	9148422,89	familia de diaclasa
CR NW	1937	15	74	209988,53	9148428,49	fractura milimétrica.
CR NW	1937	35	80	209987,57	9148429,06	fractura milimétrica.
CR NW	1937	46	76	209981,47	9148429,14	fractura milimétrica
CR NW	1937	360	48	209982,31	9148432,72	familia de diaclasa
CR NW	1937	220	58	209979,25	9148434,78	Asociada a sistema de diaclasas
CR NW	1937	342	55	209975,66	9148436,76	Fractura posterior
CR NW	1937	200	39	209973,44	9148438,17	Zona de fracturas SERT. En zona de xenolitos, posible desplazamiento
CR NW	1937	97	75	209967,28	9148442,02	fractura sert.
CR NW	1937	99	55	209961,43	9148441,90	familia de diaclasa
CR NW	1937	190	78	209959,47	9148443,32	fractura clort.sert.
CR NW	1937	90	73	209954,72	9148450,23	fractura
CR NW	1937	305	74	209943,10	9148453,69	fracturas
CR NW	1937	216	47	209946,65	9148456,75	fractura
CR NW	1937	350	65	209934,59	9148462,84	familia de diaclasas fracturas cloritizadas en monsograno
CR NW	1937	226	68	209928,41	9148466,82	fractura
CR NW	1937	30	66	209926,92	9148467,87	fractura clort. Posible dique angosto de hbda
CR NW	1937	40	70	209924,87	9148468,94	fractura clort. Posible dique angosto de hbda
CR NW	1937	5	60	209919,80	9148472,00	fractura
CR NW	1937	20	80	209902,00	9148482,61	fractura
CR NW	1937	30	78	209898,80	9148482,65	fracturas
CR NW	1937	20	84	209897,29	9148479,26	fractura
CR NW	1937	211	75	209894,12	9148479,54	fractura
CR NW	1937	222	68	209891,59	9148479,86	fractura-falla con 0.10m de hematita
CR NW	1937	220	73	209882,96	9148483,51	Fractura rellena con calcita
CR NW	1937	220	76	209876,42	9148480,73	fracturas a diaclasa
CR NW	1937	35	69	209871,22	9148481,04	fracturas a diaclasa
CR NW	1937	214	67	209870,12	9148481,14	fracturas a diaclasa

LABOR	NIVEL	AZIMUT	BUZAMIENTO	ESTE	NORTE	DESCRIPCION
CR NW	1937	46	71	209867,59	9148484,70	fractura
CR NW	1937	53	74	209856,99	9148481,87	fractura
CR NW	1937	14	65	209856,39	9148481,90	fractura, sert con mariposita
CR E	1937	32	34	210192,59	9148507,83	familia de diaclasa
CR E	1937	180	80	210225,93	9148505,36	Familia de diaclasa
CR E	1937	52	80	210225,52	9148508,45	fractura
CR E	1937	45	82	210228,36	9148508,71	fractura
CR E	1937	332	50	210233,41	9148504,56	fractura
CR E	1937	49	78	210244,58	9148504,79	familia de diaclasa
CR E	1937	340	35	210252,42	9148508,87	fractura rellena de hematita
CR E	1937	114	64	210254,01	9148508,83	familia de diaclasa
CR E	1937	210	88	210254,89	9148508,80	familia de diaclasa
CR E	1937	114	84	210255,83	9148505,51	fractura
CR E	1937	167	64	210258,63	9148505,24	fractura
CR E	1937	151	74	210261,34	9148505,41	fractura
CR E	1937	178	80	210263,53	9148505,41	fractura
CR E	1937	360	84	210285,04	9148505,41	fractura
CR E	1937	324	38	210286,38	9148505,45	fractura
CR E	1937	5	85	210271,77	9148505,89	fractura
CR E	1937	70	75	210273,18	9148505,58	fractura
CR E	1937	115	85	210281,63	9148505,68	fractura paralela a falla principal
CR E	1937	195	76	210288,72	9148509,11	fractura
CR E	1937	183	77	210297,58	9148509,19	familia de diaclasa
CR W	1937	140	89	210053,95	9148171,52	familia de diaclasa
CR W	1937	318	65	210051,14	9148171,79	familia de diaclasa
CR W	1937	152	89	210041,76	9148171,79	fractura
CR W	1937	31	12	210036,49	9148168,74	fractura
CR W	1937	295	23	210032,17	9148172,28	fractura, clort-sert
CR W	1937	180	90	210008,26	9148173,14	fractura
CR W	1937	22	85	210001,24	9148170,38	fractura
CR W	1937	330	40	209986,11	9148174,11	familia de diaclasa
