

Tesis de Posgrado

Mineralización y consideraciones genéticas del yacimiento la Helvecia, Provincia de La Rioja

Brodtkorb, Alejo

1979

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Geológicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Brodtkorb, Alejo. (1979). Mineralización y consideraciones genéticas del yacimiento la Helvecia, Provincia de La Rioja. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_1585_Brodtkorb.pdf

Cita tipo Chicago:

Brodtkorb, Alejo. "Mineralización y consideraciones genéticas del yacimiento la Helvecia, Provincia de La Rioja". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1979. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_1585_Brodtkorb.pdf

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

Universidad de Buenos Aires
Facultad de Ciencias Exactas y Naturales

1585
1978

MINERALIZACION Y CONSIDERACIONES GENETICAS DEL
YACIMIENTO LA HELVECIA, PROV. DE LA RIOJA.

TESIS DOCTORAL

Por: Alejo Brodtkorb

Junio de 1978

1585 ~

INDICE

I PREFACIO

II INTRODUCCION

III GEOLOGIA REGIONAL - ESTRATIGRAFIA

- 1) Cambro-ordovícico
- 2) Silúrico
- 3) Devónico
- 4) Carbónico
- 5) Triásico
- 6) Terciario
- 7) Cuaternario

IV GEOLOGIA DE LA MINA LA HELVECIA Y ADYACENCIAS

- 1) Geología y estratigrafía local
- 2) Estructura
- 3) Descripción del mapa geológico de la mina La Helvecia y adyacencias

V LITOLOGIA DE LA ZONA INVESTIGADA

- 1) Petrografía de las sedimentitas
- 2) Ambiente de sedimentación
- 3) Las rocas volcánicas

VI DESCRIPCION DE LA MINERALIZACION

- 1) Tipos de mineralización
- 2) Los minerales primarios
- 3) Los minerales secundarios
- 4) Elementos traza

VII DESCRIPCION DE LAS LABORES

- 1) Afloramientos y mineralizaciones en superficie
- 2) Labores La Solitaria
- 3) Otras manifestaciones

VIII INVESTIGACIONES GEOQUÍMICAS

IX EVOLUCION DE IDEAS GENETICAS

- 1) La evolución de las ideas genéticas en relación con yacimientos estratoligados
- 2) Nuevos enfoques genéticos en relación con los depósitos de Pb-Zn en calizas

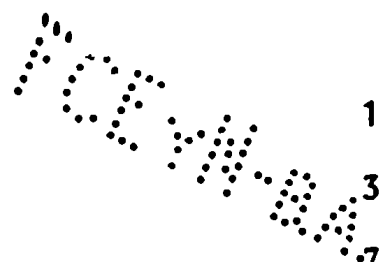
X CONSIDERACIONES GENETICAS PROPUESTAS Y DISCUTIDAS PARA EL DISTRITO MINERO LA HELVECIA

- 1) Estudios previos
- 2) Consideraciones genéticas propuestas

XI CONCLUSIONES

XII BIBLIOGRAFIA

ANEXO: Consideraciones económicas



1

3

7

7

9

9

9

10

11

11

12

12

18

18

23

23

28

29

31

31

38

41

44

45

45

51

59

63

66

66

69

73

73

75

78

79

82

I PREFACIO

En su caracter de Tesis, el presente trabajo es el requisito principal para optar al título de Doctor en Ciencias Geológicas de la Universidad de Buenos Aires.

El autor desea, en primer lugar, dejar constancia de su agradecimiento al Dr. Raul Zardini quien, en su caracter de padrino de Tesis, señaló las líneas generales a desarrollar y contribuyó con valiosas indicaciones sobre la forma de evaluar y planificar los antecedentes bibliográficos, las tareas en terreno y laboratorio.

Agradece en forma especial al Servicio Minero Nacional de la Secretaría de Estado de Minería quien financió la casi totalidad del trabajo en cuestión.

Por la extensión disciplinaria del trabajo fueron numerosos los organismos y personas que prestaron su colaboración al mismo.

El autor desea agradecer a la Dra. Milka K. de Brodtkorb por su ayuda en aspectos de mineralogía, su apoyo en las tareas de campo y por los numerosos intercambios de ideas; al igual a las Dra. Beatriz Coira, Lic. Norma Pezzutti y Alicia Spiegelman por su colaboración en los aspectos petrográficos y sedimentológicos.

Un reconocimiento especial al Dr. Victor Ramos por su apoyo en foto-geología y en campo; a las Dra. Elsa Rossi del Cerro y Lic. Diana P. de Baldis por los estudios micropaleontológicos.

De muy importante ayuda fue la colaboración de los geólogos de la Sede del Plan La Rioja, a cargo de los Dres. Miguel A. Guerrero y M. Kejner quienes facilitaron medios de movilidad, apoyo logístico, fotografías aéreas y ampliaciones.

La Dirección Provincial de Minería de la Provincia de La Rioja a través del Ing. J. Boiero colaboraron en materia de información y en material topográfico-geológico inédito disponible en esa repartición.

Durante las tareas de campo fué muy provechoso el cambio de ideas con los Dres. Jean Thébault, H. Péndola, Luis Gallino y el extinto Horacio García Campa, todos del Departamento Técnico del Banco Nacional de Desarrollo.

Las pocas personas residentes en la quebrada del río Guandacol colaboraron por distintos motivos en las tareas de campaña; debo mencionar a los viejos mineros D. Nolasco Nieto y Juan Poblete quienes perdieron la vida en un accidente en la mina durante el desarrollo de los trabajos de campo. El Sr. Paez en su calidad de baqueano y por proporcionar tropa y equipos de montura, realmente escasos en el lugar. La Sra. Emma M. de Tuercke, dueña de las pertenencias del Yacimiento La Helvecia y Establecimiento San Bernardo por su amable disposición y por el aporte de útiles antecedentes.

Los cortes petrográficos, calcográficos fueron confeccionados en los laboratorios del Servicio Minero Nacional y los macrocortes, con su conocida pericia, por el Sr. A. M. Bertolini en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.

Finalmente el autor desea expresar su agradecimiento a los profesores Dr.A.Maucher y G.C.Amstutz quienes a traves de numerosos cursos y diálogos privados, como así tambien por haber facilitado la visita a varios yacimientos austríacos y alemanes, introdujeron al suscripto en la problemática de los yacimientos en sedimentos.

II - INTRODUCCION

El Estado Nacional a través de sus organismos tales como el Servicio Minero Nacional, la Dirección General de Fabricaciones Militares, la Comisión Nacional de Energía Atómica, etc., está realizando un esfuerzo dirigido a alumbra-
brar nuevos yacimientos metalíferos mediante los conocidos operativos como Plan Cordillerano, Plan Patagonia y otros.

El objetivo es lograr una producción de materias primas minerales acorde con las necesidades del mercado interno y eventualmente externo, promoviendo la explotación de todos aquellos yacimientos con perspectivas, que los mencionados operativos pudieran poner en evidencia.

En cada uno de los operativos de prospección regional se localizan numerosas áreas con indicios de mineralización o áreas anómalas, las que son objeto sucesivos exámenes y estudios para profundizar así el conocimiento de las mismas; en ese proceso muchas de las áreas anómalas son en definitivo descartadas y solo unas pocas resultan seleccionadas por sus mejores perspectivas geológicas. En estas últimas se vuelca el mayor esfuerzo, el cual consiste en una exploración detallada y minuciosa para definir el real potencial (reservas) y conforme a los resultados se encara o no su puesta en producción.

El yacimiento La Helvecia constituye una importante anomalía, ubicada en la falda occidental del cerro Urcuschún la que tiene una pendiente de unos 30°-40° al oeste, que es aproximadamente coincidente con el buzamiento del manto mineralizado. En la actualidad la erosión ha alcanzado dicho manto, dejando esporádicamente a la vista mineral de plomo, zinc y bario en una superficie de aproximadamente un kilómetro cuadrado. En otras palabras, la erosión ha abierto una "ventana" que muestra una parte del manto mineralizado.

Como consecuencia de las nuevas investigaciones y concepciones sobre una génesis sedimentario-sigenética de depósitos minerales de plomo - zinc en los conocidos yacimientos alpinos (Austria, Italia, Yugoslavia) sobre los que el autor se interiorizara durante su beca de perfeccionamiento en las Universidades de Munich y Heidelberg, Alemania, y los del tipo "Mississippi Valley" EEUU, se abre un panorama adicional de posibilidades en una amplia región, dado que no están restringidas a una conexión magmática. Este aserto se ve avalado por la presencia de diversas manifestaciones de galena y baritina dentro de las conocidas calizas ordovícicas de la Formación San Juan, ubicadas tanto hacia el norte como hacia el sur del yacimiento La Helvecia, en una extensión de aproximadamente 30 km.

La experiencia señala que las disposiciones geológico-genéticas, estructurales, etc., que rigen el arreglo y distribución de la mineralización en un yacimiento dado, son las mismas que, con algunas variantes, controlarán las mineralizaciones de los posibles yacimientos que pudieran existir en la misma provincia metalogenética o por lo menos en el distrito minero.

La naturaleza puso a disposición una anómala e importante concentración de mineral de plomo, zinc y bario en el yacimiento La Helvecia la que se consideró conveniente estudiar e investigar genéticamente hasta tener un dominio suficientemente profundo de las leyes geológicas que controlan su mineralización. Con los conocimientos logrados en este yacimiento, en particular, se tendrán elementos de juicio que extrapolados permitirán emprender racionalmente el estudio y la prospección regional de las calizas ordovícicas de la

Formación San Juan y sus manifestaciones de mineral conocidas y/o a descubrirse. En otras palabras se trata de avanzar del conocimiento particular al general o sea de lo conocido proyectarse a lo desconocido.

Definida la génesis sedimentario-singenética de la mineralización de plomo, zinc y bario del yacimiento "La Helvecia" ubicada en las calizas ordovícicas mencionadas, se vió la necesidad de realizar estudios sedimentológicos para determinar los caracteres sedimentarios ambientales de las calizas en cuestión, como así también determinar horizontes o elementos guías características como soportes para la prospección general en áreas desconocidas.

Concretamente, el motivo del presente trabajo ha sido el de estudiar la geología y la génesis del yacimiento "La Helvecia" y sus relaciones con otras manifestaciones de plomo, zinc y bario en conexión con las calizas ordovícicas de la Formación San Juan.

Esta tarea fué realizada en una serie de tres campañas llevadas a cabo en los meses de mayo y junio de 1972 y 1973, y septiembre 1976, y completadas intermedia y posteriormente con tareas de gabinete.

El área de estudio, donde se localizan estos depósitos y manifestaciones de galena, blenda y baritina, se encuentra ubicada en el departamento General Lavalle en el centro-oeste de la provincia de La Rioja, próxima al límite con la provincia de San Juan, sobre el faldeo occidental del Cerro Urcuschún de 3.320 m s.n.m. El más importante hasta el presente es el yacimiento "La Helvecia" que está a 30 km al oeste del poblado de Guandacol y aproximadamente a 2.900 m s.n.m. Otras manifestaciones conocidas son: El Llanito, El Hoyo, El Ingenio, Urcal, Las Picadas, Los Sapitos, etc. que se localizan en un radio de 15 km.

El acceso al pueblo de Guandacol se efectúa por la Ruta Nacional Nº 40, donde comienza un precario camino hacia el Oeste, que lleva al Establecimiento San Bernardo; allí funcionó una planta de concentración -hoy semidesmantelada- en la que se trabajaba el mineral procedente del yacimiento y manifestaciones mencionadas. Desde dicho establecimiento se continúa por una huella que por el lecho del río Guandacol pasa por "El Diquecito", Pto. Los Sapitos, Campamento de la CNEA, Pto. El Ingenio, y llega al lugar conocido con el nombre de "Puesto Pie de Cuesta". Luego la huella sale de la quebrada del río, dobla hacia el norte, y por un camino de cornisa angosto y en muy pronunciada pendiente, apto únicamente para vehículos con doble tracción y marcha reducida, llega en unos cinco km al abandonado campamento de la mina, a una altitud de unos 2.700 m s.n.m. Tanto la huella por el río como el camino de cornisa deben ser reparados anualmente después de las lluvias que entre diciembre y marzo alcanzan unos 500 milímetros.

La región del yacimiento "La Helvecia" queda comprendido en la Hoja 17b, Guandacol, de la Carta geológico-económica de la Dirección Nacional de Geología y Minería, escala 1:200.000.

El relieve de la región se caracteriza por grandes elevaciones como el Cerro Urcuschún, Cerro Imán, Cerro Agua Negra, etc. y profundas quebradas con laderas de pronunciadas pendientes; se trata de un relieve rejuvenecido en el que el drenaje retrocedente de los ríos trabaja activamente recortando un escabroso relieve especialmente en las calizas ordovícicas y areniscas carbónicas.

El río Guandacol cruza transversal y sucesivamente las formaciones

del Ordovícico, Silúrico, Carbónico y Pérmico en una garganta relativamente estrecha; es el colector más importante de la zona y tiene caudal permanente. La diferencia de nivel entre este río y el yacimiento en cuestión es de aproximadamente 430 metros conforme el relevamiento topográfico de la manifestación uranífera "URCAL" de la Comisión Nacional de Energía Atómica.

Por carecerse de una base topográfico-geológicas que comprenda adecuadamente el área fué necesario realizar una integración geológica y fotointerpretación geológica a escala aproximadamente 1:20.000 en base a la mencionada Hoja 17b, Guandacol a escala 1:200.000, relevamientos topográficos-geológicos locales en escala 1:4.000 de la Dirección Nacional de Geología y Minería, y otros a escala 1:5.000, 1:2.000 y 1:500 de la Comisión Nacional de Energía Atómica, Banco Nacional de Desarrollo y Dirección Provincial de Minería de La Rioja respectivamente.

Sobre la base fotográfica ampliada del fotograma 2969-409-16 se volvió la geología fotointerpretada previa evaluación de la geología existente.

Los relevamientos preexistentes (editados e inéditos) se tomaron como guías de campaña y gabinete. En las recorridas de campaña se corrigieron parcialmente muchos aspectos vinculados principalmente a las limitaciones de las escalas utilizadas, en lo referente a contornos de los contactos geológicos, a la delimitación de un intrusivo de reducidas dimensiones, aproximadamente de 3.000 x 1.600 metros, y de cuerpos hipabisales no consignados.

En el mapa geológico general del área de la mina "La Helvecia" se consignan además las zonas relevadas exclusivamente por el autor, si bien en las mismas a veces existían relevamientos previos, pero debido al interés de los afloramientos, fueron estudiadas nuevamente. En estas zonas levantadas por el autor, se utilizaron fotografías aéreas con visión estereoscópica y carteo en el campo, y posteriormente integradas con los métodos usuales de gabinete.

Se realizaron además varios relevamientos de detalle de las áreas mineralizadas, y de las principales y más extensas labores accesibles de la mina. El mapeo detallado de estas últimas a escala 1:300 se consideró necesario efectuarlo, en virtud de la concordancia entre la mineralización y los bancos calcáreos y areniscosos, en todo el arco de las galerías, esto es el techo y las dos paredes; para ello se ha utilizado cinta métrica, brújula y plancheta según el caso.

Con los relevamientos internos y externos se confeccionaron perfiles transversales N-S y E-W a escala 1:300 los cuales incluyen los afloramientos y labores subterráneas.

Paralelamente a las observaciones y mapeos se realizó un muestreo relativamente denso de las formaciones a los efectos de estudios estratigráficos, y sedimentológicos. Los sectores mineralizados fueron muestreados con el fin de efectuar observaciones de texturas geopetales en los macro-cortes pulidos y en las secciones pulidas microscópicas, estudios mineralógicos de los minerales opacos y de sus relaciones paragenéticas.

En el río Guandacol, curso principal del área, y algunos de los afluentes laterales se llevó a cabo un muestreo geoquímico de sedimentos de corriente, hasta las proximidades del poblado del mismo nombre. Se tomaron los sedimentos de corriente de tamaño menor de 4 mallas, las que se analizaron en dos fracciones, mayor y menor de 80 mallas, a los efectos de visualizar en el drenaje el transporte y/o dispersión del Pb y Zn del yacimiento.

El conjunto de datos obtenidos de las observaciones y mapeos de

campo, relevamientos detallados de perfiles y demás estudios permitió dar a conocer una nueva interpretación genética para el distrito minero localizado al oeste de Guandacol, donde, como se dijera, se ubican varios depósitos y manifestaciones de galena, blenda, y baritina en sedimentos calcáreos, esto es una génesis sedimentario-singenética de la mineralización metalífera señalada.

Los resultados obtenidos deben considerarse como una concepción de índole general quedando para el futuro un análisis o prospección regional sobre la base de estudios sedimentológicos de campo y gabinete para determinar la ubicación y continuidad de las facies mineralizada en la extensión de las calizas de la Formación San Juan para localizar yacimientos similares aún ocultos.

La explotación del grupo minero La Helvecia data del año 1898, iniciada por una compañía de capitales franceses; luego permaneció parada entre los años 1910 y 1936, al que siguió un largo período de actividad minero-industrial que finalizó en 1966. Recientemente el Banco Nacional de Desarrollo realizó algunas exploraciones entre los años 1971 y 1973. Los minerales extraídos fueron, según los diferentes mercados existentes en su momento, baritina, galena y "calamina".

III - GEOLOGIA REGIONAL - ESTRATIGRAFIA

1. Cambro-ordovícico

La mineralización que nos ocupa está relacionada con sedimentos paleozoicos siendo de relevante importancia las conocidas calizas precordilleranas que se extienden por casi 500 km desde la provincia de Mendoza hasta La Rioja.

La Precordillera es una de las unidades morfoestructurales argentinas más estudiadas por su geología bien expuesta, constituyéndose en una inagotable fuente de investigaciones.

Entre los primeros trabajos se puede citar el de Stelzner y posteriormente los clásicos estudios de Bodenbender (1894) y Stappenbeck (1910), quienes asignaron una edad ordovícica inferior a los extensos cordones de calizas. Los hallazgos fósilíferos de una fauna y sus características litológicas hicieron que las calizas de la Precordillera durante muchos años fueran conocidas con el nombre de "calizas cambro-ordovícicas". Harrington y Leanza (1957) crearon el término "Calizas San Juan" para las ordovícicas y Borello (1962) propuso "Caliza La Laja" para las sedimentitas y cámbricas.

No obstante como lo puntualiza Bracaccini (1964), subsisten serias dificultades para el estudio de la Formación San Juan, por la parcial carencia de levantamientos de perfiles geológicos descriptivos bien medidos y las aisladas observaciones de campo que dificultan las correlaciones de sus distintas secciones.

Baldis (1970) señala la posibilidad de diferenciar litológicamente las calizas cámbricas de las ordovícicas. Las primeras poseen estructuras características, tales como límites de bancos sinuosos, gran abundancia de estructuras de tipo estilolítico, frecuentes intercalaciones de calizas ankeríticas que, por disolución meteórica dejan un remanente superficial limonítico-ferruginoso, escaso chert y frecuentes oolitas completamente recristalizadas en estructuras de mosaicos. Las segundas, ordovícicas, se caracterizan por poseer una estratificación en bancos macizos sumamente compactos, prácticamente sin intercalaciones arcillosas y que contienen frecuentes nódulos de chert negro de contornos irregulares, dispuestos subparalelamente a la estratificación.

La dificultad en la delimitación de ambos conjuntos carbonáticos reside en que no ha aparecido un perfil que muestre un contacto normal entre ambos conjuntos calcáreos y la datación paleontológica presenta, hasta el momento, un gran hiatus deposicional que abarca desde el Cámbrico superior hasta el Ordovícico medio.

La localización más septentrional de las calizas cámbricas es hasta el momento el borde noroccidental de las Sierras de Villicún.

Las calizas de la Formación San Juan consisten principalmente en calizas y dolomías, destacándose la presencia de pedernal de color marrón a negro (ftanitas o silexitas) en todos los niveles de las calizas alcanzando el máximo desarrollo al sur de San Juan en la región del cerro Pedernal. El espesor de la Formación San Juan varía entre 500 y 3.000 m, alcanzando el máximo al norte de Jachal, y disminuyendo lentamente hacia el Sur. En el extremo norte de sus afloramientos, en el Cerro Urcushun, presenta en sus capas basales delgados bancos de areniscas de 20 a 50 cm de espesor que pasan a conglomerados fi-

nos cuarzosos que en conjunto alcanzan una potencia de 30 metros.

El ambiente de sedimentación de estas calizas muestra una variación desde la base al techo, de una monótona sedimentación casi exclusivamente calcárea (aloquímica y ortoquímica) con parte de material pelítico subordinado, de baja energía, intercalados con períodos de mediana energía, culminando con alta y muy alta energía, a la que se pasa bruscamente mostrando brechas de talud con clastos angulosos de calizas y aportes terrígenos.

En numerosas localidades se ha observado la presencia de calizas lajosas entre las calizas de la Formación San Juan y las formaciones suprayacentes.

En los sitios donde las calizas llanvirnianas están cubiertas concordantemente por rocas caradocianas, el aspecto lajoso se halla en la parte superior de las calizas o sea que las calizas finamente laminadas representarían la culminación del ciclo deposicional de rocas carbonáticas marinas características de la Formación San Juan.

En el área de Guandacol se apoya sobre estas calizas de la Formación San Juan, y en posición netamente concordante, la Formación Gualcamayo, considerada del Llanvirniano superior Llandeillano (Cuerda, 1973), constituida por lutitas negras y arcilitas negruzcas y amarillentas, muy fragmentadas, con niveles de areniscas arcillosas grises, bien estratificadas en delgados bancos. Los niveles superiores son más arenosos que los inferiores. Las lutitas tienen abundante contenido graptolítico.

En otras localidades sobre las calizas de la Formación San Juan se dispone el conglomerado Las Vacas de reducida distribución areal que en la región de Guandacol pasa gradualmente y en transición a las Lutitas Las Plantas. Se trata de lutitas grises que en la parte superior pasan a limolitas arcillosas muy fragmentadas; el espesor total es de unos 300 m y su edad caradociana. En las partes inferiores aparecen bochas y concreciones mamelonares con predominio de pelecípodos, braquiópodos y trilobites, mientras que en las superiores aparecen concreciones fosilíferas principalmente de trilobites. A menudo se encuentran capas calcáreas en las cuales aparecen restos de fauna típica de un mar cálido: corales, equinodermos, pequeños gastrópodos, etc.

Los afloramientos de las Lutitas Las Plantas desaparecen tanto hacia el norte como hacia el sur por efectos de una fuerte fractura y corrimiento.

En el borde oriental de la precordillera sanjuanina en un ambiente miogeosinclinal y en forma sincrónica a la depositación del Conglomerado Las Vacas y las Lutitas Las Plantas, lo hicieron las Formaciones Lutitas Cerro Viejo y más al sur Los Azules, mientras que en la provincia de Mendoza se depositó la Formación Empozada, que descansa en discordancia sobre las calizas del Cámbrico medio, la cual se caracteriza por el predominio de lutitas. El espesor de estas formaciones ordovícicas es variable, por ejemplo 65 m en Huaco y cerca de 200 m en la Quebrada de San Isidro. La fauna determina una edad que oscila entre el Llandilliano y el Caradociano.

Un perfil de la Formación San Juan en el Puesto de Los Pozos (Jachal) muestra calizas arcillosas negras muy finamente estratificadas, carbonosas, con intercalaciones de areniscas calcáreas negro-parduscas en la base y calizas biomicríticas grises oscuras a negras, en bancos medianos interestratificados con capas de fanitas, calizas arenosas y lutitas, en el techo.

2. Silúrico

Las rocas pertenecientes a este período están separadas por una discordancia regional de edad ashgilliana-wenlockiana. Las rocas silúricas se apoyan discordantemente sobre las sedimentitas caradocianas o como es más frecuente directamente sobre las calizas llanvirnianas de la Formación San Juan.

Sus afloramientos son relativamente reducidos distribuyéndose desde el Sur del río San Juan hasta Jacha!, dirección en la que aumenta de espesor. Su ambiente de sedimentación es netamente marino correspondiendo sus depósitos a facies de flysch con una ritmicidad que se acentúa de sur a norte.

El conjunto comienza con una conglomerado de base, constituido por rodados de pedernal de matrix limolítica arcillosa y escasos carbonatos, de 1 a 5 m de potencia conocido como "Conglomerado de Talacasto", "Conglomerado de chert o pedernal" o "Conglomerado basal del Silúrico" (Rolleri 1947). Sobre dicho conglomerado se disponen lutitas, arcilitas laminares, delgadas areniscas calcáreas, areniscas compactas en rítmica alternancia, de colores gris verdosos oscuros a claro y morado; corresponden al Wenlockiano y están representados por las Formaciones Tambolar, Rinconada y La Chilca, esta última perteneciente al grupo Tucunuco que comprende también a la Formación Los Espejos del Ludloviano y que completan así el cuadro estratigráfico del Silúrico.

3. Devónico

Los afloramientos de rocas devónicas constityen las principales elevaciones de la Precordillera. Las relaciones entre el Silúrico y el Devónico son de para-conformidad.

En el sector Oriental de la Precordillera se han distinguido dos unidades sedimentarias devónicas de dos ambientes de distinta expresión, el más viejo, marino, se lo reconoce en una distribución mucho más restringida que el continental, que le sigue y se dispone al oeste del primero.

El Devónico Marino (Eodevónico), Formación Talacasto, se caracteriza por una predominancia de areniscas y lutitas de coloración general verde grisácea; se apoya sobre sedimentitas cuyo contenido faunístico indica una edad silúrica.

Apoyado sobre el Eodevónico siguen unos 3.000 m de sedimentitas denominadas "Complejo de Punta Negra", (o "Grauvacas del Río San Juan") caracterizadas por una espesa sucesión de areniscas, vaques y grauvacas de coloración general gris oscura a verde negruzca, con una espesa acumulación de ritmitas con manifestaciones de aportes terrígenos, marcas de flujo y gradaciones granulométricas.

La tendencia a una disminución granulométrica en los términos superiores y una aparición esporádica de fauna marina indicaría una colmatación de la cubeta que probablemente, con la sincrónica presencia de movimientos deformantes y emplazamientos de cuerpos básicos, implantan en el área Oriental de la Precordillera un ambiente predominantemente continental para el Carbónico.

4. Carbónico

Descansa en fuerte discordancia sobre rocas de variada edad, desde las calizas ordovícicas de la Formación San Juan hasta sobre capas devónicas;

está representado por sedimentitas de ambiente marino y continental que se intercalan entre sí.

La Formación Volcán del Carbónico inferior comprende depósitos marinos y preponderantemente continentales, reconociéndose en sus cuencas de deposición diferencias litológicas y faunísticas muy acentuadas. En la región oriental de la Precordillera los depósitos marinos tienen poco desarrollo y sólo aparecen al norte de Jachal y al oeste de los cordones de calizas de la Formación San Juan. En este conjunto predominan materiales arcillosos de color gris verdoso oscuro que contrastan con los colores claros y rojizos de la Formación Panacán del Carbónico superior, que se apoya concordantemente sobre las primeras, separadas normalmente por una transgresión marina breve pero de gran extensión.

El contacto entre las lutitas y la Formación San Juan es tectónico. La litología observada en algunos perfiles, comienza (Qda. del Durazno) con areniscas finas, compactas, amarillentas, en parte ligeramente grises con intercalaciones de pequeños mantos de arcilitas negras (30 cm) y lutitas negras hojosas (50 cm); la sucesión de areniscas finas, pasa en transición a bancos de areniscas blancas arcólicas, luego alternando con areniscas, aparecen bancos de calizas gris blanquecina y un banco de pedernal, ya del medio marino. En otras localidades debajo de las lutitas negras hay niveles de areniscas conglomerádicas y conglomerados. Las capas marinas se caracterizan por las calizas a veces grises (1-2 m de espesor) con fósiles y delgados bancos de pedernal. Sobre estos depósitos marinos descansan areniscas blancas arcólicas que alternan con rosadas incluyendo, a veces, arcillas verdes oscuras.

