

LAS FORMACIONES MANGANESIFERAS DE LA REGION DE QUEBRADA MARQUESA

PROVINCIA DE COQUIMBO

Luis Aguirre Le-Bert^o y Ernesto Egert Ruiz

RESUMEN

En el cuadrángulo Quebrada Marquesa, situado en la provincia de Coquimbo, se ha estudiado la estratigrafía de dos formaciones de posible edad cretácica. La inferior, designada Aroueros, es marina en tanto que la superior, Quebrada Marquesa, es terrígena. Su contacto es concordante y ambas unidades presentan estratos con manganeso.

La sucesión estratigráfica que se describe permite concluir que los yacimientos de manganeso presentes en la región se originaron en tres ciclos de sedimentación cronológicamente distintos. En consecuencia los yacimientos de la zona de Lambert-Aroueros son más bajos estratigráficamente que los de la zona de El Romero.

El marco geológico y la litología, como también la fauna y flora fósiles encontradas, proporcionan antecedentes para suponer que el manganeso fue aportado por procesos volcánicos submarinos y que la concentración y posterior sedimentación de los estratos manganesíferos, tuvo lugar bajo condiciones parálicas.

(*) Geólogo del Instituto de Investigaciones Geológicas.



INTRODUCCION

Las formaciones que se describen afloran en la mitad occidental del cuadrángulo Quebrada Marquesa ($29^{\circ}45'S$ a $30^{\circ}S$ y $70^{\circ}45'W$ a $71^{\circ}W$) en la provincia de Coquimbo (fig. 1 y 2).

El levantamiento de este cuadrángulo, comenzado en febrero de 1961 y aun en su fase de terreno, es parte del programa de la Carta Geológica de Chile a escala 1:50.000 del Instituto de Investigaciones Geológicas (IIG). Al mismo tiempo, constituye la base regional para los trabajos de prospección del Proyecto Mineralógico de las Naciones Unidas en la provincia de Coquimbo.

Ha parecido necesario adelantar este bosquejo estratigráfico por considerarse que la columna establecida por los autores para las formaciones manganosíferas, modifica esencialmente los criterios actuales y puede servir de base a la prospección futura.

La región que se describe ha sido extensamente estudiada desde el punto de vista minero por encontrarse en ella una gran cantidad de yacimientos de cobre, plata, oro y manganeso entre los cuales se destacan los de Arqueros y Rodeito, de explotación intensa en época pasada.

Las investigaciones de geología regional en la zona de Quebrada Marquesa se inician con los trabajos de Darwin y Domeyko, en la primera mitad del siglo pasado. A Darwin se debe el estudio de un perfil geológico entre Arqueros y el valle del Elqui y el hallazgo de una fauna de Hippurites género descrito por primera vez en Chile (1906, pp. 347-358). Entre los trabajos más recientes debe mencionarse a H. Thomas quien, entre 1958 y 1960 realizó un reconocimiento a escala 1:250.000 de la provincia de Coquimbo y parte sur de Atacama, y a Biese (1956) quien dedicó especial

atención a la estratigrafía de las formaciones manganesíferas de la provincia de Coquimbo.

La geología completa del cuadrángulo Cuebrada Marquesa será publicada por el IIG en un futuro próximo.

ESTRATIGRAFIA

FORMACION ARQUEROS

Distribución, relaciones estratigráficas, litología.— Se propone el nombre de formación Arqueros para designar a una secuencia de andesitas porfíricas y calizas marinas que lleva en su parte superior mantos de manganeso y cuyos afloramientos más típicos se encuentran en el llano de Arqueros, entre la quebrada Marquesa por el sur y el límite del cuadrángulo por el norte. Hacia el este la formación se encuentra interrumpida por falla y hacia el oeste sus afloramientos ocupan la parte nor-oriental del cuadrángulo Lambert.

El piso de la formación Arqueros no está expuesto en la región que se describe. Según H. Thomas (comunicación verbal) éste debería encontrarse unos 8 km al NW del límite superior del cuadrángulo, en las proximidades de la estación ferroviaria de Agua Grande y estaría representado por el contacto discordante con la formación volcánica La Negra, de edad jurásica. El techo de la formación Arqueros es el contacto concordante con la formación Cuebrada Marquesa.