CR W	1937	47	80	209978,22	9148174,34	familia de diaclasa
CR W	1937	320	43	209975,63	9148174,18	familia de diaclasa
CR W	1937	185	67	209962,31	9148174,66	fractura
CR W	1937	220	78	209954,85	9148171,60	fractura
CR W	1937	314	20	209947,85	9148175,01	Familia de fracturas relacionadas a las fallas
CR W	1937	330	86	209944,67	9148175,15	fractura
CR W	1937	115	80	209933,65	9148175,92	fractura
CR W	1937	85	45	209918,79	9148177,41	fractura
CR W	1937	55	48	209915,14	9148184,97	farctura
CR W	1937	105	65	209914,79	9148188,77	fractura
CR W	1937	315	42	209914,28	9148195,13	contacto
CR W	1937	50	32	209914,13	9148196,02	familia de diaclasa
SN 8175 N	1907	120	85	210258,87	9148194,56	fractura
SN 8175 N	1907	135	75	210221,10	9148223,12	fractura
SN 8175 N	1907	210	76	210212,58	9148228,00	familia de diaclasa
SN 8175 N	1907	40	70	210210,10	9148230,85	fractura
SN 8175 N	1907	200	88	210208,88	9148232,25	fractura
SN 8175 N	1907	270	35	210206,60	9148229,89	fractura
SN 8175 N	1907	335	26	210199,49	9148234,68	familia de diaclasa
SN 8175 N	1907	180	90	210195,00	9148235,25	fractura
SN 8175 N	1907	90	50	210188,10	9148236,14	fractura-falla?
SN 8175 N	1907	240	50	210187,25	9148237,27	fractura-falla?
SN 8175 N	1907	30	70	210155,49	9148273,95	fractura
SN 8175 N	1907	50	84	210151,13	9148279,50	familia de diaclasa
SN 8175 N	1907	360	75	210088,33	9148319,63	fractura secundaria relacionada a falla
SN 8175 N	1907	330	45	210068,85	9148329,03	fractura
SN 8175 N	1907	340	55	210061,48	9148331,09	familia de diaclasa
SN 8175 N	1907	210	75	210054,23	9148332,25	fractura
SN 8175 N	1907	220	70	210051,91	9148332,71	fractura
CR W	1937	320	15	210054,27	9148171,49	Vetilla, con alteracion sert al piso de 0.35 m. Y al techo de 0.40m
CR W	1937	160	78	210048,09	9148168,07	cambio de buzamiento al otro hastial 38°, Cz-pirita pot. 0.20m alt. Sert piso y techo
CR W	1937	312	44	210044,70	9148171,78	venilla de cz 0.03m alt. Sert
CR W	1937	290	28	210026,16	9148172,29	venillas de cz, cac alt, clort-sert halos de alteracion hacia las cajas de 0.15m.
CR W	1937	290	32	210010,82	9148173,14	estructura silf.
CR W	1937	295	32	210002,46	9148173,39	estructura silf.
CR W	1937	340	15	209994,64	9148170,54	Fractura- falla rellena de cz, venillas de clort, pot. 0.04m cajas sert.
CR W	1937	340	45	209952,71	9148171,85	estructura 0.05m, venillas de cz, clort. Alt. Sert al techo
CR W	1937	133	84	209954,58	9148175,21	falla secundaria sert.
CR W	1937	320	45	209949,66	9148171,46	veta de cz, clort. pot. 0.07m
CR W	1937	326	45	209939,83	9148175,53	estructura sert. Alt. 0.20m
SN 8175 N	1907	330	45	210274,06	9148197,85	Caja techo
SN 8175 N	1907	40	45	210247,31	9148202,87	Sistema de fracturas venillas perpendiculares a la veta
SN 8175 N	1907	340	40	210102,99	9148314,34	venillas de cz, que vienen del piso
CR SW	1937	152	71	209962,89	9148410,56	Dique aplítico 0.15 m.
CR SW	1937	139	85	209946,27	9148401,24	Dique aplítico 0.40 m.
CR NW	1937	168	59	209947,65	9148450,76	Dique aplítico pot. 0.13m

Anexo 4 Base de datos de las medidas estructurales en área de Consuelo

LABOR	NIVEL	AZIMUT	BUZAMIENTO	ESTE	NORTE	DESCRIPCION
CR N	2450	40	74	212000,06	9143604,76	Falla relacionada a la siguiente 42°/82
CR N	2450	42	82	212003,91	9143608,91	falla pot. 0.04m con vetilla de carbonatos
CR N	2450	230	76	212000,45	9143607,50	falla rellena de cz-cac, pot 0.33 m con py diss alt. Clort-sert, carbonatos posible mov. Dextral
CR N	2450	180	60	212004,07	9143615,48	estructura sert.
