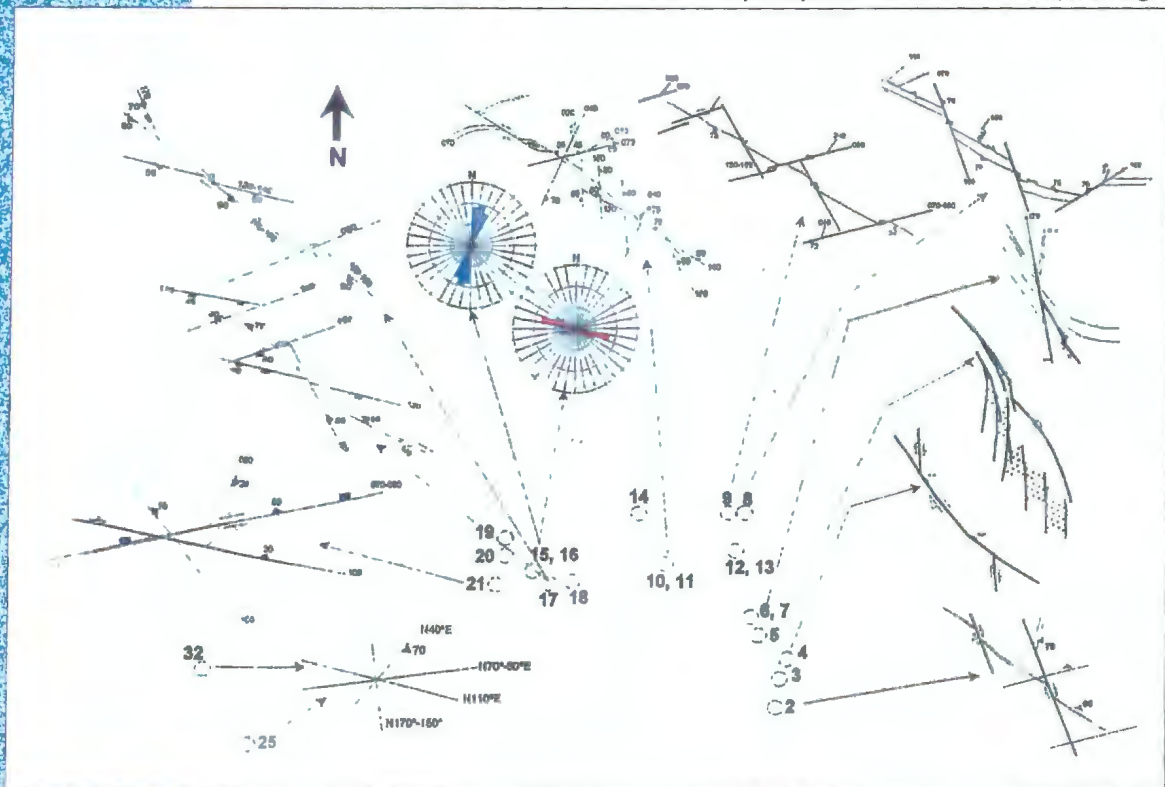


*Análisis geométrico y control estructural
de los depósitos minerales
en el Macizo Norpatagónico, Antefosa de Ñirihuau
y Faja Plegada Andica, Río Negro*

Pablo Gumiel

Esbozo Metalogénico-Estructural
con la cinemática de los principales sistemas filonianos, Río Negro





*Análisis geométrico y control estructural
de los depósitos minerales
en el Macizo Norpatagónico, Antefosa de
Ñirihuau
y Faja Plegada Andica, Río Negro*

Pablo Gumiel

SECRETARÍA DE ENERGÍA Y MINERÍA

Buenos Aires, 1998

Presidente del SEGEMAR
Ing. Hugo Nielson

Secretario Ejecutivo del SEGEMAR
Lic. Roberto F. N. Page

Director del Instituto de Geología y Recursos Minerales
Lic. José E. Mendía

SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO
INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES

Avenida Julio A. Roca 651 - 10° Piso
(C1067ABB) Buenos Aires
República Argentina

Es propiedad del Instituto de Geología y Recursos Minerales
Prohibida su reproducción

Introducción

Como resultado de la visita a la Provincia de Río Negro, Patagonia (Argentina), durante los días 14 a 22 de Abril de 1998, en la que se realizó una geotransversal, comenzando en Viedma, y visitando mineralizaciones en diferentes ambientes geológicos, en las unidades morfoestructurales del Macizo Norpatagónico, la Antefosa de Ñirihuau y la Faja Plegada Ándica, se ha elaborado este informe, en el que se expondrán de forma pormenorizada las características estructurales de los diferentes yacimientos visitados y su ambiente geológico. Así mismo, se esbozarán las posibilidades mineras de algunas áreas de posible interés, y la metodología de análisis geométrico de fracturas, basada en las propiedades de escalado fractal, que puede ser aplicada en algún yacimiento-tipo, y que puede ser útil, tanto para la discriminación de venas en depósitos metalíferos, como para la definición de bloques explotables en canteras de rocas ornamentales.

En este informe se van a resaltar, a priori, aquellos yacimientos o zonas con mayor potencial, que pueden ser susceptibles de una investigación de mayor detalle. Para lo cual, y en el caso de los depósitos metalíferos, tan solo se esbozan dichas áreas, aportando las ideas que hemos obtenido de la visita y en base a la información facilitada por los técnicos locales; en este caso, **Marcelo Dalponte**, delegado en Viedma del Servicio Geológico Argentino-Subsecretaría de Minería de la Nación.

Se visitaron 33 zonas (1 a 33 -*figura 1*-), incluyendo, yacimientos minerales, canteras de rocas ornamentales, o áreas con afloramientos geológicos de interés estructural o metalogénico. En cada yacimiento o grupo de indicios visitado, y dependiendo de las condiciones de los afloramientos, se realizó un levantamiento estructural, mediante esquemas (*figuras 2 a 22*), en los que se reflejan, orientaciones espaciales de fracturas y venas, la cinemática de las mismas y el control estructural de las mineralizaciones, así como cualquier dato de interés geológico. Estos esquemas se sintetizan en la *figura 23*, en un intento de esbozar un mapa esquemático metalogénico-estructural, de carácter sectorial, que a la vez que un mapa de control de mineralizaciones por fracturas, sirva como resúmen estructural, que aunque no definitivo, tenga un carácter de integración.

La toma de datos estructurales de fracturas se ha llevado a cabo enfatizando los criterios geométricos y cinemáticos, lo que justifica que aunque los terrenos y formaciones litológicas tengan distinta edad, los sistemas de fracturación muestran evidencias de herencia geológica. La geometría y cinemática de los mismos es similar y estructuras más modernas se desarrollan a favor de otras más antiguas que representan zonas de debilidad, existiendo por tanto claros fenómenos de reactivaciones en las fallas.

No obstante, la descripción de las áreas visitadas se realizará por dominios geoestructurales y por sustancias minerales, para finalmente, analizar las

posibilidades de mineralizaciones de oro de tipo epitermal en determinadas facies de ignimbritas en la zona de Los Menucos.

Así mismo, hay que resaltar un aspecto de interés de este informe, que es la aplicación de técnicas de análisis geométrico, que contemplan las propiedades de escalado *fractal* de los grupos de fracturas, y que pueden tener importantes implicaciones, tanto en la discriminación de grupos de venas mineralizadas en depósitos metalíferos, como para la definición de "bloque mínimo explotable" en canteras de rocas ornamentales, con objeto de racionalizar la extracción.

El último apartado es de gran interés desde el punto de vista de la neotectónica, que aunque se sale del campo de los depósitos metalíferos, el hallazgo de extraordinarios afloramientos de depósitos fluvio-glaciares afectados por una tectónica extensional a todas las escalas, permitiría emprender estudios de mayor detalle, basados en el análisis geométrico de las fallas, en particular los desplazamientos para calcular la extensión por métodos de integración.

Para la elaboración del informe se han consultado numerosos trabajos facilitados por M.Dalponte, entre los que cabe destacar los siguientes:

- Relatorio del IX Congreso Geológico Argentino (S.C. de Bariloche) en 1984
- Disertación de Juan Carlos Herrero en el Primer Encuentro de Inversores Mineros (Modelos Metalogénéticos de Río Negro, (Octubre 1996).
- Estudio de la Zona de Reserva "Distrito Plumbo-argento-cincífero Mina Gonzalito", Ministerio de Economía, Dirección de Minería, Provincia de Río Negro.
- Estudio Geológico de la Mina de Plomo, Zinc, Ag y Cobre "María", Dpto de Norquinco (Río Negro) por E.Greco y B.Perrabó (1973).
- Hojas Geológicas disponibles de las área visitadas, publicadas por el Servicio Geológico Nacional Argentino.

En la elaboración de este informe, y teniendo en cuenta las características de la visita, se ha obtado más que por resumir los datos de la bibliografía consultada, por exponer las observaciones realizadas sobre el terreno, enfatizando en nuevas metodologías de análisis geométrico que pueden ser aplicadas de forma útil y económica.

Por otra parte, este informe no pretende ser algo definitivo, sino más bien reflejar un conjunto de observaciones personales, puestas de forma ordenada y legible, ya que la premura de la estancia en el terreno, obligó en muchas ocasiones a pasar muy deprisa por los afloramientos, y a no poder obtener suficiente número de datos. No obstante, con lo visitado, que para el escaso número de días fue mucho, se ha elaborado este informe, cuyo objetivo principal es poner de manifiesto el potencial interés metalífero de algunas áreas y mostrar una metodología que contempla el análisis geométrico de fracturas, como una herramienta útil en el estudio de los yacimientos metalíferos de la zona, de las rocas de aplicación y en aspectos de neotectónica.

También hay que hacer constar que la escasez de tiempo obligó a visitar el área Cordillera con mucha rapidez, y ésta sin duda ofrece grandes posibilidades, y sería conveniente visitar en un futuro con mayor detenimiento.

Finalmente, el autor quedaría satisfecho si este informe sirviese para impulsar nuevos trabajos de investigación, que se plasmaran en futuras campañas, en las que se pudieran tomar mayor número de datos, completar otros ya empezados y abordar nuevos aspectos, concretamente en el campo de la neotectónica, y en definitiva, que sirviera también para potenciar la cooperación entre ambas instituciones de los dos países.

Colaboraciones

En primer lugar, a **Marcelo Dalponte**, delegado en Viedma del Servicio Geológico Argentino-Subsecretaría de Minería de la Nación, al que desde aquí agradezco su colaboración y valiosa información, ya que sin él no hubiera sido posible realizar el itinerario que se hizo, y a quién debo un conocimiento básico de la geología de Río Negro y muchas cosas más que me enseñó de la Patagonia.

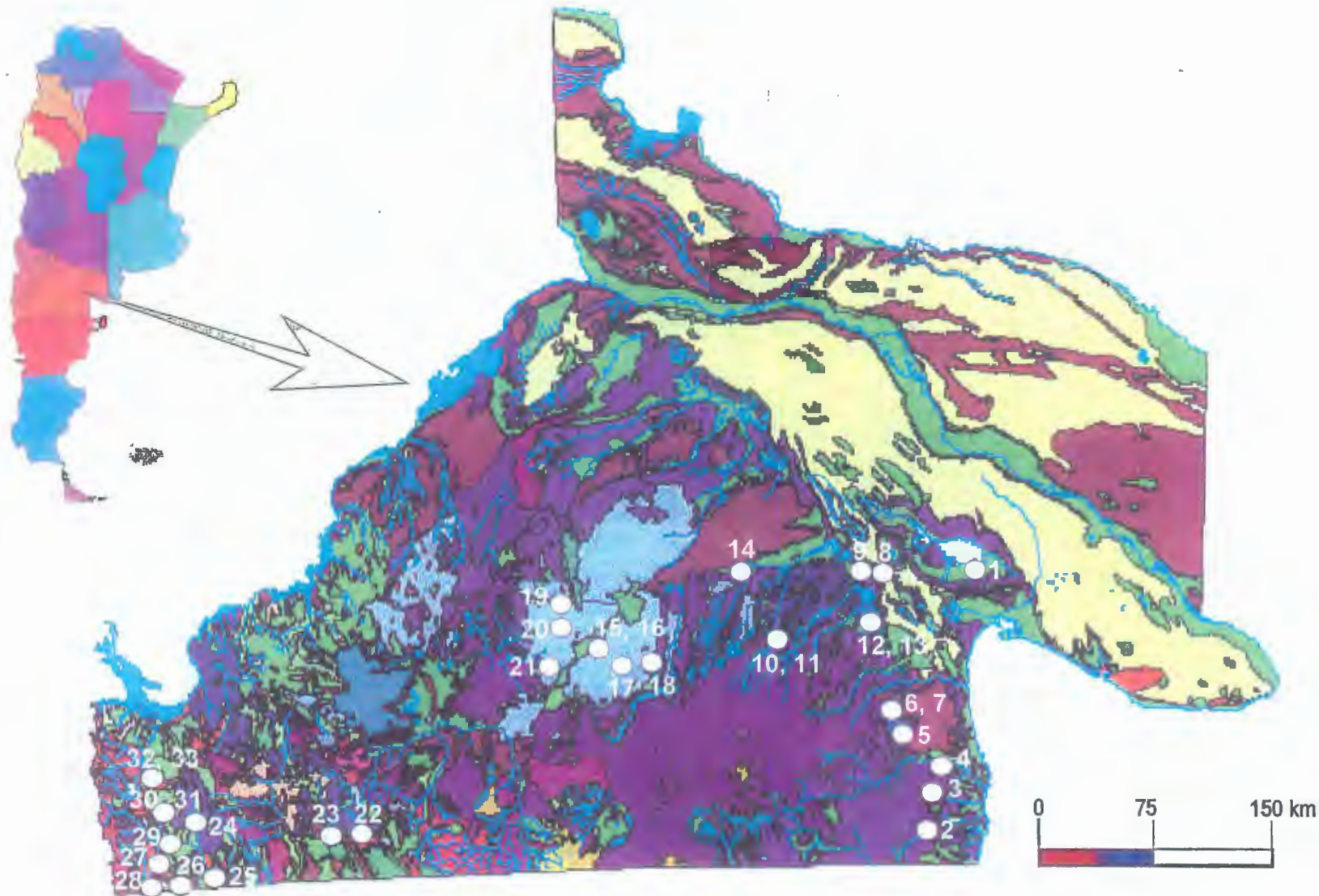
Igualmente, quiero agradecer a J.C.Herrero y Eduardo O. Zappettini, ambos del Servicio Geológico Argentino, así como a Carmen Wagner, Directora de Minería de la Provincia de Río Negro, el interés demostrado y las facilidades dadas para la financiación del viaje.

Por otra parte, quiero agradecer a los compañeros del equipo de Rocas de Aplicación, E. Bohuier, E. Donari, M. Lombardero y E.Ojeda, los intercambios de ideas y los buenos ratos que pasamos juntos en el viaje.

Desde aquí agradezco a personas como Ángel Lucero su amabilidad al recibimos, así como el trato que nos dispensó en Valcheta. Al Sr. Neri Caracotche de ALPAT S.A., quién nos atendió en la visita a las Salinas de El Gualicho, al personal técnico de la Mina de Hierro de HIPARSA, en particular al Dr. Pérez Pierohi, y al Ing. F.García Astorga, al Sr. Nestor Bazanta, quién nos atendió en Mina Malena, y a personas como Gonzalo Corchado, quién nos ilustró sobre la Mina Gonzalito. Finalmente, quiero recordar al conductor (El Sapo), y a todas aquellas personas anónimas de la Patagonia que nos ayudaron, y que han hecho que esa zona sea algo tan especial para mí.

Como visita previa a lo que era el objetivo prioritario de la misión, se reconocieron las Salmueras de El Gualicho.

Salmueras (Salinas de El Gualicho) (nº1 -figura 1-). Aunque no era el objetivo prioritario del recorrido en campo, se realizó una visita a las Salinas de El Gualicho (foto-1), y conviene resaltar su interés, con un yacimiento de reservas estimadas en 580 millones de toneladas (mt) de ClNa, con 385 mt de capa permanente, y 9 mt de capa temporal. La producción actual es de 200.000 t/año, y se quiere llegar a 300.000t/año. La salmuera está siendo explotada por la C^{ia} Álcalis de la Patagonia S.A. (ALPAT S.A.).



P. Gumiel, R. Minerales (ITGE)

Figura 1.- Mapa Geológico de la Provincia de Río Negro (República Argentina) y situación de las zonas visitadas. (Geología y leyenda del Mapa Geológico de la Provincia de Río Negro -1994- Subsecretaría de Minería, Dirección Nacional del Servicio Geológico)

MACIZO NORPATAGÓNICO

Geológicamente, se pueden diferenciar una serie de unidades que comprenden desde el pre-Pérmico, con metamorfitas de bajo grado y granitoides, junto con vulcanitas ácidas del Pérmico, hasta vulcanitas y sedimentitas volcánoclasticas triásicas, cuerpos intrusivos, piroclastitas y vulcanitas jurásicas. Por encima, hay sedimentitas continentales y marinas, calizas y areniscas cretácicas y piroclastitas y basaltos del Terciario Medio. Finalmente, paleosuelos y areniscas miocenas, basaltos pliocenos y basaltos del Cuaternario.

Las manifestaciones metalíferas de este ámbito corresponden al Ciclo Metalogenético Paleozoico Superior-Jurásico, y en su mayoría se trata de depósitos de filiación magmática, epi a mesotermiales.

Mineralizaciones de fluorita. Son muy numerosas las manifestaciones de fluorita en varios sectores, destacando las que se encuentran en las proximidades de Sierra Grande: *Minas Delta* (nº2 -figura 1-) y figura 2, *María Teresa* (nº7 -figura 1- y figura 6), y *San Octavio* (nº6 -figura 1-), que rellenan fracturas N120°-130°E (foto 2), con movimiento dextrógiro, y N160°E con el mismo sentido de movimiento, a las que acompañan como venas pinnadas (pinnate veins) otras de orientación N20°-30°E (figura 2 y foto 3), y todas encajadas en ignimbritas. Son muy notables los siguientes tres grupos de diaclasas en las proximidades de Mina Delta (figura 2), y (foto 4):

- 1.- Uno de orientación comprendida entre N-S y N20°-30°E.
- 2.- Otro de orientación N120° -130°E, y
- 3.- el tercer grupo según N70°-80°E.

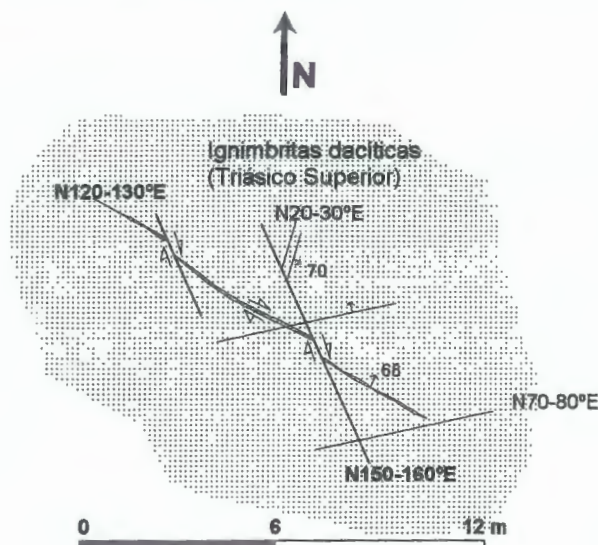


Figura 2.- Geometría y cinemática de estructuras mineralizadas en fluorita de la Mina Delta (nº 2 - Fig.1).

Otro grupo de venas con mineralización de fluorita y que presenta idéntico control estructural, pues las estructuras mineralizadas siguen el mismo patrón de fracturas, pero en este caso el encajante son leucogranitos de grano fino, son las de *Mina Malena* (nº8 -figura 1- y figura 3), al Norte de Aguada Cecilia. La asociación mineral en esta última mina viene acompañada por jaspes rojos y yeso fibroso, que rellena fracturas de extensión y muestra crecimientos de las fibras ortogonales a las paredes de las fracturas. Son frecuentes los enriquecimientos de la mineralización en "bolsadas", que ocupan zonas de dilatación entre solapes de fallas N20°-30°E (foto 5), con movimiento sinistral y entre fallas N120°-130°E con movimiento dextral.