Numerosos perfiles realizados han permitido establecer la siguiente columna estratigráfica (de arriba hacia abajo) para la unidad que se describe (ver fig.3):

	<u>Espesor</u>
a) Andesita porfírica con masa fundamental afanítica púrpura rojizo grisáceo y fenocristales de plagioclasa blanco amarillento abundantes y con tamaño medio de 2 a 3 mm	30 m

Espesor

- b) Areniscas volcánicas finas a medias púrpura grisáceo y rojo ladrillo, mantos de manganeso, chert ferruginoso, mantos de cobre en ciertos lugares 15 m
- c) Andesita porfírica (ocoíta) con masa fundamental verde grisáceo en ejemplares no alterados y rojizo grisáceo por meteorización en la mayoría de los afloramientos; fenocristales de plagioclasa columnares blanco amarillentos con tamaño medio de 2 cm 35 m
- d) Caliza gris densa que encierra numerosas formas tubulares de Rudistas, (Hippurites?); calizas y areniscas calcáreas medias a gruesas alternadas en capas de 5-10 cm; caliza gris clara densa; brecha calcárea con matriz pardo rojizo y clastos esquinados de caliza y ocoíta con tamaño medio de 4-5 cm 140 m
- e) Andesita porfírica (ocoíta) como en c) 115 m
- f) Caliza densa gris medio a gris oscuro con superficie de meteorización amarillo a amarillo naranja, contiene abundantes Ostracas con diámetro hasta 20 cm y fragmentos de estas, Pecten? escasos; chert amarillo pálido; arenisca calcárea media a gruesa púrpura grisáceo con abundantes Ostracas de color negro 100 m
- g) Andesita porfírica (ocoíta) como en c) y e) aunque con numerosos poros rellenos por ceolita, epidota y clorita 150 a 200 m

Piso no identificado

Espesor. 585-635 m. aproximadamente

Edad, correlación y condiciones de depositación.-- Ninguna de las especies fósiles encontradas ha permitido hasta el momento establecer una edad precisa. Se estudia en la actualidad una colección de Rudistas (Hippurites?) con el objeto de determinar especies y obtener así un asidero cronológico.

Por analogía litológica la formación Arqueros podría correlacionarse con la parte inferior de la formación Bandurrias descrita por Segerstrom (1960b pp.7-10) y asignada por este autor al Cretácico inferior.

La fauna presente y las características sedimentológicas de los miembros calcáreos indican una depositación en aguas costaneras muy poco profundas. La gran acumulación de lavas debió producir ocasionalmente condiciones parálicas que finalmente terminaron por imponerse definitivamente al comenzar el ciclo de depositación de la formación Quebrada Marquesa.

FORMACION QUEBRADA MARQUESA

Distribución, relaciones estratigráficas, litología.— Se asigna el nombre de formación Quebrada Marquesa a una secuencia de sedimentitas terrígenas y lavas andesíticas de color predominante rojo grisáceo que lleva en su parte media inferior mantos de manganeso. En algunos lugares la formación que se describe presenta, en su parte basal, capas delgadas de areniscas marina con restos de Ostraca.

Sus afloramientos más típicos se encuentran en el tramo de dirección NE de la quebrada Marquesa, entre la estación ferroviaria del mismo nombre por el oeste y el punto en que el valle toma la dirección N por el este. Las rocas de esta unidad afloran más al norte en los llanos de Arqueros y Potroso y hacia el sur en toda la zona comprendida entre la quebrada Las Cañas y el límite sur del cuadrángulo. Hacia el oeste ocupan la meseta de Alto del Sauce hasta Rodeito y por el este hasta su contacto con la formación Abanico.

El piso de la formación Quebrada Marquesa es el contacto concordante con la formación Arqueros. Su techo está señalado por el contacto (de naturaleza aun incierta) con la formación Abanico.

