



## YACIMIENTOS DE MANGANESO CRETACICOS EN CHILE CENTRAL

### CRETACEOUS MANGANESE ORE DEPOSITS OF CENTRAL CHILE

Federico Peebles L. y Carlos Ruiz F.

Departamento de Geología y Geofísica Universidad de Chile Casilla 13518, Correo 21, Santiago

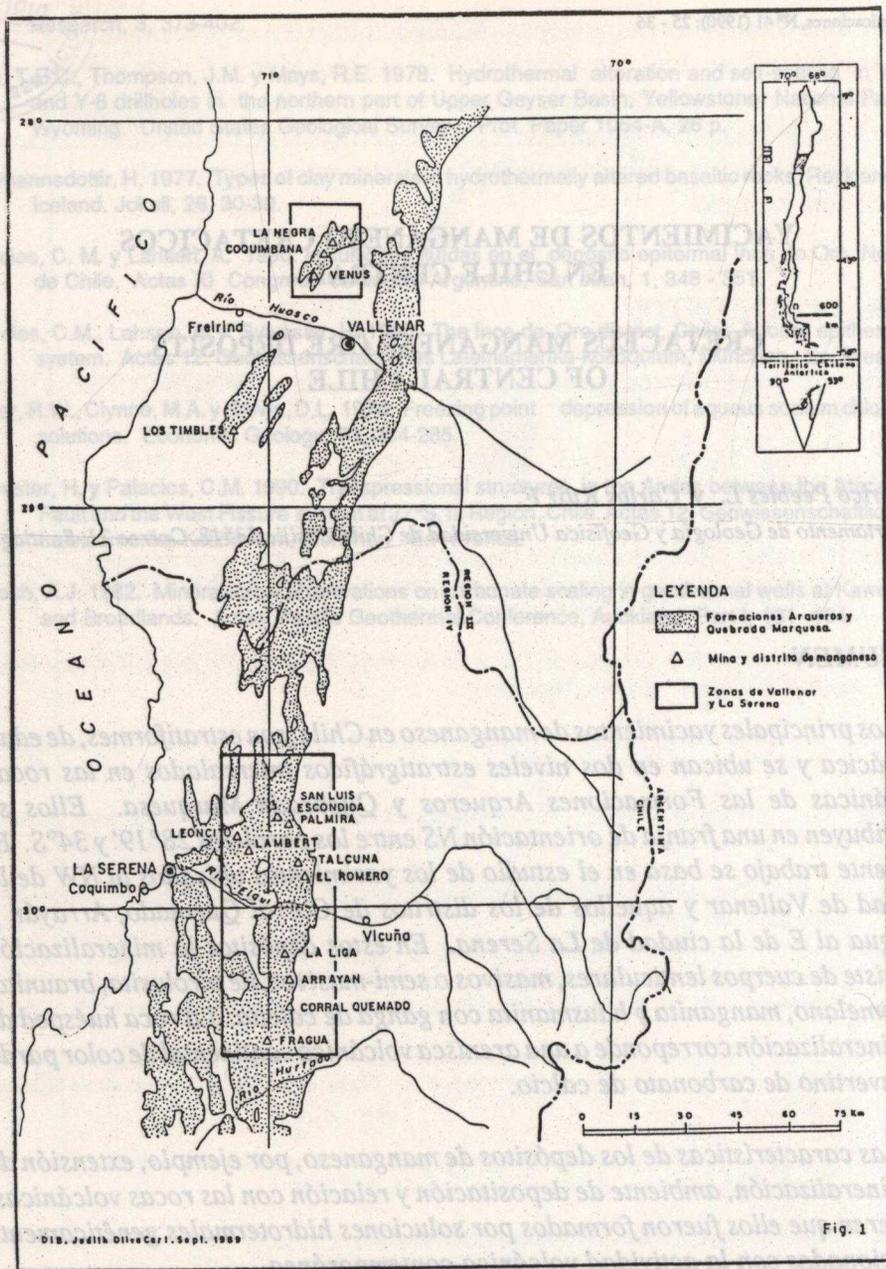
#### RESUMEN

Los principales yacimientos de manganeso en Chile, son estratiformes, de edad Cretácica y se ubican en dos niveles estratigráficos intercalados en las rocas volcánicas de las Formaciones Arqueros y Quebrada Marquesa. Ellos se distribuyen en una franja de orientación NS entre los paralelos 28° 19' y 34° S. El presente trabajo se basa en el estudio de los yacimientos ubicados al NW de la ciudad de Vallenar y aquellos de los distritos de Corral Quemado, Arrayán y Fragua al E de la ciudad de La Serena. En estos depósitos la mineralización consiste de cuerpos lenticulares, masivos o semi-masivos, de pirolusita, braunita, psilomelano, manganita y hausmanita con ganga de calcita. La roca huésped de la mineralización corresponde a una arenisca volcánica continental de color pardo o travertino de carbonato de calcio.

Las características de los depósitos de manganeso, por ejemplo, extensión de la mineralización, ambiente de depositación y relación con las rocas volcánicas, sugieren que ellos fueron formados por soluciones hidrotermales genéticamente relacionadas con la actividad volcánica contemporánea.

#### ABSTRACT

The Cretaceous Chilean manganese deposits are distributed in an extensive basin know as "Cuenca del Manganeso" (Biese, 1956). This basin include all the manganese deposits located between 27° and 43° S latitude. The most important economic manganese areas are located in a zone north Vallenar and in a north-south belt east of La Serena (Fig. 1)



The manganese deposits are mainly stratiform and they have large lateral extension. Vein shaped and impregnations are of less importance.

Because of its economic value, the deposits east of La Serena have been more carefully studied (Aguirre and Egert, 1965; Arancibia, 1971; Peebles and Klohn, 1970; Peebles and Ruíz, 1985).

*The objective of this paper is to summarize and discuss the main features of these papers, mainly related with the genesis of the manganese mineralization.*