Los afloramientos de la Formación Panacán que interesan son los que se hallan al oeste de los terrenos ordovícicos, especialmente caradocianos, a los que acompañan con marcada amplitud y regularidad por lo menos en la parte precordillerana septentrional. Esta formación está constituida por depósitos continentales, consistentes en las capas basales de arcosas que alternan con arcilitas amarillentas y lutitas rojas hasta carmín y otras verdosas claras que encierran delgadas lentes de arcillas carbonosas y carbón; en las capas superiores se desarrolla una sucesión alternante de areniscas blancas y rosadas con delgadas intercalaciones de arcillas cuya frecuencia disminuye hacia el techo. Aumenta en cambio la coloración rojiza pasando en forma concordante e insensiblemente a las areniscas rojas de sedimentación entrecruzada de la Formación Ojo de Agua, posiblemente de edad pérmica (equiparable al Paganzo II) que comienza en la base con areniscas conglomerádicas y areniscas bien estratificadas de coloraciones rojizas, para terminar con un grueso conjunto de areniscas rojas clásticas.

5. Triásico

Los afloramientos triásicos se extienden desde Jachal hasta la región de El Zapallar algo al norte de Guandacol. Cubriendo los depósitos del Pérmico en perfecta concordancia se disponen abundantes rocas volcánicas y restos de una cubierta sedimentaria, conjunto denominado Formación del Aspero en la región de Guandacol (Furque 1963).

La facies volcánica de la Formación del Aspero es de coloración clara, varía desde gris verdosa a parda hasta gris clara, y sus componentes principales son: rocas sedimentarias, brechas andesíticas y andesitas. Las primeras están conformadas por capas arcillosas (60 m) conglomerados medianos a finos (10 m) de trozos de andesitas y pórfidos, siguen areniscas feldespáticas, lutitas, arcilitas y culmina en una brecha volcánica e intrusiones an

desíticas. Las brechas andesíticas encierran rodados de las areniscas rojas del Pérmico; las andesitas constituyen la culminación de la facies volcánica, incluye productos resultantes de efusiones sucesivas que han atravesado los conjuntos antes descriptos así como las areniscas del Pérmico, en las que aparecen como diques y filones-capas de color gris claro a oscuro. El espesor del conjunto efusivo presumiblemente sobrepasa los 500 metros.

La facies sedimentaria de la Formación Aspero está constituida por areniscas, lutitas y arcilitas de colores oscuros de diferentes modalidades acusando típica sedimentación continental de clima cálido y seco. La sedimentación de tipo torrencial se manifiesta en las capas nuevas con marcada estratificación entrecruzada.

Un grupo similar a la Formación del Aspero describe Braccini (1964) para la región de Huaco, donde Barrelo y Cuerda (1968) dan la denominación de Grupo Río Huaco y la homologan con la Formación Famatina.

La edad de estas sedimentitas se desconoce; sólo por comparación con rocas similares de Mendoza y La Rioja se las ha ubicado en el triásico, pero la falta de mayor información no permite definir este aspecto.

6. Terciario

El ambiente de depositación del Terciario es netamente continental representando sus depósitos molasas clásticas y vulcanoclásticas, correspondiendo a episodios póstumos a la orogenia andina. Estas sedimentitas han sido objeto de escasos estudios estratigráficos.

Están localizados principalmente en el borde oriental de la Precordillera donde alcanza importantes espesores, en menor escala en el borde occidental y también en algunos bolsones y valles longitudinales.

7. Cuartario

Completan la estratigrafía de la zona los depósitos de acarreo modernos.

IV - GEOLOGIA DE LA MINA LA HELVECIA Y ADYACENCIAS

1. Geología y estratigrafía local

En el ámbito geológico regional previamente descrito se ubica con características propias el sector comprendido por la sierra del Urcuschún. Esta se halla situada inmediatamente al norte del río Guandacol y comprende en su ladera occidental a la mina La Helvecia y a otras manifestaciones de plomo, zinc, baritina y uranio.

El rango peculiar más destacado del área es la existencia de un importante alto estructural que se evidencia durante la depositación de las sedimentitas carbónicas y que se insinúa ya en el Ordovícico medio. Al describir las unidades aflorantes del área se revisarán los fundamentos que permiten esbozar esta interpretación.

a) Ordovícico

La secuencia ordovícica de los alrededores del río Guandacol ha llamado la atención de diversos autores. Debido a la complejidad tectónica del área se hace imprescindible dilucidar la estructura, sin cuya solución la secuencia estratigráfica se torna innecesariamente confusa. La propuesta en el presente estudio se basa principalmente en la elaborada por Furque (1963), con las pertinentes modificaciones.

Caliza San Juan (Osj)

Esta unidad está expuesta en forma continua a lo largo de la Sierra de Urcuschún. Afloramientos menores se hallan al este de la mina La Helvecia, formando una serie de ventanas de erosión, en parte controladas por la estructura y circundada por rocas carbónicas.

Sus características litológicas varían de norte a sur. Así por ejemplo al este de La Helvecia y en la región norte de El Llanito están constituidas por una potente secuencia de calizas masivas de color pardo amarillento, que en fractura fresca se tornan gris oscuras a parduscas. Los bancos alcanzan hasta dos y tres metros de espesor y se hallan interpuestos con bandas de 10 a 15 cm de un chert negro, afanítico de laminación irregular, similar a los descritos por Hill et al (1971). Este chert también se presenta en forma nodular. Estos nódulos son fácilmente visibles dado que por disolución diferencial generan un microrelieve positivo en las calizas.

Desde el punto de vista petrográfico estas calizas están compuestas por micritas y subesparitas. Sólo en ciertos sectores se observan esparitas y granoesparitas, las que son producidas por procesos neomórficos o secundarios. Los elementos aloquímicos son poco abundantes, así como los restos orgánicos, posibles estructuras de corales y restos de ostrácodos silicificados. Los componentes terrígenos no exceden el 10 % de la roca. Estas calizas son sólo parcialmente dolomíticas. La dolomita en ciertos casos predomina sobre la calcita y en otros se halla en proporción subordinada. Hay bancos donde la dolomita es singenética, mientras que otros serían formados por procesos de dolomitización secundaria.

En la parte superior de estos bancos se observa una brecha calcárea, con clastos y matriz calcítica. Los clastos son angulosos a subangulosos y el cemento subesparítico está constituido principalmente por calcita con muy es-

casos clastos de cuarzo muy finos de fracción limosa.

Hacia el sur, por ejemplo entre las labores El Ingenio y El Hoyo se observa un desarrollo más completo de la Formación San Juan. Además de las calizas macizas previamente descritas de la parte inferior de esta unidad, aflora el miembro superior. Este se caracteriza por una interposición de bancos más finos, con una laminación que varía entre 5 y 10 cm de caliza y dolomías, interpuestas por delgados bancos de arcilla. Estos bancos corresponden a las calizas bandeadas de Rodríguez y Belluco (1969), pero éstas infrayacen al Conglomerado de Las Vacas, ya que su aparente sobreposición es de origen tectónico. En la figura I se ilustran las relaciones entre la zona norte y sur con sus diferentes desarrollos de la secuencia estratigráfica

Es interesante destacar que en la parte media de este miembro superior se ha comprobado la presencia de calizas limosas con restos de ostrácodos silicificados relativamente abundantes.

El ambiente de depositación de estas calizas varía de netamente subtidal (basin facies) hasta una facies de plataforma más cercana a la costa. Esto indicaría una progresiva disminución de la profundidad hacia el techo de la Formación San Juan en la comarca, la que es tentativamente explicada por una paulatina regresión del mar ordovícico.

Lutitas Gualcamayo (Og)

Estas lutitas se sobreponen a las calizas anteriores exclusivamente en el sector sur. Se observa un buen afloramiento de las mismas en la margen derecha del río Guandacol, interpuestas entre el Conglomerado de Las Vacas y la Formación San Juan, un kilómetro y medio aguas abajo del campamento de la C.N.E.A.

Al norte del río vuelve a aflorar en la quebrada ubicada al sudoeste de la labor El Hoyo, donde configura escasos retazos de lutitas negras que se sobreponen a las calizas bandeadas del miembro superior de la Formación San Juan.

Su litología es monótona, estando constituida por lutitas negroazuladas, muy físciles e incompetentes. En general generan relieves negativos, por lo que frecuentemente están subaflorantes y cubiertas por detritos. En la margen norte del río Guandacol, Rodríguez y Belluco (op.cit.) hallaron restos de graptolites y algunos trilobites aún no determinados.

Los afloramientos más septentrionales llegan sólo a unos 500 metros del río Guandacol. Su espesor dado el replegamiento que presenta es difícil de medirlo, estimándose unos 180 a 200 metros.

Conglomerado Las Vacas (Olv)

Esta unidad se halla bien expuesta en las laderas del valle del río Guandacol en ambas márgenes del mismo.

Aflora a lo largo de 24 km de norte a sur, entre la quebrada de Gualcamayo y el mencionado río. Está compuesta por ortoconglomerados polimicticos, pero con ligero predominio de clastos de pedernal, con algunos clastos calcáreos subordinados. El diámetro medio de los clastos es de 8 a 10 cm, y son subredondeados a redondeados. Se hallan bien cementados lo que contri

buye a su aspecto macizo y expresión topográfica positiva. La estratificación del conglomerado es sólo incipiente, hallándose por lo general en contacto con las unidades adyacentes.

La existencia de estos conglomerados fue ya interpretada por Furque (1972) como indicadora de movimientos diastróficos ocurridos en un lapso indeterminado, entre el Llandeilliano y el Caradociano. Esta fase denominada Movimientos Guandacólicos por Furque (1972), sería la que provocó el levantamiento del área del Cerro Urcuschún, ya que al norte de la quebrada del río Guandacol no vuelven a asomar estos conglomerados.

Estos movimientos son los responsables de la formación de extensos abanicos submarinos, que interrumpen la depositación química en la cuenca ordovícica, y al mismo tiempo crean las primeras áreas positivas dentro de la misma. Se analizará posteriormente la importancia de la presencia de esta área positiva con estos conglomerados en la mineralización del distrito, ya que las calizas fueron sometidas a intensa erosión subárea durante parte del Ordovícico superior. Situación análoga se registra con la presencia de una interrupción del ciclo de precipitación calcárea en el distrito del Tennessee Valley (véase Lawrence, 1971). Es necesario destacar que estas áreas sometidas a erosión subaéreas, son las que contienen la mayor concentración de brechas calcáreas en el techo de la Formación San Juan. Esto permitiría interpretar a estas brechas intraformacionales, como brechas de colapso producidas en las primeras etapas de litificación, aún durante el Ordovícico.

b) Carbónico

Los depósitos carbónicos del área han sido divididos en dos unidades de acuerdo a la secuencia estratigráfica propuesta por Furque (1963). Sin embargo es necesario destacar que este autor reconoció en la quebrada de Gualcamayo y región adyacente al norte sólo depósitos continentales atribuidos a la Formación Panacán.

Sobre la base de los reconocimientos geológicos realizados en la quebrada de Gualcamayo y en la vertiente oriental del cerro Las Lajitas se pudo observar que el horizonte marino que se interpone entre la Formación Panacán y la Formación Volcán, el cual constituye el miembro superior de esta última, continúa unos veinte km más al norte de lo indicado por dicho autor. El nivel marino está caracterizado por areniscas cuarcíticas blanquecinas, las que están en continuidad con los niveles portadores de braquiópodos. Si bien no se han encontrado fósiles marinos, las características sedimentológicas permiten reconocer su ambiente de depositación.

Es por ello que se hace necesario dividir los afloramientos de la comarca en una secuencia continental y marina, Formación Volcán, de otra netamente continental, Formación Panacán.

Formación Volcán

Esta unidad tiene su localidad tipo al occidente del área en estudio. Sus características litológicas son en parte diferentes al área tipo, pero por continuidad litológica con los afloramientos del río Gualcamayo se han incorporado a esta unidad los afloramientos de la quebrada del río Guandacol y su extensión hacia el norte.

Su base se apoya en evidente discordancia sobre distintos depósitos ordovícicos. En algunos afloramientos se observaron fenómenos de movimien

tos a lo largo del contacto, lo que origina brechas tectónicas como la observada en las adyacencias de la mina Corte Grande.

Por sus características litológicas se lo puede dividir en tres miembros. El contacto entre los mismos es transicional y concordante, (lámina 3).

Miembro Cabeza de Montero (Ccm)

Este miembro se corresponde con la Formación Cabeza de Montero de Rodríguez y Belluco (1969). Dada las características que presenta junto con sus abruptos cambios de facies se ha preferido identificarlo como un miembro de la Formación Volcán. Está bien expuesto en las quebradas del río Guandacol y en el faldeo sudoeste de la sierra de Urcuschún. A su vez se lo ha reconocido en la quebrada de Gualcamayo.

Su potencia máxima se halla en su localidad tipo, dos kilómetros al ESE del campamento de la C.N.E.A. en la margen sur del río Guandacol, donde se lo estima en 140 m. Hacia el norte su espesor decrece hasta desaparecer.

Está compuesto por conglomerados de color pardo grisáceo oscuro, de tamaño mediano a grueso, de clastos y cemento calcáreos, subangulosos a subredondeados, con estratificación grosera a incipiente.

A él se le sobreponen conglomerados de clastos silíceos, en matrix arenosa, de color bayo claro. Por encima de éstos, conglomerados calcáreos similares a los de la sección inferior pero de color castaño amarillento.

En la mina Urcal, vuelven a asomar conglomerados calcáreos similares a los de la sección inferior.

Los estratos de este miembro han sido interpretados como un diamicto calcáreo de un ambiente de transición (Rodríguez y Belluco, 1969, p 257). En el presente estudio se lo interpreta como un gran abanico aluvial, con clastos poco transportados, en condiciones climáticas tales que favorecieron la cementación calcárea. Este depósito se habría formado adyacente a un alto aflorante de calizas ordovícicas, el que dado el acúñamiento que presenta estaría ubicado al norte del río Guandacol a la latitud del cerro Urcuschún.

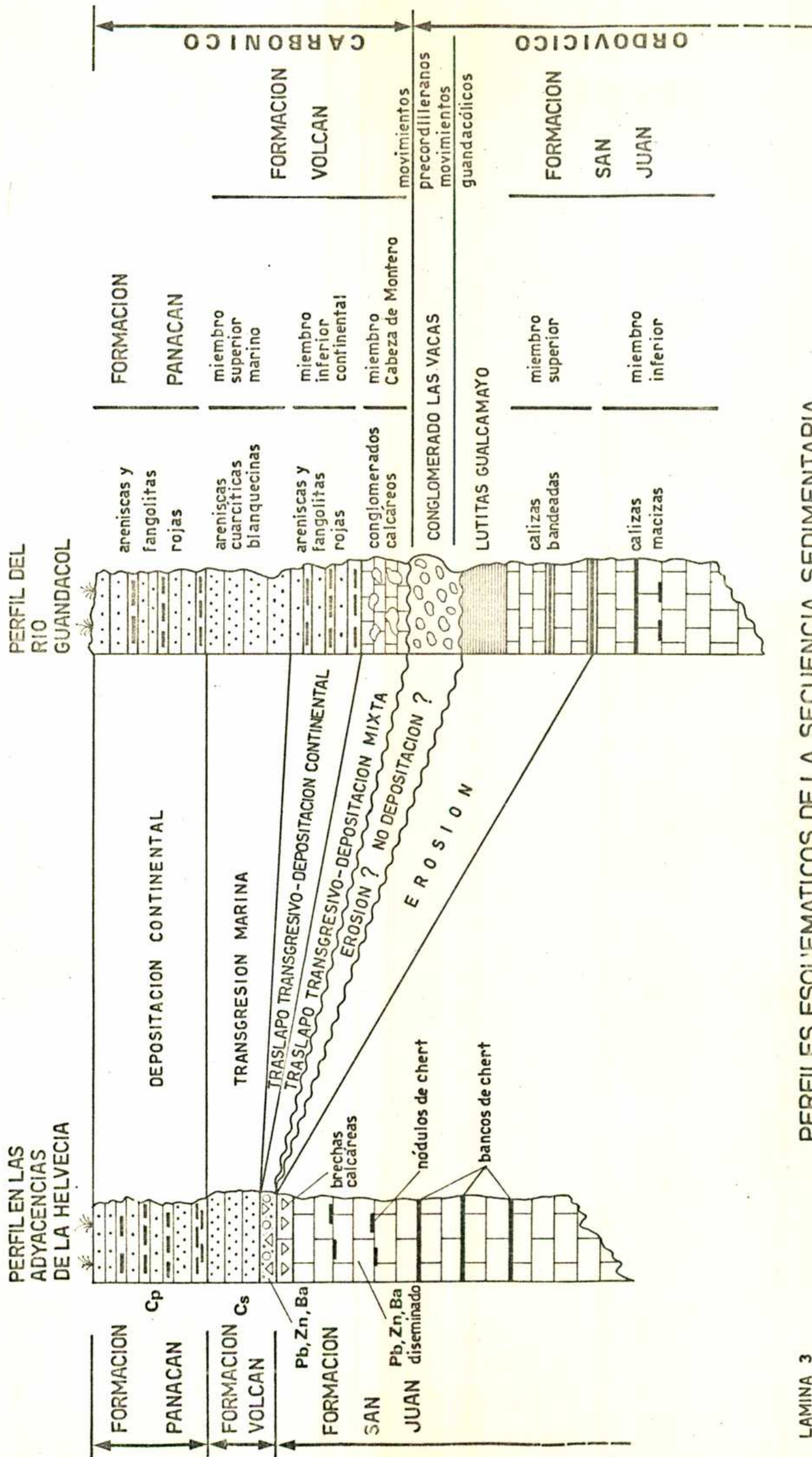
Miembro inferior (Ci)

Está caracterizado por una secuencia de fanglomerados que se apoya sobre el Miembro Cabeza de Montero y que sigue hacia arriba con areniscas rojo-moradas con interposiciones de fangolitas de colores rojizos. Los bancos de este miembro tienen estratificación laminar regular, los que hacia el norte desaparecen por traslazo transgresivo. Esta relación había sido observada por Lucero (1966) quien siguiendo la línea de contacto Carbónico-Ordovícico notó que este miembro infrayace niveles del Carbónico cada vez más jóvenes.

Estos depósitos son interpretados como sedimentos netamente continentales, en un ambiente fluvial de modesta a baja energía.

Miembro superior (Cs)

Este miembro de extensa distribución areal se lo ha podido observar desde el río Gualcamayo hasta el extremo norte de la sierra Urcuschún. En el sector sur se apoya sobre el miembro inferior continental mientras que hacia



PERFILES ESQUEMATICOS DE LA SECUENCIA SEDIMENTARIA

el norte se asienta sobre unidades ordovícias más viejas. Se caracteriza por sus colores blanquecinos. Se inicia con unas areniscas cuarcíticas que de acuerdo a Spiegelman (1974) correspondería a arenitas cuarzosas, de buena selección composicional y madurez textural, caracterizada por clastos bien redondeados y seleccionados que han sido depositados en un ambiente de playa costanera, de alta energía.

Hacia arriba pasan a vaques cuarzosas (op. cit.) y fangolitas cuarzo micáceas de colores blanquecinos. El espesor de este miembro se estima en unos 20 metros. Localmente, al igual que en mina La Helvecia, se observan paleocanales psefíticos.

Este miembro registra por lo tanto un corto lapso de sedimentación marina costanera que pasa transicionalmente al ambiente netamente continental de la Formación Panacán.

Formación Panacán (Cp)

Esta unidad aflora a lo largo de todo el borde occidental de la comarca. Su base se la ubica siguiendo a Furque (1963), en los niveles de arcillas blanquecinas que marcan la continentalización del área. Las características litológicas son uniformemente variadas estando compuesta por fangolitas y areniscas rojas, de estratificación mediana. Se interponen en las mismas localmente niveles psefíticos.

c) Triásico

En la Formación Panacán es común la presencia de filones-capa de andesita que la intruyen pseudoconcordantemente. Asociados a estos se observan numerosos diques andesíticos discordantes y subverticales que según Furque (1972) serían de edad triásica.

d) Monzodiorita del cerro Urcuschun

Corresponde a Toselli (1971) el mérito de haber caracterizado petrográficamente este intrusivo. Este autor describe la intrusión de monzodiorita y diorita aflorante en la vertiente oriental del cerro Urcuschún y su aureola de metamorfismo de contacto, principalmente los efectos metamórficos y metasomáticos sobre la Formación San Juan, con la formación de zonas de skarn y otras metasomáticas calcáreas. Durante el reconocimiento de campo se pudo observar la extensión de la zona de metamorfismo de contacto hasta más al oeste de la Mina Urcuschún, de uranio, reconociéndose la presencia de hornfels cuarzo-muscovíticos y metacuarzitas.

La edad de este cuerpo, hasta tanto se disponga de dataciones, debe ser considerada como postcarbónica. Para Toselli (op. cit.) se estaría en presencia de un magmatismo variscico, aunque dada la edad de los intrusivos neoterciarios similares de amplia distribución en la Precordillera Sanjuanina (Leveratto, 1976) no se podría descartar una edad miocena para el mismo.

e) "Vulcanitas alteradas" existentes en interior mina

Solamente han sido identificadas en el interior de la mina en posición incierta respecto a la Formación Volcán.

f) Cuartario

Depósitos aterrizados y de acarreo moderno completan la estratigra-

ffia de la zona.

2. Estructura

La estructura de la región se caracteriza por una sucesión de bloques de rumbo meridional y una inclinación variable entre 10 y 25° al oeste. La estructura presenta inflexiones como la observable en el río Guandacol, en la desembocadura de la quebrada de la Agüita. El rumbo N 45° W de los estratos paleozoicos cambia bruscamente a N 5-10° W. Las inflexiones están relacionadas a fracturas de rumbo NE como la observable en la quebrada de la Agüita, que coincide con el cambio de rumbo de los estratos. Esta fractura, al igual que la subparalela ubicada a 1,5 km hacia el este -al sur del cerro Urcuschún- representa posiblemente la influencia de la estructura profunda del basamento que sería también la responsable de un posible control estructural de la intrusión de la monzodiorita del Cerro Urcuschún.

Las fracturas que produjeron la estructura homoclinal son preferencialmente fallas inversas de bajo ángulo. En la comarca se puede observar el contacto de falla a unos 800 metros aguas abajo del campamento C.N.E.A. Allí se divisan los estratos volcados de la caliza San Juan sobrepuestos a miembros de la Formación Volcán. Furque (1963) ha interpretado estas fracturas como corrimientos de amplia extensión regional.

En el área de la mina uno de los rasgos estructurales más conspicuos es la existencia de una zona de alivio tensional de rumbo N 60° E que se evidencia por la alta concentración de diques andesíticos, cuya área de máxima densidad pasaría unos 500 metros al oeste de la mina "La Helvecia", esta zona de alivio continúa en el norte, dentro de las calizas, como un sistema de pequeñas fallas tensionales.

El contacto entre las calizas (Osj) y las areniscas blanquecinas (Cs) es concordante en el área estudiada desde la quebrada de la Mina hacia el norte. Este contacto ha sido interpretado por algunos autores como un corrimiento del que su única evidencia sería la presencia de un nivel de brechas en la parte alta de las calizas, en la zona de contacto con las areniscas carbónicas. Las evidencias texturales tanto como su composición petrográfica parecería indicar un origen sedimentario para la mencionada brecha dada la ausencia de características tales como extinción ondulada en los granos de cuarzo y otras estructuras típicas de la actividad tectónica.

Los afloramientos de las calizas San Juan, ubicadas al norte y sur de la mina no serían ventanas tectónicas sino el producto de la erosión de la cubierta carbónica sobrepuesta, en algunos casos exagerada por la presencia de pequeñas fallas de acomodación como se observa a 500 metros al NE de la mina.

A 6 km al NE del yacimiento corre una falla inversa de rumbo N 55-60° W posiblemente perteneciente al sistema de fallas que delimitan el Conglomerado de Las Vacas en la parte sur.

3. Descripción del mapa geológico de la mina La Helvecia y adyacencias.

En el mapa geológico de la mina La Helvecia (Lámina 1) se hallan presentes solamente unas pocas de las formaciones que constituyen la Precordillera, las que se disponen en fajas irregulares en el sentido norte-sur, y sus edades decrecen hacia el oeste, (figuras ilustrativas 1,2 y 3).

En la mitad oriental del mapa predominan las calizas de la Formación



Fig.1: Desde la mina La Helvecia, vista al Sur, la quebrada y el río Guandacol. Al otro lado, de abajo hacia arriba, un delgado banco de areniscas superiores de la Formación Volcán, areniscas de la Formación Panacán, Formación Ojo de Agua, falla, y Formación Trapiche con un cuerpo dacítico.

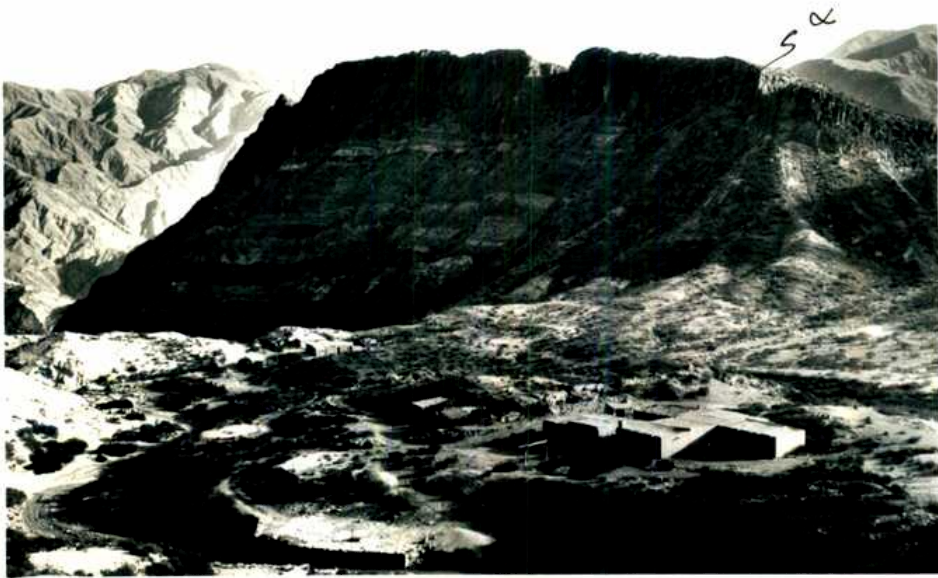


Fig.2: Vista al SW: detalle de la secuencia sedimentaria de las areniscas continentales de la Formación Panacán, sobre las que se dispone un filón capa de andesitas. En la base el lecho seco de uno de los afluentes del arroyo de la Mina y los dos campamentos de la mina.



Fig. 3. Huella a la mina La Helvecia en la quebrada del río Guandacol. Vista al Este; en el primer plano, de izquierda a derecha se tiene: miembro Cabeza de Montero, miembro inferior y superior de la Formación Volcán, Formación Panacón y Formación Ojo de Agua. Los cerros altos en el segundo plano corresponden a calizas de la Formación San Juan (Cerro Los Sapitos).

San Juan (Osj) que, como se dijera, son las más antiguas y constituyen el pico de mayor altura, el cerro Urcuschún de 3.321 m s.n.m.

A unos 200 metros al sur del punto más alto del cerro Urcuschún la erosión pone al descubierto un intrusivo de composición monzodiorítico (Tv) que intruye a las calizas y es el causante de la elevación del cerro en cuestión; las calizas constituyen las laderas del mismo, sobre las que aún permanecen relictos de erosión de areniscas blanquecinas carbónicas (Cs), miembro superior de la Formación Volcán, y rocas volcánicas (Trv) del Triásico.