Aunque los grupos de venas son muy numerosos, y son frecuentes los enriquecimientos, existiendo una fluorita de excelente calidad, las condiciones de mercado no aconsejarían acometer trabajos futuros de exploración de mayor detalle en este tipo de mineralizaciones.

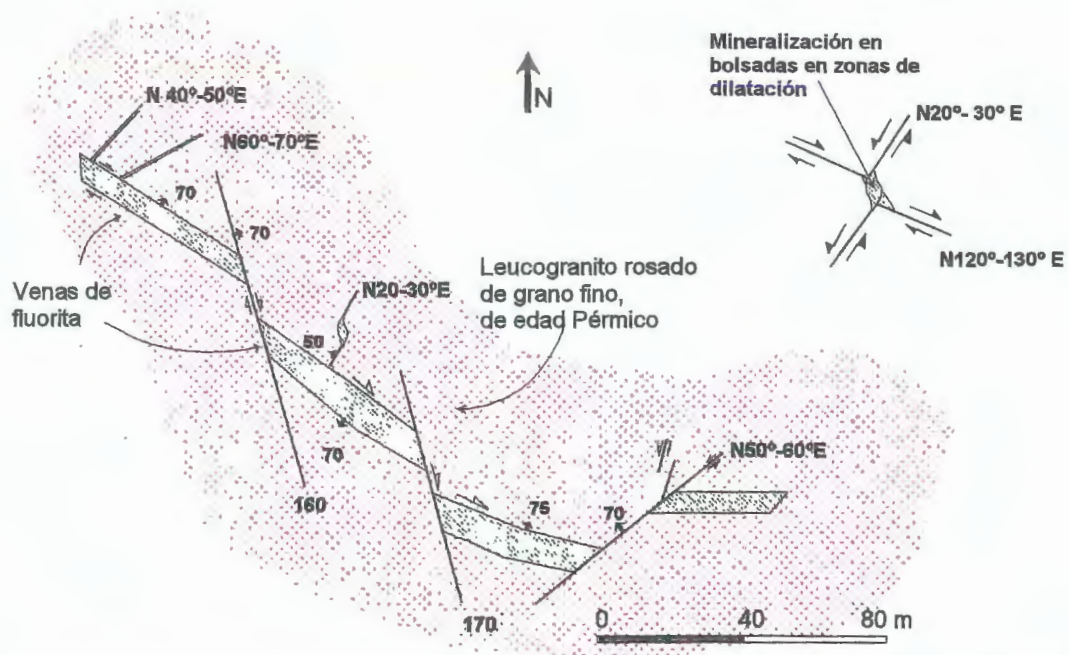


Figura 3.- Geometría y cinemática de las venas de fluorita de la Mina Malena (nº8 - Fig.1).

Mineralizaciones de Hierro. Se visitó el yacimiento de Hierro sedimentario de *Hiparsa*, (nº 3 –*figura 1*-), en el que se tuvo la oportunidad de observar la mineralización en la Mina. La magnetita se encuentra en lechos, en una secuencia samo-pelítica y siliciclástica de la Formación Sierra Grande del Silúrico-Devónico Inferior, a muro de la cual aparece una granodiorita. La potencia media del principal manto mineralizado es de 10 m, y buza 40° hacia el Este. Las reservas estimadas son de 214 mt, y en la actualidad hay una Compañía japonesa que está estudiando la viabilidad del proyecto minero. Aparte del interés de la visita para conocer la mineralización de magnetita (foto 6), se ha podido comprobar la cinemática de las fallas N120°-130°E que desplazan los lechos mineralizados (*figura 4*) y (foto 7).

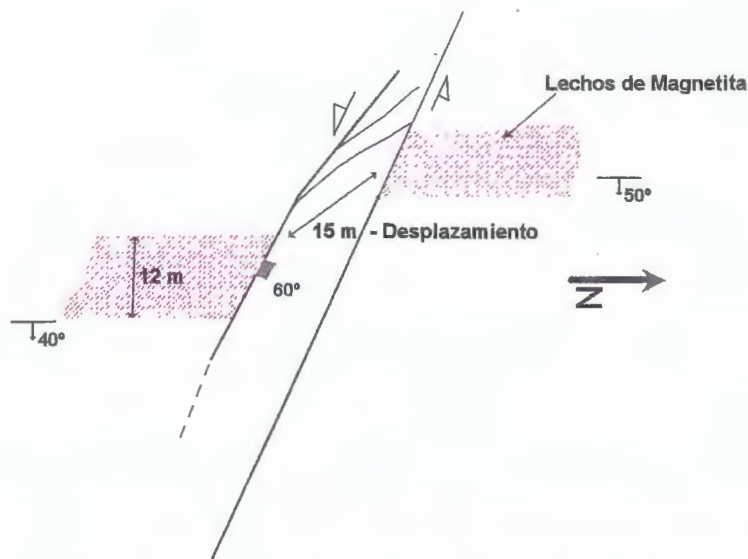


Figura 4.- Cinemática de fallas WNW- ESE en el interior de la mina de magnetita - Nivel 2- 46, a 146 m.

Observaciones estructurales en Sierra Grande (nº 4 -figura 1-). En las proximidades de Sierra Grande se tomaron medidas de planos de fallas y estrías a bajo y alto ángulo (fotos 8 y 9), cuya interpretación cinemática puede observarse en la figura 5. Las rocas encajantes son ignimbritas y tobas ácidas de la Fm Marifil de edad Triásico-Jurásico.

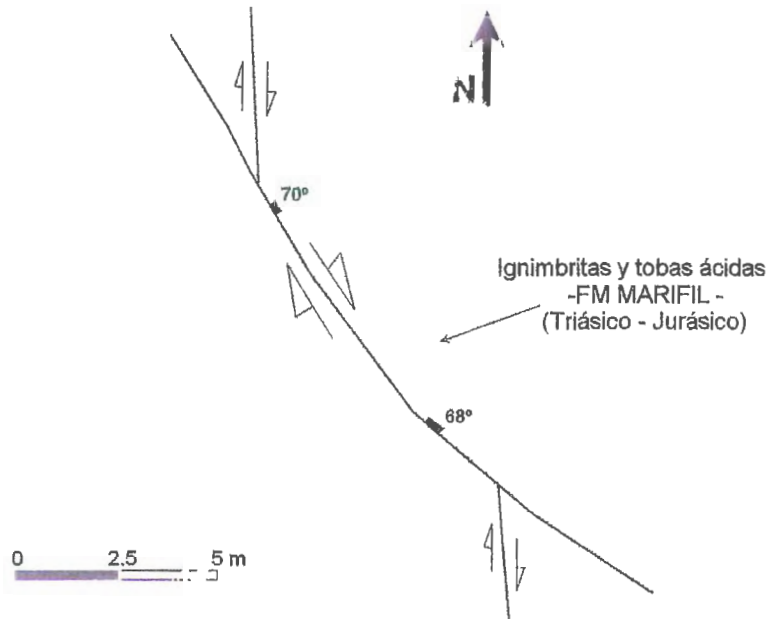


Figura 5.- Cinemática de fracturas en Sierra Grande

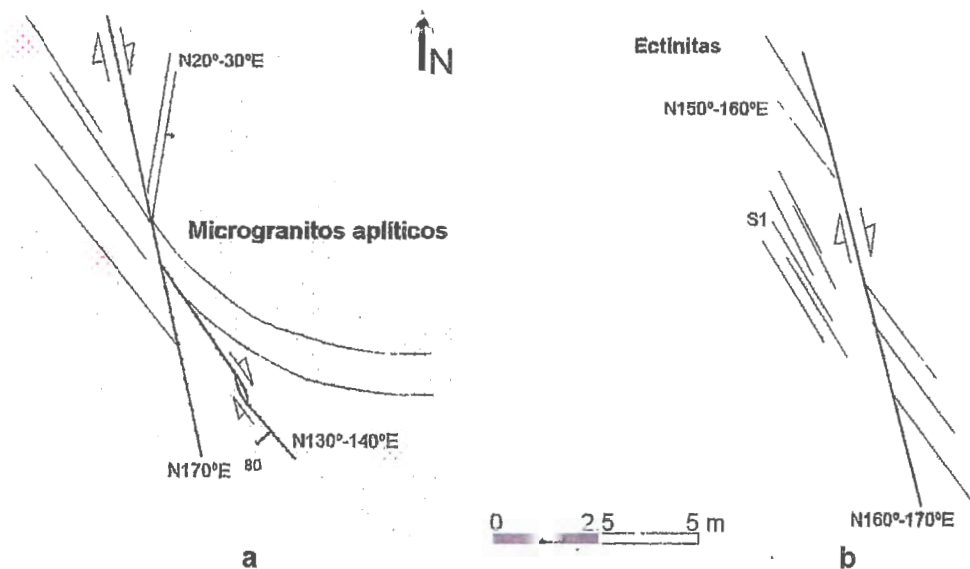


Figura 6.- a) Cinemática de venas de cuarzo- fluorita en dique de microgranitos aplíticos, Mina María Teresa - (nº 7 , Fig.1)-. b) Observaciones estructurales de fracturas en ectinitas en las proximidades de la Mina María Teresa.

Mineralizaciones de Pb-Ag. Minas Gonzalito y Vicentito (nº 5 –figura 1-) y Mina María Teresa (nº 7-figura 1- y figura 6). Se trata de mineralizaciones de galena argentífera y otros sulfuros en ganga de fluorita y cuarzo. En las Minas Gonzalito y Vicentito, la mineralización de galena, esfalerita, cobre y óxidos de Mn encaja en gneises y micaesquistos del Precámbrico-Paleozoico Inferior (gneiss de la Mina Gonzalito). Según información de la Zona de Reserva “Distrito plumbo-argento-cincífero Mina Gonzalito”, la veta principal, de potencia comprendida entre 0.60 y 1.50m, se siguió sobre 1400m (1100 m mineralizados) en dos sectores:

- Zona norte (pique nº 10) con clavos de 50 a 100 m de extensión horizontal dispuestos “en echelon”. En total, cinco cuerpos explotados hasta el nivel –200m.
- Zona sur (pique nº11), desarrollado hasta el nivel –140m con clavos más largos, por ejemplo el nº 3 de mas de 100m al nivel –33.
- A 25-30m al Oeste de la veta principal se desarrolla otra estructura paralela (Ramal Oeste) poco aflorante.

Además de las alteraciones en torno a las zonas mineralizadas, consistentes en silicificación, cloritización, sericitización, carbonatización y piritización, y sin entrar en discusión sobre la génesis del yacimiento, clásicamente epigenético-hidrotermal, o por el contrario estratoligado a formaciones de metavulcanitas de composición intermedia o ácida, lo que resulta interesante es el control estructural del campo filoniano, y como se desprende de la información (vetas en “echelon”) quizás relacionado con una zona de cizalla.

De las observaciones realizadas en los escasos afloramientos que hay en la zona de las labores, se ha reconocido que las estructuras mineralizadas ocupan fracturas de dirección norteada N10°-20°E, que pueden corresponder a reactivaciones, en una etapa de deformación frágil, de antiguos planos C correspondientes a una deformación por mecanismos de cizallamiento dúctil-frágil y con movimiento de sentido dextrógiro (figura 7).

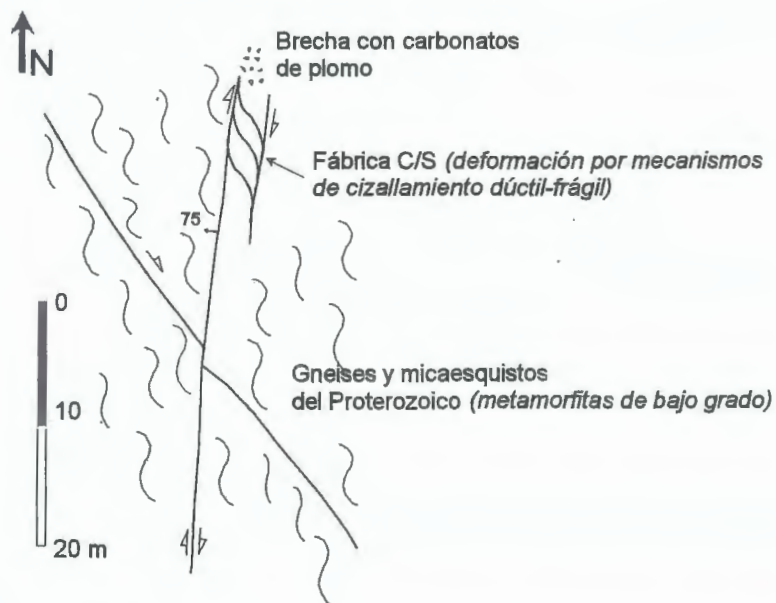


Figura 7. - Geometría y cinemática de estructuras mineralizadas en Pb-Ag, en los alrededores de la Rafa Vicentito (nº5 - Fig.1).

Aunque sería conveniente su comprobación detallada sobre el terreno, a nivel de idea, o como hipótesis de trabajo, podría ser que estas venas de dirección norteadas, también actuaran como "venas pinnadas" (pinnate veins) de accidentes estructurales más importantes de orientación N140°-150°E, con movimiento en dirección y sentido dextrógiro. La generación de "pull-aparts" extensivos, y la rotación de bloques en modelo "dominó", originada por la rotación de las fallas de orientación norteadas, puede dar lugar a espacios abiertos que serían lugares idóneos para localizar nuevas concentraciones minerales (figura 8).



Figura 8.- Esquema cinemático, a escala macroscópica, de los alrededores de la zona de Mina Gonzalito. Rotación de bloques en modelo "dominó", de las fallas norteadas "pinnadas" de la principal N140°-150°E. (Basado en Ramos y Cortés, 1984).

Mineralizaciones de W. Mina San Martín (n° 9 –figura 1-). Filones de cuarzo-hübnerita en el stock granítico de San Martín, de edad pérmica. El control estructural de los filones mineralizados es muy notable, con estructuras según N120°-130°E, que se enriquecían en profundidad, aunque en superficie son más notables las venas mineralizadas según N70°-80°E (figura 9), y (fotos 10 y 11). La extensión del campo filoniano es de unos 2000 m, incluyendo el Pique Pachamama y Alicia. Se produjeron unas 20.000 t hasta el año 1959, y la mina paró definitivamente en 1977. Existió un intento de reactivación a partir de un proyecto de exploración en el marco de la Ley de Promoción Minera 22095, durante los años 1980-1986 (Dalponte com. Personal).

Las características geométricas de los cuerpos mineralizados, y la extensión del campo filoniano son de interés, pero las desfavorables condiciones de

mercado no aconsejarían acometer trabajos de mayor detalle en las circunstancias actuales.

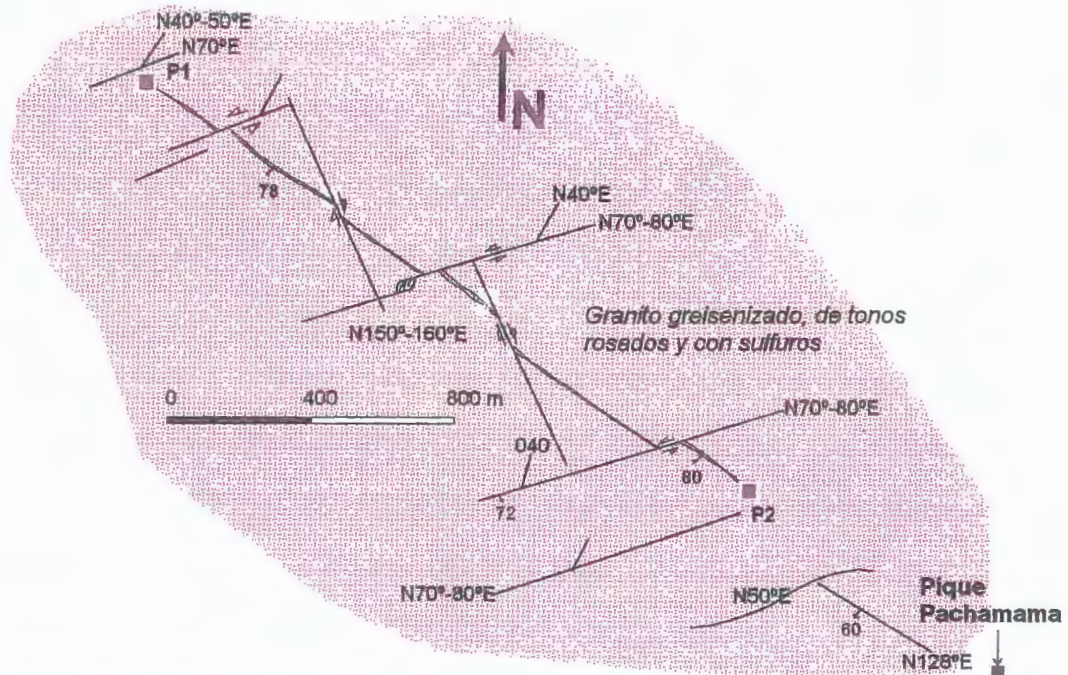


Figura 9.- Geometría y cinemática de las estructuras mineralizadas en cuarzo-wolframita (hubnerita) de la Mina San Martín (n°9 - Fig.1).

Mineralizaciones de Cu. Mina San Patricio (n° 11 –figura 1-). Es la primera zona de interés en donde sería factible recomendar la realización de algún trabajo más detallado de exploración. Se trata de mineralizaciones de Cu (minerales secundarios), aunque se han encontrado primarios de los que se tomaron muestras para identificar, que se presentan en "stockworks" (foto 12) y grupos de venas (foto 13), controlados principalmente por fallas N130°-140°E, N30°-40°E y N50°-60°E (figuras 10 y 11). Los enriquecimientos de mineralización de cobre en bolsadas son frecuentes (foto 14) y se localizan en zonas de dilatación, como consecuencia de la cinemática de las fracturas que aprovechan las venas (figura 10, 1er corte y 3º corte).

Los grupos de venas encajan en granitos permotriásicos alterados, los cuales se presentan como apuntamientos, y llevan a su vez un cortejo de diques de aplitas y pórfidos jasperoideos (figura 10), que sería interesante cartografiar en detalle, ya que hay que tener en cuenta que la extensión mínima en donde se encuentran indicios es de unos 1000 m.

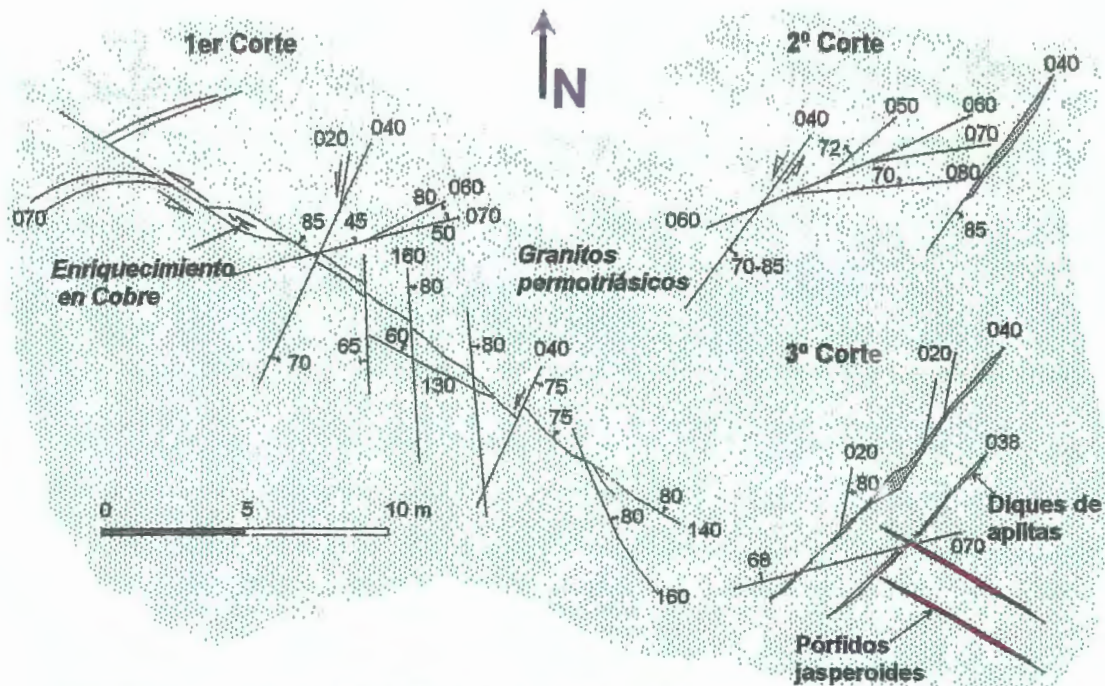
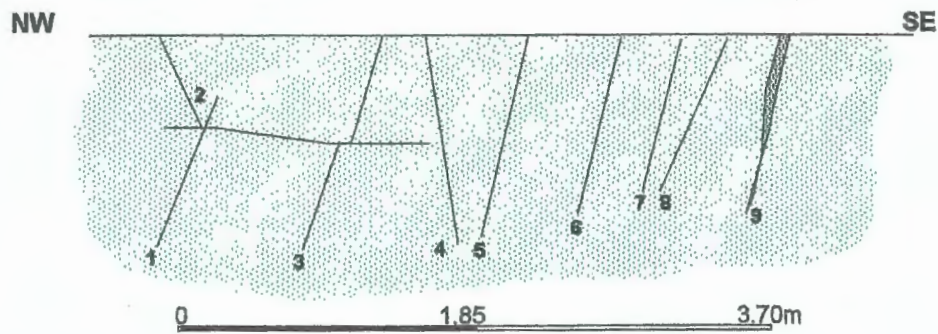


Figura 10.- Geometría y cinemática de las estructuras mineralizadas en cobre de la Mina San Patricio, (nº11 - Fig.1-). Cortes 1º 2º y 3º.