La columna tipo de la formación Quebrada Marquesa es la siguiente, de arriba hacia abajo (fig. 3):

Esesor

- a) Andesita porfírica gris medio con masa fundamental afanítica y fenocristales escasos de plagioclasa brillante, de tendencia acicular y tamaño hasta 2mm; en parte los fenocristales se presentan hematitizados y cloritizados. Poros abundantes rellenos principalmente por epidota y clorita. En la parte media inferior de la serie hay intercalaciones de arenisca fina y lutita rojo grisáceo pálido 150 a 200 m
- b) Serie elástica roja con las siguientes unidades de arriba hacia abajo:
- 1) Conglomerado grueso con matriz constituida por arenisca media púrpura rojo grisáceo y clastos redondeados hasta de 20 cm entre los que predominan andositas porfíricas púrpura grisáceo pálido.
 - 2) Arenisca media rojo grisáceo bien estratificada que alterna con lutita de igual color; esta última presenta grietas de secamiento e impresiones de gotas de lluvia.
 - 3) Caliza lagunar gris medio, en ciertos lugares con manganeso en bandas coincidentes con la estratificación, en otros bajo forma de chert bien laminado.
 - 4) Manto de manganeso de gran discontinuidad.
 - 5) Arenisca media rojo grisáceo.
- Esesor total de la serie elástica roja 150 a 180 m
- c) Serie de areniscas amarillas, con las siguientes unidades de arriba hacia abajo:
- 1) Arenisca calcárea media & fina gris amarillento oliva con fragmentos de troncos y restos de semillas esféricas hasta de 1,5 cm de diámetro.
 - 2) Calcilutita finamente laminada de color gris medio oliváceo.
 - 3) Andesita porfírica con masa fundamental afanítica gris medio amarillento y fenocristales abundantes de plagioclasa y augita cuadrangular con tamaños hasta 3 mm.

4) Yeso

5) Arenisca calcárea amarillenta fina

La serie de areniscas amarillas presenta en muchos lugares bolsones de brecha desimontaria que interrumpen la continuidad de las cinco unidades descritas.

Espesor total de la serie de areniscas amarillas

40 a 60 m.

- d) Arenisca fina a media rojizo grisáceo; manganeso (manto principal en la formación Quebrada Marquesa); arcillolitas anaranjadas; yeso; arenisca roja.

Espesor total de d)

10 a 15 m.

- e) Andesita porfirica con masa fundamental afánítica gris verde claro, provista de abundantes poros rellenos por zeolita, epidota, calcedonia, clorita y glaucenita. Fenocristales de plagioclasa blanca hasta 2,5 mm.

12 a 15 m.

- f) Conglomerado grueso con matriz de arenisca media a gruesa gris parduzco y clastos redondeados hasta de 30 cm entre los que predominan andesitas porfiricas; se encontró también un clasto de granito. Brechas sedimentarias (corrientes de barro?). Lavas andesíticas brechosas.
Andesita porfirica rojiza en intercalaciones delgadas.
Arenisca gris rojiza con restos de Ostraca.
Arenisca toba y brecha rojo ladrillo grisáceo

Espesor total de f)

400 m aprox.

Espesor de la formación Quebrada Marquesa.— Variable entre un mínimo de 750 m y un máximo de 900 m.

Edad, correlación y condiciones de depositación.— No se dispone hasta el momento de ningún antecedente directo para fijar la edad de la formación Quebrada Marquesa. Por sus características litológicas es correlacionable con la parte superior de la formación Bandurrias descrita por Segerstrom en la provincia de Atacama (1960a pp.11-13) y con parte de las formaciones Colimapu (Klohn, 1960) y Cristo Redentor (Aguirre, 1960) de las provincias de Chile Central.

Las condiciones de depositación corresponden a las de una costa de escasa profundidad rellenada en forma rápida por material clástico grueso (aluvial, corrientes de barro) y por efusiones de lavas. Este relleno produjo condiciones propias de cuencas parálicas en las cuales tuvo lugar la depositación del manganeso y la formación de mantos de yeso. Se evidencia el paso a condiciones terrígenas por el hallazgo de flora fósil en las sedimentitas inmediatamente suprayacentes a la serie de mantos de manganeso. Estas condiciones terrígenas se mantienen en adelante como lo atestigua la potente serie de sedimentitas rojas con grietas de secamiento e impresiones de gotas de lluvia y la gruesa serie de andesitas en la parte superior de la formación.