En la parte superior de la mitad oriental del mapa aparecen sobre las calizas (Osj), algunos depósitos coluviales (Q), aluviales (Qal), deslizamientos (Qsl) y depósitos aterrazados (Qt) del Cuartario.

En la parte inferior, entre un conjunto de fallas aparecen las Lutitas de Gualcamayo (Og) y en una posición fuertemente disturbada, el Conglomerado de las Vacas (Olv), ambos del Ordovícico. Entre las fallas de las quebradas de la Mina y de la Agüadita aflora el Miembro Cabeza de Montero (Ccm) y las areniscas rojas (Ci), miembro inferior de la Formación Volcán.

La mitad occidental del mapa está ocupada principalmente por las areniscas rojas de la Formación Panacán (Cp), sobre las que se destacan relictos de rocas volcánicas (Trv) de edad triásica. En esta mitad occidental del mapa, casi circundando la mina La Helvecia se destaca un área de aproximadamente 3000 x 1500 metros en la que proliferan numerosos diques de composición andesítica de rumbo predominante ENE-WSW que atraviesan a las calizas de la Formación San Juan (Osj), a las areniscas blanquecinas de la Formación Volcán (Cs) y a la Formación Panacán (Cp).

Finalmente bordeando el límite Oeste del mapa aparece concordantemente sobre la Formación Panacán o bien sobre las vulcanitas triásicas, la Formación Ojo de Agua (Poj) de edad presumiblemente pérmica, constituida principalmente por sedimentos clásticos de predominante color rojo.

V - LITOLOGIA DE LA ZONA INVESTIGADA

En el área fueron recolectadas para su estudio en gabinete más de 80 muestras provenientes principalmente de los laboreos existentes. También se analizaron muestras de superficie de las labores "El Halcón", "Corte Grande", "Santa Rita" y "Filipinas". Debido a que la galería denominada La Solitaria se halla trazada sobre el banco mineralizado y los afloramientos de superficie se encuentran sobre la ladera del cerro cuya inclinación es la del banco mineralizado, los mismos no constituyen un buen perfil estratigráfico de la parte aquí expuesta de las calizas de la Formación San Juan.

La investigación de gabinete consistió en el análisis macro - y microscópico de las muestras. El estudio de cortes delgados se utilizó principalmente para observar caracteres microtexturales, composicionales, procesos neomórficos y diagenéticos, caracter y composición de los componentes terrígenos, intraclásticos y búsqueda de contenido microfósilífero.

Para las calizas se utilizó la nomenclatura de Folk (1959) en la parte que se refiere a las sedimentitas ortoquímicas de precipitación normal dentro de cuencas de depositación con poca o ninguna evidencia de transporte. Para las areniscas se siguió la nomenclatura de Dott (1964) que las clasifica según el porcentaje de matrix contenido: en arenistas entre 0-10%, vaques entre 10 y 75% y fangolitas más de 75%; además se agrupan según su composición en cuarzosas, feldespáticas y líticas.

1. Petrografía de las sedimentitas

Los distintos tipos litológicos hallados en los laboreos internos y en superficie se agruparon de la siguiente manera:

Tipo I: Caliza masiva fina, de color gris oscuro, roca típica de la Formación San Juan. Clasificación: micrisubsparita oligoterrígena.

Tipo II: Arenitas conglomerádicas brechosas y conglomerados brechosos líticos, de color gris claro a amarillento.

Tipo III: Conglomerados brechosos calcilíticos (clastos de micrisubsparita del Tipo I) de colores gris mediano a claro.

Tipo IV: Areniscas de color gris claro a gris amarillento. Clasificación: arenitas y vaques cuarzosas y cuarzo micáceas.

a) Las calizas (Tipo I)

Los elementos predominantes en las calizas son los componentes ortoquímicos: la micrita y subsparita. En algunos sectores donde las calizas se hallan afectadas por procesos neomórficos se encuentra esparita y granoesparita.

Los elementos aloquímicos en general son poco abundantes. Los restos orgánicos son muy escasos, encontrándose en algunas muestras material carbonoso, posibles estructuras de corales y restos de ostrácodos silicificados. Los componentes terrígenos por lo general no exceden del 10% del total de la roca. El más abundante es el material arcilloso que se encuentra íntimamente ligado a la micrita y subordinadamente se encuentran granos de cuarzo de tamaño arena fina a mediana.

Dentro de estas calizas se encuentran intercalados bancos y áreas dolomíticas (Fig.4). Este mineral en algunos casos predomina sobre la calcita y en otros se encuentra en proporción subordinada. El origen de la dolomita en algunos niveles es claramente singenético mientras que en otros podría atribuirse a una dolomitización. Estas rocas también presentan en algunas zonas una intensa silicificación, como por ejemplo en la labor "El Halcón".

Como se verá más adelante, tanto las calizas como los bancos silíceos dieron lugar a clastos que se encuentran en el conglomerado brechoso lítico y en el conglomerado brechoso calcilítico. Al Tipo I corresponden las siguientes muestras (ver ubicación en Lám.4 y 6):

- 318 - Intramicrita oligoesparítica
- 327 - Intramicrita oligoesparítica
- 458 - Micrisubesparita oligoterrígena
- 467 - Micrisubesparita en contacto con vaque cuarzosa
- 473 - Micrisubesparita reemplazada y mineralizada
- 475 - Micrisubesparita
- 477 - Micrisubesparita silicificada y mineralizada
- 478 - Micrisubesparita
- 479 - Micrisubesparita dolomitizada
- 480 - Micrisubesparita oligoesparítica y dolomitizada
- 481 - Micrisubesparita mineralizada y reemplazada

A continuación se describe una muestra tipo:

Muestra N° 458 - Micrisubesparita oligoterrígena

Roca carbonática fina, de color gris oscuro, masiva muy bien consolidada. Se observa calcita cristalina de color blanco en agregados, drusas y como relleno de microfisuras. Al microscopio se observa una roca compuesta en un 70% por calcita micrítica y en un 30% por subesparita, esparita y en menor proporción granoesparita. La micrita contiene abundante material arcilloso lo que le confiere un aspecto sabio. La subesparita, esparita y granoesparita son producto de recristalización posterior (neoformismo).

b) Las arenitas conglomerádicas brechosas y los conglomerados brechosos líticos (Tipo II)

Se distinguen por contener la principal mineralización primaria, sinsedimentaria y en las que se observan estructuras de calcos de carga y de deformación (ver fig.6 y 7). El tamaño de los clastos varía de grava gruesa a arena gruesa, son angulosos, están formados por calizas silicificadas y por sílice; su selección es mala.

La matrix de estos conglomerados brechosos está constituida por cuarzo tamaño arena fina-limo, en algunos casos con abundante pirita en agregados y venillas, blenda y galena, todo cementado con calcita esparítica y granoesparítica la que se halla íntimamente ligada con material arcilloso.

Al Tipo II corresponden las muestras:

- 284 - conglomerado brechoso silíceo
- 287 - arenita conglomerádica cuarzosa
- 288 - conglomerado brechoso silíceo
- 460 - arenita conglomerádica y conglomerado arenoso silíceo
- 465 - conglomerado lítico

- 469 - conglomerado brechoso lítico
- 470 - conglomerado brechoso lítico

Descripción de la muestra N° 460:

Roca clástica de color medianamente claro, muy bien consolidada. Está constituida por fragmentos cuyo tamaño varía de grava mediana a arena muy fina. Los clastos tamaño grava constituyen un 20% de la roca, son generalmente de "chert"; el tamaño más frecuente es grava fina a mediana, son angulosos y subangulosos y se hallan agrupados en capas lo que le confiere a la roca un aspecto bandeado. La fracción arena, cuyo principal componente es el cuarzo, y cuyo tamaño más frecuente es arena fina, se halla como matrix en los niveles conglomerádicos y como principal constituyente en los niveles arenosos.

El pasaje entre los niveles arenosos y conglomerádicos es transicional.

c) El conglomerado brechoso calcilítico (Tipo III)

Es de color gris mediano y se caracteriza por estar compuesto por fragmentos angulosos o subangulosos cuyo tamaño varía de arena muy gruesa a bloques (fig.5). Su selección es mala. Proviene de calizas finas masivas (micrisubesparritas). Estos calcilitos son petrográficamente similares al Tipo I, o sea calizas típicas de la Formación San Juan de esta región. Se encuentran muestras que contienen en proporción subordinada fragmentos de calizas silicificadas.

El material cementante está constituido principalmente por calcita esparítica y granoesparítica con muy escasos clastos de cuarzo, subangulosos o subredondos cuyo tamaño varía de limo a arena fina.

Esta roca ha sido considerada por Sister (1950), y Thebault y Pasquín (1964) como una brecha producida por una falla subhorizontal, pero es interesante destacar que en los componentes de este conglomerado brechoso no se observan texturas cataclásticas o de deformación, rasgo típico producido por fenómenos diastróficos.

A los Tipo III corresponden las muestras:

- 293 - conglomerado brechoso calcilítico
- 301 - conglomerado brechoso calcilítico
- 302 - conglomerado brechoso calcilítico
- 471 - conglomerado brechoso calcilítico
- 472 - conglomerado brechoso calcilítico

A continuación se describe una muestra tipo.

Muestra N° 471 - Conglomerado brechoso calcilítico

Roca clástica de aspecto brechoso, de color gris mediano, muy bien consolidada, constituida por fragmentos angulosos a subangulosos de color gris oscuro, de composición calcárea, aglutinados por una matrix gris clara también de composición carbonática. El tamaño de los clastos varía de grava fina a grava muy gruesa y la matrix posee tamaño arena muy fina-limo. Se observan venillas de calcita límpida y bien cristalizada rellenas de fisuras y formando drusas. Al microscopio se observa una roca clástica gruesa consti



Fig.4: Las Filipinas
Trozo de caliza dolomitizada



Fig.5: Socavón La Solitaria
Macrocorte pulido de la brecha calcárea:
clastos de micrita y cemento calcáreo

tuída por fragmentos de caliza (calcilitos) de composición micrisubsparítica, íntimamente ligada con material arcilloso. El material cementante está constituido principalmente por calcita esparítica con muy escasos clastos subangulosos a subredondeados de cuarzo de tamaño lino-arena muy fina, y que se encuentran asociadas con áreas subesparíticas.

d) Las areniscas (Tipo IV)

Se caracterizan por las variaciones locales que presentan. El principal componente mineralógico es cuarzo. En algunas muestras se encuentra muscovita y los minerales accesorios son turmalina y minerales pesados. Suele contener clastos calcíticos y silíceos. La matrix aparentemente en su origen arcillosa se halla muy diagenizada a sericita y también se encuentra silicificada. El porcentaje de matrix varía según las muestras entre un 5% y un 60%, pero no varían los caracteres composicionales, tanto de las arenitas como de las vaques. Se observa escaso cemento de cuarzo y calcita. En algunas zonas (véase Lám.4) se encuentran concreciones esféricas a elipsoidales de composición calcárea (producto de soluciones circulantes).

La denominación de las muestras estudiadas en el Socavón La Solitaria es la que se consigna seguidamente:

- 466 - vaque cuarzosa
- 467 - vaque cuarzosa en contacto con micrisubesparita
- 487 - fangolita cuarzo-micácea
- 485 - arenisca conglomerádica cuarzosa
- 303 - vaque cuarzosa
- 304 - arenita cuarzosa
- 305 - arenita cuarzosa
- 306 - vaque cuarzo-micácea
- 307 - vaque conglomerádica cuarzosa
- 308 - fangolita cuarzo-micácea
- 309 - vaque cuarzosa
- 310 - arenita cuarzosa micácea
- 311 - vaque cuarzo-micácea
- 312 - vaque cuarzosa
- 313 - vaque cuarzosa
- 315 - vaque cuarzo-micácea
- 317 - vaque cuarzosa
- 319 - arenita cuarzosa

Se describen dos muestras típicas:

Muestra 306: Vaque cuarzo-micácea.

Roca de color gris pardo, bien consolidada, masiva, de grano arena muy fina a limo, constituida por clastos de cuarzo, mica y minerales opacos. La muestra se halla silicificada. Al microscopio se observa una roca de grano arena muy fina a limo, regularmente seleccionada, cuyo grado de redondez en general corresponde al tipo subangular a subredondeado. Está integrada por clastos de cuarzo, con extinción normal, a veces levemente ondulante y muscovita. En proporción muy subordinada se encuentra turmalina, apatita y circón. Los clastos están unidos por una matrix (40%) arcillosos sericítico; en partes se desarrollan abanicos de folias debido a una avanzada diagénesis. La roca está atravezada por venillas de cuarzo con extinción fragmentosa al que se asocia calcita y pirita.

Muestra 310: Arenita cuarzosa lítica

Arenisca de color blanco grisáceo de grano bien seleccionada constituida por granos de cuarzo, micas y minerales opacos. Al microscopio se observa que está integrada por granos de cuarzo mono y policristalino, y clastos de metacuarcitas, en general subredondeados a subangulosos, unidos por un material intersticial sericítico y micrítico-arcilloso y en parte cementado por cuarzo. En proporción muy subordinada se observan clastos líticos, entre los cuales cabe mencionar fragmentos de vulcanitas porfíricas con fenocristales muy sericitizados y pasta felsítica a microgranosa.

A la altura de la progresiva 315 m, se realizó un perfil para estudiar las variaciones dentro de las areniscas, habiéndose determinado; de abajo hacia arriba:

- 326 - vaque conglomerádica cuarzosa
- 328 - vaque cuarzosa
- 329 - vaque cuarzosa
- 330 - arenita cuarzosa

En superficie (lam. 2) se muestrearon tres areniscas cuya clasificación resultó:

- 304 - Arenita cuarzosa
- 303 - Vaque cuarzosa
- 305 - Arenita cuarzosa

2. Ambiente de sedimentación

De acuerdo con las características texturales y composicionales de las muestras estudiadas se puede esbozar las siguientes características del ambiente de sedimentación.

Las calizas finas, masivas, intraclásticas y dolomitizadas indican condiciones fisicoquímicas aptas para la precipitación de elementos ortoquímicos conjuntamente con la sedimentación de intraclastos. Estas condiciones corresponden a un ambiente marino con clima cálido, pH mayor de 7,8, Eh neutro a ligeramente reductor (se encontraron restos carbonosos), aguas poco profundas y de muy baja energía, de lo cual son indicadores la micrita; y material arcilloso. La alternancia de distintos tipos de rocas carbonáticas (dolomíticas, micríticas, intraclásticas) señalan que estas rocas fueron depositadas en zonas costeras (tidal flats) afectadas por la acción de mareas.

Con respecto a las áreas de aporte, éstas eran maduras o distantes ya que la participación de elementos terrígenos es muy escasa y su tamaño muy fino. Para los niveles o zonas donde se halla dolomita, se puede inferir la existencia de áreas restringidas donde se produjo una mayor concentración de magnesio y se dieron las condiciones físico-químicas aptas para la precipitación de dolomita. Por otra parte se observa dolomita secundaria.

En algunas áreas es muy notable la silicificación en forma de bancos concordantes con las calizas; se sugiere un origen singenético para el mismo.

El conglomerado brechoso lítico posiblemente deba su origen a zonas de desembocadura de ríos o a paleocanales, dada su dimensión restringi-

da dentro de la roca hospedante, que es la micrita, y su composición que indica aporte terrígeno.

Con respecto al conglomerado brechoso calcilítico se hablará de él en el capítulo de génesis.

Las arenitas y vaques cuarzosas se encuentran encima de las calizas, evidenciando un cambio notable en el ambiente de sedimentación. De las condiciones propicias para la depositación de sedimentitas químicas se pasa a un ambiente propicio para la acumulación de detritos de grano fino. Estas rocas clásticas finas presentan buena selección composicional y una regular madurez textural, índice de un ambiente de baja a moderada energía. En el caso de las arenitas cuarzosas bien redondeadas y seleccionadas (por ej. N° 304 y 305) podemos suponer que estas rocas han sido depositadas en un ambiente costanero de mayor energía donde han sido seleccionadas composicional y texturalmente.

3. Las rocas volcánicas

En el área se presentan dos tipos de vulcanitas que se denominan "vulcanitas mesosilíceas alteradas" y "vulcanitas aflorantes" las que aparentemente no tendrían relación entre sí.

a) Las "vulcanitas mesosilíceas alteradas"

Las vulcanitas existentes en el Socavón La Solitaria, en el pique y en el cortaveta tienen color pardo claro a gris claro, son de grano fino, y no se distinguen macroscópicamente de la arenisca existente en el interior de la mina. Por ello se hizo un muestreo muy detallado para dilucidar la diferenciación y localización de ambas.

Poseen intensa alteración, muestran similitud textural y mineralógica, y la presencia de carbonatos y silicificación es común a todas ellas.

Corresponden las muestras: 462, 468, 488, 320, 321, 322, 323, 324, 325.

A continuación se describe una muestra tipo:

Al microscopio es común observar una roca de textura porfírica con fenocristales de hábito tabular totalmente reemplazados por calcita, sericita y un agregado muy fino de naturaleza arcillosa, que podrían representar antiguos feldespatos. Existen otros individuos de hábito prismático, de posible anfíbol, totalmente alterados a calcita, sílice y minerales opacos. La pasta está transformada a un agregado arcilloso muy fino con sericita y calcita.

Estas rocas no han sido localizadas en superficie en los alrededores de la mina, seguramente por las características mencionadas anteriormente, es decir su gran similitud macroscópica con la arenisca.

b) Vulcanitas aflorantes

Se muestrearon el filón capa y tres diques que afloran al W de la mina La Helvecia (véase su ubicación en la Lám. 2).

Se trata de vulcanitas diferentes a las que se encuentran dentro de la mina, siendo su alteración solo meteórica.

Su clasificación es la siguiente:

MFC: andesita
MD1: pórfido andesítico
MD2: andesita
MD3: andesita

La descripción microscópica de la MFC es la siguiente:

Roca porfírica con fenocristales de plagioclasa y minerales félicos (probables anfíboles y biotita) embebidos en una pasta con textura intersertal. Los primeros son subhedrales, maclados según la ley de albita, albita - Carlsbad y albita - periclino. Su composición es andesina y se hallan intensamente alterados a calcita, epidotos, sericita y arcillas. Los fenocristales félicos tienen hábito prismático (probables anfíboles y biotita) y están alterados a calcita y limonitas. En la pasta se observan microlitas no orientadas de plagioclasa sericitizadas y alteradas a calcita. Los espacios entre ellas están ocupados por sericita y calcita que posiblemente correspondan a la desnaturalización del vidrio original.

VI - DESCRIPCION DE LA MINERALIZACION

1. Tipos de mineralización

En la zona de estudio existen varios tipos de mineralización primaria que están asociados a diferentes sucesos geológicos y en relación estrecha con eventos geomorfológicos y climáticos, por lo que su tipificación tiene que realizarse en conjunto ya que están estrechamente vinculados entre sí. En la figura de la página siguiente se grafican los tipos de mineralización.

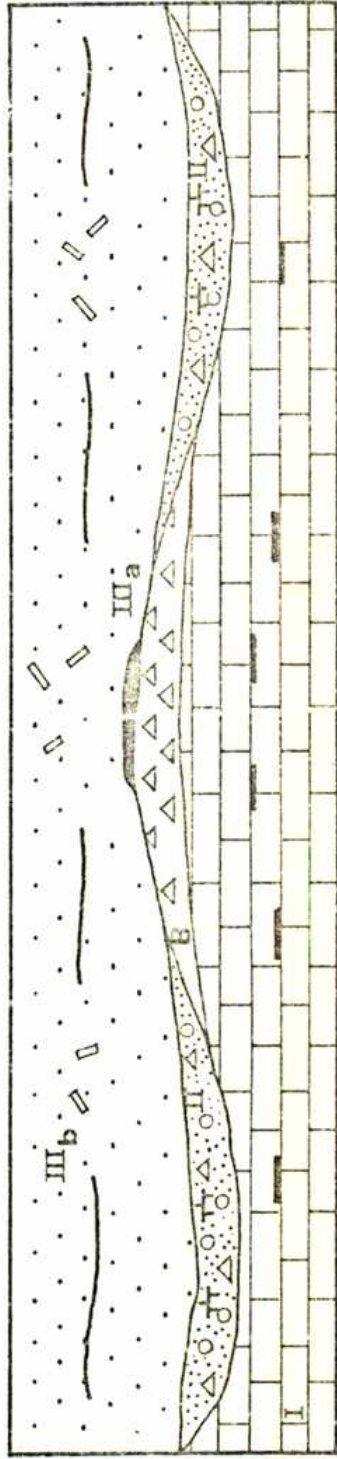
A continuación se tipificarán las mineralizaciones primarias (a, b, y c) removilizadas (d) y secundarias (e).

a) La primer manifestación de mineralización en sentido cronológico (Tipo I) se presenta en las micritas de la Formación San Juan. Consta de granos generalmente pequeños y diseminados que frecuentemente se encuentran alineados en el sentido de la estratificación; son de galena, blenda y menos cantidad de pirita, calcopirita, tetraedrita y baritina. Cuando las asociaciones de granos son más grandes suelen presentarse en forma de nódulos o rosarios. La pirita se presenta en algunas oportunidades como piritosferas de tamaños microscópicos e inclusive como colonias de bacterias piritizadas de hasta 0,5 cm de diámetro. Suele haber también bancos mineralizados cuyos espesores llegan a algunos metros. En algunos sectores hay karstificación sobreimpuesta. Esta mineralización se observa fundamentalmente en el cortaveta -30 el que atraviesa unos 50 m de micrita, y en algunos lugares del socavón y de superficie.

b) Este segundo tipo de mineralización (Tipo II) se observa con seguridad en la galería La Solitaria, entre los 386 m y 341 m, delimitados por dos fallas (Lam.4) y en el extremo norte de la Tercera labor transversal. En Corte Grande y en El Llanito posiblemente se trata de este tipo de mineralización. El tramo de la galería La Solitaria es el más representativo en cuanto a texturas sedimentarias primarias aunque desafortunadamente presenta poca relación espacial ya que aparece solo en las paredes de dichas labores. Apenas aflora el piso del banco mineralizado -se trata de una intramicrita-, su techo es la "vulcanita alterada", y sus relaciones laterales están cortadas por fallas (Lam.4). Se presume que mientras en algunos sectores se depositaron sobre las calizas de la Formación San Juan directamente las areniscas del miembro superior de la Formación Volcán, en otros sectores se depositaron los conglomerados, en parte areniscosos del miembro Cabeza de Montero (que contendría esta mineralización) pasando gradualmente a las areniscas del miembro superior antes mencionado.

Las texturas primarias están dadas por calcos de carga (Figs. 6, 7, 8) y por precipitaciones coloidales de ZnS (Figs.9 y 10). Las primeras se ubican en arenistas conglomerádicas; la galena y la blenda se disponen en finas guías, venillas y agregados de 100 micrones hasta algunos milímetros de diámetro formando un bandeado irregular y subparalelo que confieren a la roca un aspecto estratificado.

Precipitaciones coloidales de ZnS semejantes a las encontradas en este depósito, son conocidas en los yacimientos de Reocín y La Florida, en Santander, España. Son interpretados como depositaciones de Schalenblendas en estado de gel, sobre superficies libres de sedimentación. Con el envejecimiento de los geles y su correspondiente pérdida de volumen (sinéresis) se



Tipos litológicos y de mineralización.

- I. Micrita de la Formación San Juan con mineralización esporádica en cantidad y en el tiempo, de galena, blenda, pirita, baritina. Mineralización sinsedimentaria. No económica.
- II. Arenitas conglomerádicas y conglomerados brechosos líticos. Contienen la principal mineralización de blenda y galena. Mineralización sinsedimentaria, con texturas geopetales.
 - B. Brecha calcilítica y conglomerado brechoso calcilítico. Escasa mineralización removilizada.
- IIIa. Discordancia entre la brecha calcilítica y las areniscas de la Formación Volcán. Principal mineralización de baritina, con galena accesoria. Mineralización redepositada.
- IIIb. Areniscas marinas de la Formación Volcán. Contienen finas guías y tablillas de tamaño microscópico de baritina. Mineralización redepositada, no económica.



Fig.6 Socavón La Solitaria

En el macrocorte se observan clastos resedimentados de chert (en si visiblemente craquelados) de tamaños heterogéneos desde 0,3 cm hasta 5 cm (el de abajo), angulosos y subangulosos. En algunos de los mayores se distinguen finos hilos (1 mm) y granitos de galena. Estos clastos yacen en una disposición bandeada dentro de una masa o matrix constituida por cuarzo tamaño limo y material arcilloso, todo cementado intimamente por calcita. Dentro de esta matrix bandeada son visibles al binocular algunas pocas capitas de blenda. Los clastos que contienen algo de galena se comportaron como elementos pesados dentro del sedimento todavía plástico y conformaron formas geopetales de calcos de carga. Por encima de estos componentes resedimentados se distingue un acomodamiento polar.