CR N	2450	287	45	212000,66	9143616,70	falla 0.04m de potencia con halo de alteracion de 0.20m sert
CR N	2450	282	65	212000,66	9143617,24	falla secundaria
CR N	2450	234	76	212000,38	9143619,19	Falla fractura centimetrica de segundo orden
CR N	2450	280	75	212000,46	9143621,19	falla fractura??
CR N	2450	80	70	212000,58	9143627,34	falla secundaria centimetrica
CR N	2450	240	80	212000,58	9143627,59	falla secundaria centimetrica
CR N	2450	305	74	212004,08	9143633,10	falla principal perejil pot. 0.40 m. Zona de alteracion, contacto piso una pelicula de py
CR N	2450	275	88	212004,12	9143634,92	falla rellena de clor. Pot. 0.07m cz gris, hematita- posibl microdiorita dike
CR N	2450	112	78	212004,08	9143635,71	falla Pot. 0.05m alt. Sert posible dique aplítico
CR N	2450	289	90	212003,90	9143637,44	falla angosta rellena de cz-cac, clort.
CR N	2450	120	70	212003,73	9143638,31	falla angosta rellena de cz-cac, clort.
CR N	2450	256	85	212003,42	9143642,14	falla lg. Sert secundaria
CR N	2450	216	80	212000,58	9143643,10	falla Sert, clort, cac
CR N	2450	230	62	212003,59	9143643,61	falla secundaria pot. 0.07 m, clo, sert y py gruesa-
CR N	2450	320	84	212003,76	9143644,71	falla
CR N	2450	300	69	212003,82	9143645,20	falla pot. 0.05 m. Cac, cz, py- alt ser a las cajas
CR N	2450	80	42	212003,85	9143645,68	falla
CR N	2450	122	72	212003,85	9143646,88	falla
CR N	2450	128	49	212000,70	9143651,51	falla inversa pot. 0.08m cac, clo, cz-sert
CR N	2450	120	78	212000,44	9143655,12	falla angosta paralela a falla principal
CR N	2450	299	75	212003,97	9143654,57	falla pot. 0.10 m sert. Con 3 fallas paralelas cercanas
CR N	2450	80	45	212003,81	9143661,95	falla asociada a zona de fracturas
CR N	2450	305	50	212003,98	9143668,46	falla sert, cac
CR N	2450	285	85	212004,03	9143668,98	falla soldada sert, cac, cz
CR N	2450	295	84	212004,25	9143677,88	Falla soldada hacia las cajas cz, cac, venillas de sert, pot. 0.28m
CR N	2450	90	90	212000,37	9143684,34	Fractura falla pot de alteracion 0.10m hacia las cajas clort.
CR N	2450	75	80	212004,44	9143698,09	falla rellena de cz, cac, pot. 0.04m, en zona de ligera alteracion
CR N	2450	58	78	212004,43	9143700,03	falla sert, clort, cz, cac, estrias subhorizontales alteracion hacia las cajas
CR N	2450	48	80	212003,74	9143710,81	falla-fractura rellena de cz, cac en lentes milimetricos
CR N	2450	125	55	212000,82	9143714,55	fract-falla ser pot. De alteracion 0.10m.
CR N	2450	98	80	212003,87	9143714,91	falla centimetrica con lentes aislados de cz-cac, cajas sert a 0.10m.
CR N	2450	160	42	212004,05	9143718,07	falla-fractura??
CR N	2450	302	85	212004,14	9143719,66	Falla-fractura sert, clort, alteracion de las cjas hasta 0.10m.