LOS CICLOS DE DEPOSITACION DEL MANGANESO

La estratigrafía descrita ha permitido establecer que la mayor parte de la mineralización de manganeso en la región se ha efectuado en tres ciclos sedimentarios diferentes. Los más importantes, por el hecho de haber originado los yacimientos más potentes y extensos, son los de mayor antigüedad en tanto que el más joven dio lugar a la formación de mantos manganesíferos de escaso espesor y continuidad.

Ciclo inferior

Los afloramientos de rocas correspondientes a este ciclo, aparecen expuestos en el llano de Arcueros (minas Palmira, Arrayanos, Leoncito), en los nacientes de la quebrada Arrayán de Tunilla cerca de Rodeito y en la región nor-oriental del cuadrángulo Lambert donde se les explota en las minas Escondida, San Luis, Alto San Luis, Jamelas y otras.

El manganeso se presenta en mantos bien definidos encerrados en una secuencia de areniscas volcánicas finas a medias de color púrpura grisáceo y rojo ladrillo con cemento escaso, generalmente de naturaleza calcítica. Los granos de estas areniscas corresponden principalmente a rocas de naturaleza andosítica y traquítica (?) y a fragmentos de plagioclasas ácidas a intermedias cuyos tamaños medios son de 0,2 a 0,3 mm. En la cercanía inmediata de las capas mineralizadas se observa en las areniscas una cantidad considerable de cristales de piamontita (mineral del grupo de las

epidotas de fórmula $\text{HCa}_2(\text{Al},\text{Mn})_3 \text{Si}_3\text{O}_{13}$ los que se ubican de preferencia en los espacios intersticiales dejados por los componentes de mayor tamaño. En ciertos lugares, como en las minas Janelas y Alto San Luis, se encuentra asociado al manganeso un manto de cobre (crisocola, malaquita) de posibilidades comerciales. Su posición estratigráfica respecto a éste no es constante pues se le encuentra tanto sobre como bajo los afloramientos de manganeso.

La serie de areniscas rojas con mantos de manganeso tiene un espesor medio de 12-15 m y se encuentra intercalada en andesitas porfíricas del tipo conocido en Chile como ocoita. Las andesitas del techo, sin embargo, difieren en algunos lugares del tipo clásico de ocoita por presentar fonocristales de plagioclasa de menor tamaño (máximo 3,0 mm) y más abundantes.

Ciclo Medio

Los principales afloramientos de rocas del ciclo medio aparecen expuestos en la zona comprendida entre la quebrada Marquesa y el valle de Elqui. Se encuentran situadas allí las varias minas que constituyen el grupo de El Romero. Una serie estratigráfica similar a la de El Romero se encuentra en los llanos de Alto del Sauce, situados a unos 5 km al NNE de la estación ferroviaria de Marquesa. Sin embargo, el manganeso se presenta allí solamente en delgadas venillas de pocos milímetros, concordantes en general con la orientación de las capas de arenisca roja que las contienen. Correlaciones estratigráficas establecidas con respecto a la región de Corral Quemado, situado a unos 50 km al sur de El Romero, permiten asignar también al ciclo medio de sedimentación los principales mantos mineralizados que allí afloran. El manganeso se presenta en mantos bien definidos, generalmente en número de dos, de potencia y ley económicas, intercalados en una arenisca volcánica fina a media de color rojizo grisáceo que incluye también capas de arcillolita anaranjada y estratos lenticulares de yeso. Las características petrográficas de la arenisca son similares a las del ciclo inferior, advirtiéndose también la presencia de abundante piamontita.

La serie de arenisca, arcillolita y yeso que contiene los mantos manganesíferos tiene un espesor variable entre 10 y 15 m. En su techo se encuentra una secuencia muy característica de color amarillo claro constituida por areniscas calcáreas, calcilitas laminadas, andesitas porfíricas y estratos lenticulares de yeso. En su piso afloran andesitas porfíricas gris verde claro con abundantes poros ("tosca castellana" de Biese).

Ciclo Superior

Es el de propagación areal más restringida. Los únicos afloramientos presentes en la región del cuadrángulo Quebrada Marquesa se encuentran en los alrededores del cerro Shanghai (zona de El Romero).

El manganeso se presenta en un manto de escasa potencia y gran lenticularidad ubicado muy cerca de la base del miembro b) de la columna correspondiente a la formación Quebrada Marquesa (ver fig.3). Este miembro se sitúa sobre la serie de sedimentitas amarillas que constituyen el techo de la serie de mantos del ciclo medio. Al ciclo superior de sedimentación podrían atribuirse también las bandas de manganeso en los planos de estratificación de calizas que forman parte de la mitad inferior del miembro b) de la formación Quebrada Marquesa y que afloran en la quebrada La AlgarroBILLA, en las vecindades de la mina Balmaceda del grupo de El Romero.

H. Thomas (comunicación verbal) encontró afloramientos de manganeso en mantos que se disponen sobre una serie de caliza y chert en una localidad situada aproximadamente a 3 km. al este de la mina Fragua y a unos 10 km. al sur de Corral Quemado. Estas capas se encuentran estratigráficamente sobre los mantos principales del distrito de Corral Quemado y corresponderían al ciclo superior de depositación.

AMBIENTE Y PROCESO EN LA SEDIMENTACION DEL MANGANESO

La fauna fósil y la litología de la formación Arqueros indican que esta unidad se depositó en un mar de aguas muy poco profundas. Así parecen establecerlo la presencia de Ostracods y posible Rudistas (Hippurites?) y la ausencia total de ammonites. Por otra parte, una actividad volcánica permanente, caracterizada por efusión de lavas (acoítas) contribuyó constantemente al relleno de la cuenca, logrando establecer ocasionalmente condiciones semi-continentales. Esto último está atestiguado por la presencia de las brechas calcáreas del miembro d) de la formación Arqueros que contienen una apreciable cantidad de fragmentos de lavas andesíticas de tipo acoítico.

El volcanismo más tardío, representado principalmente por las capas de a) y c) de la columna de Arqueros, debió tener en sus comienzos características submarinas. Al mismo tiempo parece haber sido portador de una importante mineralización de manganeso como lo probarían las numerosas vetas que atraviesan las andesitas de a) y c) en toda la región de Arqueros. Fenómenos volcánicos ligados a la mineralización de manganeso se observan también en la región de la quebrada Pelicano (mina Divisadero) al norte del pueblo de Tres Cruces, unos 60 km. al norte de la región que se describe. Allí, una chimenea de acceso de lavas acoíticas que atraviesa una secuencia de sedimentitas rojas, presenta zonas en forma de ojos y bolsones de manganeso con textura botrioidal (arriñonada). El mismo tipo de mineralización en ojos dentro de la andesita caracteriza varias minas de la región de Tres Cruces (Ieda, por ejemplo) y se encuentra también en algunos lugares del llano de Arqueros.

La continua depositación de lavas parece haber producido el relleno de gran parte de la depresión costanera dejando bandas aisladas de muy poca profundidad, con aguas saturadas en manganeso donde se produjo la

precipitación de los minerales que constituyen los mantos del ciclo inferior, Los mantos de cobre y de chert ferruginoso, muy comunmente ligados a los mantos de manganeso, sugieren además la posibilidad que este mismo ciclo de volcanismo submarino haya aportado cantidades importantes de Cu, Si y Fe. Es probable también que al mecanismo de depositación hayan contribuido condiciones climáticas desérticas como parece insinuarlo la unidad sedimentaria roja que encierra los mantos.

Al ciclo inferior de depositación de manganeso sigue una nueva etapa efusiva caracterizada por lavas ecoíticas y afines para luego dar paso a la acumulación de grandes espesores de sedimentos terrigenos elásticos. La parte basal de esta sección, donde predominan sedimentitas (areniscas tobíferas, brechas sedimentarias, areniscas y lutitas) de color rojo grisáceo, parece corroborar la prevalencia de condiciones áridas. Las corrientes de barro, lavas brechosas, brechas sedimentarias y lavas andesíticas que se disponen sobre las capas rojas produjeron la desaparición casi total de las bandas parálicas aún subsistentes. Esporádicas lagunas, con aguas también saturadas de manganeso, este último proveniente probablemente del volcanismo que siguió al ciclo inferior; persistieron aun en la parte meridional de la región descrita. En ellas debió producirse la formación de los mantos manganesíferos del ciclo medio. Las condiciones parálicas imperantes durante la depositación de estos estratos quedan evidenciadas por la presencia de lentes de yeso que acompañan a las capas mineralizadas y que aparecen también formando parte de la serie sedimentaria amarilla (miembro c) de la formación Quebrada Marquesa) inmediatamente sobre las sedimentitas con manganeso. Una flora, al parecer poco abundante, se desarrolló alrededor de las lagunas contemporáneas con la depositación del miembro c). Pequeños canales produjeron en la misma época la erosión de parte de la serie sedimentaria amarilla. Ellos estarían evidenciados por los bolsones de brecha que interrumpen en muchos lugares la continuidad de los estratos de c).

Al comenzar la depositación de las sedimentitas rojas del miembro b) tuvo lugar el ciclo superior de formación de manganeso en las últimas lagunas subsistentes que parecen ubicarse en la zona más oriental del cuadrángulo.

CONCLUSIONES

La estratigrafía descrita permite concluir que la formación de los mantos manganesíferos de la región del cuadrángulo Quebrada Marquesa tuvo lugar en tres ciclos cronológicamente distintos.

Los ciclos inferior y medio se encuentran separados por una gruesa secuencia clástica y su marco estratigráfico es totalmente diferente. En consecuencia, los mantos que se trabajan en las minas de la región Lambert-Arcueros corresponden a un nivel estratigráfico más bajo que los de la zona de El Romero.

La depositación en cuencas paráticas que caracteriza los tres ciclos y el hecho que estas cuencas parecen haber estado cada vez más aisladas entre ellas hacen que la potencia de los mantos mineralizados sea muy variable. En muchos lugares las capas con manganeso están ausentes pese a encontrarse la secuencia estratigráfica que las incluye en otras zonas. Por otra parte, es preciso considerar que la erosión (outwash) eliminó probablemente en muchos casos los estratos mineralizados. Este mecanismo está bien ilustrado por los canales que parecen haber atravesado gran parte de las sedimentitas amarillas suprayacentes a los mantos del ciclo medio y que en algunos lugares han alcanzado hasta el techo de éstos.

REFERENCIAS

- AGUIRRE, L., 1960. Geología de los Andes de Chile Central. Provincia de Aconcagua, Instituto de Investigaciones Geológicas, Bol. 9 Santiago.
- BIESE, W., 1956. Los yacimientos de manganeso de Chile. Symposium sobre yacimientos de manganeso. XX Congreso Geológico Internacional. México.
- DARWIN, Ch., 1908. Geología de la América Meridional. Traducción de Alfredo Escuti Orrego. Anexo Anales Universidad de Chile. Imprenta Corvantes, Santiago.
- KLOHN, C., 1960. Geología de la Cordillera de los Andes de Chile Central. Provincias de Santiago, O'Higgins, Colchagua y Curicó. Instituto de Investigaciones Geológicas, Bol. 8, Santiago.
- SEGERSTROM, K., 1960 a. Cuadrángulo Quebrada Paipote, Provincia de Atacama. Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile, v. 2 N° 1 Santiago.
- SEGERSTROM, K., 1960 b. Cuadrángulo Llampos, Provincia de Atacama, Instituto de Investigaciones Geológicas, Carta Geológica de Chile, v.2 N° 2. Santiago.



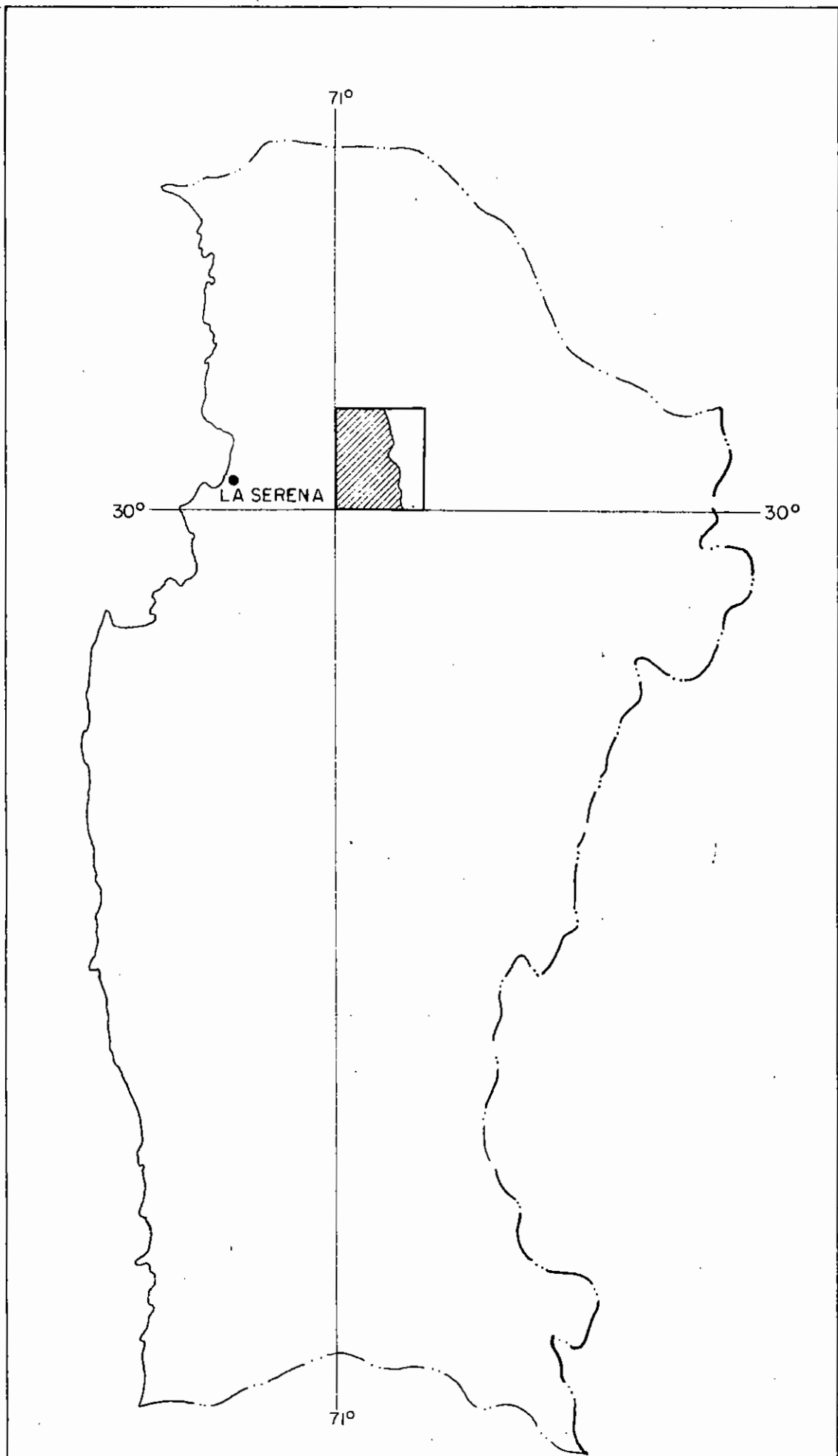
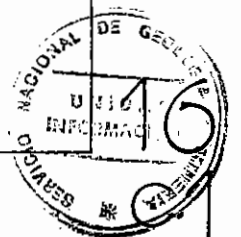
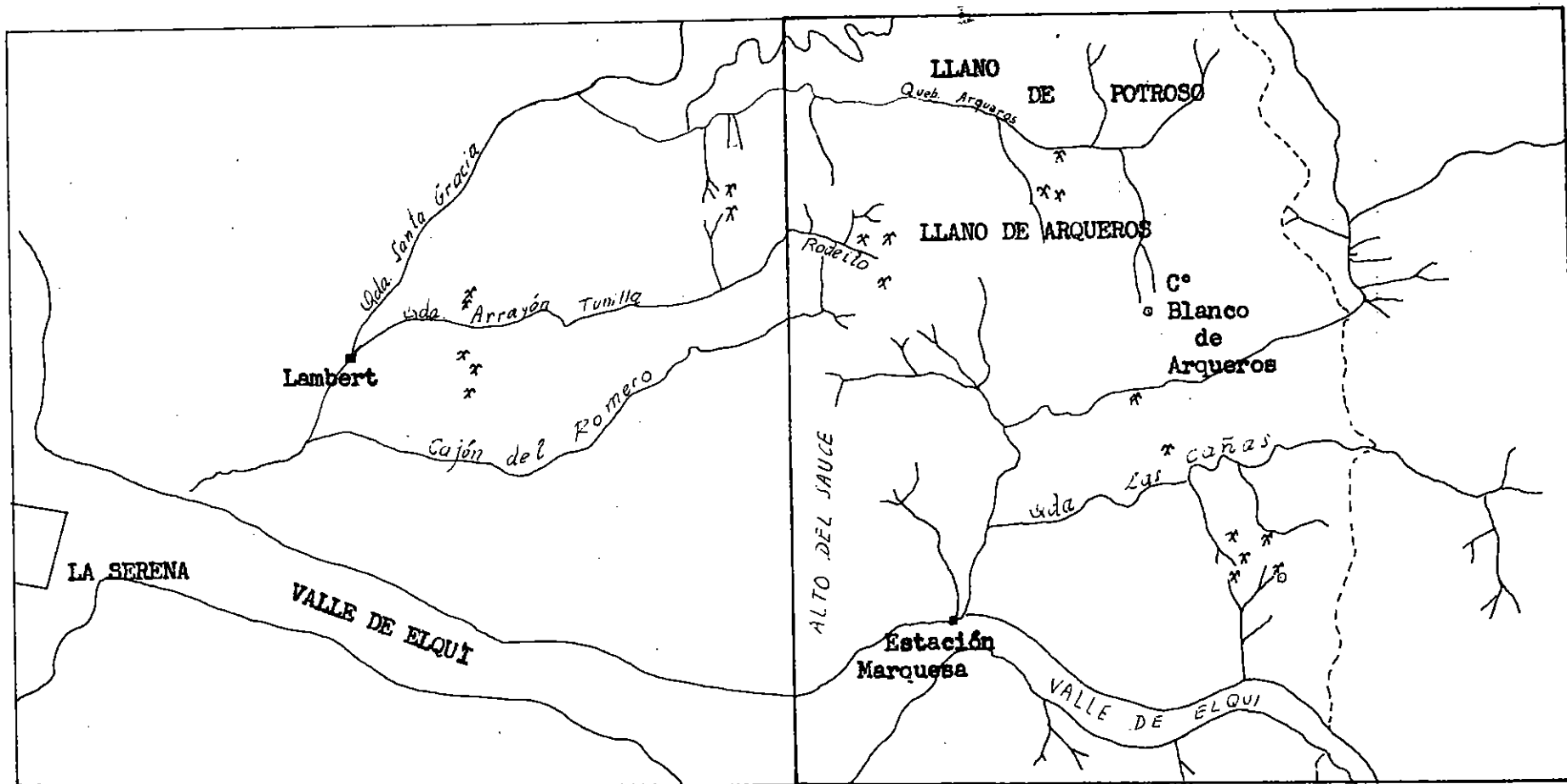


Fig.1- Ubicación del Cuadrángulo Quebrada Marquesa en la provincia de Coquimbo. En hachurado, región de afloramiento de las formaciones manganesíferas.





CUADRANGULO LAMBERT

Escala 1:200.000

CUADRANGULO QUEBRADA MARQUESA,

Escala 1:200.000

Hachurado indica zona de afloramiento de las formaciones Arqueros y Qda. Marquesa.

x Minas de Manganeso.

Fig. 2.- Maps Indices.