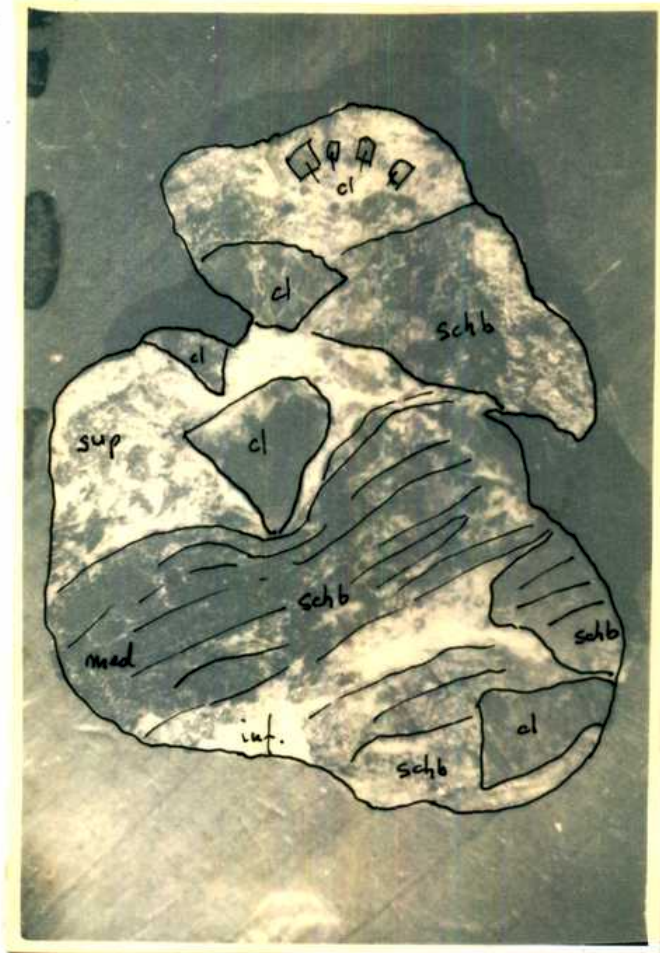
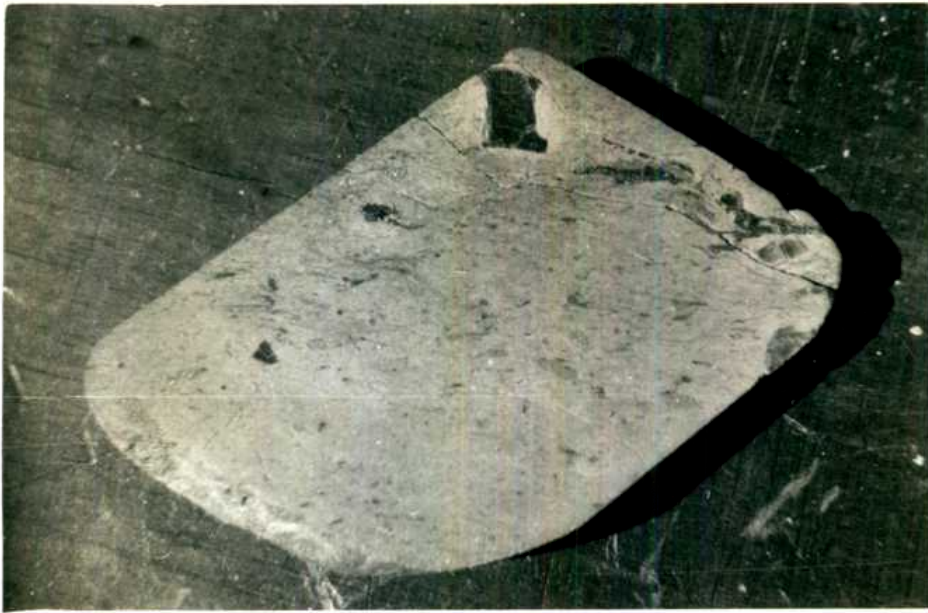


Fig.7 Socavón La Solitaria

En este macrocorte se observan clastos resedimentados de chert visiblemente craquelados, de tamaños desde 0,2 hasta 2 cm, angulosos. Estos clastos de chert están impregnados por blenda color caramelo. Por otra parte en el macrocorte se distinguen tres bandas: la inferior, de espesor reducido, la superior de colores claros, y una central oscura; la matrix de las dos primeras está constituida por cuarzo tamaño limo y material arcilloso cementado por carbonato de calcio. Asimismo se encuentran granos y capitas de schalenblendas, especialmente en la banda superior. La banda central está constituida, a la inversa de las anteriores, por una predominancia de schalenblendas, en menor proporción galena, y en escasa proporción la matrix antes consignada. Se destacan los efectos producidos por los sólidos y "pesados" clastos en la sedimentación aun plástica de las schalenblendas, conformando una depresión o calco de carga. Los efectos del clasto sobre la capa de schalenblendas es bien ilustrativa. La masa plástica conjuntamente con los clastos sólidos sufrieron la compactación diagenética.

a)



b)

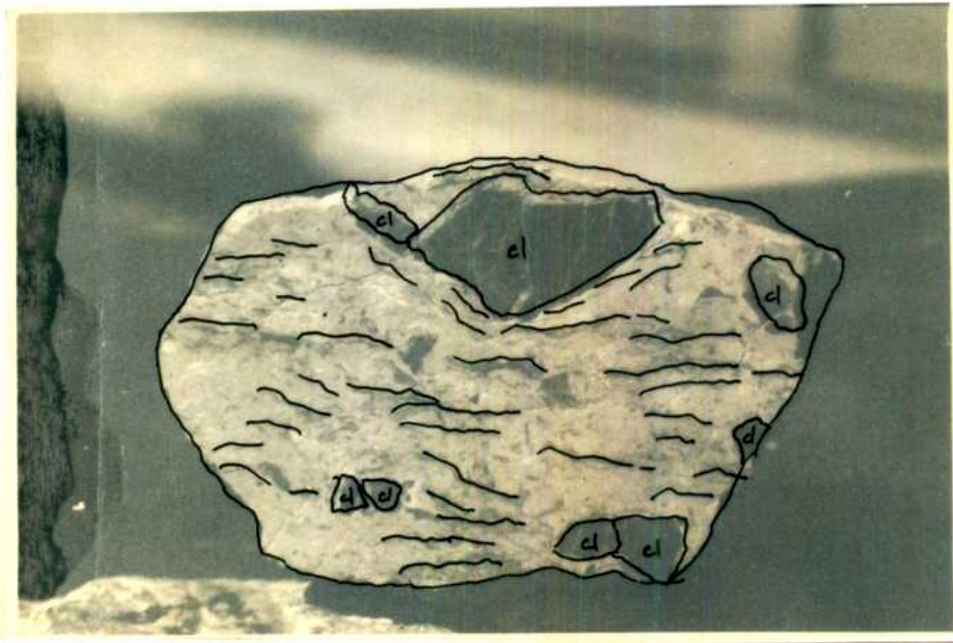


Fig. 8 a y b (tamaño aprox. 2/3) Socavón La Solitaria

En estos dos macrocortes se observa una característica textura sedimentaria. Dentro de una matrix constituida por cuarzo tamaño arena fina -limo cementada por calcita granoesparítica intimamente ligada con material arcilloso, se distinguen -con mayor proporción en el macrocorte b - una suerte de finos hilos o husillos de color oscuro que corresponden a mineralizaciones de blenda y pirita; además se encuentran clastos resedimentados de chert visiblemente craquelados, angulosos, dentro de los cuales se identifican pequeños granos de blenda color caramelo. Los componentes gris oscuro muestran una clara alineación y configuración sedimentaria. El comportamiento de los componentes sólidos y pesados, como son los clastos, muestran que la masa dentro de la que aparecen presentaba en el momento de depositación una plasticidad relativa. Solo el clasto grande superior del macrocorte b logró conformar una suave figura geopetal. Los efectos de la compactación se destacan en ambas ilustraciones.

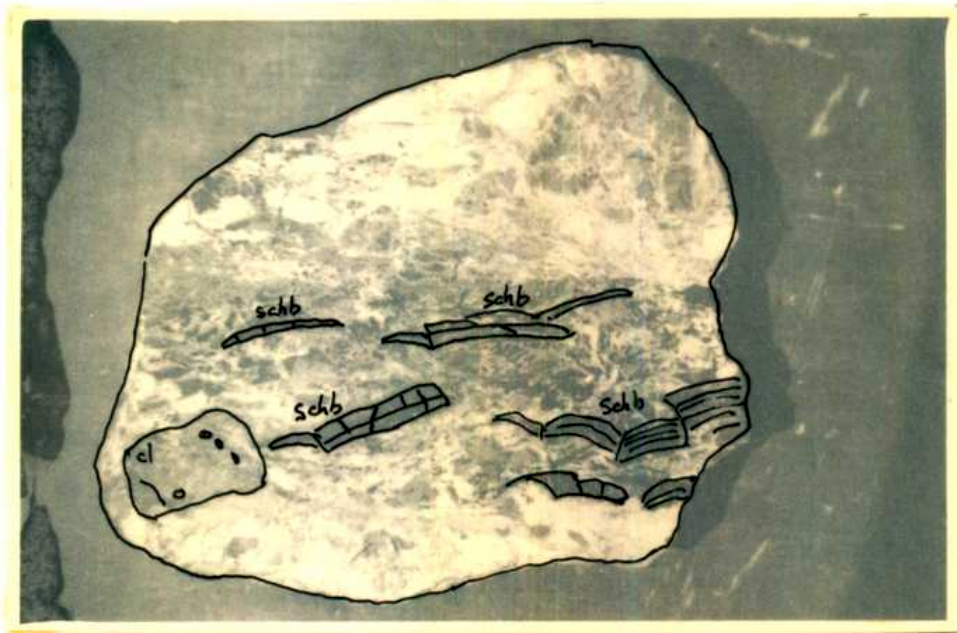


Fig.9 Socavón La Solitaria (tamaño 2/3 del natural)

En la faja central oscura del macropulido se destaca una acumulación de tablillas rotas, que corresponden a una milimetricamente fina y rítmica sedimentación de schalenblendas prácticamente puras, las que fueron compactadas diageneticamente. Ulteriormente movimientos subacuosos quebraron la semicompactada estratificación de schalenblendas y los trozos en forma de tablillas fueron arrastrados y acumulados paradiageneticamente. Estas tablillas muestran en detalle una secuencia o ritmicidad de sedimentación de las schalenblendas que se manifiesta en capas de colores que varían entre pardo oscuro y caramelo claro. Las tablillas de schalenblendas fueron arrastradas por una masa plástica constituida por cuarzo tamaño limo y material arcilloso. En la parte inferior de la ilustración se observa un clasto de chert craquelado y con granos de blenda diseminada. Este conjunto fué diageneticamente compactado dando lugar a una movilización -reubicación de pirita y en algunas de las tablillas de schalenblendas que se comportaban más rigidamente se produjeron pequeñas fisuras por las que se introdujo la vaque todavía plástica. Este proceso de sineresis es semejante al encontrado por Adelhardt (1968) en Reocín, España.



Fig 10. Socavón La Solitaria (tamaño aprox. 1/2 del natural)

En el macropulido se destaca una predominante acumulación de trozos informes de schalenblendas. Corresponden a una fina y ritmica sedimentación de schalenblendas y en mucho menor proporción de galena, que comenzaron a compactarse diageneticamente. Cuando se produjeron movimientos subacúeos poseían todavía suficiente plasticidad por lo que no se quebraron sino que se comportaron plásticamente dando lugar a estiramientos, combaduras, etc. Los fragmentos de schalenblendas y galena muestran una secuencia o ritmicidad en su sedimentación, que se manifiesta en finas capas de uno u otro mineral, y también en diferentes coloraciones de la blanda, en este caso predominantemente oscura. Estos fragmentos de blanda-galena fueron arrastrados por una masa plástica de composición calcítica. Este conjunto fué diageneticamente compactado y en el proceso de consolidación se produjo una movilización y reubicación de galena dando lugar a la formación de algunos cristales de mayor dimensión. Se observa también que los mencionados fragmentos de sulfuros se comportaron más rigidamente fisurándose finamente y por cuyas ranuritas se inyectó el material calcítico.

formaron las grietas verticales (ver fig.9).

c) El tercer tipo de mineralización (Tipo III) está muy generalizado. Aparece en la discordancia existente entre la Formación San Juan y la Formación Volcán, es decir más precisamente entre el conglomerado brechoso calcilítico y la arenisca.

La mineralización consta fundamentalmente de baritina de grano grueso, espática, rodeada por nódulos de galena. Los cuerpos de baritina son tabulares, concordantes con los sedimentos del piso y techo, de hasta 30 m de largo y 2 m de espesor (IIIa). No siempre los cuerpos terminan bruscamente en el sentido de la discordancia sino que se afinan y los granos de baritina, galena y blenda se hacen más pequeños y esporádicos, para luego ensancharse otra vez hasta formar un nuevo cuerpo de mayores dimensiones. La blenda suele estar sólo como remanente y la mayor parte de ella transformada en "calamina". La galena, como es sabido, se altera superficialmente a cerusita que preserva a la galena de una posterior oxidación. La cerusita y la anglesita son poco conspicuas.

También se observó la presencia de tablillas de baritina de tamaño microscópico y finas guías dentro de las areniscas suprayacentes (IIIb).

d) En el faldeo sur de Cerro Urcuschún, que cae abruptamente hacia el río Guandacol y cuyos estratos de caliza de la Formación San Juan han sido rotados por efecto del intrusivo (véase la Lam.1) se encuentran vetas y bolsones de baritina discordantes dentro de la caliza de la Formación San Juan no muy distantes del techo con la arenisca. Se entiende que el tectonismo produjo la formación de las vetas discordantes.

e) Finalmente se menciona la mineralización secundaria, que aunque no es de interés genético, fue hasta ahora la principal mineralización explotada, (Fig.11,12,13 y 14).

2. Los minerales primarios

Los principales minerales primarios encontrados en la mena son blenda, galena y baritina, y en orden decreciente de abundancia: pirita, calcopirita, tetraedrita, pechblenda y cuarzo.

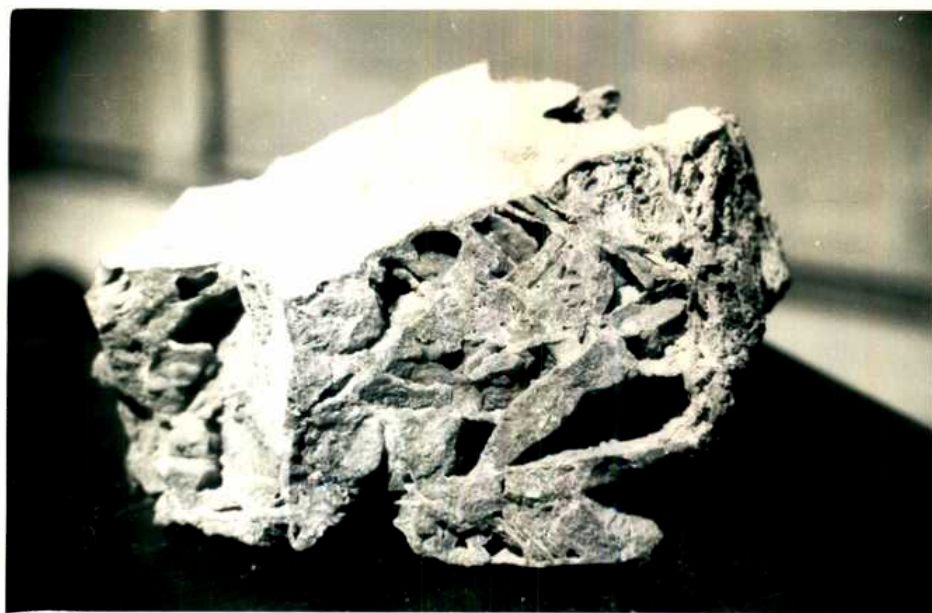
Blenda

Se encuentra generalmente en agregados masivos, pero también se observa como finas capas sinsedimentarias que han sufrido deformaciones en conjunto con el sedimento. Ocasionalmente se presentan precipitaciones coloidales alargadas (schalenblendas) (Fig.9 y 10) parecidas a las publicadas por Adelhardt (1968) procedentes de los yacimientos de Santander, España. En general contienen un eje esquelético de galena y poseen fisuras diagenéticas.

Galena

Es el segundo sulfuro de esta mena en lo que respecta en cantidad y se presenta en diferentes formas.

Las asociaciones que se encuentran en los conglomerados líticos son de grano fino, frecuentemente forman delgadas hileras singenéticas con el sedimento y sufrieron en conjunto las deformaciones de los calcos de carga.



、 Fig.11: La Helvecia
Típico trozo de calamina."Boxwork" según blenda



、 Fig.12:-La Helvecia
Típico trozo de calamina."Boxwork" según blenda

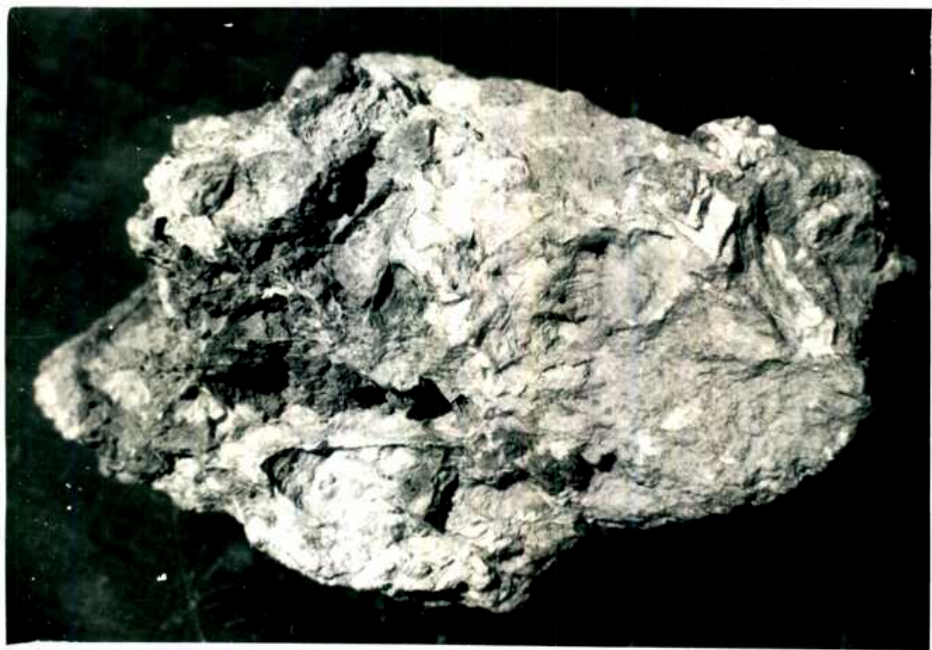


Fig.13 La Helvecia
Típico trozo de smithsonita



Fig.14 La Helvecia
Trozo en el que se observan "boxwork" de galena,
reemplazados por cuarzo,cerisuta y limonitas.

Otras veces la galena se halla en el centro de las bandas de blenda de precipitación coloidal o en los centros de las esferas de pechblenda.

La galena asociada a la baritina es de grano más grueso y se dispone como nódulos alrededor de los cuerpos de baritina.

Los análisis químicos efectuados por Ag dieron resultados relativamente bajos: entre 35 y 195 gr por Tn.

Baritina

Se pueden diferenciar dos modalidades que se traducen en dos tamaños de grano. La baritina presente en la mineralización de tipo III es de grano grueso, espática, algunas veces rosada, teñida por óxidos de hierro.

Por otra parte se observan tablillas de baritina de tamaño microscópico en la mineralización de tipo II y en las areniscas carbónicas, suprayacentes a la mineralización de tipo III.

Pirita

Es poco abundante y generalmente se halla en granos aislados, subidiomorfos, encontrándose también en asociaciones de granos de hasta 0,5 cm de diámetro. Se presenta tanto en la micrita, como en los conglomerados, en las brechas y en las areniscas.

Dentro de la micrita también se han observado piritosferas y colonias más grandes de bacterias piritizadas.

En el socavón La Solitaria, a 270 m de la entrada y dentro de la arenisca conglomerádica, se encuentran bochones de hasta 5 cm de diámetro que fueron originariamente de marcasita. Estos bochones al ser cortados por la mitad, muestran textura radial. La marcasita se transformó a pirita y actualmente ésta última se está alterando a melanterita.

Calcopirita

Se presenta como inclusiones de pequeños tamaños dentro de la blenda y sólo escasas veces asociada a galena o a tetraedrita.

Tetraedrita

Es escasa y se presenta asociada a galena, calcopirita y blenda.

Pechblenda

En la galería La Solitaria a los 295 m de la entrada fué encontrada una zona radiactiva. Al microscopio se observó pechblenda que se presenta en granos redondeados de precipitación coloidal; los espacios producidos por el encogimiento están ocupados por galena.

Cuarzo

Al microscopio se advierte con cierta abundancia cristales idiomorfos de cuarzo especialmente en asociación con blenda.

3. Los minerales secundarios

En los años 1972-73 se encontraban en las diferentes cancha-minas del faldeo de La Helvecia numerosos minerales secundarios sobre los que se realizaron estos estudios. Actualmente quedan sólo algunos trozos en la canchamina del sector denominado Santa Rita.

Los minerales secundarios fueron la principal mena explotada de este yacimiento. Las especies más abundantes fueron la smithsonita y la hemimorfita, denominadas en conjunto "calamina" por los mineros.

Las determinaciones de los minerales fueron realizadas a lupa, microscópio y rayos X.

La hemimorfita, $\text{SiO}_3\text{H}_2\text{Zn}_2$, se halla aquí en agregados esferoidales, arriñonados y estalectíticos, y formando costras (Fig.12). Su color es gris claro a oscuro y posee fuerte brillo vítreo. Suele formar los tabiques de los boxwork (Fig.11 y 12).

La smithsonita, CO_3Zn se presenta en masas arriñonadas y costras, menos frecuentemente en pequeños cristales, de variados colores y brillo vítreo a nacarado. La forma más frecuente es arriñonada y de colores amarillo ambar-pardo rojizo claro, colores debidos a impurezas de hierro contenidas (Fig.13).

En los museos del país es frecuente encontrar smithsonita de formas arriñonadas y de color verde, provenientes de estas antiguas explotaciones.

La auricalcita, $(\text{Zn,Cu})_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$, se encuentra íntimamente mezclada con hidrozincita. Su color es celeste claro y fue hallada únicamente en Santa Rita.

La hidrozincita, $\text{Zn}_5(\text{CO}_3)_2(\text{OH})_6$, es de color blanco y macroscópicamente difícil de diferenciar de smithsonita. Con luz ultravioleta fluoresce con color azul violeta claro (más fuerte con onda larga que con onda corta). Fue determinada con seguridad en Santa Rita, asociada a auricalcita.

El yeso se halla en rosetas blancas no mayores de 0,5 cm implantados generalmente sobre la smithsonita:

Los minerales secundarios de cobre, malaquita, criscola y azurita, no son frecuentes en este yacimiento, encontrándose estas especies en formas terrosas, criptocristalinas.

Jarosita y natrojarosita: frecuentemente se advierten trozos de caliza manchadas por pátinas de colores amarillos que fueron determinados como jarosita y natrojarosita.

Goslarita y melanterita se encuentran en la galería La Solitaria en zonas de falla o percolación de agua. Es frecuente observar "barbas" colgantes traslúcidas, blancas de esas especies.

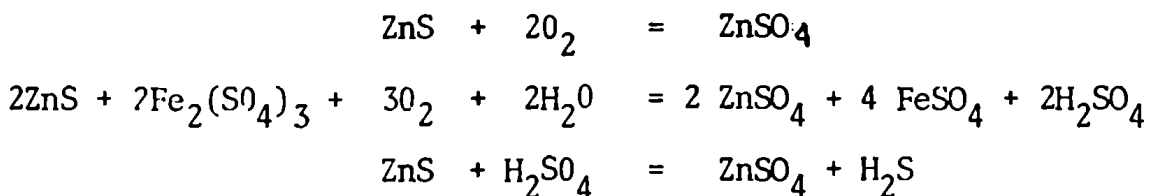
Cerusita y anglesita son dos minerales poco conspicuos y por lo mismo difíciles de determinar.

En la manifestación El Llanito se determinaron smithsonita, hemimorfita, hidrozincita y auricalcita.

Dada la importancia cuantitativa en este yacimiento de la smithsonita y de la hemimorfita se dará una interpretación de su formación.

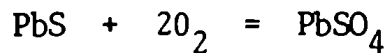
La mena primaria que originó los minerales oxidados están formados por galena, blenda, pirita y menor proporción calcopirita por lo que se mencionará el comportamiento general de esas especies en ambiente de meteorización.

En las condiciones reinantes en la zona de oxidación, la blenda corresponde a los sulfuros más fácilmente oxidables y consecuentemente el Zn es el primer elemento que se disuelve y uno de los más móviles. Especialmente rápida es la oxidación y puesta en solución cuando está en contacto con otros sulfuros. Su clivaje, según el rombododecaedro, es utilizado para la penetración de la oxidación. Los agentes de oxidación y solubilización más importante de la blenda son el agua portadora de oxígeno, sulfato férrico, ácido sulfúrico (estos dos procedentes de la oxidación de la pirita) que reaccionan con la blenda según las siguientes ecuaciones (Smirnov, 1954):

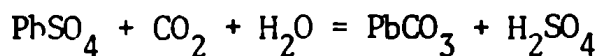


El sulfato de zinc es muy soluble y como resultado, el contenido de zinc de la mayoría de las menas oxidadas es dispersado en el sistema de aguas circulantes. Pero en ambiente de calizas y en climas áridos o semiáridos el zinc es retenido en la zona de oxidación como smithsonita, hidrozincita, hemimorfita y otros carbonatos y silicatos menos comunes.

La oxidación de la galena se efectúa según la fórmula:

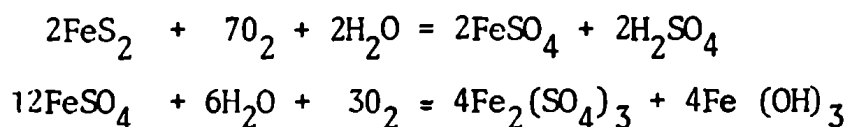


Al comienzo es rápida como así también el reemplazo de la galena por la anglesita. Esta última es inestable con la presencia de CO_2 y es reemplazada por cerusita. Esta reacción es especialmente activa, en ambientes de calizas:

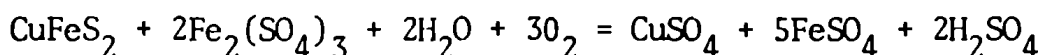
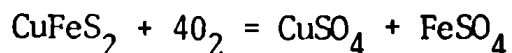


La cerusita es muy estable, frenando el proceso de oxidación de la galena.

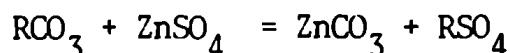
En la zona de meteorización la pirita se altera (simplificando procesos) básicamente en:



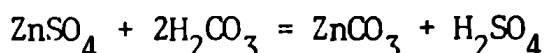
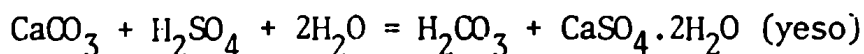
La alteración de la calcopirita puede realizarse según las reacciones:



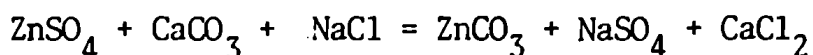
Consecuentemente la formación de la smithsonita se debe en particular a la reacción en la cual la solución de sulfato de zinc, al percolar las calizas y dolomías reacciona según la fórmula:



Según algunos autores (en Smirnov 1954), que realizaron experimentos de laboratorio, el proceso podría ser más complejo:



El yeso recubría a la calcita frenando el proceso de formación de smithsonita. Al agregar pequeñas dosis de NaCl (presentes en cualquier sedimento marino), en vez de yeso se formaba CaCl_2 soluble, resultando la siguiente ecuación:



Dado que hay varios ponderables, como ser, la variabilidad de la composición química de las calizas y del agua circulante en general y en especial en un lugar dado, habría más de una posibilidad de formación de la smithsonita.

En cambio la hemimorfita se forma generalmente (según Smirnov, 1954) por la disolución de smithsonita en presencia de aguas portadoras de SiO_2 y su posterior precipitación en espacios abiertos, siendo raros los reemplazos directos.

4. Elementos traza

El Yacimiento La Helvecia tiene un laboreo de exploración relativamente escaso y por ello son pocos los sitios donde está expuesta la mineralización primaria. Estas mineralizaciones expuestas fueron muestreadas para investigaciones mineralógicas y análisis químicos de contenidos económicos de plomo y zinc.

Intentar investigaciones sobre las condiciones de depositación de los elementos metálicos que constituyen la mena de la mina La Helvecia, en base a elementos traza, se ve todavía poco practicable por los mencionados insuficientes lugares de muestreo. No obstante se prevee que en una ulterior etapa, cuando se cuente con mayores laboreos, efectuar un estudio espectrográfico de elementos traza en general y de azufre isotópico sobre blendas, galena y baritina.

En los yacimientos de Gorno, en los Alpes italianos, se ha encontrado que algunas relaciones entre los elementos traza contenidos en las blendas tiene significativas variaciones, como la relación de Ge/Ga que aumenta en las depositaciones de blendas que ocurrieron en dorsales submarinas y disminuye en las blendas que corresponden a las cuencas. En el mismo sentido mostró variaciones la relación del azufre isotópico $^{32}\text{S}/^{34}\text{S}$.

VII DESCRIPCION DE LAS LABORES.

1) Afloramientos y mineralizaciones en superficie

Como se dijera anteriormente, se llega a la mina La Helvecia desde la quebrada del Río Guandacol por un camino de cornisa que nace en el puesto denominado "Pie de Cuesta". Se trata de un camino angosto y de muy pronunciada pendiente que en un trayecto de 4 km trepa un desnivel de aproximadamente 430 metros.

A unos 300 m antes de llegar al campamento principal de la mina, un corto desvío del camino lleva a la boca de la labor de extracción y exploración más extensa e importante de esta mina, denominada "galería La Solitaria" de 356 m de longitud.

Siguiendo por el camino mencionado precedentemente se llega al campamento principal ubicado en la parte alta de la quebrada de la mina. Hacia el oeste del mismo se levanta un farellón de areniscas predominantemente de colores rojo-morados de la Formación Panacán, que culmina con una potente capa de rocas volcánicas triásicas que preservaron de la erosión a las mencionadas areniscas infrayacentes.