CR N	2450	230	78	212004,24	9143732,92	falla rellena sert-clor
CR N	2450	80	74	212004,30	9143734,01	falla pot. 0.04m panizo verdoso
CR N	2450	45	65	212004,48	9143739,03	falla soldada ligeramente sert
CR N	2450	280	78	212004,22	9143746,53	falla
CR N	2450	40	70	212004,02	9143755,42	falla soldada con estrias subhorizontales
CR N	2450	260	75	212003,97	9143757,55	falla asociada a horblendita fina? (pot. Dique 0.24 m)
CR N	2450	245	85	212003,97	9143758,36	falla con sistema de fracturas paralelas
CR N	2450	100	83	212004,00	9143761,82	falla soldada
CR N	2450	260	82	212004,70	9143771,43	falla clort, rellena de venillas de cz-cac
CR N	2450	255	50	212004,88	9143772,41	falla clort, rellena de venillas de cz-cac
CR N	2450	313	55	212004,81	9143774,45	falla con potencia de alteracion 0.32 m. Tambien fracturas paralelas a la falla rellenas de cz-cac
CR N	2450	325	63	212000,91	9143778,08	falla asociada a anterior
CR N	2450	55	80	212004,60	9143810,94	Falla rellena de cac, pot. 0.07m. Clort. Caja sert estrias de movimiento sinexial
CR N	2450	230	75	212000,58	9143810,09	falla rellena de cac, zona de 0.20 m.
CR N	2450	65	75	212004,70	9143812,38	falla
CR N	2450	30	76	212004,57	9143813,75	Falla inversa
CR N	2450	220	60	212004,55	9143813,99	falla con panizo verdoso, rellena de cac clort, estrias subverticales
CR N	2450	305	75	212000,88	9143826,50	falla asociado a dique andesitico con py diss y sert, pot. 0.05m
CR N	2450	240	75	212000,88	9143827,19	falla con movimiento sinexial y dextral clort, pot.0.22m
CR N	2450	120	67	212004,87	9143844,17	Falla-fractura centimetrica rellena de clort, venillas de cz, cac,
CR N	2450	285	80	212001,30	9143849,96	falla pronunciada
CR N	2450	225	71	212004,78	9143853,25	falla con venillas de cz, cac, chol, ep, al piso sert-clort
CR N	2450	282	60	212004,73	9143854,28	falla de mov. Inverso. Estrias py diss
CR N	2450	220	89	212004,77	9143854,85	venilla de cz-cac
CR N	2450	220	78	212001,11	9143857,70	fractura falla
CR N	2450	55	77	212000,99	9143861,26	Falla principal con panizo verdoso de 0.30 m. Cajas chol-sert
CR N	2450	215	65	212004,80	9143863,61	falla asociada a principal
CR NW	2450	130	51	211991,00	9143759,61	estructura sert
CR NW	2450	207	78	211991,71	9143765,71	falla
CR NW	2450	98	79	211987,89	9143763,07	falla soldada, sert. Ep, cac, pot. 0.02m
CR NW	2450	260	82	211986,81	9143769,74	falla sert.
CR NW	2450	73	74	211985,82	9143770,20	falla asociada a sistemas paralelos
CR NW	2450	30	70	211981,34	9143773,64	falla clort, asociado a posible dique de horblendita pot 0.14 m.
CR NW	2450	260	80	211974,50	9143773,81	Falla clort. Pot. 0.27m posible dique horblendita
CR NW	2450	18	66	211974,05	9143774,39	falla dique clort.
CR NW	2450	180	75	211972,58	9143781,23	Falla, clort, cz-cac
CR NW	2450	220	85	211967,28	9143785,76	falla soldada sert.

LABOR	NIVEL	AZIMUT	BUZAMIENTO	ESTE	NORTE	DESCRIPCION
CR NW	2450	215	80	211985,21	9143767,42	falla pot. 0.20m Sert-Clor de alteracion
CR NW	2450	245	72	211964,46	9143788,12	Falla
CR NW	2450	15	78	211961,80	9143790,03	falla milimetrica
CR NW	2450	20	78	211959,16	9143792,15	falla con alt. Clor-sert pot. 0.10m
CR NW	2450	16	72	211955,29	9143790,83	falla clor.sert pot alt. 0.10m
CR NW	2450	185	70	211949,12	9143800,81	falla soldada clor-sert.
CR NW	2450	10	70	211945,75	9143803,82	falla Sert-clor con espejo de falla mov. Inverso
CR NW	2450	45	77	211945,15	9143804,12	falla-fract? Sert.
CR NW	2450	70	84	211934,45	9143813,92	falla-fractura falla soldada? Lig. Sert
CR NW	2450	77	60	211922,43	9143823,58	Falla soldada?
CR NW	2450	68	80	211907,78	9143825,93	falla-fractura soldada clor.
CR NW	2450	85	82	211904,28	9143831,97	falla soldada clor.
CR NW	2450	45	89	211898,84	9143834,08	probable falla soldada
CR NW	2450	15	42	211895,17	9143831,47	falla
CR NW	2450	280	70	211891,70	9143832,70	falla sert.