Pequeña labor - Perfil-



Planta

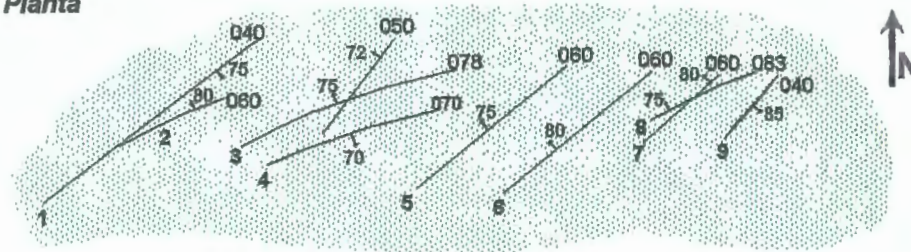


Figura 11.- Perfil y planta de la traza de venas del stockwork mineralizado en cobre de la Mina San Patricio, (nº11 - Fig.1).

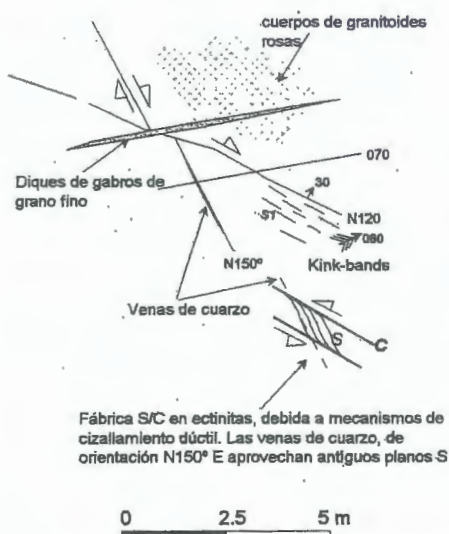
¹ La notación 020,040 etc., de las figuras 10 y 11, y en adelante, sustituye a N20°E, N40°E etc., por facilidad en la toma sistemática de datos de fracturas y su posterior tratamiento informático.

Observaciones estructurales en las ectinitas de Jagüelito y en la Cantera de Ángel Lucero (n^{os} 12 y 13 –figura 1-).

Las ectinitas de Jagüelito (n^o 12 –figura 1-) están constituidas por una serie de grauvácas, filitas vinosas, tobas y pizarras de edad Precámbrico Superior-Cámbrico Inferior. La esquistosidad (S1) varía entre E-W y N110°E (figura 12-a) y están atravesadas por una red de fracturas cuya cinemática, de forma esquemática, puede observarse en la figura 12-a. En las ectinitas, a veces se observan bandas con fábrica S/C, que indican zonas sometidas a cizallamiento dúctil y sentido dextral (figura 12-a), o sinistral. A favor de los planos S, se encuentran venas de cuarzo. Además, existen cuerpos de granitoides de color rosa, de tipo porfídico (figura 12-a) y con cristales de escorodita?, cuya cartografía detallada podría tener interés, así como el comprobar la existencia de sulfuros en los mismos.

En la Cantera de Ángel Lucero (n^o 13 –figura 1-) se pudo reconocer una capa de caliza negra débilmente buzante (7-8° hacia el Oeste-Noroeste), afectada por fracturas que esquemáticamente se pueden observar en la figura 12-b. Hay que señalar el posible interés de esta caliza como roca de aplicación.

a) Ectinitas de Jagüelito (n^o 12 -figura 1-)



b) Cantera de Ángel Lucero (n^o 13 -figura 1-)

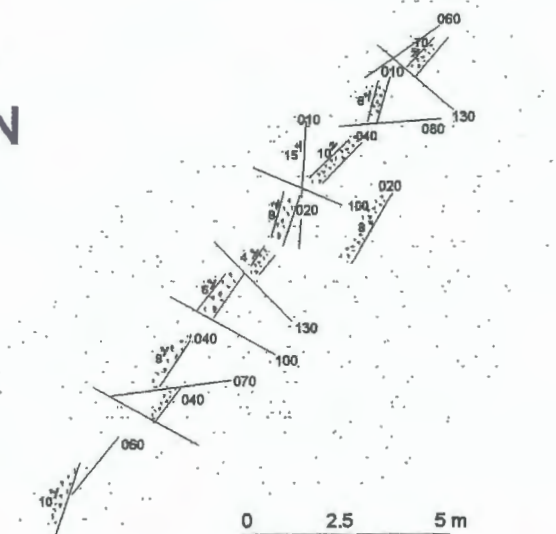
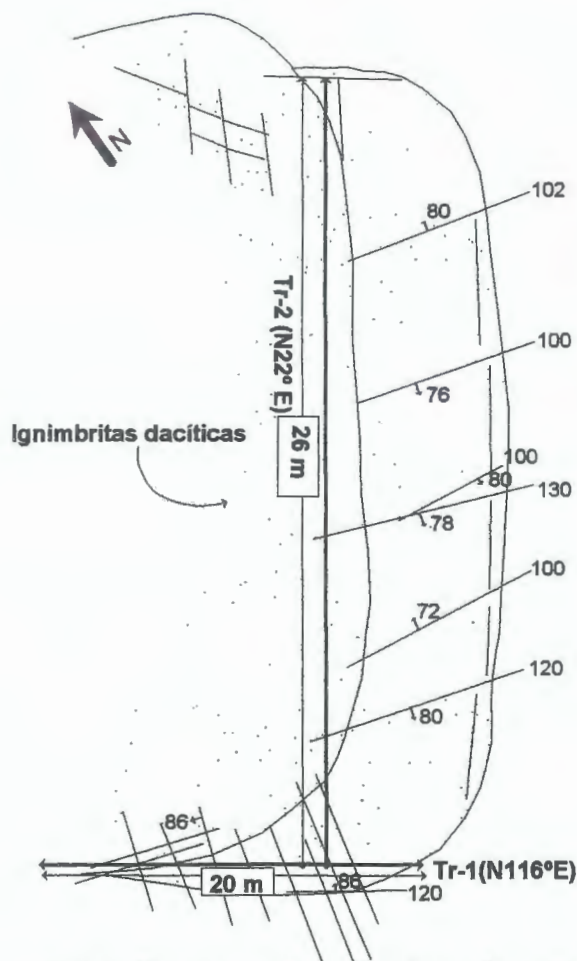


Figura 12.- a) Observaciones estructurales en las ectinitas de Jagüelito. b) Traza de la capa de caliza negra, y patrones de fracturas en la Cantera de Ángel Lucero.

**Análisis de fracturas en la Cantera de Julio Marín (nº 15 –figura 1-).
Aplicación al estudio de rocas ornamentales y a la discriminación de
grupos de fracturas con mineralización de oro.**

La Cantera de *Julio Marín* (nº 15- figura 1- y figura13) está situada a 12 km al SO de Los Menucos, y las ignimbritas dacíticas están siendo explotadas para rocas ornamentales (“pórfido gris”), pero su interés, además de como roca de aplicación, sería la existencia de oro en la pirita, (según la información de Marcelo Dalponte) principalmente a favor de fracturas, como resultado de removilizaciones, y rellenando microfisuras en la roca, lo que podría dar lugar a una mineralización “diseminada”.



**Figura 13.- Esquema de la Cantera de Julio Marín,
12 km al S.O. de Los Menucos, (nº 15 - Fig. 1 -). Tr-1
y Tr-2, Transversales de análisis de fracturas.**

El trabajo de mayor detalle iniciado en la cantera, consistente en un análisis geométrico de las fracturas, tiene un doble interés; por un lado, desde un punto de vista de rocas de aplicación, la definición de “bloques mínimos explotables” y por otro, la discriminación de fracturas, que cuando existan suficientes datos, puede ayudar en la caracterización de los grupos con mineralización aurífera.

El trabajo desarrollado tiene interés sobre todo, desde un punto de vista metodológico, ya que se aplican técnicas geométricas que se basan en la organización fractal de los grupos de fracturas. Las conclusiones que se han obtenido no han de considerarse definitivas, porque el número de datos es insuficiente, debido a problemas de tiempo en el programa de viaje. No obstante, aunque sería necesario un mayor número de datos, que deberían tomarse en el terreno en una campaña posterior, la metodología empleada es de gran interés, y puede aplicarse a otros yacimientos o canteras de la zona.

Análisis de la fracturación en transversales: orientaciones espaciales de fracturas en la Cantera.

Se han tomado datos de fracturas en dos transversales de la Cantera (*figuras 13 y 14*). Los datos de orientaciones de fracturas se tomaron como medidas de ángulo de buzamiento en la dirección de máximo buzamiento o azimut, formato que facilita el tratamiento informático de los datos. Éstos se han introducido en los módulos *Stereo* y *Rose* del paquete *Rockware* (vs.7.0), y en el Programa *StereoNet* (vs. 3.0) para *Windows*, cuyos procedimientos de estadística esférica son de gran interés, y se basan en el cálculo de los autovalores ($S1$, $S2$, $S3$) y autovectores ($V1$, $V2$, $V3$)², de la siguiente matriz de valores de cosenos de direcciones:

$$\begin{bmatrix} l^2 & lm & ln \\ ml & m^2 & mn \\ nl & nm & n^2 \end{bmatrix}$$

en la que las variables l , m y n representan respectivamente los valores de los cosenos de las direcciones para los ejes X, Y, y Z.

Se obtienen también los siguientes valores de la matriz, normalizados entre 0 y 1: $Ln(S1/S2)$, $Ln(S2/S3)$, y los parámetros $K = r1/r2$, y $C = r1 + r2$, siendo $r1 = Ln(S1/S2)$ y $r2 = Ln(S2/S3)$. Los parámetros C y K , que se obtienen a partir de los autovalores, se utilizan para definir la forma de la distribución esférica, y miden el grado de varianza esférica. K es un parámetro de forma y sirve para determinar si una distribución esférica es en *grupos*, en *guirnalda*, o *uniforme*. Un mayor valor de K implica una distribución de polos en *grupos*. Por otra parte, un mayor valor de C implica una relación de distribución *grupo/guirnalda* elevada.

Se ha realizado una toma sistemática de 64 fracturas en dos transversales ortogonales de muestreo (Tr-1 y Tr-2, *figuras 13 y 14* y foto -15-), las cuales se consideran estadísticamente representativas de la fracturación existente en la Cantera. La Tr-1, de orientación N 116°E y 19.5m de longitud, para intersectar

² Los autovectores se han calculado, pero para agilizar el texto no se presentan en la Tabla 1

las fracturas que dan lugar al "lajamiento" principal de la roca, según N 10°-20°E, y la segunda Tr-2, de orientación N22°E y de 25.3m de longitud, en donde se han cortado fracturas de orientaciones principales N100°-110°E.

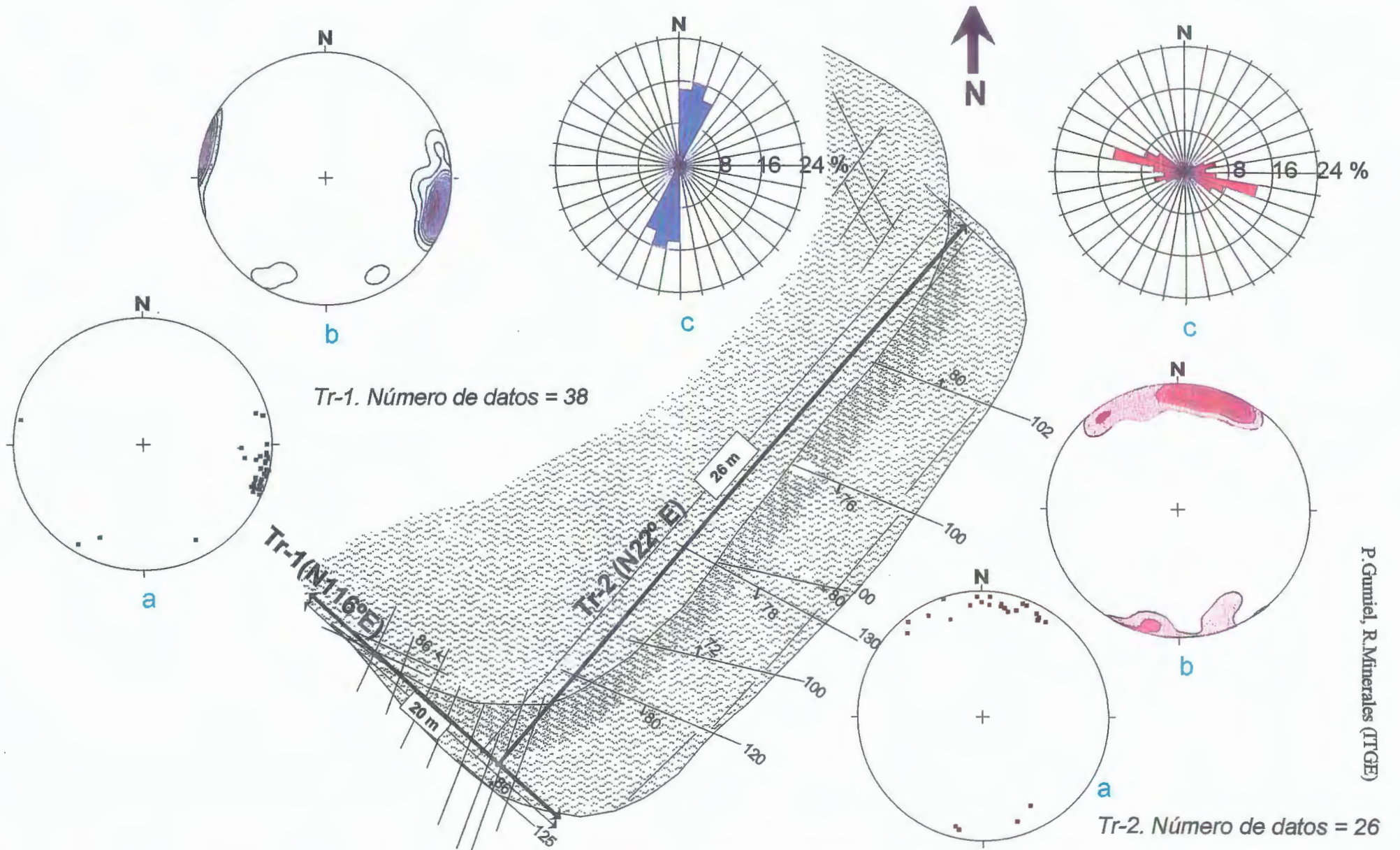
En la Tabla 1 se resumen, por transversales, las características estadísticas esféricas de los grupos de fracturas encontrados en la Cantera. Se han utilizado estereogramas de polos de fracturas y de densidad, que dan buena idea de la orientación espacial de las fracturas en tres dimensiones, junto con diagramas "en rosa" de orientaciones de fracturas, una vez corregida la declinación magnética de la zona (figura 14).

Se han discriminado dos grupos de fracturas: uno mayoritario, de orientación N10°-20°E, que está representado por fracturas en los bloques de explotación, que dan lugar al lajamiento principal de la roca (foto -16-), y que condicionan el trazado de los bancos de explotación para la extracción de los bloques. El lajamiento a veces sigue direcciones más norteadas (N170°-180°), como en El Cañadón, en la Cantera de Victorino Marillán (foto -17-). El otro grupo mayoritario, de orientación ortogonal (N100°-110°E), se presenta como finas fracturas, con un rango entre 0.5 y 20 mm (apertura media 2.45mm), y a veces están rellenas por venas (foto -18-). Los parámetros de estadística esférica y autovalores, por transversales, pueden observarse en la Tabla 1.

TRANSVERSAL TR-1		TRANSVERSAL TR-2	
Autovalores		Autovalores	
S1= 0.904		S1= 0.854	
S2= 0.085		S2= 0.123	
S3= 0.011		S3= 0.023	
S1/S2= 10.574		S1/S2= 6.949	
S2/S3= 8.132		S2/S3= 5.397	
S1/S3= 85.986		S1/S3= 37.500	
Ln(S1/S2)= 2.358		Ln(S1/S2)= 1.939	
Ln(S2/S3)= 2.096		Ln(S2/S3)= 1.686	
C= 4.454		C= 3.624	
K= 1.125		K= 1.150	
N=38		N= 26	
Vector Medio= 204.87°		Vector Medio= 105.62°	

Tabla 1.- Estadística esférica. Autovalores, varianza esférica, vectores medios y dispersión de fracturas, en las transversales estudiadas (T-1 y T-2). Cantera de Julio Marín, Los Menucos.

En el caso de las dos transversales estudiadas el autovalor S1 es mucho mayor que S2 y S3, que son más próximos. Esto, junto con un alto valor del parámetro K, que es del mismo orden de magnitud en ambas transversales, implica una distribución de polos de fracturas en *grupos* en ambas transversales. No obstante, la tendencia a una distribución *en guirnalda* es mayor en la Tr-2, como se pone de manifiesto por el menor valor del parámetro C y véase la figura 14-b.



P. Gumiel, R. Minerales (ITGE)

- 19 -
Figura 14.- Cantera de Julio Marín (n° 15 -Fig. 1-). - Diagramas estructurales de fracturas en las transversales Tr-1 y Tr-2 estudiadas. a) Estereogramas de polos de fracturas, b) diagramas de contornos, y c) diagramas en rosa de orientaciones, en donde los radios son cada 10°, y los círculos representan 8%, 16% y 24% del total de medidas).

Estadística univariante de la fracturación. Aperturas de fracturas y espaciados interfracturas.

Se ha realizado un análisis estadístico básico de los sistemas de fracturas intersectados en las dos transversales seleccionadas de toma de datos en la Cantera. Los estadísticos básicos de las aperturas y espaciados interfracturas incluyen medidas de localización (*media, mínimo y máximo*), medidas de dispersión (*desviación típica*) y de forma (*sesgo y curtosis*).

Las distribuciones de aperturas parecen de carácter fractal, al menos en un rango comprendido entre 1 y 7mm en la Transversal Tr-1. Las fracturas no superan los 20 mm de apertura en los bancos de explotación, (media aritmética 2.45 mm y media geométrica 1.76mm). Los datos de aperturas de la transversal Tr-2 no suministran información valiosa, ya que de los 26 datos, 24 son de 1 mm, y hay tan solo uno de 2mm y otro de 3mm (media 1.11mm y media geométrica 1.07, véase la Tabla 2).

El espaciado es un parámetro de gran interés en el estudio de la fracturación, y en particular, en el estudio de rocas ornamentales, ya que de su control se pueden extraer importantes consideraciones para la definición de "bloque mínimo explotable", de cara a una extracción más racional (Gumiel y Baltuille, 1998). En las dos transversales estudiadas de la Cantera de Julio Marín, el espaciado es del mismo orden de magnitud (véase la Tabla 2), siendo el espaciado medio algo menor en la Transversal Tr-1 (0.52m) que en la Tr-2 (0.98m). Igualmente, la media geométrica, que es un factor primordial para la definición del tamaño de "bloque mínimo explotable" es menor en la Tr-1 (0.35m) que en la Tr-2 (0.67m). Otros parámetros estadísticos pueden observarse también en la Tabla 2.

Estadísticos básicos	Apertura (mm)		Espaciados (m)	
	Tr-1	Tr-2	Tr-1	Tr-2
Nº datos	38	26	37	25
Valor máximo	20.00	3.00	3.20	3.90
Valor mínimo	0.50	1.00	0.05	0.10
Media	2.45	1.11	0.52	0.98
Desviación típica	3.22	0.43	0.60	0.87
Mediana	10.25	2.00	1.62	2.00
Moda	1.00	1.00	0.40	0.60
Media geométrica	1.76	1.07	0.35	0.67
Sesgo	4.43	3.66	2.95	1.67
Curtosis	23.98	15.27	12.24	5.86
Suma	93.00	29.00	19.18	24.5

Tabla 2.- Estadística univariante. Estadísticos básicos de las aperturas y espaciados interfracturas, en las transversales estudiadas, incluyendo medidas de localización, de dispersión y de forma.

Aplicación del análisis fractal al estudio de la organización geométrica y leyes de escalado de los grupos de fracturas de la cantera.

Introducción

Un *fractal* es un objeto o proceso que muestra similares características a diferentes escalas y por consiguiente es invariante al cambio de escala. Muchos fenómenos naturales son fractales y estos pueden ser autosimilares o autoafines y una consecuencia importante de dicha fractalidad, es que se puede obtener información a una determinada escala, que sea de interés para otra. Generalmente, tales propiedades siguen distribuciones exponenciales (hiperbólicas), donde la propiedad (P) está relacionada con el tamaño (t) mediante una ecuación $P=C t^D$, y el exponente, D , es frecuentemente la dimensión fractal del sistema. Dimensión fractal (D) por tanto y en sentido genérico, es un número que sirve para cuantificar el grado de irregularidad y fragmentación de un conjunto geométrico, o de un objeto u objetos naturales.

La naturaleza fractal de un gran número de fenómenos asociados con procesos de fracturación, da como resultado distribuciones exponenciales, por ejemplo, de magnitud de terremotos (Gutenberg y Richter, 1954; Turcotte, 1989), la fragmentación (Sammis et al., 1986; Sammis y Biegel, 1989) y los desplazamientos de fallas (Kakimi, 1980; Scholz y Cowie, 1990; Walsh et al., 1991). Igualmente, tonelaje y ley de algunos yacimientos minerales presentan relaciones fractales (Turcotte, 1986 y 1989). En base a los estudios iniciales, sobre la aplicación de técnicas de análisis fractal a la ordenación irregular de los sistemas filonianos auríferos del área de La Codosera, Badajoz (Gumiel et al., 1992; Sanderson et al., 1994), y a los resultados obtenidos de la aplicación de estas técnicas, a otros yacimientos filonianos de wolframio y estaño del Macizo Hespérico (Gumiel y Sanderson, 1994), y de uranio y apatito (Gumiel et al., 1996), así como la geometría de sistemas de fracturación, se ha comprobado que la potencia de las venas, o el espaciado o apertura de las fracturas, generalmente siguen distribuciones exponenciales, que pueden ser interpretadas en términos de escalado fractal autoafín.

Espaciados interfracturas. Su interés en el estudio de sistemas de fractura. Antecedentes y metodología.

En estudios de sistemas de fracturas se ha observado que las distribuciones de espaciados pueden ser lognormales (Narr & Suppe, 1991), exponenciales negativas (Priest & Hudson, 1976; La Pointe & Hudson 1985, Villaescusa & Brown, 1990) y quizás menos frecuentes, las distribuciones normales (Huang & Angelier, 1989). Recientemente, Gumiel et al. (1995) encuentran que las

distribuciones de espaciados en algunos conjuntos de fracturas, que aprovechan sistemas filonianos en el ámbito del Macizo Hespérico, presentan distribuciones de espaciados hiperbólicas –fractales-, a las que se les suma, una cierta componente aleatoria (distribuciones exponenciales negativas), la cual puede ser debida a irregularidades de algunos sistemas individuales, a la posición relativa de las fracturas con respecto a estructuras mayores, (fallas, zonas de cizalla etc.), o al carácter multifractal de estos sistemas.

Entre los trabajos previos de caracterización geométrica de parámetros estructurales y de las redes de fracturación en canteras de rocas ornamentales, de cara a la optimización de las explotaciones, cabe citar a Taboada Castro et al. (1994), Dinis da Gama y Bastos (1994) y Carreón-Freyre et al. (1996).

Recientemente, Gumiel y Baltuille (1998), presentan un ensayo de aplicación de esta metodología al estudio de un macizo granítico en explotación, en el área de Cadalso de los Vidrios (Madrid), para poner de manifiesto las posibilidades que el método tiene de cara a obtener una extracción mas racional. Estos autores observan que los datos de espaciados en la Cantera sugieren que, en conjunto, las fracturas existentes van tener distribuciones fractales o más concretamente *multifractales*, siendo por tanto la invarianza al cambio de escala su principal característica. Pero algunos sistemas individualizados de fracturas, que son muy importantes en la Cantera, pueden llegar a tener alguna longitud-escalar característica de espaciado, y presentar distribuciones de tipo lognormal, lo cual supone un importante criterio de discriminación, pues esta longitud escalar característica puede tener gran incidencia en la definición de “bloque mínimo explotable”.

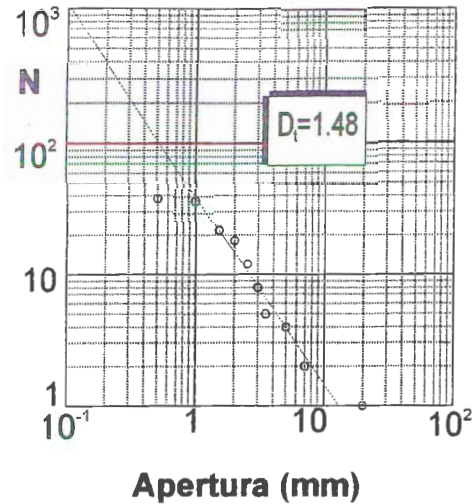
El método de trabajo en el campo consiste en el registro de todos los centros geométricos de las fracturas, en su punto de intersección con la transversal de medida. Se miden sistemáticamente todas *las aperturas y las longitudes de espaciado interfractura*, y al mismo tiempo, se anota la orientación espacial de cada fractura, así como, cualquier característica geológica de interés, que pueda ser útil en el estudio geométrico. Todos los datos obtenidos son debidamente registrados e informatizados, y el análisis de las distribuciones de espaciados y/o aperturas se realiza utilizando un programa específico de cálculo diseñado para este tipo de análisis.

Se han generado diagramas bilogarítmicos $\log(N) - \log(\text{apertura})$ - figura 15-1, y $\log(N) - \log(\text{espaciado})$ -figuras 16-1-2 y 17-1-2-, siendo N la frecuencia acumulada del número de fracturas, así como *diagramas de frecuencia acumulada (%) versus espaciado* (figuras 16-3 y 17-3), para ver a qué tipo de

distribuciones se ajustan los espaciados interfracturas en las transversales estudiadas de la Cantera de Julio Marín.

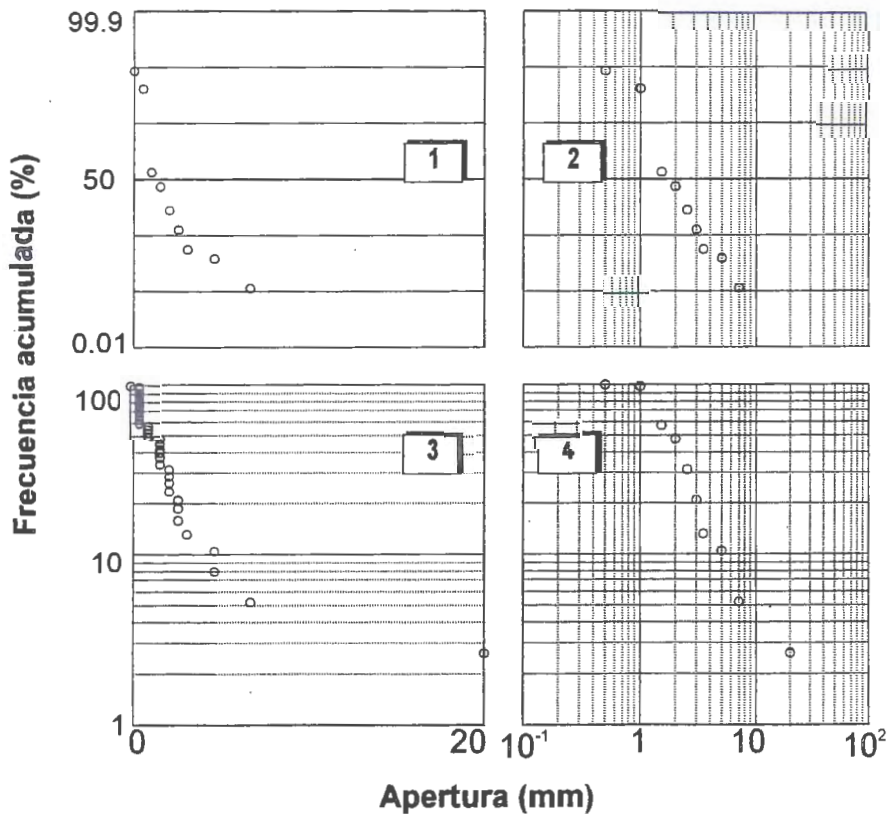
Las *figuras 16-3 y 17-3* constan, a su vez, de 4 diagramas; los dos primeros [1] y [2] representan la proyección de la frecuencia acumulada de los espaciados (en %), en una escala normal, versus el espaciado en metros [1], y el log-espaciado en metros [2], lo que va a producir una línea recta de ajuste, si la distribución es *normal* [1] o *lognormal* [2] respectivamente. Si se proyectan estos mismos datos, pero con la frecuencia acumulada en escala logarítmica, frente al espaciado, en una escala lineal [3], o logarítmica [4], se producirá una línea recta si la distribución es *exponencial negativa* [3] o *hiperbólica -fractal-* [4], sujeto a efectos de *truncación* (Pickering et al., 1995), que generalmente, se traducen en la falta de datos de aquellos espaciados muy pequeños, efecto que suele suceder por debajo de 0.05m en la Transversal Tr-1 y por debajo de 0.1m en la Tr-2. La longitud finita de las transversales introduce otro efecto de límite superior (*censoring*), en aquellos valores grandes (espaciados grandes), cuya probabilidad de muestreo es baja. *Censoring* y *truncación* han sido corregidos utilizando los métodos desarrollados por Pickering et al. (1995).

1.



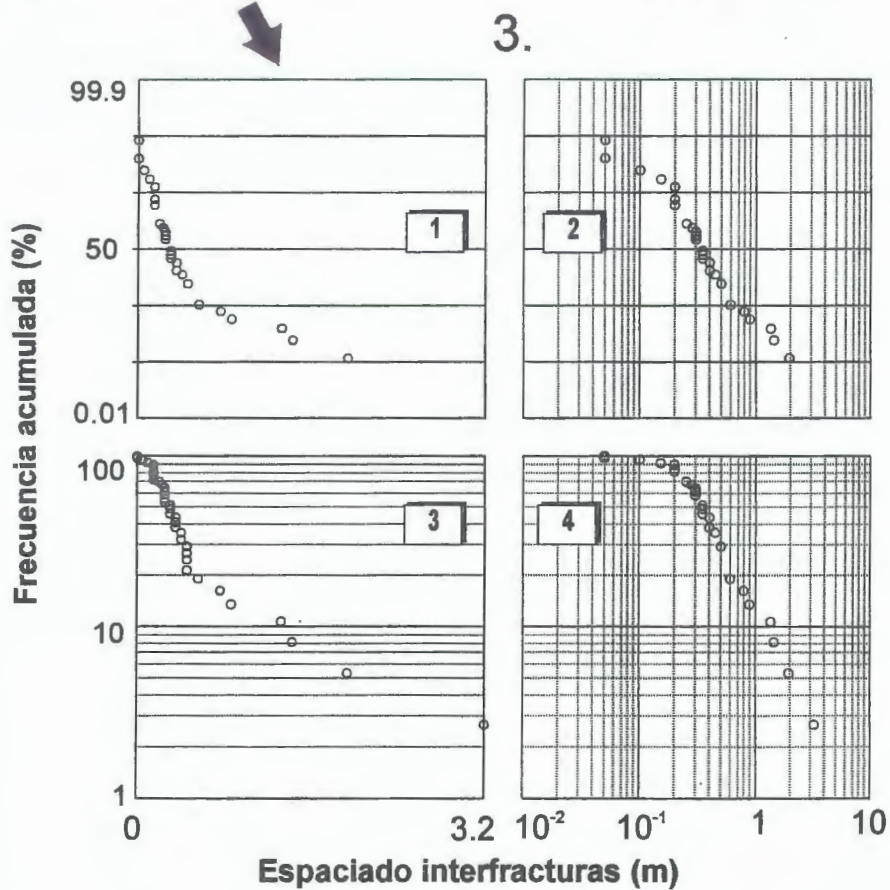
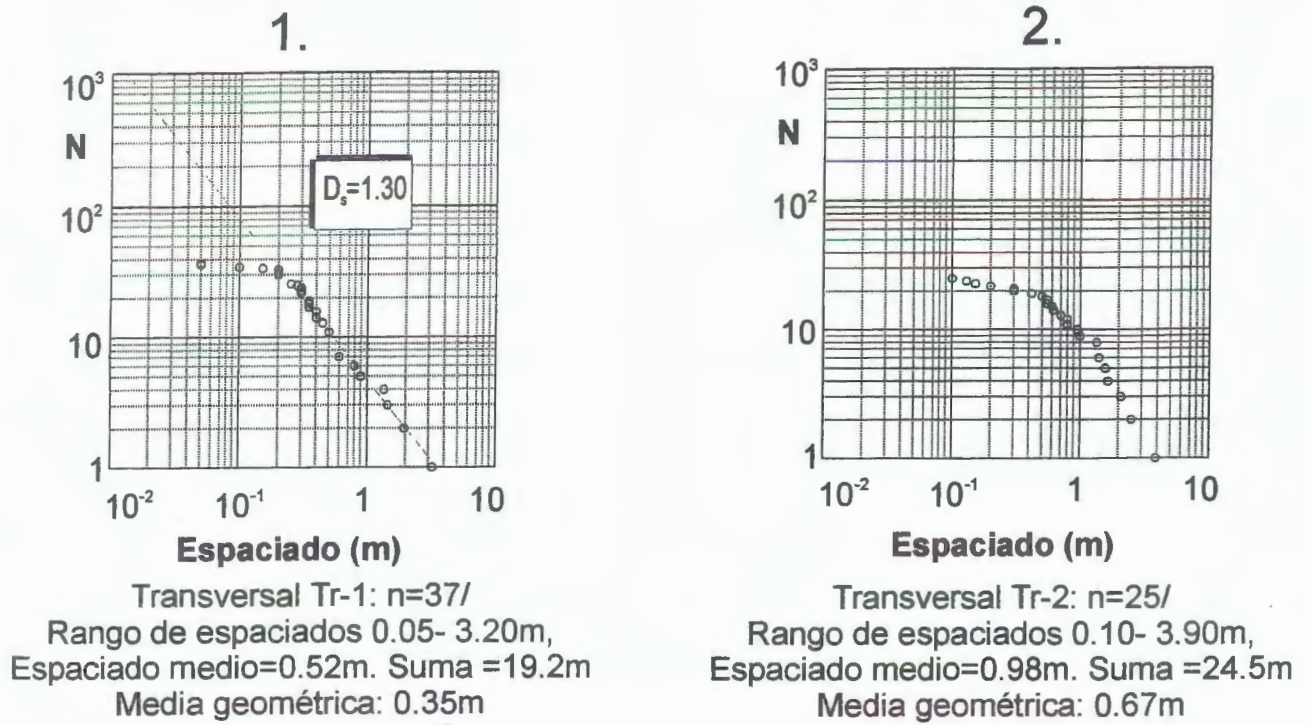
Transversal Tr-1: n=38/
 Rango de aperturas 0.50- 20.00 mm,
 apertura media=2.45 mm. Suma =93.00 mm
 Media geométrica: 1.76 mm

2.



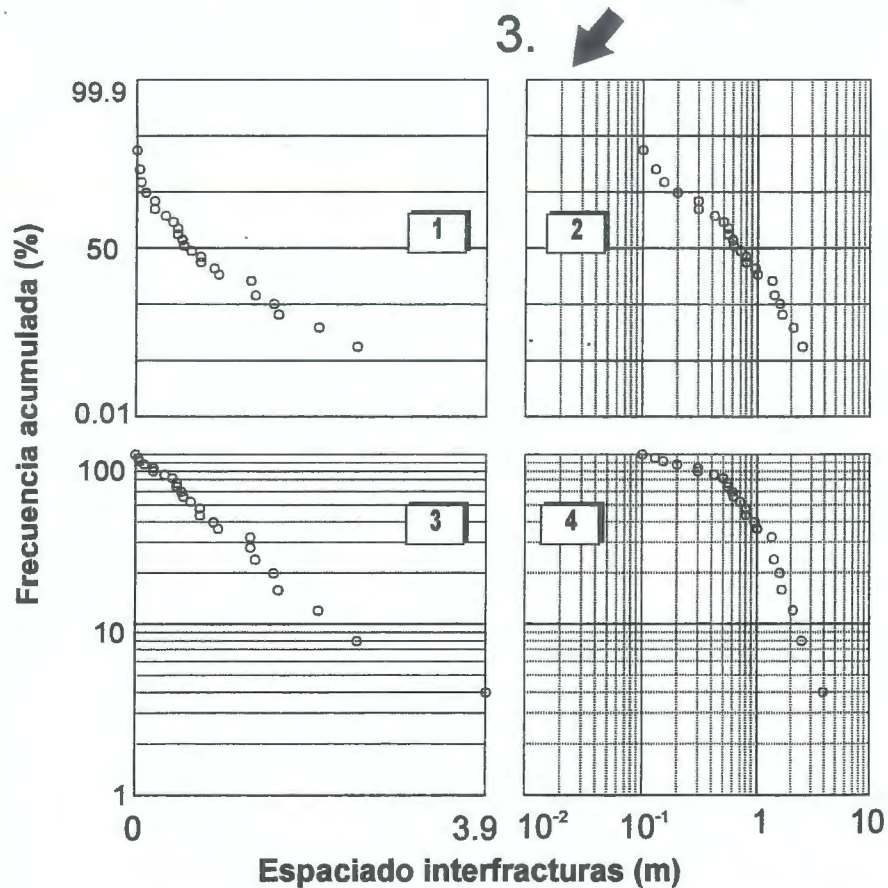
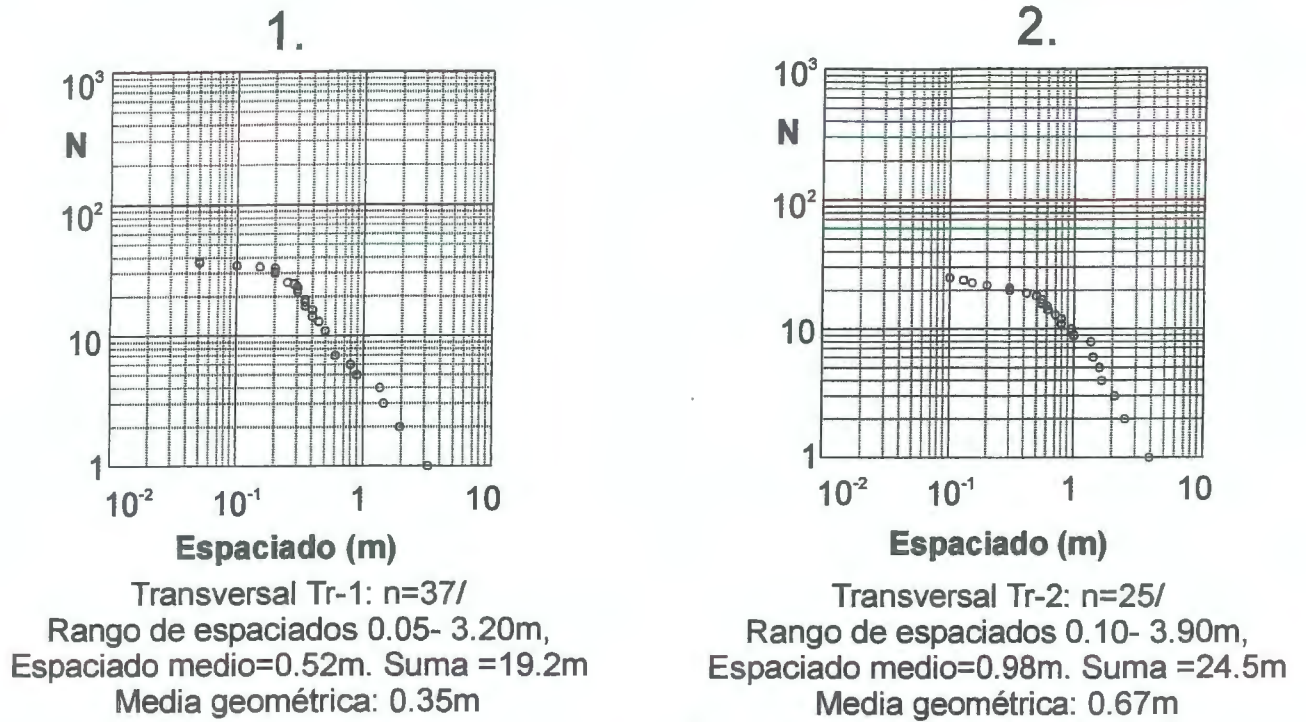
Transversal T-1; Distribución normal (1), Log-normal (2),
 exponencial negativa (3), HIPERBÓLICA (4)

Figura 15.- Diagramas de distribución de aperturas en la Transversal Tr-1 (1), y Frecuencia acumulada (%) versus apertura en la Transversal Tr-1 (2), Cantera de Julio Marín, (12 Km al SO de Los Menucos)



Transversal T-1; Distribución normal (1), Log-normal (2), exponencial negativa (3), HIPERBÓLICA (4)

Figura 16.-. Diagramas de distribución de espaciados, Transversal Tr-1 (1), y Transversal Tr-2 (2) Frecuencia acumulada (%) versus espaciado en la Transversal Tr-1 (3), Cantera de Julio Marín, (12 Km al SO de Los Menucos



*Transversal T-1; Distribución normal (1), LOG-NORMAL(2),
exponencial negativa (3), hiperbólica (4)*

**Figura 17.- Diagramas de distribución de espaciados,
Transversal Tr-1 (1), y Transversal Tr-2 (2)
Frecuencia acumulada (%) versus espaciado en la
Transversal Tr-2 (3), Cantera de Julio Marín, (12 Km al SO de Los Menucos)**

Aunque el número de datos no es suficiente, y sería recomendable tomar un mayor número de medidas, la interpretación de los primeros resultados que se han obtenido se resume a continuación.