Desde el farellón se obtuvieron las fotografías que empalmadas conforman la panorámica de la página 46. Esta panorámica tomada hacia el este, ilustra la extensión parcial de unos 500 m de longitud del área mineralizada y explotada de la mina La Helvecia. Se destaca una masa de roca movida buzando entre 10 y 30° al oeste y de morfología característica de calizas; se trata de una de las cuatro "ventanas" existentes en el área, producto de la denudación de las areniscas carbónicas que ha dejado al descubierto a las calizas de la Formación San Juan infrayacentes. Este afloramiento de calizas corresponde justamente al yacimiento La Helvecia que ilustra la mencionada panorámica, sitúandose las otras "ventanas", dos inmediatamente al NE y una a 500 m al SE (Ver mapa geológico y lam. II).

Sobre estas masas aflorantes de calizas de la Formación San Juan se conservan relictos de las areniscas blancas carbónicas pertenecientes al miembro superior de la Formación Volcán, difícilmente reconocibles en las fotografías por los contornos irregulares, tonalidades similares y por las numerosas escombreras que cubren los contactos. El espesor de las areniscas varía entre pocos centímetros y 10 metros. Este banco puede ser observado de perfil en la fotografía,

En el contacto-discordancia entre brechas-conglomerados calcáreos y las areniscas blancas de la Formación Volcán es donde se aloja la mineralización del tipo III, constituida principalmente por baritina, en menor cantidad galena y esporádicamente calamina. Excepcionalmente se encuentran algunas lentes con ese tipo de mineralización inmediatamente por debajo y por arriba del mismo.

Las innumerables labores de explotación de tipo pirquén de muy variada magnitud, desde un par de metros y 60 m de desarrollo se presentan actualmente como enjambre irregular y su característica general es que todas se hallan localizadas en el contacto-discordancia de las dos formaciones mencionadas.

La vista panorámica y las fotografías de las páginas siguientes ilustran con diferente detalle algunas de las numerosas labores de explotación existentes en el área.

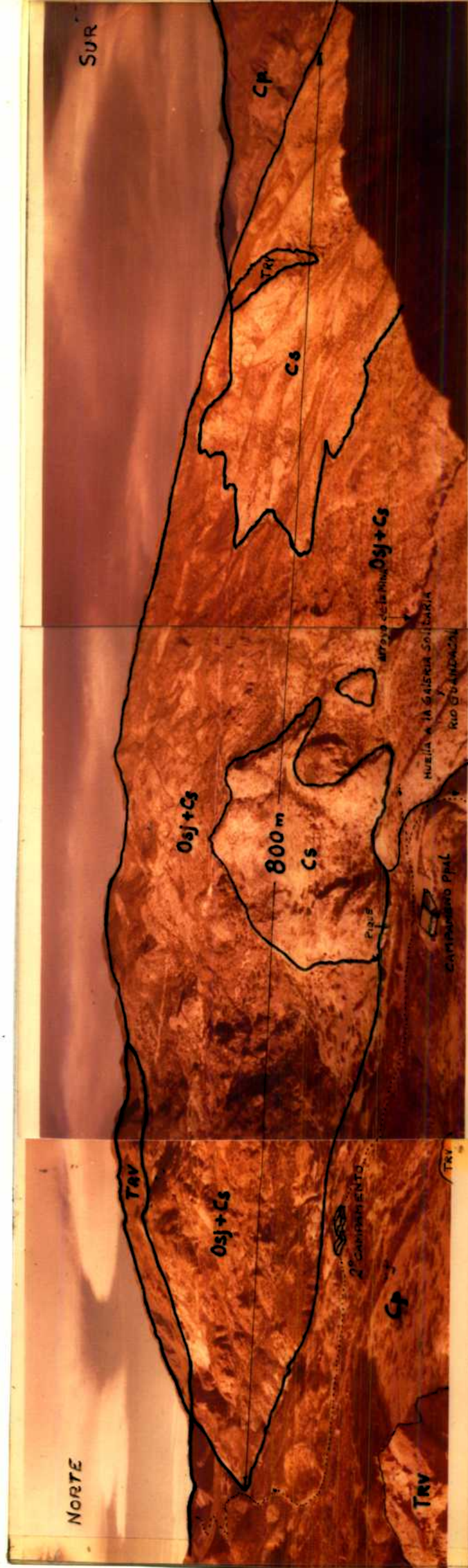


Fig.15. Fotografía panorámica

Tomada desde el filón capa que se ve en la fotografía de la fig.16. Se destaca una masa de roca movida y de morfología característica de calizas. Se trata de las calizas de la Formación San Juan sobre la que en partes quedan relictos de areniscas blancas del miembro superior de la Formación Volcán, difícilmente diferenciables en la fotografía. En esta masa de calizas y areniscas es donde se llevó a cabo la explotación de galena, baritina y calamina en numerosas labores de tipo pirquén, algunas de las cuales más adelante se ilustran. Debajo del campamento principal, a unos 55 m de profundidad corre en dirección N-S la labor principal de extracción y la más extensa de esta mina, de aproximadamente 350 m de longitud, denominada La Solitaria.



Fig. 16. Fotografía panorámica

Esta fotografía fue tomada desde el portezuelo situado al norte de la mina La Helvecia, que se encuentra sobre areniscas moradas de la Formación Panacán. Se destacan los colores claros de las calizas ordóvicicas de la Formación San Juan sobre la que restan relictos de areniscas blancas del miembro superior de la Formación Volcán. El buzamiento es relativamente suave al oeste (20-25°). Se observan numerosas labores mineras de explotación tipo pirquén, con las correspondientes escombreras; las labores pertenecen al denominado grupo El Halcón, que produjo baritina, galena y en menor cantidad calamina.

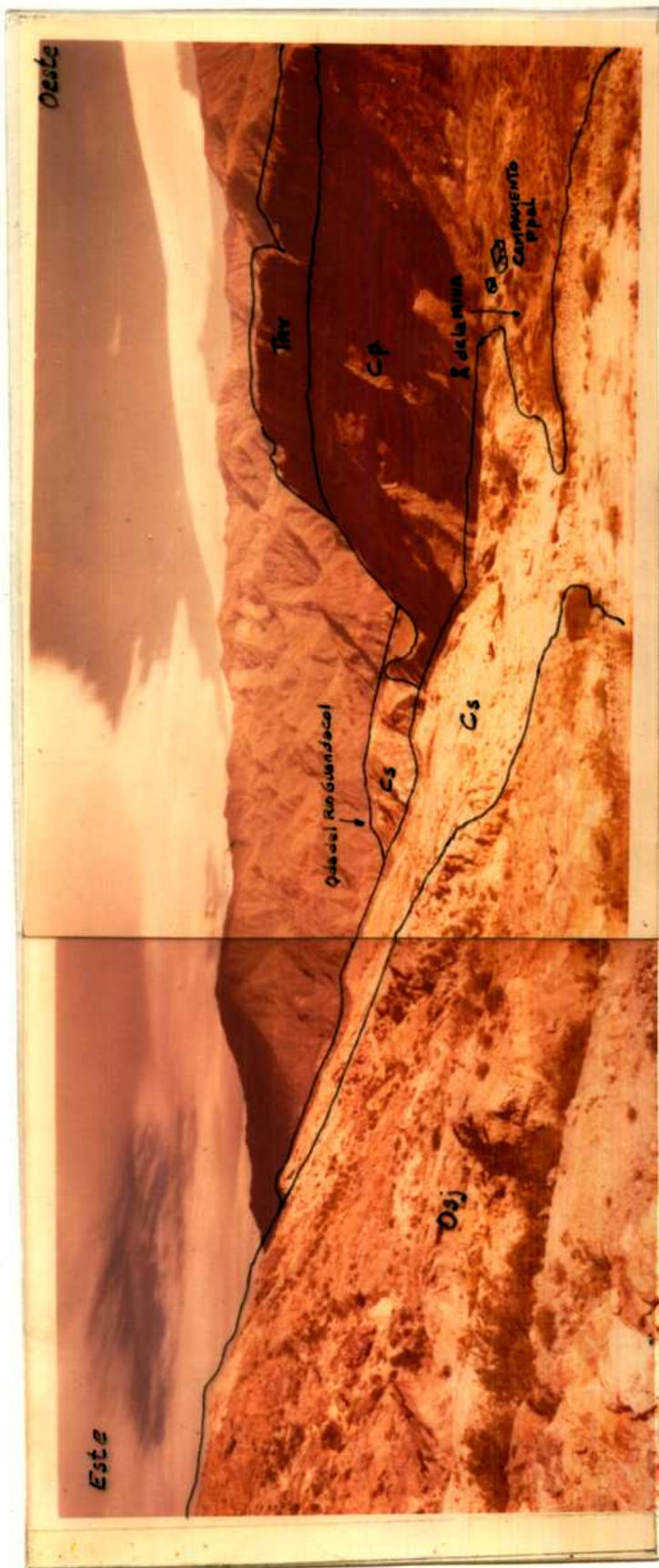


Fig.17. Vista al sur.

Al oeste se encuentran las calizas de la Formación San Juan y areniscas superiores de la Formación Volcán. No se aprecia la diferencia entre ambas. La quebrada del río Guandacol corre unos 450 m más abajo. Al oeste se observan las areniscas predominantemente rojas de la Formación Panacán que son defendidas de la erosión por el filón capa andesítico que las cubre.



fig.18. La fotografía ilustra un detalle de algunas de las labores de explotación de tipo pirquén del denominado grupo Las Filipinas. Eran productoras de baritina y galena; se localizan en el contacto de las brechas calcáreas de la Formación San Juan infrayacente y las areniscas blancas del miembro superior de la Formación Volcán.



Fig.19.
Otro detalle de labores de tipo pirquén.

Labores del grupo Las Filipinas

Este grupo de labores se encuentra en el extremo este de la "ventana" de La Helvecia; comprende numerosas pequeñas labores entre 10 y 20 m y en un caso de 30 m de desarrollo practicadas para la extracción de baritina y galena. Todas las labores se ubican en el contacto del conglomerado calcáreo y las areniscas blancas, generalmente comenzadas donde el espesor de la lente mineralizada resultaba más atractiva y proseguida hasta donde la mineralización se acunaba o bien se detenía cuando las dimensiones de las cavidades formadas hacían peligroso continuarlas.

Observadas individualmente, las labores tienen poca importancia pero consideradas en su conjunto tienen cierta relevancia por cuanto permiten reconstruir algunas lentes prácticamente explotadas. La mayor tuvo una extensión de aproximadamente 30 x 15 m con una potencia media de baritina cercana a 1 metro y la galena, acompañada por cerusita, entre 4 y 8 centímetros. En los desmontes de este grupo de minas restan escombreras con mineral debido a que se practicó una grosera selección manual de partes evidentemente ricas.

También se encuentran algunas pequeñas excavaciones para la extracción de smithsonita.

Labores del grupo El Halcón

El grupo de labores denominado El Halcón corresponde geográficamente a las situadas al Norte de la "ventana" de la mina La Helvecia. Las calizas de la Formación San Juan aparecen en esta parte con una característica distintiva respecto al resto de los afloramientos de caliza y es la abundancia de bancos de chert, gris oscuro, resistentes a la erosión, mostrando un relieve positivo sobre las calizas en las que están contenidas, destacando además un comportamiento poco plástico en relación a los esfuerzos de compresión sufridos por el conjunto.

Este grupo comprende numerosas galerías y chiflones irregulares como así también algunos piques no accesibles. La labor mayor tiene una extensión de unos 40 metros. Casi todas se ubican en el contacto de la brecha calcárea y las areniscas blancas y la mineralización predominante es baritina en la que se presentan nódulos de galena.

En el movido relieve del área aparecen buzamientos erráticos al N y NNW que hacen confusa la continuidad de los bancos, razón por la cual algunas labores de dirección al sur, en lugar de continuar en subida siguiendo el contacto antes mencionado en busca de otras lentes, lo han hecho con poca pendiente penetrando en la caliza débilmente mineralizada con baritina y smithsonita.

Las lentes de baritina en este sector no han sido totalmente explotadas y tienen aproximadamente 10 a 12 m de diámetro y una potencia del orden de los 2 metros.

Labores del grupo Corte Grande

El movido relieve del área hace que las labores de Corte Grande estén situadas topográficamente a 40-60 metros más alto y a unos 200 m al sur de las del grupo El Halcón.

En una gran parte de este sector la erosión eliminó a las areniscas blancas del miembro superior de la Formación Volcán, dejando al descubierto las brechas-conglomerados y hasta las propias calizas de la Formación San Juan, infrayacentes. Consecuentemente la erosión arrasó con los posibles bancos de ba

ritina y galena que pudieron existir en el contacto-discordancia de dichas brechas y areniscas.

La denudación en este sector posiblemente alcanzó niveles inferiores de mineralización. Algunas de las labores del grupo Corte Grande se ubican inmediatamente debajo del conglomerado y en las mismas calizas de la Formación San Juan. La mineralización predominante corresponde casi con seguridad a la del tipo II, constituida por blenda, galena y escasa baritina, en espesores que alcanzan los dos metros y dispuesta concordantemente con los bancos. El bajo precio del zinc hizo que la oportuna explotación aplicara sus esfuerzos solo sobre la galena y baritina subordinados.

En algunas labores se presentan fallas con relleno de galena y baritina removilizadas. Además de los sulfuros consignados se encuentran anglesita, smithsonita, cerusita y carbonatos de cobre.

Labores del grupo Santa Rita

Las labores de la explotación del grupo Santa Rita están topográficamente a una altura similar y aproximadamente a 200 m al Sur del grupo Corte Grande. No obstante en este sector se preservaron parcialmente las areniscas blancas de la Formación Volcán que cubren a las calizas.

La mayoría de las labores son de tipo piquén y como las de los grupos Las Filipinas y El Halcón se ubican en el contacto de la brecha calcárea y las areniscas blancas. Las características y la mineralización son similares a las consignadas para esos grupos.

Labores de Famatina

Estas labores se ubican en el SW de la "ventana" de La Helvecia, a pocos metros del Arroyo de la Mina y del campamento viejo. Consisten principalmente de un pique, actualmente aterrado. La información recogida en el lugar por THEBAULT (1964) es la siguiente: "El pique, de unos 20 m de profundidad y con ramificaciones laterales, ha seguido una falla de rumbo ENE, mineralizada con baritina, galena y piritita; entre los 17 y 20 metros de profundidad aproximadamente atravesaba una mineralización de blenda y galena interestratificada en las calizas." Esta última, es dable inferir, correspondería a una mineralización del tipo II.

2) Labores La Solitaria

El socavón La Solitaria es la labor de mayor extensión y una de las pocas ejecutadas a regla de arte. Fue abierta con el doble propósito de sistematizar la extracción de minerales y a su vez explorar el yacimiento.

El socavón es recto, de rumbo casi N-S (aprox. 9°E), ascendiendo hacia el norte en un promedio de 1,68 m cada 100 metros. Fue abierto en sucesivas oportunidades: en 1957 su desarrollo longitudinal fue de 280 m y en 1963 se avanzó 30 m adicionales. Finalmente en 1968 alcanzó la actual progresiva de 356 metros. A partir de este socavón hacia el este se han abierto 7 estocadas de diferentes extensiones: dos de ellas son verdaderos laberintos de viejas labores de tipo piquén.

Hacia el Oeste se practicaron sólo dos cortas estocadas. En una de ellas se hizo un pique de 6 m. profundidad en la que cortó mineralización dando lugar a la apertura de numerosas labores de explotación laterales, configurando un laberinto que se denominó "pique Las Arañas". Ulteriormente en 1965

se continuó el pique unos 25 m alcanzando una profundidad de 31,30 metros. A dicha profundidad se practicó una labor hacia el Oeste de rumbo N 268° que en 1972 alcanzó la actual extensión de 84 metros.

De estas labores se efectuaron relevamientos detallados. El mapeo se realizó en escala 1:300 y por la concordancia de la mineralización con los bancos de calizas y areniscas resultó necesario hacerlo en todo el arco de las galerías, esto es, el techo y las dos paredes.

Como se dijera, la galería avanza al norte con una suave pendiente, en bancos de arenisca primero y calizas después que tiene localmente rumbos variables de entre N 328° y 350° y buzamientos entre 30° y 40° al W. Consecuentemente resulta, en términos generales, que a medida que se avanza en la progresiva, el socavón corta al sesgo los bancos y alcanza formaciones de mayor edad; disturbios tectónicos modifican parcialmente dicha secuencia.

Para la descripción del socavón se partirá desde la entrada de la galería. Al efecto es recomendable seguirla con el plano correspondiente y los perfiles. (lám. 4, 6 y 7).

Tramo desde la entrada hasta los 62 metros

El socavón comienza en areniscas blanco-amarillentas de grano mediano, compactas, masivas, bien seleccionadas, constituídas fundamentalmente por cuarzo; la estratificación es bien definida y los bancos son de 0,3 a 1 metro de espesor. Al comienzo del socavón se destacan clastos redondeados de caliza de alrededor de tres centímetros de diámetro y muy escasos cristales idiomorfos de pirita alterados. A medida que se avanza por la labor decrece la proporción de los primeros que desaparecen a los 50 m de la boca; contrariamente aumentan los granos de pirita.

En la entrada del socavón y a pocos metros de la boca, en ambas paredes se destacan fuertes afloramientos amarillos y anaranjados de jarosita y natrojarosita; entre los 10 y 23 m en la pared este y en el techo aparece un banco más conglomerádico con efloramientos verdes correspondientes a malaquita.

Avanzando por el socavón se observan numerosas fallas y diaclasa. A los 62 m se encuentra una falla subvertical (70° al S) de rumbo ENE, rellena con material arcilloso rojo limonítico, que introduce en el socavón a las areniscas rojas.

Tramo de los 62 a 145 m

El rechazo de la falla consignada introduce en el socavón las areniscas rojas que aparecen en forma de manchones en las areniscas blancas. Estas areniscas en partes aparecen bien lajosas y con pequeños clastos redondos de caliza rodeados por limonitas. Las areniscas rojas en forma de manchas o lentes irregulares se extienden unos 23 m, continuando luego durante unos 10 m solo areniscas blancas hasta una falla situada a 95 m de la boca, de rumbo N 60° buzando 50° al sur, subparalela a otras menores que se omiten describir. Esta falla introduce nuevamente a las areniscas rojas en el techo y pared Oeste del socavón, mientras que en la pared este subsisten las areniscas blancas, aunque con un espesor reducido a sólo 1 metro. Estas areniscas se apoyan sobre un conglomerado brechoso calcilítico que aparece en la pared este contra el piso de la labor.

En las areniscas rojas se destacan clastos redondeados de 5 a 15 cm de diámetro de calizas gris oscuras.

A los 101 m de la boca del socavón se encuentra la primer labor transversal hacia el este que tiene una longitud de 17 m, la que por el buzamiento general al WSW, a los pocos metros se introduce en el conglomerado brechoso calcilítico, sin mineralización visible.

Continuando por el socavón hacia el norte, las areniscas rojas se van perdiendo por arriba del techo de la labor y su lugar es nuevamente ocupado por areniscas blancas (vaque cuarzosa) y el conglomerado brechoso calcilítico aparece en la base de ambas paredes. En las areniscas blancas y rojas continúan los nódulos de calizas de color gris-oscuro de 2-15 de diámetro.

A veces se destaca en las areniscas blancas, una sedimentación bien conservada, otras veces se hallan lentes de chert con dibujos arabescos, de 1 a 10 cm dispuestos paralelamente a dicha sedimentación.

A los 145 m de la boca del socavón una falla de rumbo N 95° subvertical, rellena con material arcilloso en un espesor de unos 15 cm, rechaza a las areniscas blancas por encima de la labor, continuando ésta en el conglomerado brechoso calcilítico infrayacente.

Tramo de 145 a 202 m

Al Norte de la falla consignada, la galería continúa en conglomerado brechoso calcilítico, sin mineralización visible. A los 5 m corre otra falla subparalela a la anterior, también rellena con material arcilloso, de unos 10 cm de espesor, aparentemente de poco movimiento relativo.

En la progresiva 155 m del socavón aparece un dique de composición andesítica, de rumbo N 107° buzando 75° al N y de una potencia de 40 cm; el movimiento relativo de esta falla rellena permite que a unos metros más al norte y por unos 15 m vuelvan a ser visibles en el techo las areniscas blancas (en este caso vaque cuarzosa).

En la progresiva 155 se encuentra la entrada a una labor transversal, de unos 40 m de longitud, la que se describirá más adelante como segunda labor transversal.

El socavón continúa en conglomerado brechoso calcilítico sin mineralización visible, disturbado por una falla de rumbo NE buzando 75° al NW que hace aparecer contra el piso de la pared este, en el labio sur, vulcanitas de color blanco amarillento.

Tramo de 202 a 240 m

Al norte de la falla se hace visible contra el piso de la pared este, en el labio norte, calizas gris oscuras (micritas) de la Formación San Juan. Sobre las micritas se encuentra la boca de entrada de una rampa a peldaños muy pronunciada, que gira hacia el norte, sube unos 20 m sobre el nivel del socavón donde alcanza otro socavón transversal (105°) que conecta con un laberinto de labores de tipo piquén que comunican con el exterior. Esta comunicación produce una ventilación natural del conjunto. Esta labor se describirá más adelante como Tercera Labor transversal.

El socavón principal continúa en conglomerado brechoso calcilítico hasta la progresiva 215 m, sin mineralización visible, donde en las dos paredes contra el techo aparece una lente delgada de unos 30 cm de espesor de areniscas blancas (vaque cuarzosa micácea) que se prolonga hasta los 231 m.

A los 217 m de la boca, sobre la pared este, contra el techo se en-

cuentra un buzón que comunica con la tercer labor transversal.

A los 221 m se encuentra la entrada a una labor de dirección al Oeste de 9 m de longitud, abierta en conglomerados brechosos calcilíticos, donde se practicó el pique denominado "Las Arañas", que se describirá más adelante como Cuarta Labor transversal.

Cabe destacar que las paredes y techo del socavón pasan a una micrisubesparita silicificada y comienza a manifestarse la presencia de baritina, en guías y bochones mayores y más abundantes hacia el norte, hasta una falla ubicada en la progresiva 240 m. El rechazo de esta falla de rumbo N 105° y buzamiento 52° al norte, restringe a la micrisubesparita - conglomerado brechoso calcilítico al norte del socavón a una angosta franja en su techo.

En este sector la mineralización de zinc y plomo está desarrollada con espesores próximos a los dos metros. Las leyes dan valores oscilantes, en promedio 10% de Pb, 5% en Zn y 50 gr/t de Ag; el contenido de galena es alto en relación a otros sectores mineralizados del yacimiento.

A los 230 m se localiza la entrada a una labor de rumbo N 30° que se desvía en forma oblicua al rumbo del socavón y conduce a un caserón de explotación al parquen de baritina, blenda y galena, que se describirá como Quinta Labor transversal.

Tramo de 240 a 286 m

El socavón principal después de la falla de la progresiva 240 m continúa hacia el norte con una angosta faja de micrisubesparitas en el techo y en las dos paredes aparece una arenisca cuarzosa que pasa a vaque cuarzosa y fangolita cuarzo micácea. En estas sedimentitas finas se destacan bochas de calizas gris oscuras de 2 a 15 cm de diámetro, como así también de marcasita (10 bochones por m² aproximadamente).

En la micrisubesparita se puede apreciar la presencia de piritita mientras que las areniscas de las paredes aparecen pequeñas guías de baritina, en cuyos bordes se destacan granos de galena que inclusive aparecen en algunos nidos dentro de la baritina. Esta débil mineralización incrementada suavemente hacia el norte hasta alcanzar la falla situada a 286 m de la boca de la galería cuyo rechazo introduce en la galería a un manto volcánico que muestra un complejo juego de diaclasas.

A los 253 m de la progresiva en la pared este se encuentra la entrada a una labor de rumbo E-W la que corta una faja mineralizada con blenda y galena de unos 5.50 m de espesor. Esta labor se conecta con otras laterales con el caserón mencionado en la quinta labor transversal y será descripta como Sexta Labor transversal.

Tramo de 286 a 341 m

A pocos metros al norte de la falla de la progresiva 286 m, la vulcanita que ocupa toda la galería va dejando lugar en el piso de ambas paredes a una arenita conglomerádica cuarzosa con intensa mineralización de blenda y en menor cantidad galena. En la progresiva 317 m una falla desplazada ligeramente la mineralización mencionada.

A los 325 m de la boca del socavón, en la pared este, se encuentra la entrada a una labor transversal de 28 m de longitud, en subida según el buzamiento del banco mineralizado. Se lo describirá como Séptima Labor transversal.

En la progresiva 332 m la vulcanita desaparece sobre el techo de la galería, quedando el mismo en la arenita conglomerádica cuarzosa con una mineralización cuyo espesor disminuye sensiblemente a menos de un metro (con un contenido aproximado de 14% de Zn y 2% de Pb). A los 341 m una falla desplaza la mineralización al oeste, continuando el socavón con micritas de la Formación San Juan.

Tramo final, de 341 a 356 m

Como consecuencia de la falla mencionada en último término y probablemente buscando la continuación de la mineralización desplazada por la misma, se practicó una labor a los 341 m, en fuerte rampa de subida hacia el este, que gira rápidamente al norte; está obstruída por bloques. Según información recogida en antecedentes, esta labor-rampa tiene un desarrollo de unos 25 m y a los pocos metros del comienzo entraría en las arenitas conglomerádicas cuarzosas. Aproximadamente a mitad de su recorrido se abrió una labor de unos 6 m hacia el NNW, aparentemente en igual roca; no se tiene referencias en cuanto a la mineralización que pudiera contener.

Desde la falla de los 341 m hasta el tope, el socavón principal atraviesa las micritas cuyos bancos buzcan 35° a 40° al oeste, sin mineralización visible, destacándose solamente algunos nidos de cristales romboédricos de calcita blanco-amarillenta.

Labores transversales

La primera labor transversal ubicada a los 101 m de la boca del socavón no requiere mayor detalle que el consignado anteriormente.

Segunda labor transversal

La entrada de esta labor se encuentra en la progresiva 155 m del socavón principal. Se trata de una rampa de subida formada por peldaños que gira hacia el sur hasta encontrar la labor de rumbo N 100°, abierta a 0,7 m sobre el techo del socavón principal (véase Lámina 4). La labor superior tiene una longitud de unos 41 m; los 15 m occidentales transcurren en conglomerados brechosos calcilíticos y el resto en micritas, disturbadas por el mismo dique andesítico que se mencionara en el socavón principal. Esta labor, que posiblemente fuera de exploración, demostró que en las proximidades de los diques andesíticos la mineralización no es mayor. En cambio en el contacto del conglomerado y la micrita aparece una mineralización poco desarrollada en la que predomina blenda.

Tercera labor transversal

Esta labor-rampa parte del socavón principal hacia el este girando inmediatamente al norte en pronunciada subida por peldaños (pendiente de 45°); a unos 22 m sobre el nivel del socavón, desemboca en otra labor transversal E-W (rumbo N 105°). La labor rampa atraviesa los bancos subperpendicularmente, de abajo hacia arriba de la siguiente manera, (lam.5):

- 8 metros de conglomerados brechosos calcilíticos gris oscuros, con alguna escasa mineralización.
- 2,5 m de areniscas gris amarillentas, compactas; al microscopio se determinó que se trata de una vaque cuarzosa, micácea.
- 3 m de un conglomerado calcáreo.
- 2,5 m de vaque cuarzosa semejante a la anterior con mayor selección.
- 1 metro de conglomerado brechoso gris oscuro de clastos entre 1 y 3 cm.
- 5 m de arenita cuarzosa blanca de grano mediano a grueso bien seleccionada que contiene en proporción subordinada baritina.