## INTRODUCCION

Los yacimientos de manganeso cretácicos chilenos se distribuyen dentro de una extensa franja conocido como "Cuenca del Manganeso" (Biese, 1956) que comprende todos los yacimientos ubicados entre las latitudes 27°-34° S. Las zonas de mayor importancia económica se ubican en una zona al norte de la ciudad de Vallenar y en una franja de dirección NS al E de la ciudad de La Serena (Fig. 1).

Los yacimientos de manganeso son principalmente estratiformes y presentan gran extensión lateral. Yacimientos vetiformes e impregnaciones son de menor importancia.

Debido a su importancia económica, los yacimientos de la zona al este de La Serena han sido objeto de numerosos estudios geológicos (Aguirre y Egert, 1965; Arancibia, 1971; Peebles y Klohn, 1970; Peebles y Ruiz, 1985). El objetivo del presente trabajo es resumir y discutir los aspectos más relevantes de dichos trabajos y que dicen relación con la génesis de los depósitos de manganeso.

## ASPECTOS GENERALES

Los yacimientos estratiformes del Cretácico Inferior de las zonas de Vallenar y La Serena se ubican dentro de dos horizontes estratigráficos bien definidos (Fig.2). Ellos se extienden con solución de continuidad, en una franja elongada orientada de norte a sur con una extensión aproximada de 245 km, comprendida entre las latitudes 28°19'S y 30°30'S (Fig. 1). Los dos horizontes manganesíferos están incluidos dentro de las formaciones volcano sedimentaria Arqueros y Quebrada Marquesa y se ubican a una distancia estratigráfica vertical, variable entre 750 m y 1.250 m (Fig. 2).

Los yacimientos más importantes en la Formación Arqueros se ubican en la zona de Vallenar, y sus minas de mayor relevancia son: Coquimbana, Negra y Venus. Otros yacimientos de menor desarrollo se encuentran en el distrito de Lambert, zona de La Serena (Fig. 1). En la Formación Quebrada Marquesa, de edad Aptiana-Albiana, se ubican los depósitos de manganeso más importantes del país. Dichos yacimientos se agrupan en los distritos El Romero, La Liga, Arrayán, Corral Quemado y Fragua, enumerados de norte a sur (Fig. 1).

En la actualidad sólo se explotan las minas Santo Tomás en el distrito Arrayán, Lomas Negras y Campo Nuevo en el distrito de Corral Quemado.