- La distribución de aperturas de fracturas en la transversal Tr-1 (*figura 15-1 y 2*) parece que es fractal, con una dimensión de distribución de potencias, definida por la pendiente de la recta de ajuste, $D_t=1.48$.
- La distribución de espaciados interfracturas en la transversal Tr-1 parece que es de carácter hiperbólico -fractal- (*figura 16-1 y diagrama [4], figura 16-3*), al menos en un rango comprendido entre 0.2 y 3m, con una dimensión de distribución de espaciados $D_s=1.30$. Esta tendencia se manifiesta por la recta de ajuste en el diagrama *log (N)-log (espaciado)* - *figura 16-1,-* y por el mejor ajuste en el *diagrama [4], figura 16-3*. La desviación de la recta de ajuste por debajo de espaciados de 0.2m es un problema de muestreo (efecto de truncación) por no ser muchas las medidas existentes.
- La distribución de espaciados interfracturas en la transversal Tr-2 , parece por el contrario, lognormal (*figura 17-2*), como se pone de manifiesto por el mejor ajuste del *diagrama [2]* de la *figura 17-3*. Como ha sido sugerido por Priest (1993), el que la distribución de espaciados interfracturas sea lognormal, implica que alguna longitud característica interviene en las propiedades de escalado. Por el contrario, el que la distribución sea hiperbólica supone una invarianza al cambio de escala, es decir fractal.
- Los datos de espaciados en la Cantera sugieren que las fracturas predominantes de orientación N10-20°E, que son las responsables del "lajamiento" de las rocas, van tener distribuciones fractales o probablemente multifractales, hecho que con los datos que actualmente se poseen no se puede confirmar. Por tanto, la invarianza al cambio de escala sería la principal característica de este grupo mayoritario de fracturas. Pero en la distribución de algunos sistemas individualizados de fracturas, concretamente las de orientaciones comprendidas entre N100° y N130°E, puede intervenir alguna longitud-escalar característica de espaciado, y presentar distribuciones de tipo lognormal, lo que supone un importante criterio de discriminación. Esto está de acuerdo con recientes análisis de diaclasas y fallas realizados por Gillespie et al. (1993). Además, estas fracturas pueden tener incidencia en la definición de "bloque mínimo explotable", que podría ser de un orden de magnitud similar a la media geométrica del conjunto de datos, es decir 0.7m, que sería la longitud de espaciado que intervendría en su escalado.

Posibilidad de la existencia de mineralizaciones de oro (tipo epitermal) en determinadas facies de ignimbritas en las proximidades de Los Menucos.

Desde el punto de vista geológico, en esta área se pueden diferenciar unidades litoestratigráficas que comprenden desde el pre-Pérmico, representado por metamorfitas de bajo grado, granitoides y vulcanitas ácidas del Pérmico, hasta vulcanitas y sedimentitas volcánoclasticas triásicas y cuerpos intrusivos, piroclastitas y vulcanitas jurásicas, sedimentitas continentales y marinas que las suprayacen, calizas y areniscas cretácicas, piroclastitas y basaltos del Terciario Medio, paleosuelos y areniscas miocenas, basaltos pliocenos y basaltos y cuerpos intrusivos básicos del Cuaternario (J.C.Herrero, 1996).

Las manifestaciones metalíferas de esta zona son depósitos de filiación magmática (epi a mesotermales), dentro de la unidad morfoestructural del Macizo Norpatagónico. Hay importantes "bolsones" de caolín y vetas de fluorita. Según datos históricos, hay 11 manifestaciones de plomo, asociadas algunas a cinc, cobre, manganeso y fluorita. En concreto, la Fm Los Menucos (Triásico) contiene indicios de plomo, cobre y oro.

Según datos recientes aportados por empresas privadas, que hicieron investigación en la zona, en calicatas en las proximidades de Los Menucos sobre una veta de cuarzo, en parte brechoide, encajada en un pórfido riolítico de la Fm Los Menucos, se detectaron importantes tenores en oro y plata, con promedios de 2.17 g/t y 6 g/t respectivamente. Reconocieron una intensa alteración argílica, y la empresa realizó cuatro perforaciones de aire reverso, obteniendo 340 muestras, las cuales contenían un promedio de 1.38 g/t de Au y 10.4 g/t de Ag.

Otras informaciones de interés, aportadas por la misma empresa, (J.C.Herrero op.cit.), señalan que en las proximidades de Maquinchao, detectaron mineralización aurífera en rocas andesíticas porfídicas, y en brechas andesíticas silicificadas y cuerpos jasperoides. Importantes alteraciones en la brecha andesítica, consistentes en silicificación parcial y reemplazamiento jasperoidal, son las zonas con mayor tenores en oro. Realizaron 6 sondeos que determinaron la geometría de los cuerpos brechoides, con unas dimensiones reducidas (30 por 40 m aproximadamente) y con valores de oro del orden de los 3 g/t. Los mismos cuerpos en superficie habrían aportado tenores de hasta 30 g/t de Au.

Por estas razones, la zona ya merece especial atención, pero además, es sin duda el objetivo de mayor interés desde el punto de vista de yacimientos metalíferos en la zona. Las observaciones por nosotros realizadas, comprenden una serie de estaciones en las Canteras Zafiro S.A. de Cerámica Zanón (*nº 17-figura 1- y figuras 18 y 19*), donde se encontraron una serie de rocas con patrones de alteración argílica y facies específicas de interés (brechas silicificadas, pórfidos jasperoides, stockworks, etc.), que desde el punto de vista de una exploración racional de la zona merece destacar. Nuestro trabajo de reconocimiento, por razones de tiempo, consistió en la observación de litologías, alteraciones y control estructural, junto con la cinemática de venas

y fracturas, cuya importancia pone de relieve el interés de realizar una cartografía de detalle en una fase posterior de investigación.

Los principales eventos de potencial interés reconocidos en el terreno son los que a continuación se exponen de forma concisa:

- En primer lugar, la caolinización de las ignimbritas dacíticas, favorecida en zonas específicas de intensa fracturación, obedece a patrones de alteración argilítica (caolinización+alteración cuarzo-sericítica) –*figuras 18 y 19-* y foto -19-.
- La presencia de cuerpos de brechas silíceas que constituyen a modo de “pipas” o “chimeneas”, o formando una especie de “silica cap”, con jaspers en venillas que constituyen stockworks, en donde se reconocen sulfuros (*figura 18*).
- La presencia de tobas violáceas con microfisuras rellenas por sulfuros.
- La existencia de gosanización (sombrero ferruginoso) en las partes altas de las brechas silíceas y de los stockworks (*figura 18*).
- El marcado control estructural, pues estas estructuras se ven favorecidas principalmente por fallas N50°-60°E, N120°-130°E, N140°E (foto -20- filón principal en la Estación 2, -*figura 19-*), y N150°-160°E (*figuras 18 y 19*).
- La extensión de áreas con alteración argilítica (caolinización), unos 40 Km en los alrededores de Los Menucos.

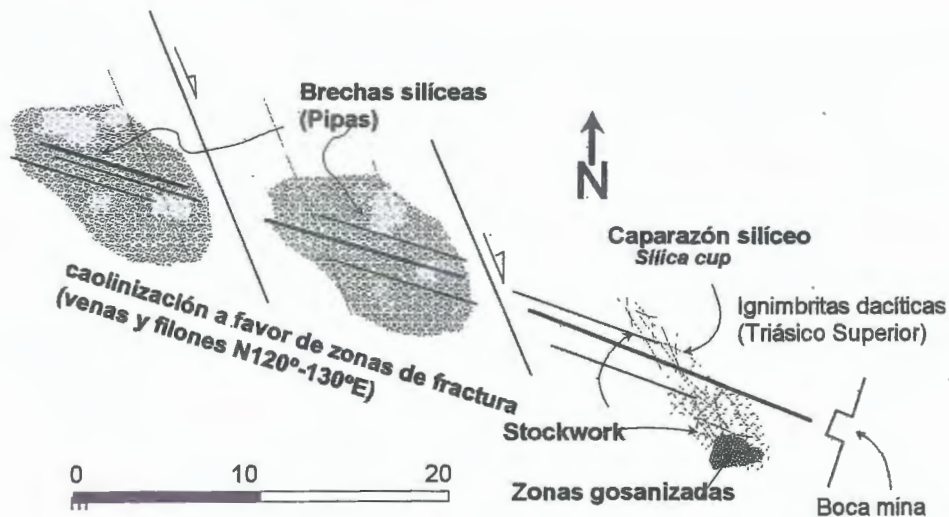


Figura 18.- Zonas de fractura, Filones, stockworks y brechas silíceas (pipas) en la zona de la Cantera Zafiro S.A. (n°17 - Fig.-1).

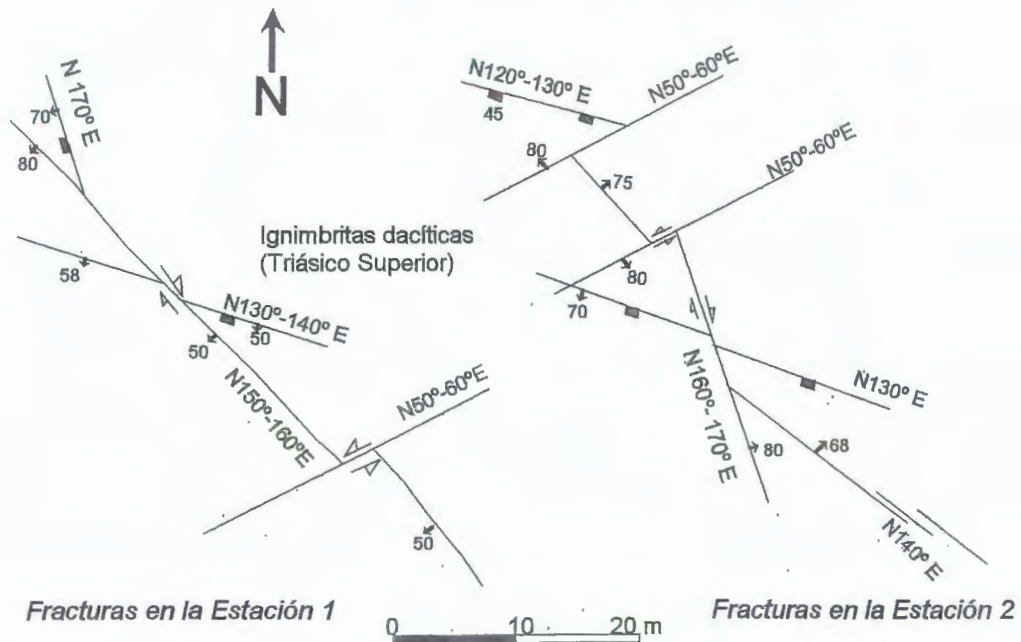


Figura 19.- Geometría y cinemática de fracturas en la Cantera Zafiro S.A. (nº17 - Fig.-1).

Todos los eventos anteriormente mencionados son de gran interés, y se desarrollan clásicamente en sistemas epitermales con mineralización de oro. Dependiendo del nivel de erosión y de las condiciones de fracturación, algunos pueden estar mejor desarrollados que otros, o incluso llegar a faltar. Pero con los datos que actualmente se poseen, se justifica plenamente llevar a cabo una investigación de mayor detalle en la zona.

Hay que hacer notar la posible extensión y número de áreas potencialmente mineralizadas, pues se han encontrado análogos patrones de alteración (caolinización) en varias canteras en las proximidades de Los Menucos, y en la zona de Aguada de Guerra, que se expone a continuación.

Otro área de interés, que presenta análogos patrones de alteración caolinítica, a favor de zonas de fracturas, el mismo tipo de rocas y estructuras de brechas silíceas, redes de venas que conforman stockworks (foto -21-), y similares sistemas de fracturas, es la *Cantera Don Cristobal*, (nº 21-figura 1- y figura 20), situada en las proximidades de Aguada de Guerra. La geometría y cinemática de fracturas, junto con otras estructuras características de sistemas epitermales fueron reconocidas en dos estaciones de observación y pueden verse en la *figura 20*. El hecho de encontrar estas estructuras características de sistemas epitermales de oro en varias áreas, aumenta considerablemente el interés potencial de este tipo de mineralizaciones, aún insuficientemente investigado en toda la zona.

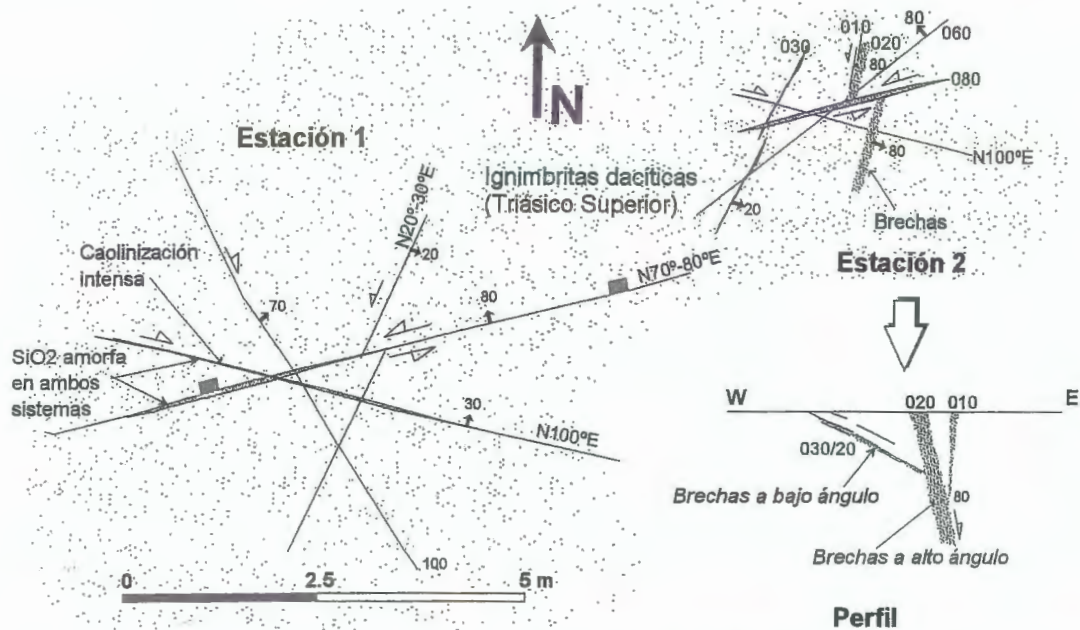


Figura 20.- Geometría y cinemática de fracturas y brechas, en dos estaciones de observación en la Cantera " Don Cristobal" , Aguada de Guerra, (nº21 - Fig.1-).

Este tipo de yacimientos, aunque con características propias y variaciones, son frecuentes; por ejemplo, el campo volcánico de San Juan Mountains, (Colorado), Summitville y Goldfield en Estados Unidos, en Australia, Japón etc., donde los yacimientos de metales preciosos se asocian a sistemas epitermales a veces, relacionados con ambientes de caldera. En España, el yacimiento de Rodalquilar (Almería) es el único ejemplo en Europa, de mineralizaciones de oro relacionadas con sistemas epitermales, desarrollados en ambientes de calderas, y asociados a un volcanismo terciario.

Observaciones en la Mina Cruz del Sur (nº 18 -figura1-).

Se trata de una aparente aislada veta de orientación próxima a N-S, buzando cerca de 80° al Este (foto -22-), encajada entre andesitas y dacitas que afloran unos 300 m al Este de la veta. La veta es una compleja zona de falla de orientación comprendida entre N-S y N08°E, que actúa como falla de extensión, y en la que también se encuentra un sistema de venas relacionadas con la veta principal y que llevan una dirección N150°-160°E. Se trata de venas pinnadas (pinnate veins -figura 21-) y su situación apunta a que la falla ha sufrido reactivaciones, actuando también como falla con movimiento en dirección y sentido sinistral. La mineralización de cerusita se presentaba en "bolsadas", que se pueden posiblemente explicar como zonas de dilatación (extensión) originadas debido a la cinemática de la zona de fractura en la que se encuentra la veta (figura 21) . La zona filoniana tiene una corrida total de unos 650 m hacia el Sur, y una potencia de zona de fractura silicificada de unos 4 a 5 m.

La paragénesis mineral está constituida por galena, cerusita, anglesita, plata, fluorita, hematites parda y malaquita.

Hay que hacer constar que aunque no se tienen datos al respecto, parece razonable suponer que esta mina no sea un hecho aislado en la zona, sino que puede haber otros sistemas filonianos de idénticas características estructurales, que todavía no hayan sido descubiertos.



Figura 21.- Geometría y posible cinemática de la estructura mineralizada en Cerusita-galena de la Mina Cruz del Sur, (n°18 - Fig.1-).

Antes de llegar al Área Cordillera, y no lejos del departamento provincial de Ñorquinco, hay que señalar el posible interés potencial de los granitos y migmatitas del Precámbrico-Paleozoico Inferior (Fm Mamil Choique) en cuanto a mineralizaciones de Sn-W, Pb-Zn, e incluso Au que pudieran tener.

ÁREA CORDILLERA

En este área se encuentran una serie de unidades litoestratigráficas que comprenden desde el Precámbrico Superior, hasta el Cuaternario. El basamento (Precámbrico-Paleozoico Inferior) presenta metamorfitas (migmatitas y ectinitas), junto con granitoides. Hay que resaltar los granitoides del Cretácico con mineralización de sulfuros, vulcanitas y vulcanoclastitas terciarias, y granitoides leucocráticos que constituyen stocks, junto con tobas, ignimbritas y sedimentitas terciarias.

Las formaciones más importantes desde el punto de vista metalogénico son *Los Machis* y la *Fm Ventana*, encajante de la *Mina María*. Esta mina, por razones de tiempo, no se pudo visitar, pero sí analizar el entorno geológico y las características de la *Fm Ventana*. Los datos históricos señalan la presencia de siete manifestaciones de plomo, plata, cinc, (entre ellas la *Mina María*), dos de cobre y dos de oro, y en base a los resultados preliminares obtenidos en el Plan Patagonia-Comahue, de la Subsecretaría de Minería, hay una serie de áreas potenciales para su prospección. En función de las anomalías geoquímicas registradas y del contexto geológico, rocas del basamento y vulcanitas del Jurásico afectadas por plutonismo cretácico y terciario, junto con volcanismo eoceno con alteraciones hidrotermales, puede tratarse de una zona potencial para la existencia de depósitos minerales polimetálicos de oro y plata.

Las vulcanitas con intercalaciones de sedimentitas volcanoclásticas, tobas y andesitas son un encajante potencial para la existencia de depósitos polimetálicos de metales preciosos (oro y plata). El control estructural de la mineralización parece ser claro, según una dirección N30°-40°E, la que por otra parte está bien representada, por ser el sistema de fracturas predominante en el área (zona de la Escuela). Esta dirección tiene importancia metalogénica también en el dominio norpatagónico, como ya ha quedado puesto de manifiesto anteriormente.

Por consiguiente, el área según J.C. Herrero, forma parte de un metalotecto en el que ocurren mineralizaciones polimetálicas con oro en venas y disseminaciones, cuyas manifestaciones más conspicuas son la mina Huemules (noroeste de Chubut) y la *Mina María*, en el Alto Río Chubut (Río Negro), que no pudieron visitarse por razones de tiempo en el programa. Igualmente, según el mismo autor, hay una serie de subáreas de interés en el área Cordillera que sería conveniente visitar en una próxima campaña.

También hay que señalar las manifestaciones metalíferas que se conocen en el Cerro Piltriquitrón y en el Bolsón. En el Cerro Piltriquitrón las mineralizaciones se presentan en venas y venillas de plomo y pirita, con alteración de la roca de caja de tipo propilitización y silicificación (Herrero 1996). Por razones de tiempo no pudieron visitarse, pero si se observaron sistemas de fracturas NO-SE, (N170°-180°E), N30°-40°E y N70°-80°E, los cuales tienen importancia metalogénica en otros sectores.

Un apunte sobre las observaciones estructurales en los Granitoides de Cordillera (n^{os} 25 y 32- figura 1-, y figura 22).

En las zonas 25 y 32 de la figura 1, se pudieron realizar algunas observaciones sobre los granitoides de Cordillera del Cretácico, y los sistemas de fractura que los afectan. Los granitoides en la zona 25 –figura 1-, son granitos de grano medio, con biotitas en parte cloritizadas, con feldespato potásico de tonos rosados (¿microclina?), a veces rodeando a los cristales de biotita, lo que pudiera sugerir una posible alteración *potásica* y *cuarzo-sericítica* en algunas facies.

Los principales sistemas de fractura que están bien representados en dichos granitos, a favor de los cuales hay numerosos diques de aplitas y pegmatitas, junto con venas de cuarzo con epidota, son de orientaciones NO-SE, (N170°-180°E), N30°-40°E y N70°-80°E (figura 22). Hay una intensa turmalinización en torno a los diques, pero también parece que es muy conspicua en el granito. Habría que comprobar en detalle el tipo de alteraciones hidrotermales que pueden existir, junto con el hidrotermalismo que puede ir acompañando a los sistemas de venas con epidota, así como en detalle la geometría y extensión de los posibles campos filonianos y de diques, por si tuvieran alguna importancia desde el punto de vista metalogénico y minero.

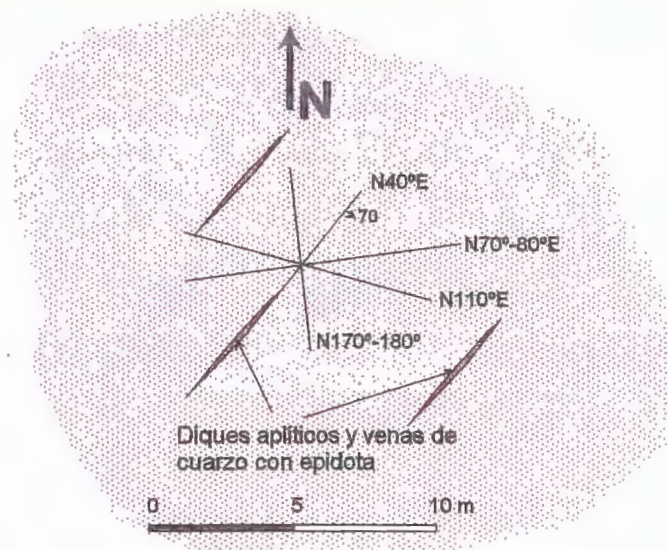


Figura 22.- Orientaciones de los principales sistemas de fractura y venas en los granitoides de Cordillera (áreas n^o 25 y 32- Fig.1-).

Neotectónica. Observaciones sobre fallas de extensión en morrenas fluvio-glaciares cuaternarias (*n^{os} 30 y 31 - figura 1-*).

A título de nota preliminar, aunque se salga de los objetivos mineros de la Geotransversal realizada, hay que señalar la importancia que puede tener desde un punto de vista sismológico y neotectónico, la existencia de fallas de extensión que desplazan materiales de las morrenas fluvio-glaciares del Cuaternario.

Se ha encontrado un afloramiento cercano al Río Foyel, km 92 de la carretera 258, desde El Bolsón hacia San Carlos de Bariloche (*n^o 30 -figura 1-*). Se trata de fallas normales de orientación N-S y bloques hundidos hacia el Este (sintéticas) (foto -23-), con alguna antitética de labio hundido hacia el Oeste. Los desplazamientos oscilan entre milimétricos y hasta 50 cm.

Igualmente, se han encontrado afloramientos excepcionales, por ejemplo, a 62 km al Norte de El Bolsón, en la ruta hacia San Carlos de Bariloche (*n^o 31 - figura-1*), en donde se observan fallas de extensión a todas las escalas (fotos - 24, 25 y 26-), y que dan lugar al desarrollo espectacular de horst y grabens, con una característica que es la invarianza al cambio de escala (fractales). Predominan las fallas de orientaciones N-S, N30°-40°E y N50°-60°E, buzando al Norte y al sur (antitéticas y sintéticas).

La importancia de estos afloramientos es sus inmejorables condiciones de observación, lo que permitiría realizar medidas detalladas de desplazamientos de las fallas a todas las escalas, y longitudes de trazas de las mismas, empleando técnicas de análisis fractal, al estilo de lo propuesto por Gillespie et al (1997) y Gumiel et al (en preparación). Por esta razón, se pone un especial énfasis en recomendar la realización de trabajos de detalle en una posterior campaña. El objetivo sería llevar a cabo un análisis geométrico de los diferentes sistemas de fallas, determinar las características de su distribución, comprobar la *fractalidad* de los desplazamientos, y cuantificar *la extensión* mediante *integración*.

Conclusiones y recomendaciones

Las conclusiones sobre los depósitos metalíferos que se visitaron, se han elaborado con criterios de viabilidad económica, por lo que aún tratándose de campos filonianos de considerable extensión y potencial, las condiciones económicas de mercado no aconsejarían en el momento actual emprender acciones inmediatas en alguno de ellos. Este es el caso de las mineralizaciones de Fluorita, de Plomo-Plata (Áreas de Gonzalito y Vicentito) o de Wolframio (campo filoniano de la Mina San Martín).

Con respecto a las mineralizaciones de Cobre, (Grupo Mina San Patricio), la geometría de las venas, con la existencia de entramados de fisuras tipo stockworks, y la extensión con indicios, que supera los 1000m, aconsejarían un seguimiento más detallado, y con mayor prioridad de confirmarse algún contenido en oro diseminado y en las venas. Habría que cartografiar con detalle las áreas con indicios, prestando especial atención a las venas, a su geometría y cinemática, a la existencia de cuerpos graníticos de tipo cupuliforme o apófisis, a los diques de aplitas y a los pórfidos jasperoideos. Dependiendo de los resultados iniciales se podría recomendar la ejecución de alguna campaña de geoquímica de suelos multielementos, acompañada de litogeoquímica, y algún trabajo de prospección geofísica para estudiar las fracturas en profundidad o algún método útil para la delimitación geométrica de cuerpos graníticos de tipo cupuliforme con sulfuros diseminados.

Con respecto a la mineralización de sulfuros (+/-Au) en fracturas y diseminada en las ignimbritas dacíticas de la Cantera de Julio Marín, situada a 12 km al SO de Los Menucos.

Con los datos que actualmente se poseen, no se puede afirmar que la mineralización aproveche una determinada dirección de fractura, ni tampoco que haya una diseminación en la roca y no tan solo en las proximidades de las fisuras. Para lo cual, hay que recomendar al respecto, una toma sistemática de datos de fracturas, en donde se observen los sulfuros y los sistemas de fractura específicos que los contienen, y que a su vez, esté acompañada de análisis químicos sistemáticos de las rocas y de los sulfuros (piritas) para estudiar como está el oro en los mismos.

- De confirmarse contenidos de oro razonables, el indicio sería de gran interés, y se recomendarían trabajos posteriores de mayor detalle. Éstos estarían encaminados, por una parte, al estudio de la cinemática de las fracturas, que puede dar información sobre estructuras favorables en donde se pueda concentrar la mineralización (zonas de dilatación). Por otra parte, sería muy interesante realizar estudios de detalle sobre la conectividad y percolación de las redes de microfisuras, a favor de las cuales pudiera haber mineralización de sulfuros con oro, y que pudiera dar lugar a una mineralización de tipo "diseminada", aunque probablemente controlada por microfisuras.
- A tenor de los resultados, también se recomendaría la ejecución de trabajos específicos de exploración, como puedan ser, campañas de geoquímica de

suelos y litogeoquímica, geofísica, y alguna calicata o sondeo de reconocimiento, encaminados a valorar el posible potencial minero de la zona.

Con respecto a las Rocas ornamentales: El “pórfido” de la Cantera de Julio Marín. Los datos obtenidos del estudio geométrico de fracturas en transversales, iniciado en la Cantera, revelan una serie de conclusiones que a continuación se exponen:

- La distribución de aperturas de fracturas en la transversal Tr-1 (*figura 15-1 y 2*) parece que es fractal.
- La distribución de espaciados interfracturas en la transversal Tr-1 parece también que es de carácter fractal (*figura 16-1 y diagrama [4], figura 16-3*), al menos en un rango comprendido entre 0.2 y 3m.
- La distribución de espaciados interfracturas en la transversal Tr-2 , parece que es lognormal (*figura 17-2*), como se pone de manifiesto por el mejor ajuste del *diagrama [2]* de la *figura 17-3*. El que la distribución de espaciados interfracturas sea lognormal, implica que alguna longitud característica interviene en las propiedades de escalado. Por el contrario, el que la distribución sea hiperbólica supone una invarianza al cambio de escala, es decir fractal.
- Los datos de espaciados en la Cantera sugieren que las fracturas predominantes de orientación N10°-20°E, que son las responsables del “lajamiento” de las rocas, van tener distribuciones fractales o probablemente multifractales, hecho que con los datos que actualmente se poseen no se puede confirmar. Por consiguiente, la invarianza al cambio de escala sería la principal característica de este grupo mayoritario de fracturas.
- En la distribución de algunos sistemas individualizados de fracturas, concretamente las de orientaciones comprendidas entre N110°E y N130°E, puede intervenir alguna longitud-escalar característica de espaciado, y presentar distribuciones de tipo lognormal, lo que supone un importante criterio de discriminación, con respecto a las anteriores. Además, estas fracturas pueden tener incidencia en la definición de “bloque mínimo explotable”, que podría ser de un orden de magnitud similar a la media geométrica del conjunto de datos, es decir de 0.7m.

La recomendación prioritaria es proseguir con esta metodología de análisis geométrico y propiedades de escalado de los grupos de fracturas, que parece que pudiera dar buenos resultados. Hay que ajustar la medida de “bloque mínimo explotable”, de cara a una racionalización de la extracción. Para esto, sería conveniente completar la toma de datos en otras transversales, en una futura campaña de campo, y finalmente, se podría aplicar esta metodología en otras canteras de la zona, por ejemplo, en la Cantera de Victorino Marillán.

Con respecto a la existencia de mineralizaciones de oro (tipo epitermal) en determinadas facies de ignimbritas en las proximidades de Los Menucos y Aguada de Guerra.

Es sin duda el objetivo de mayor interés desde el punto de vista de yacimientos metalíferos de metales preciosos (en particular oro, posiblemente de tipo epitermal), pues la extensión de los patrones de alteración argilítica, las facies litológicas que pueden considerarse "litotectos", junto con los sistemas de fracturación de control, recomiendan la ejecución de trabajos de mayor detalle, tanto en el área de Los Menucos, como en Aguada de Guerra.

Los eventos geológicos de potencial interés se pueden resumir de la siguiente forma:

- En primer lugar, la caolinización de las ignimbritas dacíticas, favorecida en zonas específicas de intensa fracturación, obedece a patrones de alteración argilítica (caolinización+alteración cuarzo-sericítica).
- La presencia de cuerpos de brechas silíceas que constituyen a modo de "pipas" o "chimeneas", o formando una especie de "silica cap", con jaspes en venillas que constituyen stockworks, en donde se han observado sulfuros.
- La existencia de gosonización (sombrero ferruginoso) en las partes altas de las brechas silíceas y de los stockworks.
- El marcado control estructural, pues estas estructuras se ven favorecidas principalmente por sistemas de fallas N50°-60°E, N120°-140°E, y N150°-160°E.
- La extensión de áreas locales con alteración argilítica (caolinización), en los alrededores de Los Menucos, hasta unos 40 Km, observándose también zonas análogas en las proximidades de Aguada de Guerra.

Por consiguiente, como recomendaciones, el trabajo futuro a desarrollar en el área de Los Menucos y Aguada de Guerra, pasa necesariamente por:

- ✓ Cartografiar en detalle las zonas con manifestaciones caoliníticas, intentando investigar si los depósitos de ignimbritas rellenan antiguas calderas, que en parte pudieran estar conectadas.
- ✓ Cartografía de detalle de posibles litotectos, (zonas de alteración argilítica, tobas violáceas con sulfuros, zonas de brechas silíceas -silica cap-, zonas gosonizadas, pórfidos jasperoideos, etc.).
- ✓ Apoyo a la cartografía, y localización de zonas con alteración hidrotermal, mediante análisis e interpretación combinada de Imágenes Spot, TM o Landsat. (Teledetección-Imágenes Satelitarias-).
- ✓ Estudios detallados de campo, con apoyo petrográfico y químico de los patrones de alteración hidrotermal.
- ✓ Estudio y definición geométrica de caparazones silíceos, brechas silíceas, zonas gosonizadas y pórfidos jasperoideos.
- ✓ Definición geométrica de los stockworks.
- ✓ Análisis cinemático de sistemas de fractura, a escala mesoscópica, para definir posibles zonas de enriquecimiento locales, que puedan dar lugar a concentraciones minerales de interés económico.

- ✓ Búsqueda y localización de "líneas estructurales", o accidentes estructurales de mayor rango, a escala macroscópica (por ejemplo, *zonas de falla o cizalla*)³, que hayan podido actuar como control estructural, y favorecer el drenaje de importantes cantidades de fluidos, el desarrollo de las alteraciones hidrotermales y finalmente de las mineralizaciones.

Todo apoyado con trabajos propios de exploración, como campañas analíticas, de geoquímica de suelos, sedimentos y litogeoquímica, campañas de geofísica y alguna calicata o sondeos con recuperación de testigo que sirvan de apoyo a los estudios anteriores. Dependiendo de los resultados, se puede pensar en campañas de sondeos de exploración minera, a mallas más adecuadas para definir el potencial minero real del área.

Elaboración de un Mapa Metalogénico-Estructural.

A escala macroscópica o regional, en base a los estudios de detalle que se puedan realizar en las diferentes zonas, se recomienda elaborar un Mapa Metalogénico-Estructural, de síntesis de la información estructural y cinemática de fracturas, junto con las características metalogénicas de los principales sistemas filonianos que las rellenan, y que fuera del estilo del esbozo inicial que se presenta en la figura 23.

Estos mapas pueden ser muy útiles, ya que tienen la ventaja de una fácil visualización, y en ellos quedan reflejados los patrones cinemáticos de los sistemas de fracturas que controlan los diferentes depósitos minerales, por estaciones, y pueden proporcionar una valiosa información sobre el sentido de compresión y extensión a nivel regional, lo que sin duda tiene mucha importancia en la búsqueda y exploración de yacimientos minerales. Por ejemplo, se debe intensificar la exploración de sistemas de fracturas que puedan llevar consigo mineralizaciones del tipo de la Cruz del Sur, que aunque parece un indicio aislado, es posible encontrar otros campos filonianos de análogas características.

En una primera aproximación, se puede observar que la orientación de los grupos de fracturas y los patrones geométricos y cinemáticos son bastante consistentes en las diferentes zonas. En general, parece que los sistemas de orientación NE-SW a ENE-OSO (comprende direcciones desde N30°-40°E a N60°-70°E) actúan, además de como fallas normales, como fallas en dirección (desgarres) con movimiento en dirección y sentido predominante sinistral. Por el contrario, los sistemas de orientación NW-SE (N150°-160°E) y NNW-SSE (N170°E-180°), cuando actúan con movimiento en dirección, el sentido es dextral. Los sistemas de fallas de orientaciones comprendidas entre N110°E y N140°E, presentan movimientos en dirección en ambos sentidos (sinistral y dextral) localmente, dependiendo de las diferentes reactivaciones.

³ A este respecto hay que señalar, por ejemplo, la falla en dirección (desgarre) sinistral, de orientación NE-SW, que une las localidades de S^a Colorada, Los Menucos y Aguada de Guerra, con desplazamiento en dirección de unos 30-40 Km, puesta de manifiesto por E. Aragón (1996), y que coincide con lo observado a pequeña escala en la zona SE de Los Menucos (caolines de Canteras Zafiro S.A.) y que se repetía en Aguada de Guerra.

Por consiguiente, todos estos datos apuntan a que son frecuentes las reactivaciones de las estructuras, pues fallas normales, se reactivan como fallas en dirección (desgarres) con movimientos en ambos sentidos, y al revés, fallas en dirección actúan también con una componente normal. Generalmente, las reactivaciones de las fallas llevan consigo un gran movimiento de fluidos, con la generación de estructuras favorables, y si las condiciones físico-químicas de los fluidos son idóneas para la precipitación de metales, se pueden originar concentraciones de interés económico en estructuras favorables.