La labor transversal de rumbo N 105° está formada de oeste a este:

Tramo de 0 a 10 m: a dos metros del tope existe un buzón que descarga en el socavón principal. La labor está en arenita cuarzosa como la consignada en último término de la labor-rampa. Sigue una falla subvertical que se manifiesta en el lado sur del techo. La roca del labio norte es marcadamente más húmeda que la del sur y con eflorescencias blancas.

Tramo de 10 a 25 metros: la labor continúa con las características precedentes a las que se agrega la presencia de nidos u oquedades con calcita en cristales romboédricos, de color amarillento. Este tramo concluye en una falla de rumbo NE-SW cuyo rechazo introduce a los conglomerados brechosos calcilíticos.

Tramo de 25 a 42 metros: zona de fallas. Entre dos fallas subparalelas de rumbo NE-SW situadas a los 25 y 27 m de la progresiva aparece un conglomerado brechoso calcilítico muy triturado. A los 31 m, en la base de la pared norte aparece una falla que continúa por el techo de la labor para hundirse a los

42 m en la pared sur. Entre esta falla y la anterior aparece el mismo conglomerado brechoso calcilítico pero con una trituración menos intensa, destacándose en él nidos de cristales de calcita y baritina. Finalmente una falla que nace a los 37 m, en la pared norte, empalma a los 42 m con la falla anterior. Entre éstas vuelve a reaparecer como un gajo las areniscas cuarzosas con nidos de cristales romboédricos de calcita amarillenta. En la progresiva 32 m comienza otra labor de rumbo N 15° que se describirá seguidamente; asimismo en la progresiva 40 m en el techo nace una chimenea de ventilación, inclinada al este.

Tramo final de 42 a 51 metros: al este de las fallas combinadas consignadas, la galería entra en micritas grises oscuras, fuertemente diaclasadas con eflorescencias blancas y nidos con cristales de calcita. En la progresiva 46 m se encuentra la entrada de una labor hacia el norte donde la explotación al piquén dejó un gran caserón actualmente obstruido por bloques subsidentes del techo, donde según antecedentes se removieron bolsones de smithsonita de hasta 3 m de espesor.

La labor transversal N 15° está formada de sur a norte por:

Tramo de 0 a 21 metros: la labor comienza en areniscas cuarzosas, en la que se destacan nidos de cristales de calcita amarillentas; a los 4 metros una falla subvertical de rumbo E-W introduce al norte, en el labio positivo, conglomerados brechosos calcilíticos de color gris oscuro que se extienden hasta la progresiva 21 m. En este conglomerado resaltan numerosos nidos con cristales de calcita de color blanco y en el techo restos de calamina gris oscura. Inmediatamente al norte de la falla, la parte superior de la galería se ensancha y su altura alcanza unos 8 m, conformando un caserón donde se extrajo baritina y smithsonita. Sobre la pared oeste se hallan peldaños en la roca que conducen a un intrincado laberinto de labores piquén que comunicaban con el exterior, actualmente aterradas. En la pared derecha existió otra labor ahora también aterrada.

Tramo de 21 a 24 m. Zona de fallas: aparece aquí un juego de 3 fallas subverticales combinadas, de la cual la principal es de rumbo N 60°. Entre estas fallas los rechazos introducen nuevamente en la labor a las areniscas blancas, sin mineralización visible y al norte introduce arenitas conglomerádicas cuarzosas.

Tramo final de 24 a 35 m. Zona mineralizada: En este tramo la arenita conglomerádica cuarzosa es similar a la que aparece a los 286-341 m del socavón principal; aquí también con intensa mineralización de blenda y menor proporción de galena, que va incrementándose hacia el norte hasta el tope de la galería. En la oportunidad de la apertura de esta galería el zinc tenía un mercado muy restringido lo que explicaría la no prosecución de la misma.

Cuarta labor transversal "Las Arañas"

Ubicada a los 221 m desde la boca del socavón principal, está practicada hacia el oeste en una longitud de 9 m, en conglomerados brechosos calcilíticos sin mineralización visible. A 3 metros de la entrada se encuentra el pique "Las Arañas" de 31,30 m de profundidad. En el fondo de esta labor se ubicaba el guinche que operaba el "balde" en el pique. En el mismo, de arriba hacia abajo se destacan los siguientes bancos cuyo buzamiento es de 30° a 40° al SW:

6 metros de brecha conglomerádica calcilítica en la que se destaca mineralización de blenda, galena, con algo de baritina la que va incrementándose fuertemente hacia el contacto inferior con la "vulcanita alterada". Por este motivo en la base de este banco se han realizado varios socavones piquineros irregulares, radiales respecto al pique y siguiendo

el buzamiento de la mineralización, a efectos de extraer las ricas concentraciones de galena. En las actuales condiciones del pique es imposible observar cual es la roca portadora de la mineralización y correspondientemente a que tipo correspondería.

- 5 m de "vulcanita alterada", compacta y muy dura, gris clara.
- 0,5 m en el contacto entre la vulcanita suprayacente y las calizas aparece una mineralización relativamente rica en baritina, galena y blenda.
- 19,8 m de caliza gris oscura, dura y compacta con nidos y guías de calcita.

En el fondo del pique comienza el cortaveta, de 84,5 m de longitud de rumbo algo irregular, de aprox. N 285°, que corta al sesgo las calizas por cuanto el rumbo de las mismas es de N 330° y el buzamiento oscila en los 35° al W (Id. n. 6). De este a oeste se tiene:

Tramo de 0 a 63 metros (mineralización esporádica): el cortaveta atraviesa calizas oscuras bien estratificadas, casi estériles, habiendo algo de mineralización de blenda a los 2 metros como así también a los 9 metros en una estocada de 1,8 m. En todo este tramo se observan a nivel microscópico finos hilos de blenda, concordantes con la sedimentación. A los 15 m de la progresiva en la pared sur en un plano de falla o diaclasa aparece una guía de baritina rosada de 4 cm de espesor. A los 30 m, en las paredes y techo se distinguen ojos de una difusa mineralización de blenda. A los 34 m en la pared sur se abre una falla con "jaboncillo" que se cierra hacia el techo. Continuando al oeste sobre la pared sur, a los 37 m y 40 m se distinguen algunos ojos con mineralización de blenda y a los 42 m una mineralización de blenda con algo de galena en un espesor de 1,5 m. A los 45 m otra falla en la pared sur se hace poco definida hacia el techo. A los 54 m de la progresiva, dentro de las calizas oscuras (microsubparitas), comienzan a aparecer nidos con recristalización de calcita que van haciéndose más abundantes hacia el oeste, hasta un plano de movimiento ubicado a los 60 m, relleno por calcita secundaria y con algo de blenda. Continúan calizas oscuras e inmediatamente una lente de yeso, limitada al oeste por una falla bien definida de rumbo N 15° y buzamiento aprox. de 50° al este. En el contacto entre el yeso y la caliza se distingue algo de blenda.

Tramo de 63 a 84 metros: (mineralizado): a partir de la falla bien definida de la progresiva 63 m, antes mencionada, siguen calizas gris oscuras regularmente diaclasadas, disturbada a los 66 m por otra falla poco definida subparalela a la anterior, destacándose a partir de los 75 m en las paredes nidos con cristales de calcita y calcita masiva. A los 77 m de la progresiva se presenta un cambio importante, la caliza oscura desaparece y aparece una mineralización casi masiva de galena, blenda y escasa baritina (2% de Pb, 37% de Zn). El cortaveta termina con una vaque cuarzosa blanquecina.

Quinta labor transversal

Esta labor tiene su entrada en la pared este a la altura de la progresiva 230 m del socavón principal. Por el rumbo y buzamiento de los bancos, esta labor subhorizontal los corta al sesgo. Así en los primeros tres metros desaparece hacia el techo la brecha conglomerádica calcilítica e inmediatamente la galería entra en una vulcanita dura muy alterada que se extiende hasta 8 m de la boca, donde es cortada por una falla de rumbo N 295° y 35° de buzamiento al NE. El labio NE de esta falla es negativo y por lo mismo el rechazo vuelve la brecha conglomerádica calcilítica.

Aquí hubo una importante mineralización en razón de la cual se ha hecho una explotación al piquén abriéndose un amplio caserón donde sucesivos derrumbes lo hacen poco accesible. Además se abrieron desde este caserón socavones al W y NW siguiendo el buzamiento del banco mineralizado, como así también labores en subida al este y sur. Además del caserón se abrió una galería de unos 10 m de longitud hacia el este, prácticamente a nivel, en la cual obviamente el banco mineralizado desaparece hacia el techo y reaparece la vulcanita.

Sexta labor transversal

Se encuentra en la pared este de la progresiva 253 m del socavón principal, tiene 17 m de longitud y su rumbo es E-W; posee algunas labores laterales que la conectan con el caserón de la quinta labor transversal. Los primeros 7 m son en arenitas o vaques cuarzosas con clastos o bochas de calizas de color gris oscuro de hasta 15 cm de diámetro, surcadas por venas y guías de baritina, con galena y algo de blenda en los contactos entre la baritina y las areniscas que conforman una red irregular relativamente intensa. Este banco buza unos 35° al W. Continúan 6 m de brecha conglomerádica calcilítica con una mineralización homologable a la del caserón de la quinta labor; se trata de baritina, blenda y poco de galena con texturas fluidales y subparalelas a la estratificación y buzamiento del banco; en el techo se halla abundante eflorescencia blanca y gris de goslarita. Los últimos cuatro metros de la labor entran en vulcanitas también homologables a la mencionada en la quinta labor.

En esta labor se tiene un espesor real de mineralización del orden de 5,5 a 6 m; la parte correspondiente a la arenita cuarzosa tiene un contenido de Pb del orden de 3-4% y Zn de 1% mientras que la mineralización alojada en la brecha conglomerádica es de 1% de Pb y 5% de Zn.

Séptima labor transversal

La entrada se encuentra en la pared este de la progresiva 325 m del socavón principal y a 1 metro sobre el piso de esta última; tiene 28 m de longitud con una inclinación de 25° que concuerda aprox. con el buzamiento de los bancos. Esta labor al igual que el socavón principal a esta altura, tiene la vulcanita en el techo, la arenita conglomerádica cuarzosa en las paredes con una mineralización de blenda predominante, con galena y en menor cantidad baritina. La labor continúa con esos dos bancos y en el extremo oriental, en las bases de ambas paredes aparece la caliza gris oscura, dura, diaclasada. En dicho extremo se aprecia además una reducción del espesor del banco de arenita conglomerádica cuarzosa mineralizada de 0,8 m de espesor, limitada por la vulcanita en el techo y la caliza gris oscura en la base.

3) Otras manifestaciones

El Llanito

Está localizado a unos 2 km en línea recta al NE de La Helvecia (Lam. 1). La manifestación El Llanito consiste en una brecha cuartaria producida por un deslizamiento de rocas pertenecientes a la Formación San Juan. La mena explotada estaba constituida por smithsonita, hemimorfita, hidrozincita y en menor proporción auricalcita. Estas sales de zinc provenían de los estratos ubicados en niveles topográficamente superiores y presentan una mineralización de tipo I y posiblemente una erosionada mineralización de tipo II.

Urcal

Se trata de un yacimiento de uranio. La geología local está constituida por un conglomerado perteneciente al Miembro Cabeza de Montero que sobreyace a micritas de la Formación San Juan. El conglomerado está fuertemente diaclasado y en esas diaclasas se precipitaron las sales de uranilo, tyuyamunita y metatyuyamunita, que conformaron la mena de dicho yacimiento. En las exploraciones por mineral de uranio se abrió un pique (no accesible actualmente) y a partir de él varias estocadas que penetraron en las micritas de la Formación San Juan; se encontró mineralización de blenda, galena, baritina y calamina, que por la roca hospedante sugiere corresponder a la mineralización de tipo I.

Los Sapitos

Se encuentra a 8,5 km en línea recta al ESE de La Helvecia en el primer cordón montañoso al W de Guandacol, fuera de la lámina 1. La mineralización es de baritina y menor cantidad de galena, que se ubican entre la caliza de la Formación San Juan y la arenisca de la Formación Volcán. Se trata de la mineralización de tipo III.

El Hoyo y El Ingenio

Se encuentran en la ladera norte de la Quebrada del Río Guandacol (Lámina I). Son cuerpos de baritina y escasa galena, discordantes; por este emplazamiento se los considera removilizados desde su primitivo lugar de precipitación.



Fig. 20. Desde la mina Urcal vista al sur. Los afloramientos del primer plano corresponden al miembro Cabeza de Montero de la Formación Volcán. Las huellas se dirigen a planchadas de perforaciones realizadas durante la exploración por uranio. A la izquierda el pique de exploración en el que se destaca una fuerte eflorescencia amarilla de tyuyamunita. En el pique aparecen nidos de galena, baritina y calamina. En segundo plano la quebrada del río Guandacol.



Fig.21.

Vista del precario campamento de la mina El Hoyo, ubicado sobre miembros superiores de las calizas de la formación San Juan. Hay seis labores pirquineras en las que se extrae principalmente baritina y galena. Se trata de una mineralización removilizada.

VIII INVESTIGACIONES GEOQUIMICAS

En el Río Guandacol, curso principal del área, y en algunos de los afluentes laterales cuyas cabeceras se encuentran en las zonas mineralizadas de la mina La Helvecia, se llevó a cabo un muestreo de sedimentos de corriente.

El muestreo se realizó practicando hoyos de aprox. 25 cm. de profundidad y tamizando los sedimentos de corriente en cada lugar, recuperando la granulometría menor de 4 mallas y descartando la granulometría superior. En laboratorio se retamizó la fracción recuperada, obteniéndose a su vez dos fracciones, mayor y menor de 80 mallas. La parte mayor de 80 mallas fué melida y llevada a menos de 80 mallas para facilitar su ataque con ácidos.

Cada una de las fracciones fueron analizadas por duplicado y por los siguientes elementos: Pb, Zn y Cu. Los análisis fueron realizados por vía colorimétrica, el Pb y Zn con ditizona y el Cu con 2 Biquinoleina. En la planilla acompañante se consignan los valores analíticos obtenidos y en la página siguiente la localización de las muestras y los valores analíticos mayores.

La época lluviosa en esta zona se extiende entre diciembre y marzo y el muestreo se practicó a mediados de junio de 1973.

El arroyo de la Mina, de fuerte pendiente, seco la mayor parte del año y de régimen torrencial en la época lluviosa, tiene su cabecera justamente en el área de la mina La Helvecia. Las aguas de este arroyo llegan a transportar mineral de la mina hasta el Río Guandacol; la muestra tomada poco antes de su desembocadura dió valores bien conspicuos; de 2000 y 2500 ppm de Pb y Zn respectivamente, en la fracción -80 mallas, y 560 y 3700 en la fracción mayor de esa malla.

En el período lluvioso cuando el arroyo de la Mina aporta su caudal torrencial al Río Guandacol, en este último los valores de Pb y Zn son similares a los detectados en el primero. Interrumpido el aporte del arroyo de la Mina, el caudal permanente del río Guandacol continúa con el transporte y dispersión del mineral recibido de dicho arroyo, acentuándose con el transcurso del tiempo la diferencia entre los valores de Pb y Zn en los sedimentos de corriente del arroyo considerado y el río Guandacol. En el mes de junio se obtuvieron en el arroyo valores de 2000 y 3800 ppm de Pb y Zn, y en el río Guandacol, poco más abajo de la desembocadura del primero, apenas 35 y 120 ppm; dicha diferencia se acentúa cada vez más hasta el próximo período de lluvias.

Los valores de Pb en el río Guandacol en el mes de junio poco más abajo de la desembocadura del arroyo de la Mina, eran de 35 ppm, apenas más altos que río arriba antes de la desembocadura del arroyo de la Cuesta, supuestamente contaminado por el transporte de mineral explotado en la mina, donde resultó de 20 ppm.

El zinc en el río Guandacol, aguas arriba de la Qda. de la Mina, está en 75-80 ppm; 4 km aguas abajo de dicha desembocadura los valores superan las 160 ppm, o sea se duplica el valor de base y en los 4 km subsiguientes los valores se mantienen por encima de las 100 ppm, para luego retornan a los valores de base.

El cobre se manifiesta prácticamente dentro de los valores de base en todo el recorrido del río Guandacol, destacándose en la fracción gruesa, evidenciando que se encuentra ocluido o incluido en los granos mayores de roca que lo preservan; en cambio la fracción fina presenta mayor superficie de ataque, que facilita la lixiviación de los minerales de cobre.

Consecuentemente se puede resumir que los valores de plomo en el río Guandacol aguas abajo del arroyo de la Mina, en el mes de junio, se presentan muy bajos en relación con los valores de base del propio río, en cambio los del zinc presentan una desviación algo mayor y alcanza una extensión de aproximadamente 8 km; los de cobre prácticamente no se destacan. Cabe concluir que la anomalía que provoca la mineralización de la mina La Helvecia en los sedimentos de corriente del río Guandacol en el mes considerado es poco relevante.

La mina La Helvecia, como se dijera en capítulos anteriores, presenta una mineralización expuesta o aflorante relativamente extensa. Fue trabajada durante 30 años, finalizando prácticamente en 1965-66; las exploraciones que realizó posteriormente el Banco Nacional de Desarrollo con la continuidad del socavón La Solitaria y el cortaveta Las Arañas, y las periódicas aunque modestas explotaciones de tipo pirquén dan lugar a extracción de mineral que se deposita en cancha mina y escombreras. Esto significa que la dispersión de los metales provenientes de este yacimiento no está restringida sino que está incentivada por la amplia superficie expuesta y por la acción del hombre.

Por lo expuesto, en el caso de encararse una prospección regional en el área de las calizas ordovicicas de la Formación San Juan en busca de nuevos yacimientos de plomo y zinc, a través del muestreo sistemático de los sedimentos de corriente, debe tenerse en cuenta que si la anomalía resultante de la mineralización de la mina La Helvecia es poco relevante en el río Guandacol, pese a la acción combinada de los agentes naturales con las del hombre, cabe suponer que si existen en el área considerada yacimientos de plomo-zinc aun no evidenciados, sus afloramientos deben ser reducidos o camuflados; y por esa razón permanecen ocultos y como consecuencia la dispersión de su contenido metálico será notoriamente más reducida y las anomalías que podrían dar lugar en los sedimentos de corriente de los colectores mayores serán poco sobresalientes y por lo tanto serán fácilmente inadvertidas.

Como conclusión-recomendación surge claramente que si dentro de la prospección regional del área se incorpora la geoquímica de sedimentos de corriente, el muestreo sistemático deberá considerar prioritariamente a los afluentes de los colectores principales.

ANALISIS GEOQUIMICOS

Muestra N°	Malla -80			Malla +80		
	Cu	Pb	Zn	Cu	Pb	Zn
1	5	40	115	20	20	110
1	5	35	115	20	25	115
2	NR	20	70	5	40	215
2	NR	15	75	5	50	220
3	5	15	80	10	15	60
3	5	20	80	15	15	75
4	5	15	65	10	10	70
4	5	15	75	10	15	70
5	20	2000	2600	30	570	3600
5	20	2000	2400	25	550	3800
6	10	30	80	15	25	120
6	15	35	75	15	20	115
7	NR	20	215	10	20	115
7	NR	20	225	10	20	105
8	NR	20	175	5	15	85
8	NR	20	180	5	10	75
9	5	30	160	10	10	85
9	5	25	140	5	10	90
10	5	15	100	15	25	75
10	5	15	110	10	20	60
11	NR	15	75	10	15	80
11	NR	15	75	10	15	85
12	5	50	130	5	10	75
12	5	45	125	5	10	75
13	5	15	105	5	15	60
13	5	15	100	5	20	70
14	NR	15	85	10	15	60
14	NR	15	75	5	15	65
15	5	20	90	10	20	65
15	5	15	90	10	15	60
16	NR	20	85	10	25	70
16	NR	20	85	10	20	75
17	NR	15	100	10	20	75
17	NR	20	110	10	15	65
18	NR	20	90	5	20	60
18	NR	15	80	5	20	65

NR= no revelable. Los demás datos en ppm.

Tesis de Posgrado

Página no digitalizada

Tipo de material: Mapa

Alto: 27

Ancho: 41

Descripción:

Esta página no pudo ser digitalizada por tener características especiales. La misma puede ser vista en papel concurriendo en persona a la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir.

This page could not be scanned because it did not fit in the scanner. You can see a paper copy in person in the Central Library Dr. Luis Federico Leloir.

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

IX EVOLUCION DE IDEAS GENETICAS

1) La evolución de las investigaciones geneticas en relación con yacimientos estratoligados.

Así como en el siglo pasado en biología se postulaban creaciones consecutivas, aisladas, y recién Darwin impuso el razonamiento de la evolución, en el estudio de la génesis de yacimientos sólo en los últimos decenios se consideraron ideas evolutivas, es decir, el yacimiento se podía formar en varias etapas, sufriendo cambios y transformaciones ulteriores a su primer depositación.

En el caso de los yacimientos en sedimentos se agudizaba el problema. La mena ubicada en ellos provenía de profundidades no conocidas y el supuesto origen que salvaba todos los problemas era el "reemplazo". Pero como dijera Ramdohr (1953), ¿cual fué la sustancia reemplazada y a donde se fueron los elementos reemplazados? No había contestación a esos interrogantes.

Von Groddeck (1879, en Amstutz y Bubenicek, 1967), fué uno de los primeros que consideró parámetros observacionales o "geognósticos" y había reconocido ya, en sentido formal, los yacimientos estratoligados, denominándolos "tipo Raibl" según el clásico ejemplo del yacimiento que hoy se encuentra cerca de la ciudad italiana Cave di Pedril. Desgraciadamente sus ideas cayeron en el olvido pocos años después. Estas observaciones geognósticas, que son impresionables en cualquier investigación científica, no fueron consideradas por mucho tiempo y, es así como no se encuentran los términos diagénesis o recristalización diagenética en los textos de geología económica de principios a mitad de este siglo. Schneiderhöhn (1944, en Amstutz 1967) cita brevemente "cambios diagenéticos" y Routhier (1963) es el primero que menciona el rol de la diagénesis en la formación de menas. En los últimos veinte años hubo un vuelco que se acentuó año tras año y ahora es imprescindible la integración de la especialidad "sedimentología" a los estudios de yacimientos en sedimentos y se la considera esencial para una correcta interpretación, tanto en la importancia de los procesos de sedimentación como también de los diagenéticos que obliteran frecuentemente la fábrica sedimentaria primaria.

En el presente, el contraste principal de las discusiones sobre la génesis está dada por los autores que consideran una formación singenética o diagenética - o sea esencialmente sedimentaria- y los que suponen una formación epigenética, principalmente hipogénica.

Es fácil caracterizar estas dos escuelas proque el análisis cuidadoso de sus teorías muestra que sus interpretaciones genéticas varían simplemente con respecto a consideraciones de tiempo y de espacio.

La tabla siguiente muestra el esquema básico de estas diferencias fundamentales (según Amstutz, 1967).

TIEMPO
FORMACION SINGENETICA

es decir, contemporánea
con la roca de caja

FORMACION EPIGENETICA

es decir, formación pos-
terior a la roca de caja

ESPACIO
FORMACION ENDOGENA

es decir, formación del mi-
neral dentro de la roca de caja

FORMACION EXOGENA

es decir, mineral procedente
de fuentes externas

Resultan por ende las posibles combinaciones:

Singenético - endógeno
Singenético - exógeno

Epigenético - endógeno
Epigenético - exógeno

Las dos escuelas principales son las extremas, llamadas escuela singenética y escuela epigenética, y ocurrió que los extremos dogmáticos singeneticistas casi siempre abogaron por un origen endógeno y los extremos dogmáticos epigeneticistas defendieron un origen exógeno de los minerales de mena. Las otras dos posibilidades pueden ser ilustradas con los siguientes ejemplos; singenético - exógeno: desde manantiales calientes hacia una cuenca de sedimentación, y epigenética - endógena: secreción lateral de estratos vecinos, portadores de metales.

Un cuadro interesante para esta problemática es el publicado por Snyder (1967):

		Origen de los elementos
	singenéticos	- detrítico - metales en solución en agua de mar - metales que provienen de emanaciones volcánicas
Tipo de depósitos	diagenéticos	- recristalización de materiales in situ - migración de los metales desde la roca de caja
	epigenéticos	- agua de meteorización, fría - hidrotermal a) agua meteórica calentada b) metales provenientes de fuentes ígneas conocidas c) metales provenientes de fuentes ígneas no conocidas d) aguas connatas

La intercalación del término "depósitos diagenéticos" significó reconocer una evolución dentro de la formación de un yacimiento, ya que implica la depositación de minerales o metales con el sedimento y su posterior recristalización, acomodación y migración.

La problemática en realidad no termina aquí, pues para varias de las posibles génesis puntualizadas, no queda especificado si los iones metálicos y el azufre provienen de la misma fuente. Se pueden mencionar las siguientes posibilidades:

a) Origen volcánico-exhalativo

- 1) los iones metálicos llegaron al mar como sulfuros a partir de una fuente volcánica exhalativa
- 2) los iones metálicos provienen de alguna manifestación volcánica pero fueron precipitados por azufre bacteriano

b) Aporte de regiones ubicadas a mayor altura que la cuenca:

- 1) origen clástico: los minerales fueron redepositados directamente en el mar o se disocian y precipitan nuevamente.
- 2) a partir de carbonatos o sulfatos provenientes de soluciones de meteorización; los sulfatos se habrían reducido a sulfuros, los carbonatos transformados en sulfatos, el azufre proveniría de los yacimientos formados anteriormente o del ambiente marino donde reaccionó con los cationes provenientes de la meteorización.

c) Origen Mixto, reacción entre ácido sulfhídrico vulcanogénico con iones metálicos provenientes de un ambiente de meteorización.

Mientras que en un yacimiento vetiforme el origen, transporte, el lugar de depositación y la causa de la precipitación son constantes definidas, en el caso de los yacimientos estratoligados todos estos tópicos son variables y en los diferentes depósitos que componen este grupo pueden coincidir uno o más de los puntos mencionados y diferir en los otros.

Por otra parte, en cada distrito, numerosos rasgos no son diagnósticos y se ajustan a cualquier tipo de origen. La pequeña minoría de observaciones son las críticas y no se deben ignorar porque el gran porcentaje de evidencias duales se amoldan a una hipótesis preferida.

Hay que diferenciar otro tipo de observaciones que se pueden llamar fortuitos. Este grupo reúne eventos de postmineralización y otros que no guardan relación genética con el depósito mineral. Generalmente dificultan el problema porque obliteran rasgos primitivos introduciendo nuevos.

En síntesis, para definir el origen de un depósito sedimentario estratoligado hay que precisar dos conceptos fundamentales:

- 1) si los rasgos del depósito son singenéticos, diagenéticos o epigenéticos
- 2) cual es el origen, transporte y depositación de los minerales o iones.

Origen de los cationes

Los estudios realizados en los últimos 20 años demostraron que la meteorización continental y los procesos de erosión influenciaron sobre la naturaleza y la geoquímica de los sedimentos mismos. Varios modelos han sido confeccionados sobre la relación entre erosión continental y sedimentación, siendo el modelo de la bio-rhexistasia de H. Erhart (1956) la que mejor se acomoda a los problemas de yacimientos minerales. En esta teoría son distinguidos dos tipos principales de evolución continental en regiones tropicales. En la primera, denominada período biostático, reinan condiciones de equilibrio; la vegetación y la cobertura meteorizada actúan como filtros fijando una fase residual (fundamentalmente hidróxidos de Fe y de Al) y permitiendo la lixiviación y migración de una fase soluble (Na, Ca, Mg, etc) hacia una cuenca de precipitación química. Cuando se presenta una interrupción del equilibrio, el denominado período rhexistático, se produce la erosión continental de la cubierta meteorizada y consecuen

temente la sedimentación de la fracción clástica.