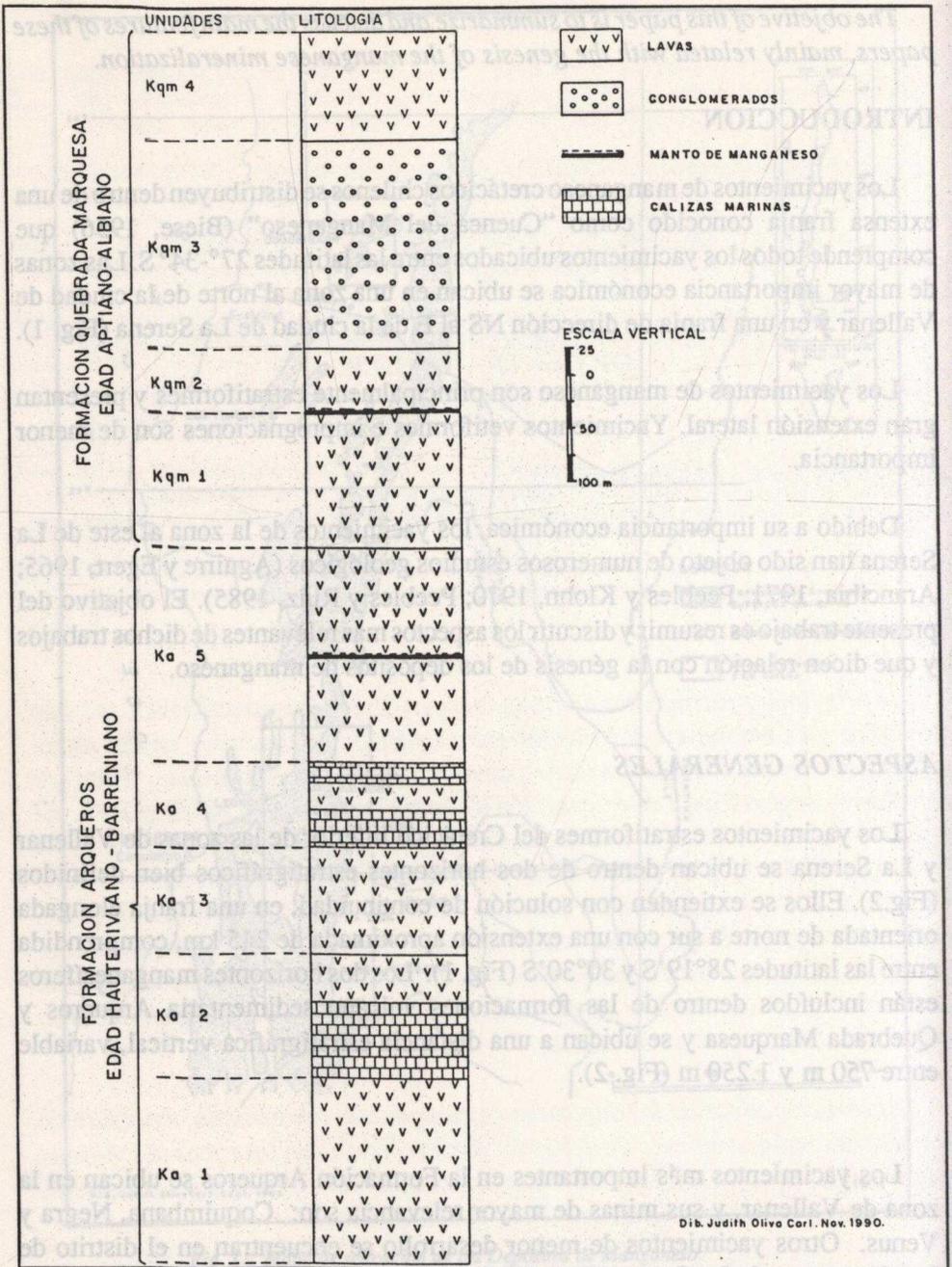


Fig. 2 Columna estratigráfica generalizada formaciones Argueros y Quebrada Marquésa.

Fig. 2 Generalized columnar section of Argueros and Quebrada Marquésa formation.

## MARCO ESTRATIGRAFICO

### *Formación Arqueros*

La Formación Arqueros (Aguirre y Egert, 1962), comprende una secuencia de andesitas porfíricas, calizas marinas, diferentes tipos de areniscas y niveles de chert. En los miembros sedimentarios marinos se han encontrado abundantes fósiles, los que han permitido asignarle a la formación edades comprendidas entre el Hauteriviano y el Barremiano (Aguirre, Egert; 1962).

En la zona de Vallenar donde se ubican los yacimientos Venus, Coquimbana y La Negra (Fig. 1), aparece una secuencia de calizas marinas con intercalaciones de brechas y lavas andesíticas, areniscas y grauvacas de color pardo; éstas últimas son las que contienen los mantos de manganeso. Asociadas a dichos mantos, en el interior de la mina Coquimbana, se presentan capas intercaladas de chert ferruginoso de gran espesor (Biese, 1956).

Esta secuencia se podría correlacionar con parte de la formación Arqueros que aflora más al sur, pero se diferencia de ella por el predominio de rocas calcáreas marinas.

### *Formación Quebrada Marquesa*

Concordantemente sobre la formación Arqueros se dispone la Formación Quebrada Marquesa (Aguirre y Egert, 1962), constituida por rocas clásticas y volcánicas, acumuladas en ambientes continentales y de transición. La Formación Quebrada Marquesa se subdivide en cuatro miembros (Fig. 2). Esta formación contiene en el techo del miembro 1 mantos de manganeso y en algunos lugares, cerca de su base, lentes de areniscas calcáreas marinas con fauna fósil. La edad de dicha formación sería Aptiana-Albiana (Aguirre y Egert, 1962).

## YACIMIENTOS DE MANGANESO

### *Yacimientos de la zona de Vallenar*

La presente descripción se basa fundamentalmente, en las características de los yacimientos Coquimbana y La Negra. En estos yacimientos, mantos y guías de óxidos de manganeso aparecen relacionados a areniscas continentales y en parte a capas de chert dentro de una secuencia formada principalmente por calizas marinas e intercalaciones de rocas volcánicas (lavas y brechas) y en menor proporción areniscas volcánicas de color pardo de origen continental.

En la mina Coquimbana los minerales de manganeso son principalmente

braunita y psilomelano, con leyes variables desde 36% Mn en la superficie hasta 50% Mn a 130 m de profundidad.

### ***Yacimientos de la zona de La Serena***

#### **A.- Formación Arqueros**

Los yacimientos más importantes son las minas San Luis, Escondida y Palmira (Fig. 1). En estos yacimientos, la mineralización se presenta en mantos de óxidos de manganeso, los que se distribuyen dentro de dos unidades sedimentarias de la formación Arqueros. Mantos mineralizados con sulfuros y óxidos de Cu aparecen intercalados en la misma secuencia (Arancibia, 1971).

La mineralización de manganeso se presenta en areniscas o grauvacas líficas de color pardo y en chert. Ella consiste, enumerando los minerales en orden de abundancia, en braunita, pirolusita, psilomelano y hausmanita. La braunita presenta generalmente textura coliforme.

El poco espesor y lenticularidad de la mineralización, así como la presencia de mineralización de cobre en los yacimientos, han impedido el desarrollo de una explotación de importancia en este sector.

#### **B.- Yacimientos de la Formación Quebrada Marquesa**

En esta Formación se encuentran los yacimientos de mayor importancia económica de Chile. En el Techo del Miembro 1 se ubican los distritos de El Romero, La Liga, Arrayán, Corral Quemado y Fragua (Fig. 1 y Fig. 2) los que definen una franja mineralizada de rumbo norte-sur y aproximadamente 60 km de longitud. Esta franja es limitada al norte por la quebrada Marquesa y el río Hurtado al sur.

Los mantos mineralizados forman parte de una secuencia de 2 m a 10 m de espesor, constituidos por areniscas volcánicas de color pardo. La mineralización se distribuye en forma de bandas o lentes macizos concordantes con la estratificación de la arenisca. En forma diferente en la parte oeste del distrito de Corral Quemado y en parte del distrito Arrayán, el manganeso se ha depositado junto con carbonato de calcio en depósitos estratiformes de travertino.

En el distrito más septentrional (El Romero), el manganeso se presenta en dos mantos bien definidos, intercalados con niveles de arenisca volcánica parda. Presentan espesores variables entre 0,20 m y 2 m. En la parte norte de dicho distrito, área de Talcuna, directamente sobre los mantos de manganeso se encuentra concordantemente una secuencia sedimentaria de 0,5 a 17 m de espesor, formada por brechas sedimentarias y areniscas verdes volcánicas con matriz calcá-

rea. Las areniscas presentan en la matriz mineralización de sulfuros de cobre, principalmente calcopirita y bornita (Peebles, 1971). En la parte sur del área de Talcuna, sobre los mantos de manganeso, se depositó discordantemente una colada de lava andesítica amigdalóidea con mineralización de cobre. En los distritos de La Liga, Arrayán y Fragua sólo se observa la serie de los mantos mineralizados la cual está constituida por lentes de óxido de manganeso alterados, con horizontes de areniscas volcánicas estériles de color pardo; los mantos de manganeso tienen espesores variables entre algunos centímetros y 2 m. En el sector oriental del Distrito Corral Quemado, se mantienen esas mismas características (Peebles y Klohn, 1970).

En los distritos estudiados se han identificado los siguientes minerales de manganeso: braunita, pirolusita, manganita, psilomelano y hausmannita. La pirolusita es predominante en los distritos de Arrayán y Corral Quemado y la braunita en Fragua.

### *Distrito de Corral Quemado (Fig. 3)*

#### *Aspectos Generales*

Este distrito se ha estudiado con más detalle ya que en opinión de los autores del presente trabajo, en él aparecen antecedentes geológicos que contribuyen a descifrar la génesis de este tipo de depósitos de manganeso.

El distrito de Corral Quemado se localiza en la parte sur oriental de la zona de La Serena, aproximadamente 20 km en línea recta al este del pueblo de Andacollo y 8 km al sur del distrito El Arrayán.

Las minas más importantes se distribuyen dentro de un área de 2,5 km en sentido E-W y 2 km en sentido N-S.

El distrito (Fig. 3) se puede dividir en dos sectores característicos (Peebles y Ruiz 1985). El sector oriental, que contiene mineral macizo de alta ley incluye las minas Toda La Vida, Guillerma, María, Cocinera, Cisne y Videla. El sector occidental comprende las minas Loma Negra y Manto Gray las que se caracterizan por su baja ley de manganeso y su alto contenido de carbonato de calcio. Ambos sectores están separados por una falla (Fig. 3).

#### *Sector de alta ley*

En todas las minas de este sector, el manganeso se presenta en forma de bandas y lentes de mineralización masiva intercalado en areniscas volcánicas de color pardo con cemento calcáreo.

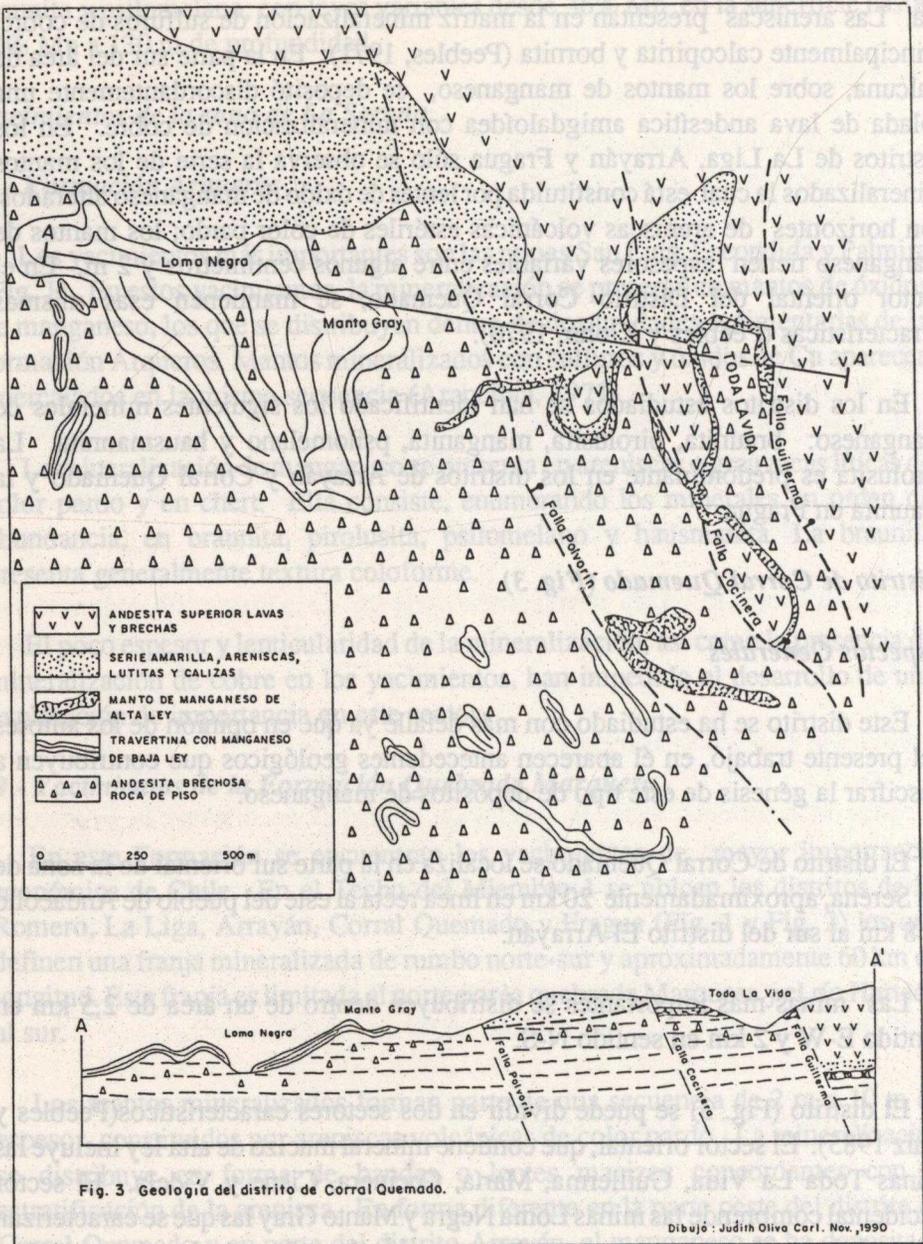


Fig. 3 Geología del Distrito de Corral Quemado  
 Fig. 3 Geology of Corral Quemado district.

La serie de los mantos tiene un espesor que varía entre 2 m y 6 m y en él, el manganeso se distribuye en tres horizontes principales. La potencia de los mantos varía entre 10 cm y 60 cm, con leyes comprendidas entre un 40% y 50% de Mn. Dichos horizontes están constituidas principalmente por pirolusita, braunita y manganita enumeradas en orden de abundancia.

El piso de la mineralización, está formada por una brecha volcánica con clastos de andesita amigdalóidea. En algunos sectores sobre esa brecha aparece un nivel de arenisca brechosa volcánica, con espesor medio de 2 m que contiene abundante clorita. El techo de la serie está formado por la denominada "serie amarilla", que consiste en una secuencia lagunar constituida por lutitas, areniscas, calcilitas, y calizas fétidas cavernosas de color amarillo. El espesor de esta serie varía entre 2 m y 150 m (Peebles y Ruiz, 1985).

En el sector de alta ley se distribuyen las minas Toda La Vida, Guillerma, Cocinera, María, Cisne y Videla, las que constituyen un solo horizonte que aparece interrumpido por fallas normales de rumbo general norte con  $60^\circ$  a  $70^\circ$  de inclinación al este (Fig. 3).

### **Sector de baja ley**

En el sector al oeste de la falla Polvorín (Fig. 3) se observa un cambio notorio en las características de los yacimientos. Así, en la mina Manto Gray adyacente a dicha falla, la mineralización de manganeso presenta intercalaciones de areniscas de color pardo, discontinuas, de pequeño espesor y de grano más fino que las areniscas del sector de alta ley. El mineral de manganeso es poroso, aproximadamente 30% de Mn, formado por pirolusita, silomelano, abundante calcita y presenta estructura de travertino. En cortes transparentes (Aguilar, 1984) se puede observar que la arenisca fina y bien estratificada, forma inclusiones en la masa del travertino manganesífero y de allí se puede concluir que las soluciones con alto contenido de carbonato de calcio y óxidos de manganeso penetraron y depositaron su carga en una cuenca ocupada por estas areniscas finas, aún no totalmente consolidadas.

Hacia el oeste de Manto Gray se presenta el yacimiento de Loma Negra con características similares. En este yacimiento el piso está formado por una capa de yeso de unos 40 cm de espesor, que sobreyace a brechas andesíticas similares a las del piso del sector de alta ley. El manto con mineralización de manganeso que alcanza espesores hasta de 6 m, se distingue de Manto Gray en que tiene mayor abundancia de carbonato de calcio, la porosidad es mayor. Además en algunos sectores la estructura de travertino es mucho más evidente que en Manto Gray.

En ambos sectores (alta y baja ley) la serie de los mantos se depositó sobre un paleo-relieve o superficie de erosión de las rocas volcánicas del miembro 1 de la Formación Quebrada Marquesa (Fig. 3).

En la parte oriental de Manto Gray el techo del manto está formado por arenisca gris. Loma Negra constituye en parte un dip slope, de tal manera que el techo no está expuesto. No obstante hacia la parte norte ambos yacimientos tienen como techo la misma serie lagunar amarilla presente en el sector de alta ley.

## **Génesis de los yacimientos de Manganeso**

### **Aspectos Generales**

Basado en las características de los distritos manganesíferos de las zonas de La Serena y Vallenar, se puede deducir:

a.- Existencia de un control estratigráfico y litológico bien definido de la mineralización de manganeso en las formaciones Arqueros y Quebrada Marquesa.

b.- La mineralización más importante de manganeso se localiza en dos horizontes estratigráficos bien definidos: 1) En la formación Arqueros el manganeso se ubica en areniscas pardas intercaladas en rocas volcánicas dentro del miembro 5 de dicha formación. 2) En la formación Quebrada Marquesa el manganeso se distribuye también en areniscas pardas en el techo del miembro 1 de esa formación (Fig. 2).

c.- La mineralización de manganeso, aún a escala microscópica, se presenta concordante con la estratificación.

d.- En la parte occidental de Corral Quemado y en la parte sur y oeste del distrito Arrayán el manganeso se presenta dentro de travertinos lo que estaría indicando un origen relacionado con fuentes termales.

### **Génesis probable**

#### **Considerando:**

i) La extensa distribución de la mineralización de manganeso que se extiende dentro de una franja elongada de 245 km que se orienta norte - sur.

ii) Mineralización concordante con la estratificación de las areniscas volcánicas de color pardo.

iii) La presencia de travertinos con mineralización de baja ley, en dos de los distritos más importantes como son El Arrayán y Corral Quemado, nos permite suponer que la mineralización tiene un origen sedimentario singenético proveniente en gran parte el manganeso de vertientes termales ubicados en el sector occidental.

El manganeso probablemente se originó a partir de fisuras en la unidad volcánica que sirve de roca de piso a la serie de los mantos de manganeso. Desde allí en forma de travertino el manganeso fluyó sobre la superficie de erosión o paleorelieve mencionado anteriormente y se depositó en una cuenca ubicada en el

sector este del Distrito Corral Quemado.

La existencia de varios horizontes de manganeso en el sector oriental con alta ley de mineral, nos indican que el proceso de depositación fue repetitivo o sea que las soluciones mineralizadoras, probablemente intermitentes, ocurrieron durante todo el ciclo de depositación de las areniscas pardas. También se puede establecer que la relación tan estrecha existente entre el manganeso y la arenisca volcánica parda, señala como muy probable una relación genética entre ellos. Posiblemente el mismo evento volcánico que originó el material de las areniscas, tuvo una expresión postvolcánica representada por las vertientes termales manganesíferas. La mala clasificación y angularidad de los clastos de estas areniscas, señalaría muy poco transporte de este material lo que indica una fuente de origen muy cercano a las cuencas en las que se depositaron y a las cuales también accedieron las soluciones manganesíferas.

Otro aspecto importante de considerar es la buena estratificación del horizonte que contiene la serie manganesífera ya que ello indicaría un ambiente de depositación tranquila y probablemente en depresiones de poca profundidad, en un medio muy oxidante (Krauskopf, 1965). Posiblemente el manganeso proveniente de las fuentes termales se movilizó en forma de dispersión coloidal, lo que estaría corroborado por la presencia de abundantes estructuras coliformes en los minerales de manganeso (pirolusita en Fragua, braunita en Lambert, psilomelano en Arrayán) (Aguilar, 1984). Las soluciones de las vertientes probablemente transportaron el ión calcio en forma de bicarbonato y el óxido de manganeso como hidrogel en dispersión coloidal. Cerca de las fuentes precipitaron ambos conjuntamente, el manganeso como óxido y el calcio como carbonato.

En los yacimientos del sector oriental debido a que gran parte del calcio ya habría sido depositado, el manganeso precipitó de la suspensión coloidal como gel, originando un mineral oxidado de alta ley con pocas impurezas como  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  y Fe. La mayor parte del restante calcio constituyó en forma de calcita una parte importante del cemento de las areniscas pardas que se intercalan con los lentes de manganeso.

## REFERENCIAS

- Aguilar, R. 1984. Estudios microscópicos de muestras de manganeso en el distrito de Corral Quemado. Informe Inédito, 4 p g.
- Aguirre, L. y EGERT, E. 1962. Las formaciones manganesíferas de la región de Quebrada Marquesa, provincia de Coquimbo, Santiago, Rev. Minerale N°76, p. 25 - 37.
- Aguirre, L. y EGERT, E. 1965. Cuadrángulo Quebrada Marquesa; provincia de Coquimbo. Santiago, Inst. Invest. Geol., Carta Geológica Chile N°15, 80 p g.
- Aguirre, L. y MEHECH, S. 1964. Stratigraphy and Mineralogy of the Manganese sedimentary deposits of Coquimbo Province, Chile. Economic Geology, V.59, pp. 428-442, EEUU.

- Arancibia, O. 1971. Estudio de los yacimientos de cobre y manganeso del Distrito de Lambert, provincia de Coquimbo. Memoria para optar al título de geólogo, U. de Chile, 127 p g.
- Biese, W. 1956. Los Yacimientos de Manganeso de Chile, Symposium sobre yacimientos de manganeso. XX Congreso Geológico Internacional, T. 3, América del Sur, pp 377- 416, México.
- Krauskopf, K. 1965. Introduction to Geochemistry. Mc Graw- Hill Book Company, 721 pág. (Fig. 10 -3).
- Peebles, F. 1966. Estudio Geológico del Distrito Cuprífero de Talcuna. Instituto de Investigaciones Geológicas, publicación especial. 100 pág.
- Peebles, F. y Klohn, E. 1970. Geología de los yacimientos de manganeso de Corral Quemado, Arrayán y Fragua; provincia de Coquimbo. Santiago, Inst. Invest. Geol., Boletín N°27, 58 pág.
- Peebles, F. y Ruiz, C. 1985. Distribución de los yacimientos estratiformes de Manganeso en Chile Central. IV Congreso Geológico Chileno, Universidad del Norte, Antofagasta. Vol II, p. 271-287.

Otro aspecto importante de considerar es la buena estratificación de los horizontes que contiene la serie manganesífera ya que ello indicaría un ambiente de deposición tranquila y probablemente con deposiciones de poca profundidad, en un medio muy oxidante (Krauskopf, 1965). Posiblemente el manganeso proveniente de las fuentes termales se movilizó en forma de dispersión coloidal, lo que estaría corroborado por la presencia de sulfatos calcáreos colorados en los yacimientos de manganeso (Aguilar, 1984). Las soluciones de las fuentes probablemente transportan el ion calcio en forma de bicarbonato y el óxido de manganeso como hidróxido en dispersión coloidal. Cerca de las fuentes precipitan ambos conjuntamente, el manganeso como óxido y el calcio como carbonato.

#### Considerando:

En los yacimientos del sector oriental debido a que gran parte del calcio ya ha sido depositado en un ambiente de dispersión coloidal como  $CaCO_3$ , originando un mineral oxidado de hierro y con pocas impurezas como  $CaO$ ,  $Al_2O_3$  y Fe. La mayor parte del restante calcio constituyó en forma de calcita una gran importante del cemento de las meniscas partes que se relacionan con los lechos de manganeso.

La presencia de travertinos con nódulización de manganeso en los yacimientos más importantes como son El Arrayán y Corral Quemado, nos permite considerar que el manganeso presente en los lechos de manganeso en el sector oriental proviene en gran parte del manganeso oceánico que se depositó en el sector occidental.

El manganeso probablemente originado en parte por las fuentes termales que se depositó en el sector oriental de la provincia de Coquimbo, Santiago, Chile, 1971. Memoria para optar al título de geólogo, U. de Chile, 127 p g.