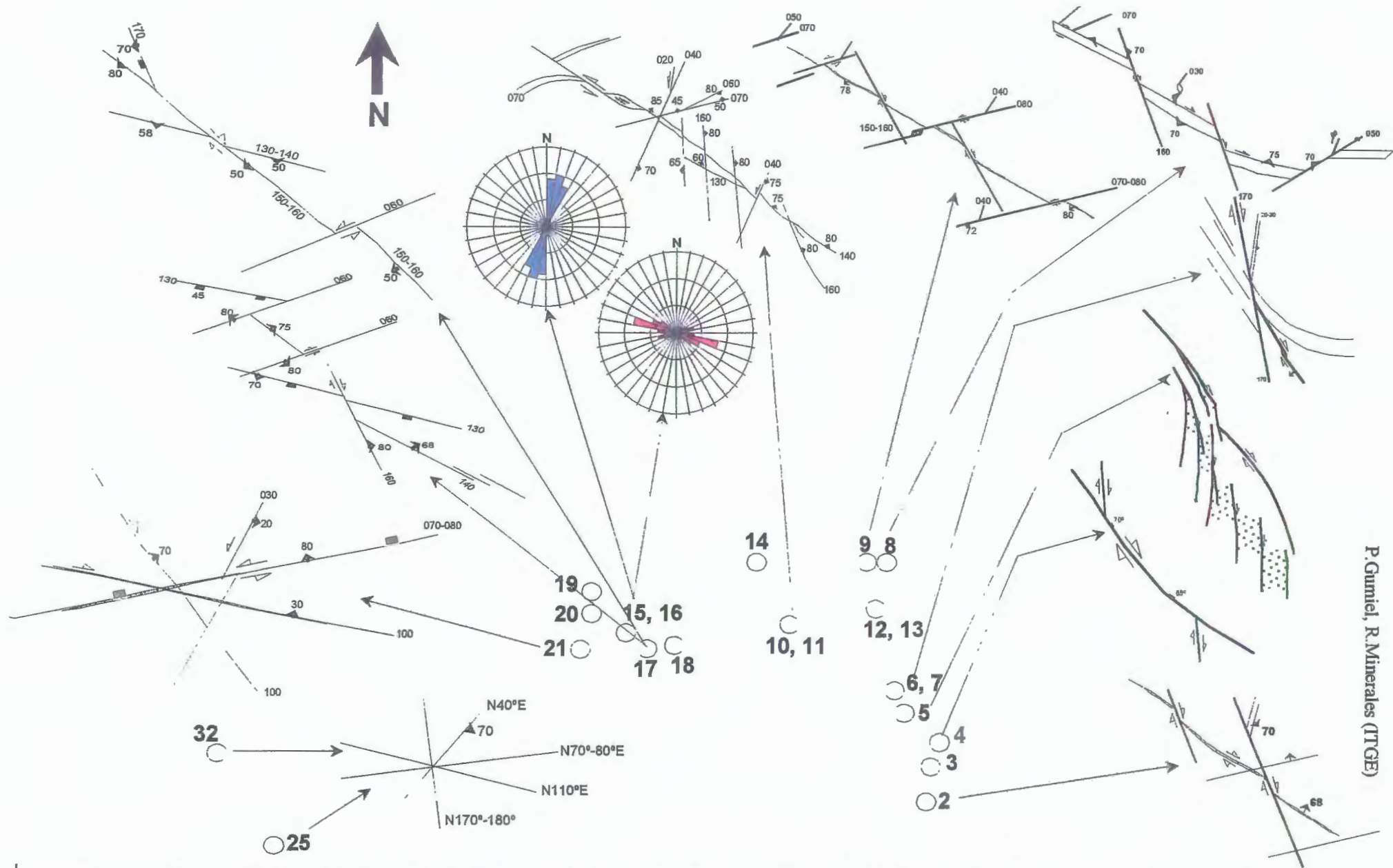


Figura 23.- Esbozo de un Mapa Metalogénico-Estructural, con la cinemática de los principales sistemas de fractura que constituyen grupos filonianos en algunas de las zonas visitadas de la figura 1. (La escala es la del mapa de la figura 1, pero la de los grupos de fracturas está exagerada para facilitar su visualización).

En cuanto a los granitos y migmatitas del Precámbrico-Paleozoico Inferior (Fm Mamil Choique).

No hay que olvidar el posible interés potencial de los granitos y migmatitas del Precámbrico - Paleozoico Inferior (Fm Mamil Choique), en cuanto a mineralizaciones de Sn-W, Pb-Zn y Au. Para este sector se recomendaría un reconocimiento detallado de cuerpos graníticos, diques y sistemas de venas, con cartografía de los mismos y análisis geométrico y cinemático. Al mismo tiempo, se podrían llevar a cabo desmuestres sistemáticos de granitos y sistemas filonianos, para su posterior análisis químico. Dependiendo de los resultados que se obtuvieran, se recomendarían posteriores trabajos de investigación más específicos.

Con respecto al área de Cordillera señalar algunas consideraciones.

Con respecto a este área, por razones de tiempo en el programa de la visita, no se pudieron realizar muchas observaciones, pero por la información de Herrero (1996), junto con los datos obtenidos en las formaciones encajantes de algunas de las mineralizaciones más importantes, se puede destacar lo siguiente:

- ✓ Las formaciones más importantes desde el punto de vista metalogénico son *Los Machis* y la *Fm Ventana*, encajante de la *Mina María*.
- ✓ Las vulcanitas con intercalaciones de sedimentitas volcanoclásticas, tobas y andesitas, son un encajante potencial para la existencia de depósitos polimetálicos de metales preciosos (oro y plata) y pueden considerarse litotectos.
- ✓ El control estructural de la mineralización parece seguir, al menos, una dirección N30°-40°E, la que por otra parte está bien representada en el área. Este sistema tiene importancia metalogénica también en el dominio norpatagónico, como ya ha quedado puesto de manifiesto anteriormente.
- ✓ No hay que olvidar el posible interés de las manifestaciones metalíferas que se conocen en el Cerro Piltriquitrón y en el Bolsón.

En estas áreas se recomendarían reconocimientos de detalle en una visita posterior que se pudiese realizar.

Con respecto a los granitoides de Cordillera.

Habría que comprobar en detalle la existencia de alteraciones hidrotermales en algunas facies de los granitoides de Cordillera, junto con el hidrotermalismo que puede ir acompañando a los sistemas de venas. De existir, habría que estudiar en detalle la geometría y extensión de los posibles campos filonianos y de los diques, por si tuviera alguna importancia desde el punto de vista metalogénico, y de cara a una futura exploración minera racional de la zona.

Con respecto a Neotectónica, se recomienda un estudio detallado de las fallas de extensión, que afectan a depósitos de morrenas fluvio-glaciares.

Dada la importancia de los afloramientos encontrados, con sus inmejorables condiciones de observación, se recomienda realizar estudios detallados de desplazamientos de las fallas a todas las escalas, y de las longitudes de trazas de las mismas, empleando técnicas de análisis fractal.

El objetivo sería llevar a cabo un análisis geométrico de los diferentes sistemas de fallas de extensión que afectan a los depósitos de morrenas fluvio-glaciares entre el Bolsón y San Carlos de Bariloche. Determinar las características de su distribución, comprobar la *fractalidad* de los desplazamientos, y cuantificar *la extensión* mediante técnicas de *integración*. Estos trabajos pueden tener gran interés y significado, desde el punto de vista de la neotectónica, de cara a cualquier construcción u obra civil que se piense realizar.

Referencias bibliográficas

- **Aragón, E.** (1996): Vulcanismo y estructuras jurásicas: Potencial minero "Río Negro Proyecto Minero", S.C. de Bariloche, 18-19 de Mayor de 1998.
- **Carreón-Freyre, D. Cojean, R. et Rocchini, J.F.** (1996): Caractérisation géométrique des réseaux de fracturation en carrière de roches ornementales. Application à l'optimisation de l'exploitation. Bull. De L'Association Internationales de Géologie de L'Ingénieur, París, nº54, 45-58p.
- **Dinis da Gama, C. y Bastos, M.** (1994): Análisis volumétrico de macizos rocosos fracturados para optimizar la extracción de rocas y minerales. Ingeopress, 16, 2731 p.
- **Gillespie, P.A. Howard, C.B., Walsh, JJ and Watterson, J.** (1993): Measurement and characterisation of spatial distributions of fractures. Tectonophysics 226, 113-141p.
- **Gumiel, P., y Sanderson, D.J.** (1994): Nota preliminar sobre la organización fractal de varios sistemas filonianos mineralizados en Au, W y Sn del Macizo Hespérico en Extremadura (España). Bol.Geol.Min., 105-3, 263-271.
- **Gumiel, P.; Sanderson, D.J.; Roberts, S., y Campos, R.** (1992): El uso del análisis fractal como discriminación de sistemas filonianos auríferos en el área de La Codosera, Extremadura (España). Geogaceta, 12, 3-7.
- **Gumiel, P., Campos, R., Sanderson, D.J., y Roberts, S.** (1995): Geometría y fractalidad de los sistemas filonianos de la mina de La Parrilla (Cáceres): Conectividad y Percolación. Bol.Geol.Min. 106-4, pp.16-37.
- **Gumiel, P., Campos, R., Hernández J.R., y Paredes, C.** (1996): Características de la geometría fractal de varios sistemas filonianos mineralizados del Macizo Hespérico. Su aplicación a la prospección. Parte I: mineralizaciones de Oro, Parte II: mineralizaciones de W, Sn, U y P. Geogaceta 20 (6), pp 1397-1404.
- **Gumiel, P., y Baltuille, J.M.** (1998): Análisis geométrico de sistemas de fracturación en canteras de rocas ornementales. Ensayo de aplicación de modelización fractal a un macizo granítico. Bol.Geol.Min. in litt.
- **Gutenberg, B. y Richter, C.F.** (1954): Seismicity of the Earth and associated phenomenon. 2º Ed. Princenton University Press.
- **Huang, Q & Angelier, J.** (1989). Fracture spacing and its relation to bed thickness. Geol. Mag. 126, 355-362.
- **Kakimi, T.** (1980): Magnitude-frequency relation for displacement of minor faults and its significance in crustal deformation. Geol.Soc.Japan.Bull. 31, 467-487.
- **La Pointe, P.R. y Hudson, J.A.** (1985): Characterisation and interpretation of rock mass joint patterns. Spec. Pap.Geol.Soc.Am., 199, 1-37pp.
- **Narr, W. & Suppe, J.** (1991). Joint spacing in sedimentary rocks. J.Struct.Geol. 13, 1037-1048.
- **Pickering, G.; Bull, J.M., y Sanderson, D.J.** (1995): Sampling power-law distributions. Tectonophysics, 248 1-20.

- **Priest, S.D. & Hudson, J.A.** (1976). Discontinuity spacing in rock. *Int.J.Rock Mech. & Mining Sci & Geomech. Abs.* 13, 135-148.
- **Priest S.D.** (1993): Discontinuity analysis for rock engineering. Chapman Hall, London, 473 pp.
- **Ramos, V.A. y Cortés, J.M.** (1984); Estructura e Interpretación Tectónica. Capítulo I-12, Relatorio del IX Congreso Geológico Argentino (S.C. de Bariloche) pp.317-346.
- **Sammis, C.G. y Biegel, R.L.** (1989). Fractals, Fault-gauge, and friction . *Pure Appl. Geophys.* 131, 255-271.
- **Sammis, C.G; Osborne, R.H; Anderson, J.L; Banerdt, M y White, P.** (1986). Self-similar cataclasis in the formation of fault gauge. . *Pure Appl. Geophys.* 123, 53-78.
- **Sanderson, D.J.; Roberts, S., y Gumiel, P.**(1994): A Fractal Felationship between Vein Thickness and Gold Grade in Drill-Core from La Codosera, Spain. *Econ. Geol.* 89, 168-173.
- **Scholz, C.W., y Cowie, P.A.** (1990): Determination of total strain from faulting using slip measurements. *Nature* 346, 837-839.
- **Taboada Castro, J, Romero Escudero, J.A. y Menéndez Díaz, A..** (1994): Parámetros estructurales de los yacimientos de rocas ornamentales. *Ingeopress*, 16, 20-26pp.
- **Turcotte,D.L.** (1986). A fractal model for crustal deformation. *Tectonophysics*, 132, 261-269.
- **Turcotte,D.L.** (1989). Fractals in geology and geophysics. *Pure Appl. Geophys.* 131, 171-196.
- **Villaescusa, E. & Brown, E.T.** (1990). Characterizing joint spacial correlation using geostatistical methods. In: *Rock Joints* (Barton, N & Stephansson, O. eds.).Balkema, Rotterdam, 115-122.
- **Walsh, J.; Watterson, J., y Yielding. G.** (1991): The importance of small-scale faulting in regional extension. *Nature* 351, 391-393.

Anexo

Fotografías



Foto 1.- Salinas del Gualicho: panorámica general.



Foto 4.- Diaclasas en ignimbritas en las proximidades de Mina Delta.



Foto 2.- Raza de explotación de Mina Delta. Venas de fluorita de orientación N120°E-130°E.



Foto 3.- Venas pinnadas (pinnate veins), de orientación N20°-30°E, que acompañan a las N120°-130°E, en la Mina Delta.



Foto 5.- Mineralización de fluorita que ocupa zonas de dilatación entre solapes de fallas N30°E, con movimiento sinistral y fallas N120°-130°E con movimiento dextral. Mina Malena.



Foto 8.- Estrías a bajo ángulo en fallas N-S, indicando movimiento en dirección. Por otros criterios cinemáticos (steps etc.) se ha observado que el sentido es dextro. Proximidades de S^a Grande.



Foto 6.- Mineralización de magnetita en el nivel 2-46, (a 146m de profundidad), en la mina de hierro de HIPARSA.



Foto 7.- Fallas N120-130°E que desplazan el nivel mineralizado en magnetita. Mina de Hierro de HIPARSA.

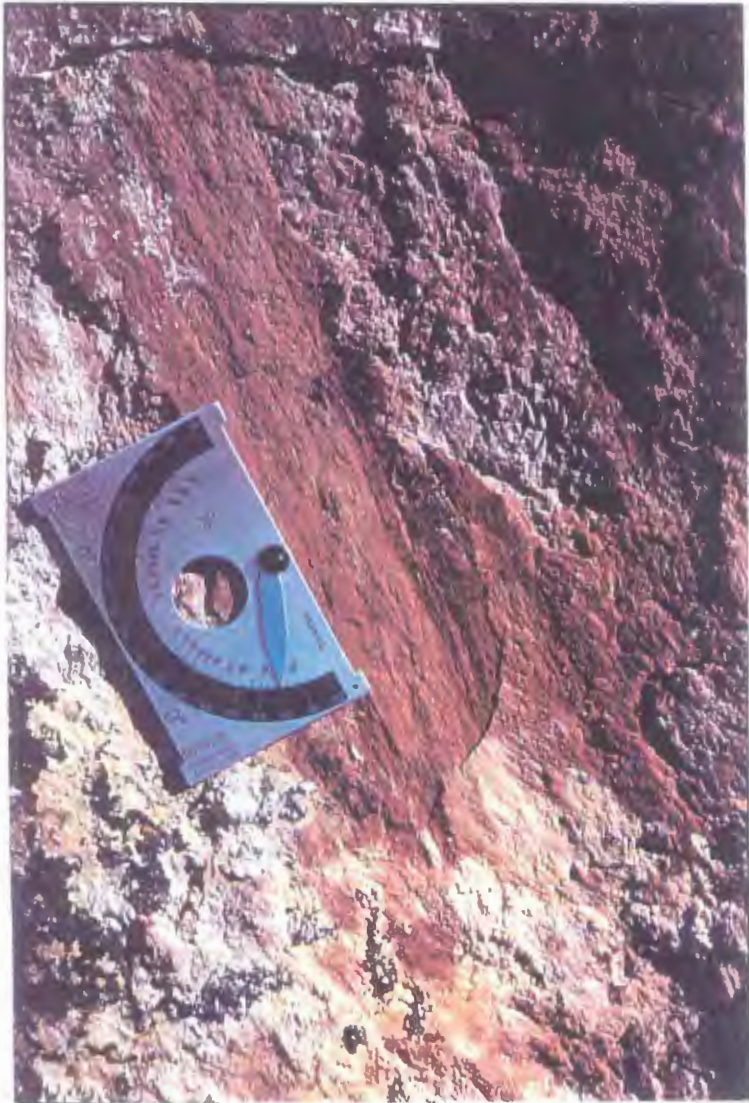


Foto 9.- Estrías a alto ángulo en fallas NW-SE (N140°-150°E) que indican que estas fallas actúan como fallas de extensión, con labio hundido el NE. Proximidades de S^a Grande.



Foto 10.- Rafa superficial de explotación de venas de cuarzo-wolframita (hübnerita), según N70°-80°E. Mina San Martín.



Foto 11.- Detalle de venas de cuarzo-wolframita (hübnerita), según N70°-80°E Mina San Martín.

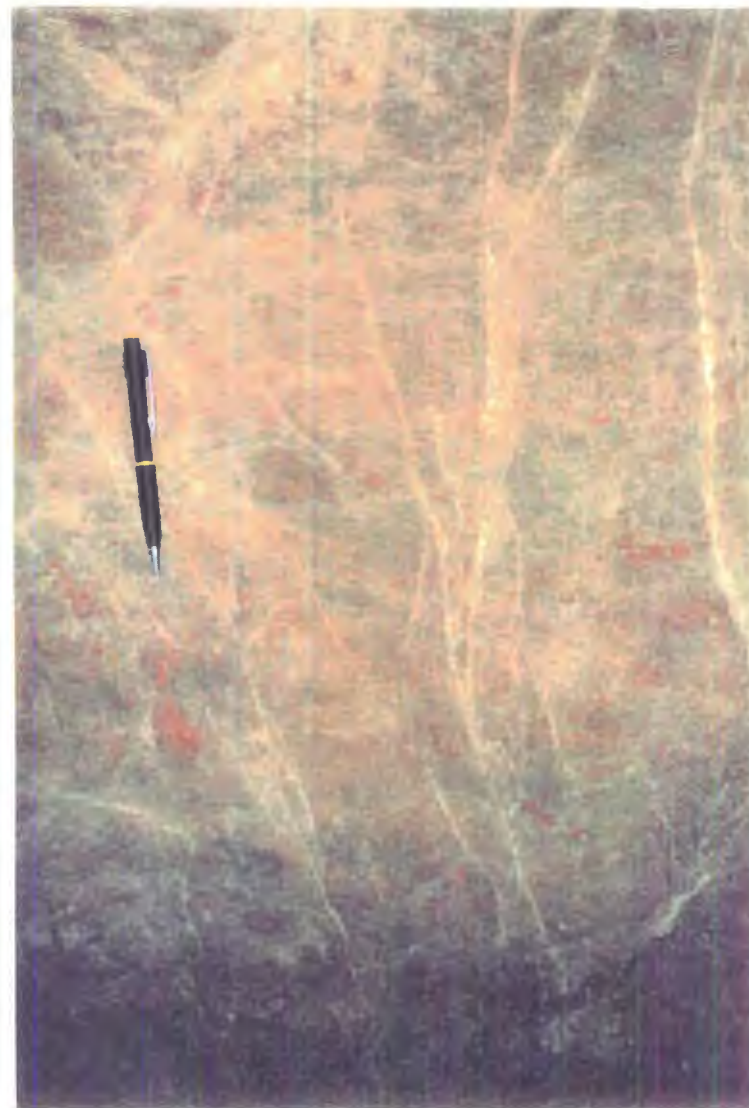


Foto 12.- Detalle del stockwork con venas de cuarzo mineralizadas en cobre del indicio San Patricio.



Foto 13.- Detalle de los grupos de venas de cuarzo con mineralización secundaria de cobre en el indio San Patricio



Foto 14.- Detalle de mineralización de cobre en bolsadas, que se forman como resultado de la cinemática de las fracturas que rellenan las venas. Indio San Patricio.

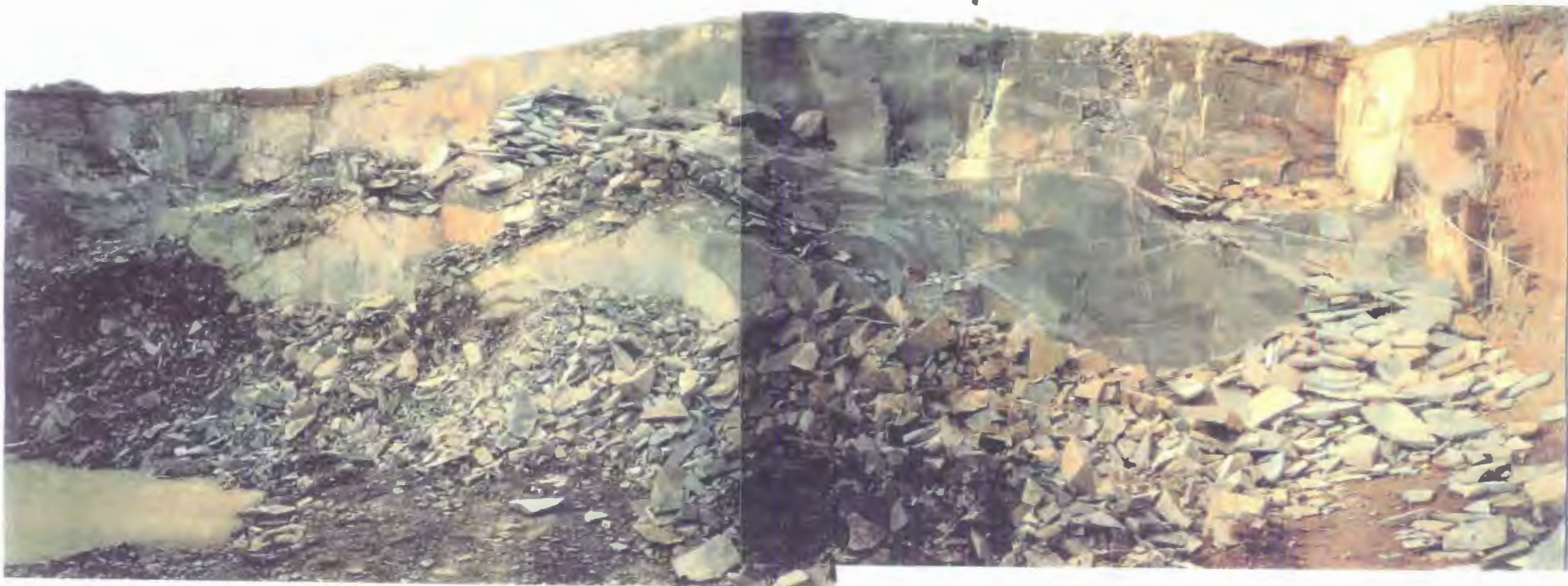


Foto 15.- Panorámica de la Cantera de Julio Marín, a 12 km de Los Menucos. Explotación de ignimbritas dacíticas, -pórfido gris-. Transversales de Muestreo. La Tr-1, de orientación N 116°E y 19.5m de longitud, y la Tr-2, de orientación N22°E y de 25.3m de longitud.



Foto 16.- Fracturas de orientación N10°-20°E, que dan lugar al lajamiento principal de la roca. Transversal Tr-1, Cantera de Julio Marín.



Foto 17.- Fracturas de orientación N170°-180°, que dan lugar a un lajamiento espectacular de la roca. Paraje El Cañadón, Cantera de Victorino Marillán (n° 16 -figura 1-).



Foto 18.- Finas fracturas, de orientación comprendida entre N110°-130°E, con un rango de aperturas entre 0.5 y 20 mm, a veces rellenas por venas. Transversal Tr-2, Cantera de Julio Marín.

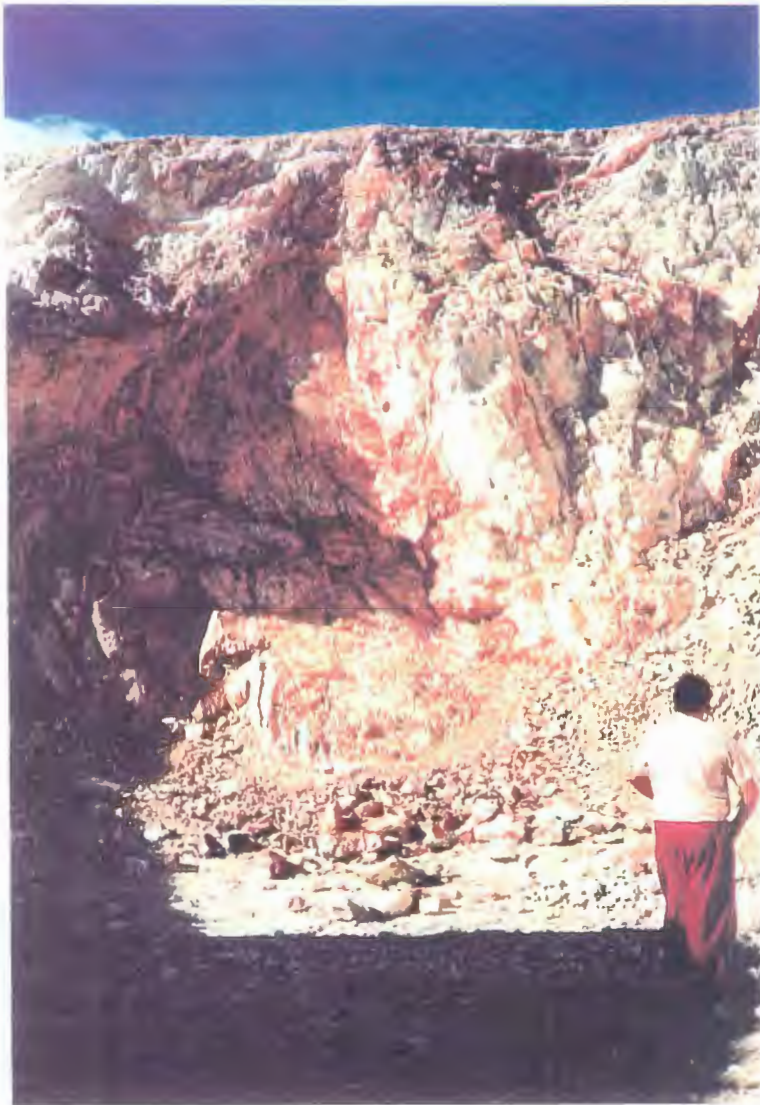


Foto 19.- Caolinización de las ignimbritas dacíticas, favorecida en zonas específicas de intensa fracturación, obedece a patrones de alteración argilítica (caolinización parcial +/- alteración cuarzo-sericítica) Canteras Zafiro. Caolines de Cerámica Zanón.

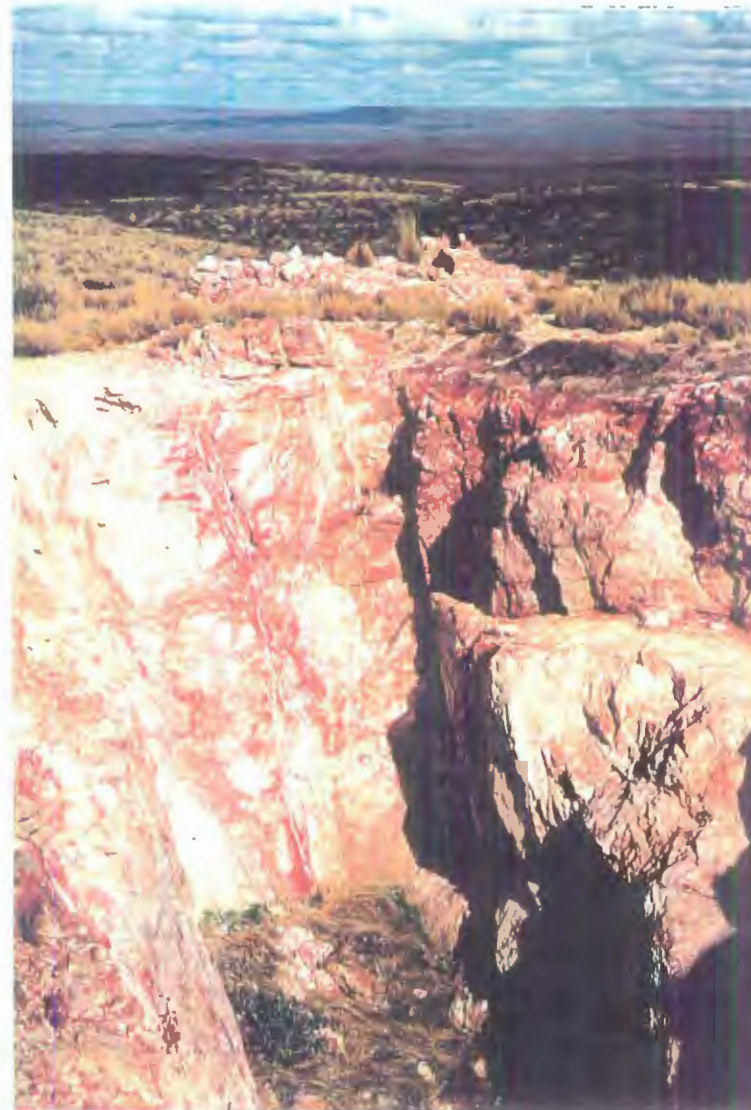


Foto 20.- Filón principal de orientación N132°E, en la Estación 2, Canteras Zafiro, Caolines de Cerámica Zanón.



Foto 21.- Stockwork en la Cantera Don Cristobal, situada en las proximidades de Aguada de Guerra. Los sistemas de fractura en donde se desarrollan estos stockworks son similares a los de las Canteras Zafiro



Foto 22.- Veta de dirección aproximada N-S, de la explotación de cerusita-galena en la Mina Cruz del Sur.

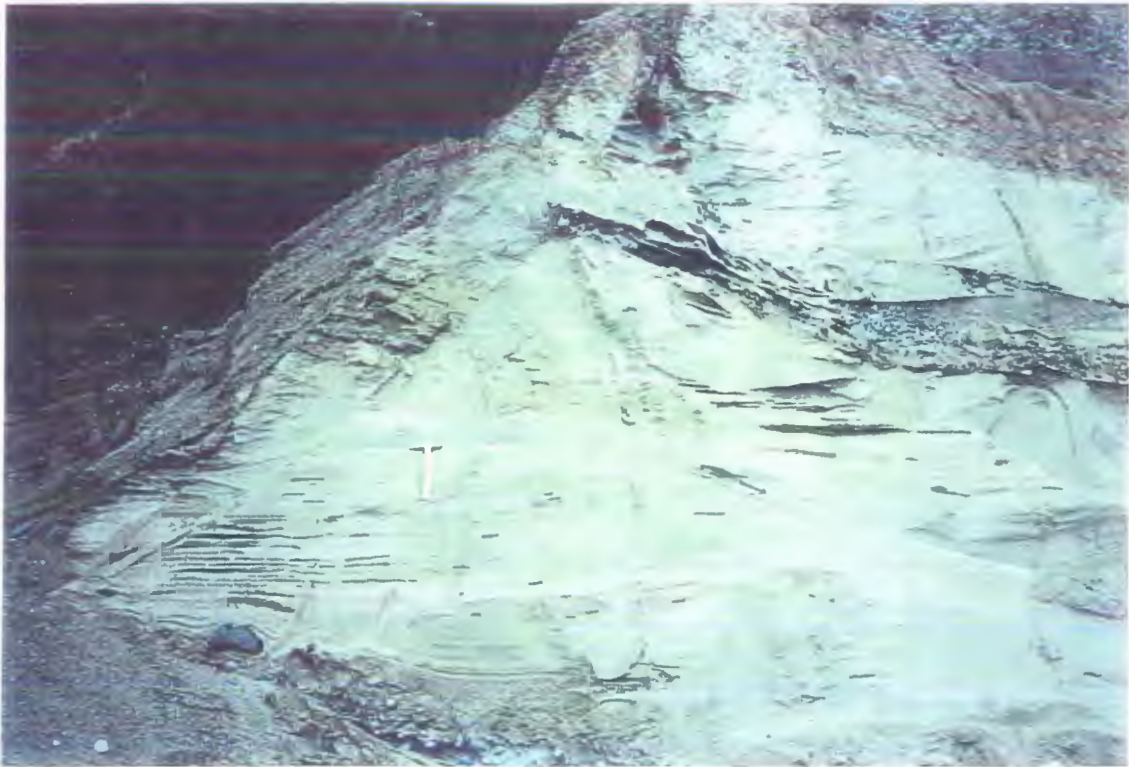


Foto 23.- Fallas de extensión de dirección N-S y labio hundido predominantemente hacia el Este (sintéticas) en depósitos fluvio-glaciares cuaternarios. Camino cercano al Río Foyel, km 92 de la carretera 258, desde El Bolsón hacia Bariloche (*n° 30 -figura 1-*)

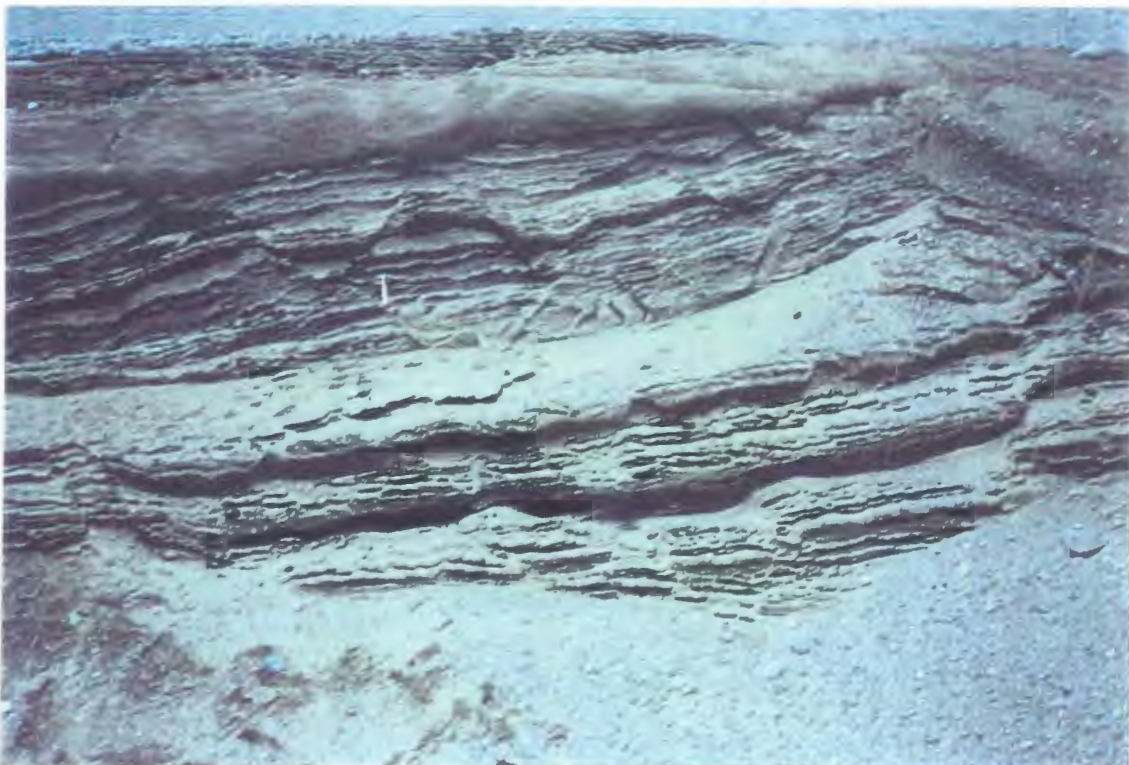


Foto 24.- Fallas de extensión en depósitos fluvio-glaciares cuaternarios. Desarrollo de horst y grabens a escala macroscópica. Afloramiento a 62 km al Norte de El Bolsón, carretera 258, en la ruta hacia Bariloche (*n° 31 -figura-1*). Orientación de la foto N-S.

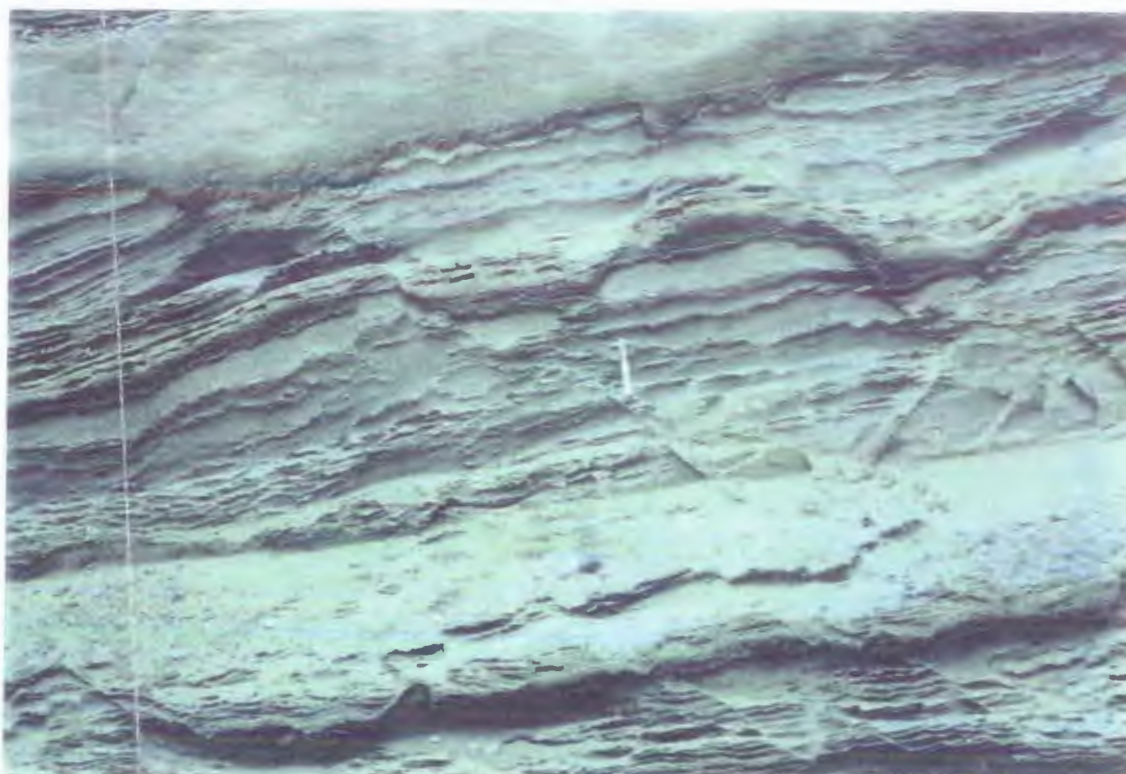


Foto 25.- Fallas de extensión en depósitos fluvio-glaciares cuaternarios. Desarrollo de horst y grabens a escala mesoscópica. Afloramiento a 62 km al Norte de El Bolsón, carretera 258, en la ruta hacia Bariloche (n° 31 -figura-1). Orientación de la foto N-S.

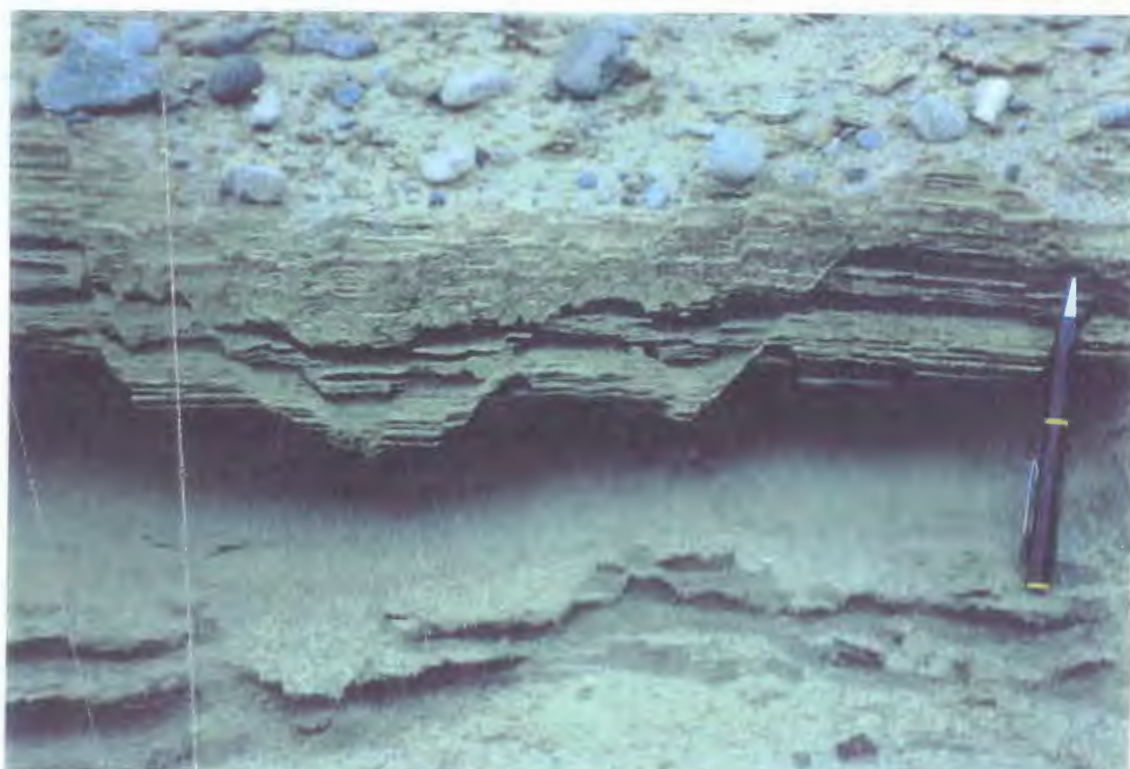


Foto 26.- Fallas de extensión en depósitos fluvio-glaciares cuaternarios. Desarrollo de horst y grabens a escala microscópica (de detalle). Afloramiento a 62 km al Norte de El Bolsón, carretera 258, en la ruta hacia Bariloche (n° 31 -figura-1). Orientación de la foto N-S.