Samama (1973) propone una variante a este esquema, aduciendo para yacimientos ubicados en formaciones detríticas continentales y subcontinentales en areniscas, que el modelo de Erhart no explica una de las principales características de estos yacimientos, es decir, en las que se concentran sólo uno o dos elementos pesados, dado que el basamento contiene varios de ellos. Esta característica solo puede ser explicada si se considera que el suministro continental es selectivamente enriquecido. En el borde triásico del "Massif Central" francés se pudieron establecer una sucesión de procesos de meteorización que han actuado sobre el basamento granítico y metamórfico. En un primer período fueron destruidos las plagioclasas y los minerales ferromagnésicos, y el Cu, U, y parte del Zn fueron lixiviados, mientras que el Pb y el Ba fueron concentrados en "resistatos" junto con la ortosa. Después de la erosión de la cubierta meteorizada siguió la meteorización y la lixiviación de éstos, liberó cantidades importantes de Si, Ba y Pb que fueron transportados a niveles más alejados.

También el paleoclima reviste su importancia y no es novedoso que los depósitos de uranio y cobre se presenten en "red beds" típicos, mientras que los yacimientos de tipo "Pb y Zn en areniscas" se presentan en formaciones arcóicas caracterizadas por la falta de hidróxidos de hierro y la escasez de fragmentos de madera, lo que indica un clima más seco.

En cambio para los yacimientos en sedimentos marinos, Bernard (1974) explica que el proceso de la concentración de sulfuros estratoligados todavía es discutido. El proceso principal es la precipitación de los metales calcófilos pesados en ambientes reductores, productores de H_2S , y el lugar más frecuente son probablemente los umbrales de los fondos marinos que influyen la sedimentación de series carbonáticas y lutíticas. La altura de las estructuras no es de importancia, sea un horst epirogénico o un bioherma, siempre que la geometría de la trampa ocasione una sedimentación lenta de material absorbente y un ambiente generador de H_2S al mismo tiempo que una flucncia terrígena excepcional de metales pesados.

Las mineralizaciones piríticas y cupríferas prefieren las rocas pelíticas, mientras que en las carbonáticas encontramos los sulfuros de plomo y zinc. El motivo de esta selección aun no se conoce.

2) Nuevos enfoques genéticos en relación con los depósitos de Pb-Zn en calizas.

Los yacimientos de Pb y Zn en calizas han sido denominados de tipo "Mississippi Valley", tipo "Alpino", tipo "Raibl" y tipo "Silesia".

En 1966 se realizó en Nueva York un simposio sobre la génesis de depósitos estratiformes de Pb-Zn-baritina-fluorita que luego fueron publicados como monografía N° 3 de la publicación del "Economic Geology". Mientras las escuelas europeas buscaban un origen singenético para estas mineralizaciones, todavía los geólogos estadounidenses se aferraban a un origen hidrotermal-epigenético.

Sin duda los yacimientos implicados con el nombre de "depósitos de Pb-Zn-baritina-fluorita en sedimentos calcáreos" presentan una enorme variedad de modos de yacencia. Pueden estar asociados a arrecifes, plataformas continentales o brechas. A medida que fueron diagenizados o removilizados se formaron depósitos con características epigenéticas. También suele encontrarse en un mismo lugar una cierta variedad de evoluciones desde depósitos singenéticos hasta removilizaciones epigenéticas.

Callahan (1967 y 1974) propone para depósitos norteamericanos una clasificación que comprende yacimientos "encima de una discordancia" (above uncon-

formity) y "debajo de una discordancia" (below unconformity) que implica a su vez una clasificación genética en singenéticos y epigenéticos. Para los primeros menciona los depósitos asociados a : 1) arrecifes y 2) brechas de talud o bancos acuñados. Para los segundos: 1) brechas de colapso relacionados a relieve karstico y 2) estructuras de colapso originadas por el lavado de aguas circulantes en bancos subyacentes.

Cabe mencionar también el trabajo de Assereto et al (1976) que relaciona numerosos yacimientos de Pb, Zn y baritina de Italia con superficies de emergencia, considerando las etapas de emergencia como importantes para la concentración de minerales. Es de hacer notar que a través de las consultas bibliográficas realizadas, surge que una notable cantidad de yacimientos de baritina se ubican en una discordancia.

A continuación se tratarán algunos ejemplos característicos de los tipos de yacimientos antes mencionados.

En los Alpes y en una extensión de 350 km W-E y 50 km N-S se encuentran numerosos yacimientos de Pb, Zn y baritina en las calizas triásicas. Se habían encontrado muchos rasgos que no se podían conformar con un metasomatismo de origen apomagmático hidrotermal. Las conclusiones de los estudios realizados en los últimos 20 años sobre esos yacimientos se pueden sintetizar de la siguiente manera (Maucher y Schneider, 1967). Los depósitos de Pb y Zn alpinos están genéticamente asociados a los sedimentos que los contienen y son de origen sedimentario primario. Las menas están relacionadas a complejos arrecifales y a intercalaciones del flanco interno del arrecife ("back reef") con sus aguas estancadas e hipersalinas. Los sedimentos del flanco externo del arrecife ("fore reef") no contienen mineralización. La distribución de la mena singenética primaria no está controlada por las estructuras tectónicas de la orogenia alpina. El vulcanismo geosinclinal del Triásico medio es considerado como la fuente hidrotermal-exhalativa de la mena. Dado que ésta fue depositada contemporáneamente con la roca hospedante, la mena sufrió el mismo desarrollo geológico que los sedimentos portadores y en conjunto el mismo proceso diagenético que produjo vetas discordantes y de reemplazo. La génesis de las menas comprende por lo tanto una sucesión muy compleja de diferentes eventos a través de un largo período de tiempo por lo que sólo unas pocas texturas y fábricas originales han sido preservadas.

Son numerosos los yacimientos que han sido explotados en los Alpes. Los más conocidos son Cave di Predil y Gorno en Italia, Bleiberg y Kreuth en Austria y Mevica en Yugoslavia, de las cuales Bleiberg fué trabajada desde la época de los romanos y sigue en explotación.

Con respecto a yacimientos relacionados a arrecifes, Monseur y Pel (1973) hicieron una sinopsis de localidades mundiales, de los que se extrajeron las siguientes observaciones. El análisis comparativo de potentes series del Devónico medio y del Aptiano permitió interpretar la influencia del ritmo sedimentario en la localización de mineralizaciones estratiformes en ciertas facies del ambiente arrecifal. La existencia de tres unidades con características litológicas y faunísticas, denominadas de abajo hacia arriba, unidades I, II y III fueron determinadas. La unidad I está constituida por calizas con un aporte de material terrígeno. La unidad II está caracterizada por una intensa actividad coralina con la formación de biohermas y biostromas. La unidad III contiene varias litofacies típicas de un ambiente del flanco interno del arrecife ("back reef") diferenciadas en bioclastitas, oolíticas, criptocristalinas y supratidales.

Hay yacimientos que están ubicados en localidades en las que se desarrolló toda la serie sedimentaria, como por ej. en Missouri, Estados Unidos de Norteamérica; Pine Point, Canadá; Alpes orientales (Italia, Austria, Yugoslavia) y Reocín, España. En otros lugares se han encontrado sólo las unidades I y II

es decir condiciones relativamente profundas del flanco externo del arrecife ("fore reef") y biolitas coralinas, como ser algunos yacimientos de Túnez y Algeria. Otros depósitos están en asociación a las unidades II y III, es decir donde la facies arrecifal pasa a una bien desarrollada facies del flanco interno del arrecife ("back reef"). Ejemplo de este tipo de yacimientos son los de Bambui, Brasil, y varios de Marruecos.

Un ejemplo de brecha de talud mineralizada se encuentra en Francia, cerca de Figac; consta de una mineralización de blenda en brechas sedimentarias calcáreas. Esta brecha (Launey y Leonhardt, 1959) es una formación poco temporal con la depositación del sedimento, interpretación basada en la estructura interna y su relación con las facies vecinas. Se encuentran repetidas apariciones de estas brechas entre bancos de depositación tranquila, con lazos estrechos con el contexto sedimentario y ausencia total de relación visible con fallas. Son consideradas brechas de talud y la mineralización está localizada en el interior de las zonas de deslizamiento. La blenda se presenta en cintas y en esferulitas, o sea de tipo botrioidal.

También fueron propuestas teorías epigenéticas para yacimientos de Pb-Zn en calizas. En el año 1969 se realizó el simposio denominado "paleoacuíferos y su relación con depósitos minerales económicos", en Tennessee, Estados Unidos de Norteamérica y los 14 trabajos presentados fueron publicados en la revista "Economic Geology" en 1971. De los trabajos de Laurence (1971), Hill y Wedoe (1971) y Hill et al (1971), se desprende que de mapeos detallados de las menas, de áreas estériles y de estructuras, más la aplicación de los principios de hidrología de aguas subterráneas llegaron a la teoría aceptada para el distrito de "East Tennessee", que los yacimientos de zinc y baritina están ubicados en brechas formadas por procesos de disolución y colapso en rocas calcáreas. Las calizas han servido como paleoacuíferos de extensión regional. Las aguas meteóricas circulando a lo largo de fallas y diaclasas en el acuífero han disuelto calizas porosas de tal forma que éstas se colapsaron formando cuerpos de brechas, en general largos y de poco espesor. Soluciones introducidas dentro del acuífero poco después del comienzo del período de disolución y colapso, agrandaron, extendieron y mineralizaron las brechas.

Para el origen de la mineralización Hoagland (1971) propone que la depositación de los sulfuros se produjo a partir de soluciones salinas que probablemente contenían Ca, Mg, Cl, Si, S y Zn. Estas soluciones salinas cargadas se movieron dentro del paleoacuífero hacia áreas de menor potencial hidrostático capturando las áreas de descarga originariamente establecidas por el sistema kárstico. La depositación del ZnS fué controlada por factores físico-químicos aún no esclarecidos pero se considera de importancia la interacción de agua común y salina.

Ya en 1897, L. de Launey (en Bernard, 1973) demostró la existencia de los denominados "sulfuros de cementación", pero recién Garrels en 1954 (en Bernard, 1973) fué el primero que ubicó correctamente el problema de los sulfuros de origen supergénico, especialmente los de Pb y los de Zn, postulando que ellos se generan por reducción de los sulfatos de Pb y de Zn que están en solución. Es así que se ha subestimado hasta hace poco el valor económico de la formación de sulfuros a partir de aguas circulantes.

Son también numerosos los estudios de depósitos relacionados a procesos de karstificación. Se trata de yacimientos epigenéticos pero generalmente la fuente desde donde se produjo la removilización son estratos con mineralización singenética, si bien suelen estar los dos tipos de depósitos juntos. Los siguientes ejemplos son conocidos en la literatura, entre otros: los denominados "circle ground" del distrito Tri State de los Estados Unidos de Norteamérica; el distrito de Salafossa, Italia; el yacimiento de Laurium, Grecia; Les Ma-

lines, Francia. Son importantes los estudios realizados por Leleu (1966 y 1969) Cros y Lagny (1969), Lauzac (1969) y otros más al respecto.

Bernard (1973) ha efectuado cálculos sobre horizontes calcáreos que contienen valores levemente anómalos de Pb, Zn y Ba, y la lixiviación de ellos en ambiente kárstico. Mientras que la solubilidad del Pb y del Zn es alta en las zonas aireadas, el bario aumenta su solubilidad en la zona de aguas reductoras. El mencionado autor hizo el cálculo que una caliza conteniendo 100 ppm de Pb puede dar un depósito de 10^5 toneladas métricas de Pb si se considera una región de 4 km x 4 km y de 25 m de espesor que sufren un proceso kárstico.

Cabe por último mencionar 3 ejemplos en cierto modo afines con las características observadas en el yacimiento La Helvecia en cuanto a modos de yacencia y que permiten lograr un mayor entendimiento en cuanto a la evolución sedimentaria en él, ya que se trata de ambientes similares.

El yacimiento de Gorno, Italia, (Vaché, 1962) está formado por una serie de estratos de calizas, en parte dolomitizados y en parte silicificados. Se encuentran numerosas lentes mineralizadas con Pb y Zn, estratoligadas dentro de las calizas pero solo cuatro de ellas son explotables. El mencionado autor postula que durante la época que se produjo la mineralización, el fondo marino era ondulado, con cuencas y lomadas, y que hubo movimientos tectónicos que hicieron que el aporte terrestre se incrementara. Las aguas salinas parcialmente estancadas presentaban ambiente reductor y diferentes salinidades. La mineralización estaría ligada a diferentes épocas de vulcanismo.

En el yacimiento de Meggen (Rep. Federal Alemana) se observa que los sulfuros y la baritina se presentan en bancos separados. Según Puchelt (1960) reinaban condiciones calmas en el interior de la cuenca de precipitación. Los sulfuros se habrían formado en ambiente reductor mientras que la baritina se habría precipitado en zonas laterales donde había aporte de aguas oxigenadas.

El yacimiento de Karalar, Turquía, está formado por mantos compuestos de sulfuros y baritina que se ubican en una discordancia entre lutitas y calizas, en parte dolomitizadas. Striebel, (1960) propone la siguiente historia geológica: en una plataforma marina, marginal, en la que se alternaban altos y bajos alargados, hubo aportes de soluciones ricas en diversos cationes y sílice. La concentración catiónica pudo estar sobreelevada por la mayor salinidad del agua. La formación de la mena de sulfuros se produjo a partir de la actuación del H_2S cuyo origen pudo ser bacteriogénico o vulcanogénico, mientras que el Ba, aportado junto con el Pb, Zn y Fe permaneció en solución. Los cationes del Ba seguramente encontraron las condiciones oxidantes cerca de la superficie oceánica donde se habrá formado la baritina, precipitándose encima de los sulfuros ya formados en el fondo del mar. Para el origen de los cationes propone erosión continental o exhalaciones submarinas.

X CONSIDERACIONES GENÉTICAS PROPUESTAS Y DISCUTIDAS PARA EL DISTRITO MINERO LA HELVECIA

1) Estudios previos

En los últimos 30 años el área fué visitada por varios profesionales los que consideraron al yacimiento "La Helvecia" de origen hidrotermal epigenético.

Según Angelelli (1950), los diques y filones capa triásicos fueron portadores de la mineralización.

Sister, en su "Estudio Geológico Económico de la Mina Helvecia" (1960) señala que existen divergencia de opiniones en cuanto al origen de este tipo de yacimientos, destacando que primitivamente se los consideraba como depósitos de origen marino y que posteriormente esta idea se desechó y fué reemplazada por otras según las cuales la mineralización fué depositada por aguas teletermales ascendentes o bien por aguas superficiales descendentes que lavaron el contenido metálico de las rocas circundantes. En general fué mas aceptado el origen ascensionista de estos depósitos, producto del movimiento lento hacia arriba del material magmático volátil o debido a surgencia magmática de material ígneo que raramente alcanza la superficie; hace notar sin embargo que uno de los argumentos opuestos a este punto de vista es que en la mayoría de estos depósitos no se ha podido ubicar el camino de aproximación entre la mineralización y la fuente magmática, pero en el caso de La Helvecia tal camino estaría dado por una supuesta falla inversa que se ubicaría en el contacto caliza-arenisca.

En consecuencia, según Sister, abrazando la teoría ascensionista, clasifica este yacimiento como telemagmático, aunque con cierta conexión con los diques andesíticos que cruzan las formaciones, pues en las cercanías de los mismos se ha notado, en parte, un aumento de la mineralización. La asociación mineral existente indica una depositación poco profunda a temperaturas y presiones no muy diferentes de las que prevalecen en superficie. El bajo contenido de hierro y manganeso, la ausencia de granate y epidoto, el grano fino de los minerales presentes, especialmente galena y blenda, constituyen indicios de que la depositación ha ocurrido a temperaturas intermedias a bajas. Concluyendo, lo clasifica como un yacimiento metasomático, de baja temperatura, relacionado con intrusiones profundas que no afloran en la zona (telemagmático) y con cierta conexión con los diques y filones -capa de andesita.

Thebault y Pasquín (1964) apoyan un origen telemagmático, combinado con un control tectónico, en parte stratigráfico, diciendo que en la región de la mina La Helvecia y sus alrededores inmediatos se observa una terminación periclinal de un anticlinal que afecta a las calizas y a las areniscas suprayacentes. Esta terminación finalizaría hacia el oeste en una gran flexura fallada según un rumbo N-S y buzamiento al oeste, pudiéndose atribuir a esta estructura local favorable, que no se observa en otro lugar, el rol de "accidente mineralizador". Esta estructura alcanzaría zonas suficientemente profundas que han permitido la ascensión de los agentes mineralizadores hidrotermales generadores de este yacimiento cuya clasificación correspondería a los teletermales.

No obstante, los autores señalan que ver en esta gran falla N-S como el accidente mineralizador es por supuesto una hipótesis, pero señalan los siguientes hechos en su apoyo:

- Ausencia de yacimientos análogos sobre la faja de calizas (que sin embargo es muy extendida al sur y al norte del mismo).
- La mineralización se extiende en el sentido Norte-Sur de la falla.
- El tipo de flexura fallada es bastante corriente en el tipo de mineralización teletermal.

Los mismos autores entienden que las mineralizaciones han sido ordenadas y distribuidas a partir de la gran falla de rumbo N-S y buzamiento al oeste por una importante red de fallas preexistentes principalmente por aquellas de rumbos NE, N, ENE y NNW, que han servido de vías de circulación de las soluciones mineralizadoras.

Los agentes mineralizadores al circular ascendiendo a lo largo de las fallas han encontrado factores favorables de alojamiento en las rocas encajantes (control stratigráfico) y también en unas "pantallas" que han permitido concentraciones locales. Las diversas posibilidades que han obrado en la depositación de las mineralizaciones y que son controladas por un número elevado de parámetros, pueden intervenir individualmente o en asociación. Esto explica los aspectos muy diversos bajo los cuales se pueden presentar las concentraciones minerales. En general las mineralizaciones parecen encontrar un nivel favorable en las calizas, no por la naturaleza calcárea sino por elementos tectónicos favorables, alojándose la mineralización principalmente en cavidades, y sólo una parte por reemplazo de los calcáreos. Estiman que el reemplazo desempeña un rol secundario. Esta disposición se presenta en la parte superior de las calizas y algunos metros por debajo del contacto calizas-areniscas. La existencia de mineralización en niveles stratigraficamente inferiores de las calizas parece un hecho bastante raro.

En cuanto a las "pantallas", si se trata de un dique, se observa una concentración de mineralización a medida que se aproxima al mismo, aunque sin ninguna relación genética entre el mineral y la roca eruptiva o volcánica. Otra "pantalla" que consignan es un nivel de arcillas rojas entre las calizas ordovícias y las areniscas la que ha impedido la migración de la mineralización hacia el alto quedando bloqueada la mineralización bajo dicha pantalla arcillosa.

Las sales de Pb que han circulado por fallas y diaclasas se difundieron también en las areniscas que descansan sobre las calizas. En la zona de areniscas impregnadas la red de diaclasas es muy densa, una cada 10 ó 20 cm como promedio. A veces la impregnación en las areniscas desaparece en sentido lateral volviendo a manifestarse poco más lejos ya sea en forma continua o esporádica. Además de esta débil impregnación de minerales de plomo, se observan manchas de 1 a 2 cm de diámetro de minerales oxidados de cobre y uranio dispuestas según planos de estratificación. Esta última mineralización no se encuentra en relación con las fallas, sino a sales que han debido precipitarse por la materia orgánica presente.

De la breve síntesis de las consideraciones genéticas de la mineralización de la mina La Helvecia arriba expuesta se desprende como conclusión la conveniencia de realizar un estudio a clarificar la génesis del yacimiento y por lo mismo centrar la atención del trabajo primordialmente en este aspecto.

Cabe consignar que los trabajos anteriores tenían objetivos marcadamente económicos y muy especialmente el encomendado por el Banco Nacional de Desarrollo a Thebault y Pasquin. Estos trabajos, no obstante su carácter económico, hicieron breves consideraciones sobre la génesis por la incidencia de ésta en las apreciaciones económicas, pero sin entrar en un estudio extendido del tema. Por lo mismo este importante aspecto quedó pendiente y para ser dilucidado.

2) Consideraciones genéticas propuestas

El problema principal subsistente en cuanto a la dilucidación de la génesis del yacimiento La Helvecia fué, por lo tanto, determinar si se trata de un depósito de origen hidrotermal o sedimentario. Para ello fué necesario:

- 1) Analizar la posibilidad de un origen hidrotermal de la mineralización.
 - a) Si el emplazamiento de la mineralización primaria se debió a controles estructurales, principalmente tectónicos.
 - b) Intentar ubicar huellas o indicios de los posibles caminos seguidos por la mineralización desde la fuente magmática hasta su emplazamiento.
 - c) Especular sobre las posibles fuentes mineralizadoras ya sea los diques y filones capas, el intrusivo monzodiorítico o una fuente profunda desconocida.

Este análisis ha permitido constatar los siguientes hechos:

- a) La existencia de un control exclusivamente litológico y no tectónico fue evidenciado por la tipificación de las tres mineralizaciones: I) Mineralización disseminada y en guías de Pb, Zn (y Ba) en la micrita; II) Mineralización de Pb, Zn (y Ba) en los conglomerados; III) Mineralización de Ba, Pb (y Zn) en la superficie de discordancia.
- b) Ausencia de vías de acceso subverticales desde una supuesta fuente magmática hasta su lugar de emplazamiento, a través de rocas macizas e impermeables, como así también ausencia de un estrato impermeable que frene el avance de las soluciones hacia superficie y en cambio posibilite su migración lateral.

La falta de reacciones químicas en esos supuestos accesos, como serían las texturas de reemplazo en el sentido lateral del banco mineralizado, (dada la sistemática ubicación de la mineralización en posiciones definidas) hace difícil imaginar un reemplazo selectivo a partir de soluciones hidrotermales epigenéticas.

La falla inferida que estaría ubicada en el contacto caliza-arenisca -supuesto camino propuesto por Sister (1960) y Thebault y Pasquin (1964) para el ascenso de las soluciones hidrotermales-, no existiría según lo demostraron estudios de campo posteriores.

- c) En el análisis de las posibles fuentes mineralizadoras se deben diferenciar las "vulcanitas alteradas" de edad incierta, los diques y filones capas andesíticos de edad triásica y el intrusivo monzodiorítico postcarbónico. Las primeras no presentan indicios de transformaciones en la roca de caja ni de aporte de mineralización hacia ella. Los diques andesíticos están ubicados en una zona de máxima densidad a unos 500 m al W de la mina La Helvecia, pero no se encuentran cerca de otras áreas mineralizadas como ser El Llanito, Urcal, Los

Sapitos, etc. En ellos no se observan evidencias de alteración hidrotermal, de mineralización ni transformaciones en sus cajas. Con respecto al intrusivo monzonidiorítico del Co. Urcuschun cabe mencionar que hasta ahora no había sido considerado, por desconocerse su existencia, como posible fuente de la mineralización (Angelelli, 1950; Sister, 1960; Thebault y Pasquin, 1964). El mismo presenta, como fué descrito por Toselli (1971) una aureola metasomática de 1,5 km en la que la caliza tactizada presenta solo mineralización de pirita y de molibdenita. Si bien las manifestaciones de galena, blenda y baritina del área se encuentran en cercanías a dicho cuerpo, por el tipo de mineralización observada en él, no se lo considera el responsable de dichos depósitos. Por otra parte y con respecto al Yacimiento La Helvecia no existe tactización de las calizas que pudieran hacer pensar en fenómenos metasomáticos producidos por dicho intrusivo.

2) Considerar un posible origen sedimentario de la mineralización. Para ello fue necesario localizar e investigar rasgos característicos para este tipo de menas. La compleja historia que sufren los sedimentos desde su primitiva ubicación hace que se borren o eliminen fácilmente todas las texturas sedimentarias primarias. Sin embargo efectuando prolijas observaciones es dable encontrar algunos relictos que son verdaderos fósiles litológicos, en los que permanecen preservadas primitivas texturas y fábricas. Estos relictos de minerales de mena en capas estratificadas, a veces sumamente diagenizadas tienen una significativa importancia para diagnosticar la génesis de estos depósitos. Los rasgos característicos para este tipo que había que evaluar, fueron los siguientes:

- a) Examinar si las menas una posición concordante y/o estratoligado relacionado a unas pocas unidades litológicas o alguna "facies sedimentaria especial".
- b) Buscar y analizar la presencia de fábricas sedimentarias en la roca hospedante en relación con la mineralización metalífera como ser texturas geopetales, capas rítmicas, estratificación gradada, deslizamientos submarinos, etc.
- c) Interpretar la presencia de rasgos diagenéticos y epigenéticos relacionados con la removilización.

Del estudio de estructuras y texturas identificables en el área del distrito minero La Helvecia surgieron las siguientes evidencias:

- a) La mineralización del tipo I (en micrita) es de tipo estratoligada, mientras que la mineralización de tipo II está circunscrita a una "facies litológica definida". La mineralización de tipo III se encuentra localizada en relación directa a la discordancia que media entre las calizas de la Formación San Juan y las areniscas del miembro superior de la Formación Volcán.
- b) En la mineralización de tipo I se ha reconocido a nivel macro y microscópico ritmicidad entre la depositación carbonática -micrita y dolomita- y la de sulfuros (y baritina). La presencia de piritosferas confirma la depositación de sulfuros en concomitancia con la facies carbonática. En la mineralización de tipo II se observan texturas geopetales (calcos de carga) en las que se evidencia la deformación de los barros sulfurados, como también cierta ritmicidad de los sulfuros dentro de las vaques y arenitas. También en la mineralización de tipo II se hallan texturas botrioidales de blenda, si bien como tales no son indicadores exclusivos de un ambiente sedimentario, su disposición en los bancos y sus texturas de sinéresis sí lo señalan.

c) Efectos diagenéticos están sugeridos por el desarrollo llamativo de la baritina como por la tendencia preferencial de localización de nódulos de galena en la periferia de los cuerpos de baritina.

La deformación tectónica de los estratos calcáreos al sur del Co. Urcuchun, ha motivado la removilización de la baritina formando bolsones dentro de la caliza.

De las características evaluadas queda definido el aspecto genético de estas manifestaciones dentro del campo sedimentario singenético. Es posible intentar un cuadro evolutivo acorde con las diferentes observaciones surgidas de este trabajo. (Lámina pag. 32).

La sedimentación en el área de La Helvecia se inicia con la depositación de las calizas de la Formación San Juan, en condiciones muy costeras con formación de bancos de dolomitas y chert. Conjuntamente con la depositación de las micritas tuvo lugar la de los minerales metalíferos, si bien en forma esporádica en cantidad y en el tiempo, precipitándose en aguas tranquilas probablemente euxínicas e hipersalinas. Los cationes y aniones intervinientes en dicho proceso podrían estar relacionados a eventos vulcanogénicos o a un origen bio-rhexis tásico no habiéndose encontrado hasta ahora elementos indicadores de uno de ellos en particular. La subsidencia reinante hizo que se encuentren varios niveles de esa mineralización.

Mientras se depositaban en la mitad sur del área el Conglomerado de las Vacas en el Ordovícico superior, la mitad norte continúa en área positiva donde se instalaba un régimen de erosión que comienza a disolver y a socavar las micritas de la Formación San Juan aflorantes, concentrando los cationes liberados en esa destrucción.

Al comenzar el Carbónico la transgresión marina encuentra un relieve que presentaba irregularidades con altos y bajos. Algunas zonas de relieve negativo se rellenaron con los conglomerados líticos, calcilíticos, arenitas y vaques procedentes de las áreas emergidas.

En las áreas deprimidas de este ambiente costero, se precipitaron conjuntamente los sulfuros (en menor cantidad la baritina), estando atestiguado el singenetismo de la mineralización por los calcos de carga y la depositación de las blendas coloidales.