CR NW	2450	180	65	211882,37	9143837,90	verilla relacionada a la penultima
CR NW	2450	333	55	211889,01	9143847,84	falla soldada
CR NW	2450	295	72	211882,91	9143850,47	fractura lig. sert
CR NW	2450	333	70	211860,56	9143851,33	falla asociada a familia de fracturas
CR NW	2450	125	80	211834,32	9143857,23	falla rellena de venillas de cz-cac alt. Sert
CR NW	2450	300	80	211833,25	9143856,25	falla rellena de venillas de cz-cac alt. Sert
CR NW	2450	205	80	211832,40	9143863,63	falla-fractura rellena de venillas de cz- hematita, granate diss?
CR NW	2450	20	89	211827,84	9143853,49	falla con panizo verdoso venillas de cz, py pot. 0.02m tramo de alteracion muy fuerte
CR NW	2450	205	65	211820,83	9143864,12	falla soldada
CR NW	2450	220	85	211818,70	9143870,08	fractura
CR NW	2450	115	62	211815,51	9143866,76	fractura techo?? Sert
CR NW	2450	248	30	211801,47	9143877,53	falla milimetrica sert.
CR N	2450	132	84	212003,98	9143607,39	fractura
CR N	2450	240	50	212003,69	9143626,01	familia de diaclasas
CR N	2450	240	50	212003,72	9143625,27	familia de diaclasas
CR N	2450	52	70	212003,70	9143626,65	familia de diaclasas
CR N	2450	52	70	212003,63	9143625,91	familia de diaclasas
CR N	2450	52	70	212003,72	9143627,61	familia de diaclasas
CR N	2450	242	70	212000,68	9143634,70	familia de diaclasa asociada a falla perejil
CR N	2450	242	70	212000,82	9143633,65	familia de diaclasa asociada a falla perejil
CR N	2450	242	70	212000,76	9143634,21	familia de diaclasa asociada a falla perejil
CR N	2450	242	70	212000,79	9143634,72	familia de diaclasa asociada a falla perejil
CR N	2450	49	45	212004,13	9143634,38	familia de diaclasa asociada a falla perejil
CR N	2450	49	45	212004,08	9143634,33	familia de diaclasa asociada a falla perejil
CR N	2450	51	90	212004,03	9143636,75	fractura
CR N	2450	141	78	212003,48	9143639,84	fractura sert
CR N	2450	90	80	212000,13	9143640,07	falla que se correlaciona con la siguiente
CR N	2450	272	78	212003,47	9143640,08	falla que se correlaciona con la anterior pero con diferente buzamiento
CR N	2450	105	90	212000,60	9143653,50	fractura
CR N	2450	180	80	212000,66	9143646,82	fractura
CR N	2450	88	49	212004,06	9143654,99	Familia de diaclasa
CR N	2450	88	49	212003,99	9143655,05	Familia de diaclasa
CR N	2450	88	49	212004,02	9143655,49	Familia de diaclasa
CR N	2450	85	88	212003,62	9143658,47	fractura sert
CR N	2450	90	88	212003,72	9143659,83	fractura sert posible dique aplítico
CR N	2450	260	82	212003,92	9143672,11	Fractura lig. Sert
CR N	2450	270	80	212003,93	9143674,49	Fractura lig. Sert
CR N	2450	80	90	212003,77	9143680,32	fractura asociada a falla sert
CR N	2450	80	90	212003,75	9143680,75	fractura asociada a falla sert
CR N	2450	80	90	212003,75	9143661,10	fractura asociada a falla sert
CR N	2450	80	90	212003,77	9143661,36	fractura asociada a falla sert
CR N	2450	90	45	212004,23	9143679,11	familia de diaclasas
CR N	2450	90	45	212004,25	9143678,71	familia de diaclasas
CR N	2450	90	45	212004,25	9143678,31	familia de diaclasas
CR N	2450	90	45	212004,25	9143677,98	familia de diaclasas
CR N	2450	66	90	212004,18	9143679,13	fractura, cz, fushita
CR N	2450	82	70	211998,82	9143701,77	fracturas, rellena de cz, cac, sert
CR N	2450	225	82	212004,79	9143702,87	fracturas
CR N	2450	30	20	212004,47	9143704,00	fracturas
CR N	2450	260	73	212003,78	9143713,28	fractura clor, posible horblendita clor.
CR N	2450	260	65	212004,12	9143717,82	fractura rellena de cz-cac asociado a posible dique
CR N	2450	250	90	212004,33	9143723,35	familia de diaclasas
CR N	2450	250	90	212004,30	9143722,88	familia de diaclasas
CR N	2450	250	90	212004,30	9143722,33	familia de diaclasas
CR N	2450	250	90	212004,30	9143721,90	familia de diaclasas
CR N	2450	250	90	212004,24	9143721,53	familia de diaclasas
CR N	2450	258	80	212004,37	9143724,14	fractura lig.sert posible dique centimetrico de horblendita 0.10m
CR N	2450	223	82	212000,60	9143724,25	fractura
CR N	2450	75	77	212000,70	9143727,27	fractura en dique de horblendita

LABOR	NIVEL	AZIMUT	BUZAMIENTO	ESTE	NORTE	DESCRIPCION
CR N	2450	105	85	212004,46	9143737,08	familia de diaclass algunas fracturas clort
CR N	2450	105	85	212004,43	9143736,55	familia de diaclass algunas fracturas clort
CR N	2450	105	85	212004,46	9143736,04	familia de diaclass algunas fracturas clort
CR N	2450	105	85	212004,46	9143735,56	familia de diaclass algunas fracturas clort
CR N	2450	105	85	212004,43	9143735,11	familia de diaclass algunas fracturas clort
CR N	2450	105	85	212004,38	9143734,68	familia de diaclass algunas fracturas clort
CR N	2450	105	86	212000,87	9143739,10	fractura clort-sert
CR N	2450	245	78	212004,35	9143741,32	fractura
CR N	2450	283	76	212000,75	9143740,54	fractura
CR N	2450	120	40	212004,14	9143743,56	fractura-falla 0.02m sert.
CR N	2450	240	80	212004,15	9143748,62	Zona de fracturas soldadas con cac.
CR N	2450	250	85	212003,72	9143752,45	fractura asociada a falla sert
CR N	2450	60	70	212004,00	9143755,92	Fractura cz-sert pot 0.03m.
CR N	2450	245	85	212003,98	9143758,92	fracturas paralela a falla principal
CR N	2450	245	85	212003,98	9143759,37	fracturas paralela a falla principal
CR N	2450	245	85	212004,03	9143759,75	fracturas paralela a falla principal
CR N	2450	245	85	212004,00	9143760,23	fracturas paralela a falla principal
CR N	2450	245	85	212004,00	9143760,57	fracturas paralela a falla principal
CR N	2450	57	90	212000,68	9143786,90	fractura sert
CR N	2450	200	70	212000,83	9143769,24	fractura rellena de cz-cac centimetrico
CR N	2450	280	50	212004,87	9143772,02	Familia de diaclass
CR N	2450	280	50	212004,64	9143772,44	Familia de diaclass
CR N	2450	280	50	212004,64	9143772,80	Familia de diaclass
CR N	2450	280	50	212004,67	9143773,43	Familia de diaclass
CR N	2450	325	55	212004,94	9143775,20	fractura paralela a falla principal
CR N	2450	325	55	212004,99	9143776,11	fractura paralela a falla principal
CR N	2450	224	73	212000,81	9143780,33	fractura
CR N	2450	322	75	212004,35	9143784,41	familia de diaclass fracturas sert.
CR N	2450	322	90	212004,22	9143783,39	familia de diaclass fracturas sert.
CR N	2450	322	90	212004,54	9143785,39	familia de diaclass fracturas sert.
CR N	2450	314	72	212004,46	9143787,37	familia de diclas
CR N	2450	314	72	212004,46	9143788,45	familia de diclas
CR N	2450	314	50	212004,33	9143789,57	familia de diclas
CR N	2450	214	82	212004,38	9143798,68	Familia de diaclass
CR N	2450	214	82	212004,51	9143802,04	Familia de diaclass
CR N	2450	150	65	212000,91	9143815,88	fracturas milimetricas con carbonatos
CR N	2450	295	65	212004,56	9143817,20	fracturas milimetricas con carbonatos
CR N	2450	230	80	212004,61	9143818,01	fractura
CR N	2450	230	79	212001,09	9143819,46	fractura
CR N	2450	315	60	212000,95	9143829,71	familia de diaclass
CR N	2450	300	60	212004,85	9143833,43	familia de diaclass
CR N	2450	300	60	212004,94	9143832,59	familia de diaclass
CR N	2450	40	76	212004,91	9143838,87	fractura
CR N	2450	165	78	212004,87	9143839,47	fractura
CR N	2450	220	70	212001,16	9143843,17	fractura
CR N	2450	113	30	212004,87	9143843,93	fractura paralela a falla principal
CR N	2450	302	52	212004,98	9143846,30	fractura rellena de cz, cac, clort, py- alt. Sert
CR N	2450	298	55	212004,86	9143847,50	fractura
CR N	2450	220	82	212004,64	9143849,72	familia de diaclass
CR N	2450	220	82	212004,80	9143848,51	familia de diaclass
CR N	2450	220	82	212004,78	9143848,45	familia de diaclass
CR N	2450	220	82	212004,78	9143848,85	familia de diaclass
CR N	2450	220	82	212004,70	9143849,29	familia de diaclass
CR N	2450	315	65	212001,24	9143855,53	familia de diaclass
CR N	2450	315	65	212001,30	9143851,37	familia de diaclass
CR N	2450	315	65	212001,33	9143852,22	familia de diaclass
CR N	2450	315	65	212001,25	9143854,75	familia de diaclass
CR N	2450	315	65	212001,27	9143856,35	familia de diaclass
CR N	2450	315	65	212001,22	9143857,18	familia de diaclass
CR N	2450	315	65	212001,35	9143857,87	familia de diaclass
CR NW	2450	260	80	211989,83	9143761,45	fractura
CR NW	2450	266	45	211986,85	9143763,89	fractura paralelas asociada a falla
CR NW	2450	222	78	211989,15	9143767,52	fractura
CR NW	2450	230	79	211988,01	9143768,36	fractura
CR NW	2450	225	76	211984,52	9143771,13	Fractura clort-sert, carbonatos, pot. 0.07m
CR NW	2450	115	80	211977,54	9143771,85	Fractura
CR NW	2450	74	78	211974,56	9143779,49	familia de diaclass
CR NW	2450	74	78	211975,11	9143779,06	familia de diaclass
CR NW	2450	240	42	211974,00	9143779,97	fractura clor. Cz- clort, sert.
CR NW	2450	230	70	211985,45	9143784,43	familia de diaclass
CR NW	2450	230	70	211989,54	9143783,51	familia de diaclass
CR NW	2450	230	70	211985,27	9143783,77	familia de diaclass
CR NW	2450	230	70	211968,95	9143783,09	familia de diaclass
CR NW	2450	237	65	211968,01	9143785,03	familia de diaclass
CR NW	2450	237	65	211967,77	9143785,21	familia de diaclass

LABOR	NIVEL	AZIMUT	BUZAMIENTO	ESTE	NORTE	DESCRIPCION
CR NW	2450	5	45	211965,34	9143787,30	fractura sert
CR NW	2450	235	56	211963,15	9143789,07	familia de fracturas
CR NW	2450	235	56	211963,81	9143788,62	familia de fracturas
CR NW	2450	225	70	211948,19	9143801,63	fractura fuertemente sert.
CR NW	2450	60	35	211945,77	9143798,62	fractura sert-clort
CR NW	2450	240	75	211943,70	9143808,59	Dioclase
CR NW	2450	282	69	211941,22	9143808,14	fractura con venillas de cz-sert, clort
CR NW	2450	280	76	211936,89	9143811,40	fractura clor-sert
CR NW	2450	70	89	211936,34	9143812,11	fractura clor-sert
CR NW	2450	65	85	211925,09	9143821,31	familia de dioclases relacionada a falla
CR NW	2450	65	65	211924,80	9143821,68	familia de dioclases relacionada a falla
CR NW	2450	65	65	211924,34	9143822,08	familia de dioclases relacionada a falla
CR NW	2450	65	65	211923,89	9143822,40	familia de dioclases relacionada a falla
CR NW	2450	65	65	211923,49	9143822,67	familia de dioclases relacionada a falla
CR NW	2450	65	65	211923,19	9143823,02	familia de dioclases relacionada a falla
CR NW	2450	62	90	211921,74	9143824,04	fractura
CR NW	2450	10	80	211920,71	9143824,84	familia de dioclase
CR NW	2450	10	80	211920,65	9143824,81	familia de dioclase
CR NW	2450	10	80	211920,17	9143825,29	familia de dioclase
CR NW	2450	10	80	211919,40	9143825,80	familia de dioclase
CR NW	2450	38	78	211911,89	9143824,09	fractura clort.
CR NW	2450	68	90	211905,47	9143827,15	fractura dioclases asociadas a zona de falla
CR NW	2450	68	90	211912,26	9143828,34	fractura dioclases asociadas a zona de falla
CR NW	2450	68	90	211910,90	9143828,88	fractura dioclases asociadas a zona de falla
CR NW	2450	68	90	211909,38	9143829,52	fractura dioclases asociadas a zona de falla
CR NW	2450	68	90	211907,96	9143830,08	fractura dioclases asociadas a zona de falla
CR NW	2450	250	65	211903,71	9143832,23	fractura sert
CR NW	2450	55	45	211892,56	9143837,16	familia de dioclase
CR NW	2450	55	45	211892,21	9143837,29	familia de dioclase
CR NW	2450	55	45	211891,92	9143837,48	familia de dioclase
CR NW	2450	55	45	211891,49	9143837,58	familia de dioclase
CR NW	2450	200	75	211891,36	9143837,66	familia de dioclase
CR NW	2450	200	75	211892,37	9143837,21	familia de dioclase
CR NW	2450	200	75	211892,10	9143837,31	familia de dioclase
CR NW	2450	200	75	211891,81	9143837,50	familia de dioclase
CR NW	2450	270	74	211889,71	9143838,42	fractura?
CR NW	2450	230	72	211886,02	9143840,14	venilla de cz-cac, alt. Clort a fushita pot. 0.03m
CR NW	2450	188	64	211885,07	9143840,56	fractura
CR NW	2450	345	25	211881,14	9143842,29	fractura
CR NW	2450	215	84	211880,85	9143842,51	familia espaciada de dioclase
CR NW	2450	215	84	211878,61	9143843,41	familia espaciada de dioclase
CR NW	2450	245	56	211876,83	9143844,09	fractura-dioclase
CR NW	2450	333	55	211869,75	9143847,36	fracturas paralelas a falla siguiente
CR NW	2450	333	55	211870,64	9143847,03	fracturas paralelas a falla siguiente
CR NW	2450	333	55	211870,19	9143847,19	fracturas paralelas a falla siguiente
CR NW	2450	222	80	211856,39	9143853,23	familia de dioclase
CR NW	2450	222	80	211855,94	9143853,42	familia de dioclase
CR NW	2450	222	80	211855,40	9143853,61	familia de dioclase
CR NW	2450	225	80	211850,51	9143851,54	fractura
CR NW	2450	200	70	211850,12	9143851,74	fractura
CR NW	2450	215	75	211837,79	9143861,18	fractura sert
CR NW	2450	25	55	211823,37	9143862,99	fractura
CR NW	2450	205	68	211807,50	9143870,33	familia de dioclase
CR NW	2450	205	68	211810,88	9143868,95	familia de dioclase
CR NW	2450	205	68	211810,07	9143869,14	familia de dioclase
CR NW	2450	205	68	211808,90	9143869,51	familia de dioclase
CR NW	2450	205	68	211808,36	9143869,91	familia de dioclase
CR N	2450	7	40	212003,80	9143811,41	Estructura de cz, cac, chlo
CR N	2450	22	12	212000,85	9143816,06	estruc sert. Con lente de cz py
CR N	2450	20	55	212004,05	9143817,52	Estructura centimetrica rellena de cz, cac, py fina--
CR N	2450	12	40	212000,88	9143877,70	estrucura sert
CR N	2450	300	72	212001,28	9143839,88	falla veta pot. 0.04m rellena de cz, clor, venillas con py diss, cp, gn en fracturas
CR NW	2450	40	72	211944,22	9143799,95	falla. Pot. De la estructura 0.02m rellena de cz,cac y clort.
CR NW	2450	290	60	211942,24	9143807,03	Falla veta asos. a dique aplítico,vnillas de cz, (estrias 45 SE) pot. Varia de cm a 0.08m relleno de py
CR NW	2450	287	79	211931,78	9143810,69	Falla relacionada a la estructura anterior
CR NW	2450	95	60	211817,28	9143870,72	veta de cz-cac, py. Pot. 0.08m
CR NW	2450	120	67	211807,41	9143874,76	estructura sert con venillas de cz, clort, halo de alt. 0.15m
CR N	2450	315	70	212004,57	9143822,23	Dique andesitico
CR N	2450	305	75	212000,88	9143826,50	Dique andesitico crepiondiente a la anterior
CR N	2450	300	85	212001,23	9143840,57	Dique aplítico asociado a venillas de cz, py, clort. Alt. Sert-chol, pot. 0.12m
CR NW	2450	35	82	211905,43	9143831,39	dique de diorita
CR NW	2450	60	60	211875,59	9143844,83	Dique angosto de horbendita, pot 0.04m
CR NW	2450	60	75	211822,02	9143863,66	Vetilla de cz-sert, asociado a dique aplítico pot. 0.04m pot. 0.03m