Algunos autores sostienen que la precipitación de los sulfuros se produce en ambientes euxínicos, hipersalinos, mientras que otros sugieren que en el choque de aguas dulces con saladas se produce una importante depositación de cationes. Durante el mismo tiempo de la colmatación de los bajos, el relieve positivo estuvo sometido a condiciones karsticas formándose la brecha calcilítica.

La ingresión del mar carbónico fué moderada y el mar tuvo tiempo de retrabajar los sedimentos terrígenos dejando sedimentos de mayor madurez (arenitas). Las condiciones oxidantes hicieron que el bario encontrara su ambiente propicio y precipitara conjuntamente con algo de galena y escasa blenda. Se encuentran aquí la típica posición de los mantos de baritina en relación a una discordancia, tantas veces mencionada en la literatura. La existencia de baritina a manera de finos bancos o de diseminación (tablillas de tamaño microscópico) en las arenitas de la Formación Volcán indicaría la persistencia durante un cierto lapso de las condiciones ambientales mencionados anteriormente.

El ciclo sedimentario carbónico culmina con la depositación de la Formación Panacán y la instauración de un régimen continental que perdura hasta nuestros días.

CONCLUSIONES

La dilucidación de la génesis sedimentario-singenética del yacimiento La Helvecia ha hecho que lo que fuera un simple intento de investigación dirigido hacia ese depósito resultara aplicable para una amplia zona para la que cabe la categoría de distrito y que incluye las manifestaciones Los Sapitos, El Ingenio, El Hoyo, Urcal, Las Picadas, El Llanito, etc.

Para un mejor entendimiento de lo anteriormente expuesto se mostrará a estas manifestaciones de Pb, Zn y Ba a través de un enfoque a tres diferentes escalas. Es decir: 1) la escala regional, 2) a escala local y 3) a nivel muestra de mano y microscópico.

1) Al situarnos en la región y observar las manifestaciones localizadas al sur, este y norte del yacimiento, todas ellas alojadas en relación a la Formación San Juan es posible apreciar la extensión regional de las mismas, más si tenemos en cuenta que están circunscriptas a facies especiales en ella y que su hallazgo depende de la disposición estructural de esos bancos frente al relieve actual. Ejemplo de esto último sería Urcal cuya mineralización no aflorante fué descubierta accidentalmente por el laboreo subterráneo en busca de mineral de uranio.

2) A escala local se reconocen tres tipos económicos de mineralización, dos de ellos singenéticos con la sedimentación y el tercero resultado de removilización.

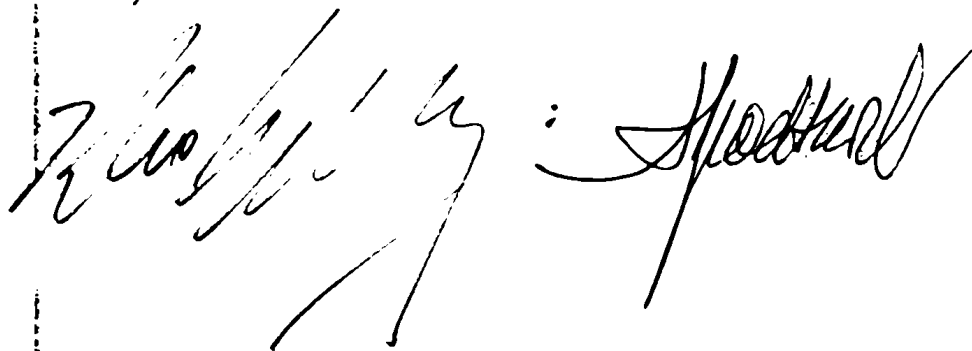
En el caso de la mina La Helvecia se tiene fundamentalmente el tipo II y III de mineralización. El tipo II ha sido localizado además en El Llanito mientras que el tipo III en Los Sapitos. Con respecto a Las Picadas y al grupo minero al oeste de El Llanito dado su escaso laboreo no ha sido posible establecer con certeza si pertenecen al tipo II ó III. El Ingenio y El Hoyo ubicados al SE de La Helvecia son depósitos removilizados.

3) Tanto las estructuras evidenciadas en los diferentes tipos de mineralización tales como ser calcos de carga, ritmicidad y las texturas botrioidales, como la presencia de piritosferas y ritmicidad a escala microscópica confirman su origen sedimentario singenético.

4) Hasta aquí el enfoque a escala regional, local, y macro-microscópico. Faltaría un enfoque isotópico. Muestras de galena, blenda y baritina están siendo procesadas por isótopos de azufre y oxígeno en el United States Geological Survey en Denver, Estados Unidos de Norteamérica por el Dr. R. Poole. Los resultados se corresponderán o no con los tres primeros enfoques.

De la determinación de la génesis de estas manifestaciones surge la importancia de investigar la continuidad de los bancos y de su extensión en el área del yacimiento La Helvecia.

Con miras a ampliar los hallazgos mineros dentro del área del Distrito Minero La Helvecia como de sus límites se hace necesario una búsqueda fundamentada en el esquema genético establecido, es decir siguiendo el control litológico encontrado en el yacimiento.



BIBLIOGRAFIA

- ADELHARDT, W. (1968): Untersuchungen an schichtgebundenen Blei-Zinklagerstätten bei Santander (Nord-spanien). Tesis Univ. Munich.
- AMSTUTZ, G.C. (1967): Diagenesis in sedimentary mineral deposits. Dev. in Sedimentology 8: Diagenesis in sediments. Elsevier Publ. Co.
- ANGELELLI, V. (1950) : Recursos minerales de la Rep. Argentina. I Yacimientos metalíferos. Rev. Inst. Nac. Inv. Cs. Nat. y Museo Arg. Cs. Nat. B. Rivadavia Cs. Geol. Tomo II.
- ASSERETO, R., BRIGO, L., BRUSCA, C., OMENETTO, P. y P. ZUFFARDI (1976): Italian ore/mineral deposits related to emersion surfaces, a summary. Min. Dep. Vol. 11 N° 2.
- BALDIS, B. (1970) : Estratigrafía del Devónico de la Precordillera sanjuanina entre los paralelos 30° y 32°. Tesis doctoral. UBA.
- BERNARD, A.J. (1973): Metallogenic processes of intrakarstic sedimentation in: Ores in sediments, by G.C. Amstutz and A.J. Bernard, Springer Verlag.
- BERNARD, A.J. (1974): Essai de revue de concentrations métallifères dans les cycles sédimentaire. Geol. Rundschau V. 63, N° 1.
- BORELLO, A.V. (1962) Caliza La Laja. Notas C.I.C.
- BORELLO, A.V. y CUERDA, A (1967): Grupo Rio Huaco (triásico-San Juan) Not. Com. Inv. Cien. Prov. Bs. As. VI.
- BRACACCINI, O.I. (1964) Geología estructural de la zona cordillerana de Mendoza y Neuquén. Inf. contrato 1103. Dir. Gen. Fab. Mil.
- CALLAHAN, W.H. (1967): Some spatial and temporal aspects of the localization of Mississippi valley - Appalachian type ore deposits. Ec. Geol. Monograph 3.
- CALLAHAN, W.H. (1974): Syngensis versus epigenesis of Mississippi Valley-Appalachian Type Base metal Mineral Deposit. Ec. Geol. 69 N° 1.
- CROS, P. y P. LAGNY (1969): Paléokarst dans le Trias moyen et supérieur des Dolomites et des Alpes Carniques occidentales. Science de la Terre, Tomo XIV, N° 2.
- CUERDA, A. (1973) : Reseña del Ordovícico Argentino. Ameghiniana X, 3.
- DOTT, R.H. (1964): Wacke, graywacke and matrix - what approach to immature sandstone classification ?. Jour. Sed. Petr. 34 (3).
- ERHART, H. (1956) : La genese des sols en tant que phenomene geologique. Mason et Cie. Paris.
- FOLK, R.L. (1959): Practical petrographic classification of limestones. Bull. A. Assoc. Petr. Geol. 43 (1).

- FURQUE, G. (1963) : Descripción geológica de la hoja 17b, Guandacol, (Prov. de La Rioja y San Juan. Dir.Nac.Geol.Min.Bol.92.
- FURQUE, G. (1972) : Los movimientos caledónicos en Argentina.RevMus.La Plata, n.s.Sec.Geol.Tomo i N° 65.
- HARRINGTON,H.J. y LEANZA,A.F.(1957): Ordovician trilobites of Argentina. Publ. Univ.Kansas.
- HILL,W.T.,MORRIS,R.G. y HAGEGEORGE,C.G.(1971): Ore controls and related features at the Flat Gap Mine,Treadway,Tennessee.Ec.Geol.Vol.66 N°5.
- HOAGLAND, A.D. (1971): Appalachian stratabound deposits:their essential features, genesis and the exploration problem.Ec.Geol.Vol.66 N°5.
- LAUNEY,P. y LEONHARDT,R.(1959): Les breches sedimentaires zinciferes du Simemurien du Lot.Bull.Soc.Geol.de France.7 serie, tome 7, N°5.
- LAUZAC,F., (1969) : Les mineralizations plombo-zinciferes en milieu Karstique. Travaux Dpment.Geol.Min.de la Fac.Sc.Clermont.Ferrand. N° 6.
- LAWRENCE,R.A.,(1971) : Evolution of thought on ore controls in East Tennesec.Ec. Geol.Vol.66 N° 5.
- LELEU,M., (1966) : Les gisements plombo-zinciferes du Laurium (Grece).Science de la Terre, Tomo XI N° 3.
- LELEU,M., (1969) : Essai d'interpretation thermodynamique en metallogenie: les mineralisations karstiques du Laurium (Grece).Bull.B.R.G.M. 2 Serie N° 4.
- LEVERATTO,M.A.(1976) : Edad de intrusivos cenozoicos en la Precordillera de San Juan y su implicancia estratigráfica. Rev.Asoc.Geol.Arg. XXXI N° 1.
- LUERO,H.N., (1966) : Breve informe sobre el relevamiento geológico de la manifestación "Urcal" y adyacencia.Inf.in.CNEA.
- MAUCHER,A. y SCHNEIDER,H.J.(1967): The Alpine lead-zinc ores.Ec.Geol.Monograph N° 3.
- MONSEUR,G. y PEL,J(1973): Reef environment and stratiform ore Deposits. in:Ores in Sediments,by G.C.Amstutz y A.J.Bernard. Springer Verlarg.
- PUCHELT,H., (1960) : Geochemische Untersuchungen am Schwerspat von Meggen und vom Rammelsberg.Fort.Min.38.
- RAMDOHR,P., (1953) : Uber Metamorphose und sekundare Mobilisierung.Geol.Rund. Vol.42.
- RODRIGUEZ,E. y BELLUCO,A.E.(1969): Aportes al conocimiento de la Precordillera. Región del Cerro Urcuschun,Guandacol.(Prov. de La Rioja). IV Jorn.Geol.Arg. Tomo II
- ROLLERI,E.C., (1947) : Estudio geológico de la Quebrada de Talacasto. Tesis Univ. Nac.La Plata.

- ROUTHIER, P., (1963) : Les gisements metallifères. Masson et Cie. Paris.
- SAMAMA, J.C., (1973) : Ore deposits and continental weathering: a contribution to the problem of geochemical inheritance of heavy metal contents of basement areas and of sedimentary basins. In: ores in sediments de G.C. Amstutz y A.J. Bernard. Springer Verlag.
- SISTER, R., (1960) : Estudio geológico económico de la Mina Helvecia, Dpto. Gral. Belgrano, prov. de La Rioja. Dir. Nac. Geol. y Min. Anales XII.
- SMIRNOV, S.S. (1954) : Die Oxydationszone der sulfidischen Lagerstätten. Akademie Verlag Berlin.
- SNYDER, F.G., (1967): Criteria for origin of stratiform ore bodies, with application to southeast Missouri. Ec. Geol. Monograph 3.
- SPIEGELMAN, A., (1974): Caracterización petrológica de las sedimentitas del Distrito minero La Helvecia, prov. de La Rioja. Serv. Geol. Nac. Inf. In.
- STRIEBEL, H., (1965) : Die Bleierz-Baryt Lagerstätte von Karalar-Gazipasa, Türkei und ihr geologischer Rahmen. Tesis Univ. Munich.
- THEBAULT, J. y PASQUIN, C.L. (1964): Estudio de las minas Helvecia, El Llanito y El Ingenio, prov. de La Rioja. Inf. In. BIRA.
- TOSELLI, A.J., (1971): Efecto de contacto de calizas por un intrusivo monzodiorítico en el Cerro Urcuschun, La Rioja. Acta Geol. Lilloana, Tomo XI, 9.
- VACCHÉ, R., (1962) : Feinstratigraphische Untersuchungen an den erzführenden Schichten der Lagerstätte von Gorno (Bergamasker Alpen). Tesis Univ. de Munich.

ANEXO : CONSIDERACIONES ECONOMICAS.

Yacimiento: La Helvecia - Pb,Zn y baritina

Ubicación: El distrito minero está localizado a 30 km al oeste de la localidad de Guandacol - La Rioja. Allí se ubican varios depósitos y manifestaciones mineralizadas de galena, blenda y baritina; el más importante al presente es el yacimiento La Helvecia, a 2.700 msnm, y las otras manifestaciones son: El Manito, El Hoyo, El Ingenio, Urcal, Las Picadas, Los Sapitos, etc., que se localizan en un radio de 15 km.

Partiendo de Villa Unión se llega a Guandacol por la Ruta Nacional N°40, donde sale un precario camino de 5 km hasta el Establecimiento San Bernardo, semidesmantelada planta de concentración de la mina. Se continúa por la quebrada del río Guandacol (pasando por el dique, Pto. Los Sapitos, Campamento CNEA) unos 20 km, donde en el Puesto Pie de Cuesta se deja la quebrada y se continúa hacia el norte por un camino de cornisa angosto y en muy pronunciada pendiente, apto únicamente para vehículos con doble tracción y baja; se asciende unos 430 m en 5 km, llegando al campamento de la mina.

La huella por la quebrada y el camino de cornisa deben ser reparados en forma parcial anualmente después del período de las lluvias que, entre diciembre y marzo alcanzan unos 500 mm.

Infraestructura: El río Guandacol tiene agua permanente, estimándose un promedio de 100 l/seg; si bien en la mina falta agua, la misma se encuentra a 5 km, con un desnivel de 430 m.

En el establecimiento San Bernardo, a 25 km de la mina, se cuenta con energía eléctrica permanente que por línea de alta tensión viene de Villa Unión. También hay maquinaria minera, en gran parte obsoleta.

Guandacol tiene 600 habitantes, posee comercio, escuelas, correo, policía, registro civil, farmacia, primeros auxilios, 2 modestas hosterías y parada de 2 líneas regulares de ómnibus.

Desde Guandacol, 45 km al norte en Villa Unión, o 60 km al sur en Huaco, se conecta con la red de rutas asfaltadas.

En el valle del río Guandacol existen modestas quintas con frutales, así como un campamento de la CNEA.

Dimensiones del yacimiento: La mineralización del tipo III, baritina - galena, aparece a la vista en una extensión de 1 km² aproximadamente, debido a que la erosión alcanzó a denudar gran parte de las areniscas carbónicas, alcanzando la discordancia con el Ordovícico, donde se dispone esa mineralización, que se caracteriza por ser lenticular y bolsonera. Existieron bolsones de 30x15x1 m y 10x12x2 m de baritina masiva.

El mineral a la vista fue casi totalmente extraído por una explotación tipo "pirquen"; sin embargo (ver mapa 1:2000) existen en la zona áreas relativamente extensas y poco potentes de areniscas blancas de la Formación Volcán, que pueden ser exploradas por medio de cortas perforaciones hasta alcanzar o pasar dicha discordancia.

Obsérvese que la superficie del conjunto de escombreras de la explotación al pirquén es relativamente pequeña comparada con la superficie de las areniscas blancas susceptibles de ser explotadas.

La explotación se realizó intermitentemente durante 30 años y la incompleta estadística de 15 años (1947-63) indica que se extrajeron como mínimo los siguientes tonelajes:

10.000 tn de baritina	94% SO_4Ba
5.000 tn de calamina	45% Zn
1.000 tn de galena	75% Pb

La mineralización del tipo II está prácticamente intacta en el yacimiento; fue tocada un poco en las labores del grupo El Halcón, en la galería La Solitaria y en el pique Las Arañas.

La prosecución por parte del BND de la galería La Solitaria en unos 90 m, la profundización del pique hasta 31 m y la apertura del cortavetas en 80 m al oeste, o sea la ampliación en 200 m del laborco existente abrió nuevas perspectivas. Permitió seguir el banco mineralizado unos 140 m en la galería y localizar el mismo en el extremo del cortaveta. Estos datos y antiguas labores a 50 m al este de la galería, que también cortan al consignado banco mineralizado, permiten una apreciación cuantitativa de mineral según el croquis de la página siguiente, lográndose unas 140.000 toneladas de mineral, la mitad de carácter probable-posible y la otra mitad posible, con una ley media aproximada de Pb = 3%, Zn = 15% y Ag = 50 gr/tn.

Los datos consignados están ceñidos a solo un sector de la exploración de la mineralización de tipo II. Sobre esto cabe abundar más; a unos 2 km al norte de La Helvecia, inmediatamente al norte del área de reserva denominada La Cuesta, de propiedad de la CNEA, la compañía Minera Aguilar efectuó 4 sondeos próximos entre sí, que totalizan 380 m, de los cuales uno atravesó 3,8 m de mineralización de blenda con aproximadamente 10% de Zn y vestigios de Pb.

De este hecho se desprende una conclusión positiva, la cual es que a 2 km de la mina se comprobó la presencia de 3,8 m de mineralización de zinc, lo que implica que la misma puede efectivamente tener una importante extensión.

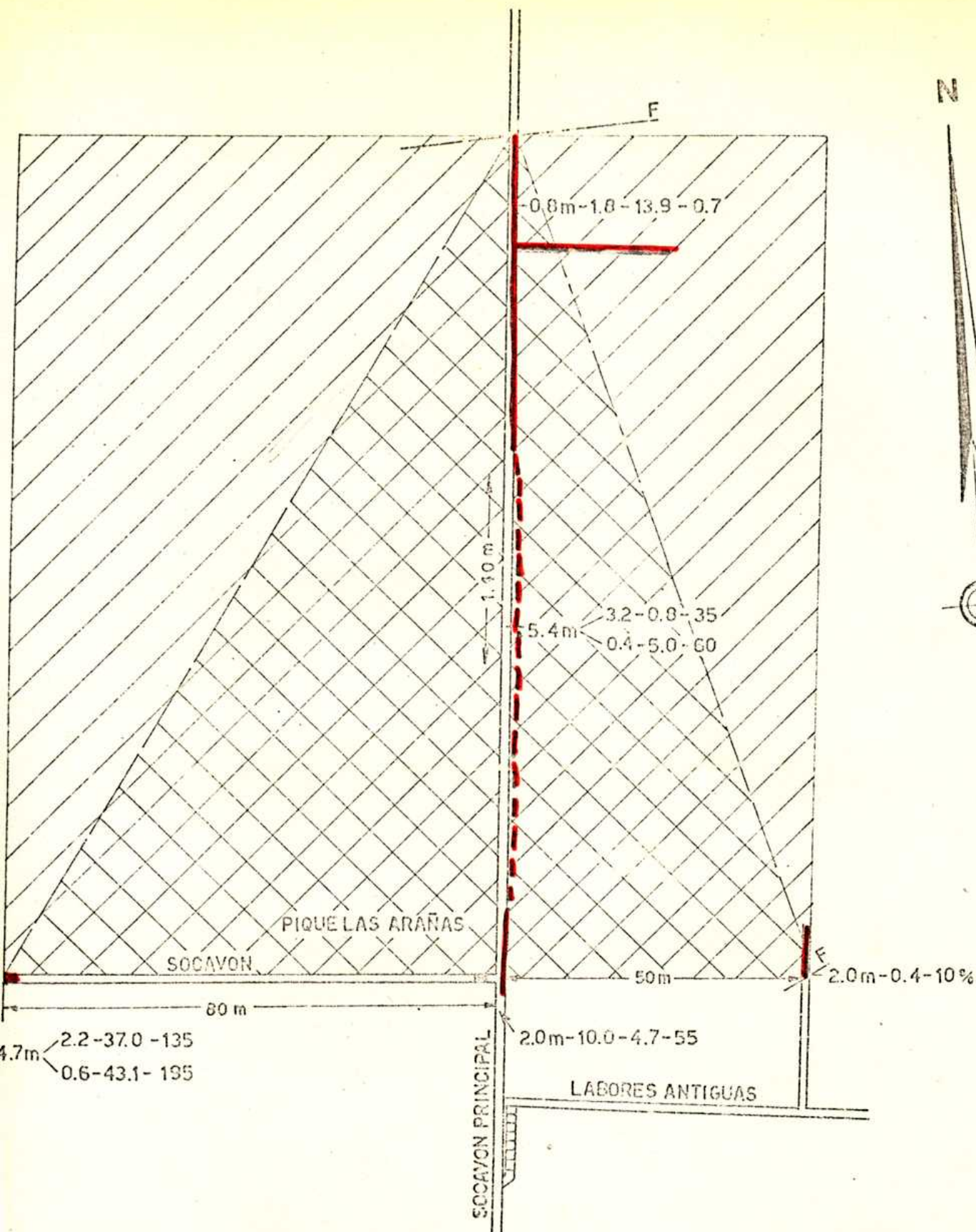
Por otro lado, el hecho que las otras 3 perforaciones resultaron negativas, es un factor de importancia relativa, por cuanto comprueba la existencia de cambios relativamente bruscos. Deberá dilucidarse si se trata de cambios de tipo estructural o sedimentario.

La información disponible menciona la existencia de mineralización de baritina en una de las perforaciones fallidas, pero sin dar mayor detalle.

Un poco más al ENE (1-2 km) de la zona perforada, se encuentra la manifestación El Llanito, que fue explotada por calamina, pero en rigor el sector presenta una mineralización de tipo II a la vista.

Trabajos de exploración realizados: Los trabajos de exploración realizados hasta ahora son escasos. Los mencionados 200 m de labores abiertos por el Banco Nacional de Desarrollo fueron positivos, al igual que una de las perforaciones efectuadas por la compañía Minera Aguilar.

El laboreo de explotación -exploración totaliza actualmente unos 800 m en la parte de influencia de la galería principal. En el área aflorante de la mineralización de tipo III son numerosas las pequeñas e irregulares labores; una idea de la magnitud del pirquino es dado por las escombreras que aparecen indicadas en el mapa 1:2000.



STIMANDO UNA POTENCIA MEDIA DE 2.20m y 3.5 DE DENSIDAD

$40 \times 130 \times 2.20 \times 3.5 = 140.140$ TONELADAS

AS LEYES ALGO CAMBIANTES DARIAN UNA MEDIA DE: Pb 3% y Zn 15%

MINERAL PROBABLE POSIBLE
70.070 TONELADAS

MINERAL POSIBLE
70.070 TONELADAS

Perspectivas del yacimiento La Helvecia

El área de la propia mina La Helvecia tiene probabilidades geológico-mineras alentadoras, pero como se trata de perspectivas, existe el riesgo implícito de realizar su exploración. De todos modos es necesario recalcar que el yacimiento y la zona se hacen acreedores de ese riesgo.

La faja occidental del C°Urcuschun tiene una inclinación de unos 30-40° al oeste, que es aproximadamente coincidente con el buzamiento del banco mineralizado del yacimiento La Helvecia. Actualmente la erosión ha puesto de manifiesto, en partes, dicho manto mineralizado, dejando así a la vista una superficie de aprox. 1 km². En otras palabras, la erosión ha abierto una "ventana" que muestra solo una parte de la mineralización que, se infiere, existe en el área.

El yacimiento fue explotado en forma intermitente e irregular durante 30 años; la extracción se limitó al mineral a la vista, superficial, en parte oxidado, siguiendo guías y bolsones. Consecuentemente son numerosas las labores en pequeños rajos superficiales, mientras que el desarrollo subterráneo es de apenas 800 m. La rudimentaria explotación casi agotó el mineral fácilmente extraíble aunque resta todavía un tonelaje que permite una explotación por contratistas. El mineral primario fué muy poco explotado.

El cierre de la explotación se debió al fallecimiento del dueño y principal directivo, lo que desembocó en una falta de conducción y luego en una crisis financiera de la empresa, que tenía modestos recursos.

Las nuevas investigaciones y concepciones sobre la génesis sedimentario-singénica, abre un panorama adicional a las perspectivas del yacimiento y a la región, lo que es avalado por manifestaciones de blenda, galena y baritina, ubicadas tanto al norte como al sur del yacimiento.

Los 200 m de galerías de exploración permiten apreciar, como se expresara, unas 140.000 tn de mineral. Sin embargo la irregular distribución de la mineralización impide tener una idea concreta sobre la continuidad de la mena, pero es dable obtener una estimación de conjunto, que en resumen es favorable por la extensión de la superficie mineralizada que muestran las numerosas pequeñas lentes explotadas.

Las áreas de mayores perspectivas inmediatas para localizar mineralizaciones económicamente interesantes se encuentran al norte y oeste, como así también en menor escala al sur de la mina La Helvecia. Parte de estas áreas están cubiertas por reservas mineras de la CNEA por minerales radioactivos, que existirían en terrenos continentales de la Formación Panacán y que se encuentran por encima de las areniscas superiores de la Formación Volcán. La reserva legal que más afecta la prosecución de la exploración es la denominada La Cuesta.

Tesis de Posgrado

Página no digitalizada

Tipo de material: Mapa

Alto: 83

Ancho: 64

Descripción:

Esta página no pudo ser digitalizada por tener características especiales. La misma puede ser vista en papel concurriendo en persona a la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir.

This page could not be scanned because it did not fit in the scanner. You can see a paper copy in person in the Central Library Dr. Luis Federico Leloir.

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

Tesis de Posgrado

Página no digitalizada

Tipo de material: Mapa

Alto: 132

Ancho: 53

Descripción:

Esta página no pudo ser digitalizada por tener características especiales. La misma puede ser vista en papel concurriendo en persona a la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir.

This page could not be scanned because it did not fit in the scanner. You can see a paper copy in person in the Central Library Dr. Luis Federico Leloir.

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

Tesis de Posgrado

Página no digitalizada

Tipo de material: Mapa

Alto: 72

Ancho: 84

Descripción:

Esta página no pudo ser digitalizada por tener características especiales. La misma puede ser vista en papel concurriendo en persona a la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir.

This page could not be scanned because it did not fit in the scanner. You can see a paper copy in person in the Central Library Dr. Luis Federico Leloir.

Tesis de Posgrado

Página no digitalizada

Tipo de material: Mapa

Alto: 49

Ancho: 39

Descripción:

Esta página no pudo ser digitalizada por tener características especiales. La misma puede ser vista en papel concurriendo en persona a la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir.

This page could not be scanned because it did not fit in the scanner. You can see a paper copy in person in the Central Library Dr. Luis Federico Leloir.

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

Tesis de Posgrado

Página no digitalizada

Tipo de material: Mapa

Alto: 61

Ancho: 100

Descripción:

Esta página no pudo ser digitalizada por tener características especiales. La misma puede ser vista en papel concurriendo en persona a la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir.

This page could not be scanned because it did not fit in the scanner. You can see a paper copy in person in the Central Library Dr. Luis Federico Leloir.

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

Tesis de Posgrado

Página no digitalizada

Tipo de material: Mapa

Alto: 46

Ancho: 135

Descripción:

Esta página no pudo ser digitalizada por tener características especiales. La misma puede ser vista en papel concurriendo en persona a la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir.

This page could not be scanned because it did not fit in the scanner. You can see a paper copy in person in the Central Library Dr. Luis Federico Leloir.

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires