

842

842

842



SECRETARIA DE ESTADO DE MINERIA

SUBSECRETARIA TECNICA

SERVICIO MINERO NACIONAL

CICLO EXOGENO DEL MANGANESO

AREAS POTENCIALMENTE MINERALIZADAS

Por: Margarita S. REINOSO

1976

1.- INTRODUCCION

Según los valores de Clarke, en la corteza terrestre, el hierro es cincuenta veces más abundante que el manganeso, (Mason, 1960). Desde el punto de vista químico estos dos elementos poseen una serie de afinidades que son bien conocidas y se comprueban además en los minerales generados bajo condiciones de alta presión y temperatura, donde estos cationes son intercambiables, por ejemplo: bixbyita; $(Fe, Mn) 2O_3$; espinelos; triplita $(Mn^{2+} + Fe^{2+} + Mg, Ca) 2 (PO_4)(Fe, OH)$; wolframita, piroxenos, anfíboles, etc.

Sin embargo muchos autores (Arnould y Routhier, 1965; Barbosa, 1959; Baud, 1956; Rossi, 1964; Vaasjoki, 1956; entre otros) han observado la concentración del manganeso en ambientes geológicos pertenecientes al ciclo exógeno, donde las condiciones de presión y temperatura imperantes son las ordinarias. En este tipo de mineralizaciones, el rasgo más destacado es la neta diferenciación del manganeso con el hierro, prácticamente no aparecen asociados o a lo sumo uno como impureza en los yacimientos del otro elemento.

2.- EL PROCESO DESDE EL PUNTO DE VISTA FISICO QUIMICO

Se hace necesario, entonces, elaborar un mecanismo metalogenético que tenga en cuenta esta diferenciación y opere en condiciones geoquímicas de presión y temperatura ordinarias.

Las variables a considerar en este análisis son:

- 1- En la corteza terrestre el hierro es cincuenta veces más abundante que el manganeso.
- 2- En el agua de mar actual, el hierro es solo dos veces más abundante que el manganeso (es función de las solubilidades de cada elemento).
- 3- La precipitación de estos cationes en forma de óxidos, hidróxidos, sales etc, es función de las condiciones de pH y Eh del medio ambiente.
- 4- Tanto el hierro como el manganeso en solución se encuentran en estado bivalente.

Marchandise, 1956; y otros autores han establecido los diagramas de $Eh = f(pH)$ para los procesos de oxidación del hierro y del manganeso (figura 1). De este gráfico se desprende que el Eh necesario para la oxidación de hierro de bi-a trivalente es notablemente menor que el necesario para pasar el manganeso de bi-a tetravalente; de donde en condiciones moderadamente ácidas o alcalinas el hierro es rápidamente oxidado precipitando en forma de óxido, mientras que el manganeso permanece en solución; o sea que la solución se enriquecerá relativamente en manganeso.

A medida que aumenta el pH , disminuye el Eh necesario para precipitar el óxido de manganeso; cuando la solución alcance estas condiciones, precipitará el manganeso pero la solución ya prácticamente no puede tener hierro o la concentración de este elemento es tan baja que se lo puede considerar inexistente.

Este mecanismo explica desde un punto de vista físico químico la separación tan neta de ambos elementos.

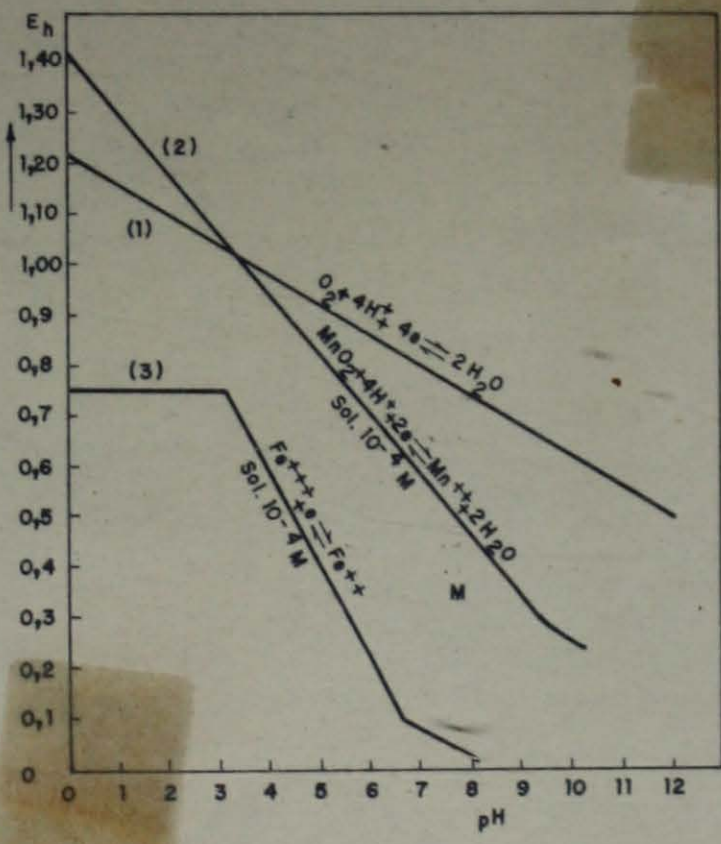


Fig.1: Diagrama pH - Eh de la oxidación de fe y de Mn, según Marchandise 1956, (Routhier 1963).



3.- EL PROCESO EN LA NATURALEZA

Analizaremos ahora la posibilidad de operación del mecanismo enunciado en el ciclo exógeno.

El punto de partida será lo que ocurra en el área de aporte. Para movilizar tanto el hierro como al manganeso es necesario:

- Un ambiente acuoso y relativamente ácido,
- Un clima cálido a templado,
- Temporadas de lluvias abundantes alternantes con temporadas secas,
- Una topografía que permita la libre circulación del agua y
- Una abundante cobertura vegetal que conserve la humedad en el suelo durante la temporada seca.

La presencia de una roca madre del suelo rica en hierro y manganeso constituye solo un elemento que incrementará la cantidad de estos elementos a movilizar, pero no es un factor imprescindible para la generación de un yacimiento dado que su presencia puede ser reemplazada por el factor tiempo. Se calcula (Routhier, 1963) que un kilómetro cúbico de roca, contiene tres millones de toneladas de manganeso metálico. La meteorización de un kilómetro cúbico de roca no es un hecho excepcional en el entorno de la historia geológica, (un kilómetro cúbico es por ejemplo una superficie de 20 Km por 50 Km con un espesor de un metro o de 100 hectáreas con el mismo espesor).

Es el momento de observar que estos factores son los condicionantes de un ambiente lateritizante que está restringido a una faja subparalela al Ecuador en la superficie de la Tierra.

Una roca sometida a estas condiciones reaccionará durante la temporada húmeda liberando en primer término los elementos más solubles que migrarán hacia la cuenca de deposición, generando en ellas sedimentitas de tipo químico como ser: calizas, dolomías, yeso, etc. Luego los seguirán los elementos de la tríada aluminio-hierro-manganeso y la sílice.

De estos cuatro elementos se sabe que según las curvas de solubilidad de la sílice (SiO_2) y la alúmina (Al_2O_3) en función del pH, (figura 2); bajo las condiciones físico-químicas imperantes en un clima lateritizante el pH del medio es ligeramente ácido, entre 6,5 y 7 el óxido de aluminio es menos soluble que el de silicio. Entonces partirá la sílice con mayor facilidad, originando depósitos de Ftanita en la cuenca de deposición, quizás favoreciendo la existencia de una fauna o flora con integrantes que constituyen su esqueleto en base a la sílice (frústulos de diatomea y radiolarios), la fosilización por silicificación y la silicificación de las rocas que constituyen el fondo de la cuenca.

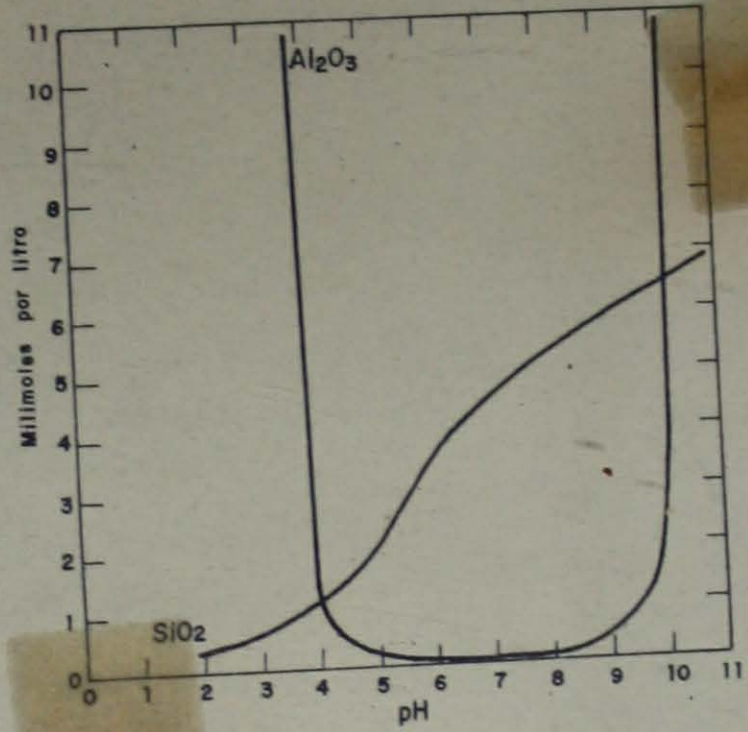


Fig. 2: Solubilidad de la sílice y la alúmina en función del pH (Mason, 1960, pag. 181).



El aluminio quedará en el área de aporte generando acumulaciones de óxidos que pueden llegar a constituir yacimientos de bauxitas.

Queda por analizar la actitud del hierro y del manganeso en la situación planteada.

Si bien al estado bivalente ambos cationes poseen un potencial iónico equivalente, lo que los torna intercambiables en los minerales primarios, esta característica se da principalmente en el ciclo endógeno.

Las aguas superficiales de la corteza terrestre -que transportan entre otros elementos al hierro y al manganeso, ya sea como sales en solución o coloides en suspensión- circulan en general con un pH ácido, como ya se ha dicho de 6, 5 a 7. Bajo estas condiciones el hierro es mucho más soluble que el manganeso, la solución será mucho más rica en hierro; pero en ambiente más alcalino la solubilidad del hierro decrece notablemente con respecto a la del manganeso (a pH-6 el hierro es 100,000 veces más soluble que a pH- 8,8. Routhier, 1963).

El transporte del manganeso tiene lugar generalmente en forma coloidal, como ion manganeso (2+), soles de (HO) 2Mn y parcialmente como (CO₃H) 2 Mn que es muy inestable.

Cuando las aguas transportando al hierro y al manganeso arriban al mar, encuentran un pH del orden de 8; la solubilidad del hierro disminuirá bruscamente, precipitando en forma de hidróxido férrico (HO) 3 Fe la mayor parte del hierro acarreado en solución.

Des esta manera el agua de mar se verá relativamente enriquecida en manganeso.

Cuando se den las condiciones para la precipitación del manganeso, en forma de óxido tetravalente (MnO₂), también lo hará el hierro, pero poco es lo que ya quedará en la solución con respecto al manganeso.

Otra característica del manganeso que puede ser de interés geológico es su polivalencia, que se refleja en las formas minerales en que aparece este elemento:

- Mn 4 + : pirolusita, psolomelano;
- Mn 3 + : manganita;
- Mn 2 + : dialogita, mangano-calcita, rodocrosita.

A escala regional se observa que estos minerales se presentan en zonas paralelas a la línea de la costa del mar donde se generaron; ubicándose los más oxidados hacia el continente y los más reducidos hacia el mar profundo!

Además del aporte a la reconstrucción paleogeográfica que orientará las labores de extensión para este tipo de mineralización; esta distribución zonal también da una idea de la variación de las condiciones oxidantes o reductoras del medio considerado, lo que permite orientar la prospección por otros elementos propios de un ambiente marino.

Entonces, en base a lo antedicho, en una cuenca marina donde el material aportado proviene de una región de condiciones climáticas y geográficas en general laterizantes, si el proceso perdura el tiempo necesario, es de esperar la formación de mineralizaciones de hierro en una zona paralela a la costa y más próxima a ella que las mineralizaciones de manganeso, -ambas sobre una línea isocrona, identidad temporal-.

Si consideramos ahora un punto en la cuenca de sedimentación-o sea igual espacio, identidad espacial- , caben dos posibilidades:

- en una serie marina transgresiva el manganeso será más joven que el hierro, dentro de la serie sedimentaria, o sea que lo sucederá en el tiempo;
- en una serie marina regresiva, ocurrirá lo contrario, el hierro sucederá al manganeso en el tiempo, resultando el hierro más joven que el manganeso (figura 3).

Corresponderá observar que según la hipótesis biorhexistática de Erhart (Erhart, 1966 y 1967), este tipo de mineralizaciones aparecerían durante tiempos de calma tectónica en la cuenca en general, incluyendo el área de proveniencia del material, por tratarse de sedimentitas de tipo químico.

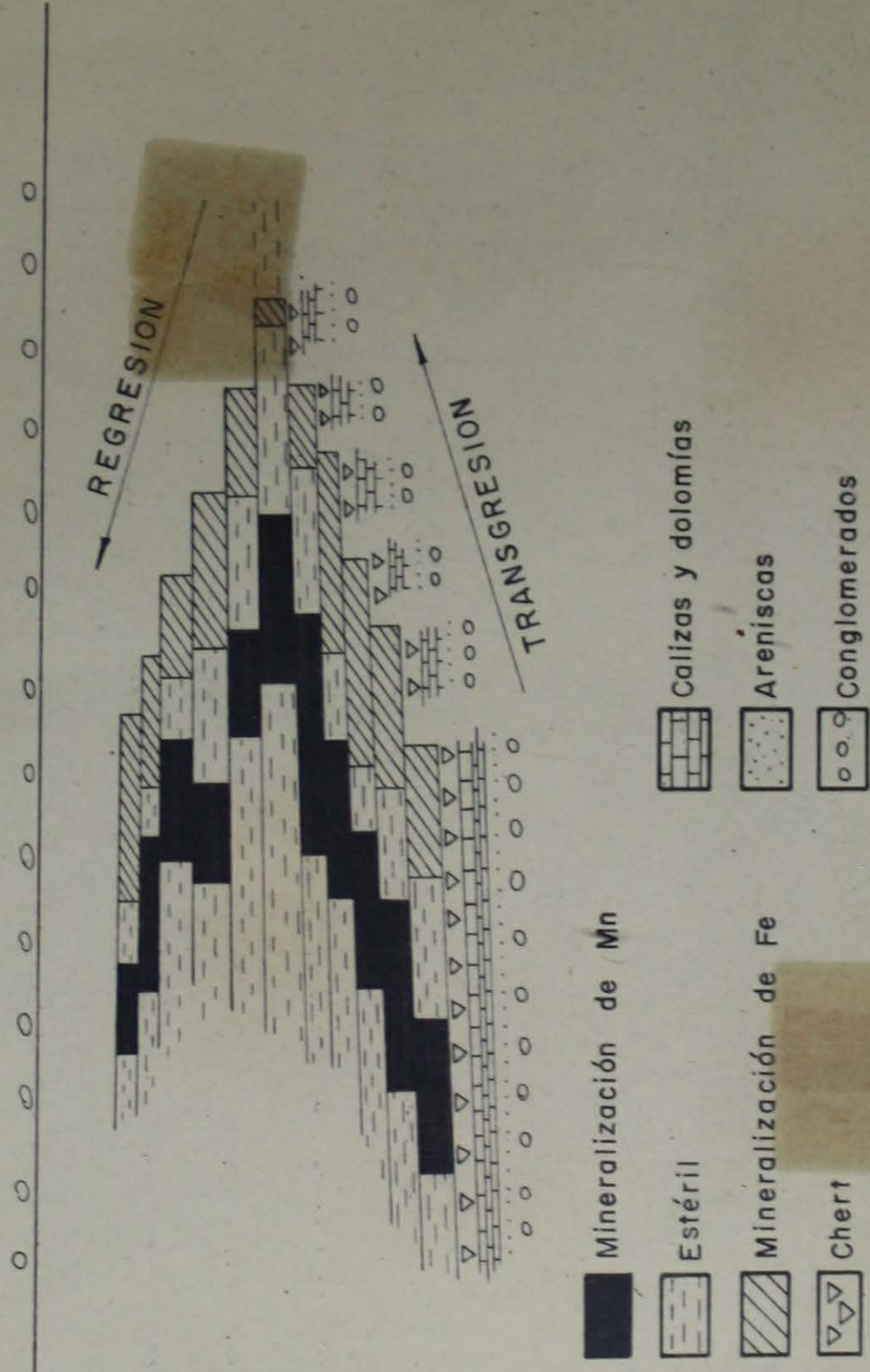


Fig.3- Corte transversal esquemático de un borde de cuenca, mostrando la relación entre la zonación de óxidos de Fe y la transgresión y regresión de la línea de costa.



//6.-

4.- EJEMPLOS DE CONCENTRACIONES DE MINERALES DE MANGANESO QUE OBEDECEN AL CICLO ANALIZADO.

Dadas las características fisicoquímicas del manganeso que condicionan su movilización en el área de aporte y su diferenciación, concentración y precipitación en la cuenca de sedimentación, es muy improbable la existencia de mineralizaciones de interés económico de este elemento fuera de los dos extremos de su ciclo exógeno, o sea al principio del itinerario analizado, en áreas de laterización, donde bruscamente se interrumpe el proceso, o bien al final del recorrido, en una cuenca marina.

Concentraciones de manganeso de dimensiones reducidas serían las de Africa Ecuatorial Francesa, descritas por Villiers (1959), donde se trata de una costra de óxidos de manganeso producidas por interrupción del proceso laterizante y que actualmente aparece en los faldeos por destrucción mecánica.

Vaasjoki (1956), describe concentraciones de manganeso en el fondo de algunos lagos actuales en Finlandia y los compara con las manifestaciones asociadas a las metamorfitas precámbricas en ese país. La precipitación actual de hierro y manganeso mencionada, indica que el mecanismo analizado opera también bajo condiciones climáticas menos favorables, pero la dimensión de la mineralización es mucho más reducida.

González, M. (comunicación personal, abril 1976) ha observado en gravas post-Belgranenses (Cuartario Alto), bandas o lentes de pátinas de manganeso de pocos centímetros de espesor (máximo 10 cm) en la zona costera aludada a Bahía Blanca.

También Aspilcueta J. (comunicación personal, mayo 1976) ha observado en el agua de una vertiente en la provincia de Mendoza un alto tenor de manganeso.

Rossi, 1964, sugiere para algunas de las mineralizaciones que estudió en la provincia de Río Negro, un origen por deposición a partir de aguas meteóricas.

Otro ejemplo interesante es la mineralización en manganeso a la base de los bancos de óxidos de hierro en Urucum, Brasil, descritos por Barbosa, 1956, se observa que la litología de las formaciones portadoras de la mineralización es similar a la atribuida al Ordovícico-Silúrico boliviano. En este caso se trataría de una serie regresiva, dada la posición relativa del manganeso con respecto al hierro.

También en Brasil, Dorr et altri (1956), describen una mineralización en los Esquistos pre-Minas. Esta serie está constituida en parte por elementos de la sucesión dolomías - chert - Fe/Mn - sedimentitas estériles (en este caso alcanzan el grado de esquistos). Dentro de esta serie, atribuida al Precámbrico, se presenta una zona manganesífera constituida por silicatos y carbonatos que pueden ser trazada en forma discontinua a lo largo de 200 kilómetros.

Finalmente el Servicio Geológico del Japón ha realizado estudios del fondo oceánico detectando la presencia de costras o "papas" de óxidos de manganeso de reciente generación, (Mizuno et altri, 1975; Maruyama et altri, 1975; Sanada, 1975).

La sucesión litológica ideal, a la cual deberían encontrarse asociadas teóricamente mineralizaciones de manganeso es, de abajo hacia arriba: caliza, dolomías, yeso chert mineralización de hierro sedimentitas clásticas estériles mineralización de manganeso sedimentitas clásticas estériles. Esta sucesión sería para una serie transgresiva, para un mar regresivo la sucesión se considera invertida.



5.- DISTRIBUCION ESPACIAL DE LAS MINERALIZACIONES DE MANGANESO

Las condiciones laterizantes, en la tierra, se dan actualmente en las fajas tropicales y subtropicales.

Esto puede ser considerado valedero también para los tiempos pasados. Tomemos como ejemplo el Silúrico, si observamos la figura 4 durante este período Zapla y Sierra Grande, áreas portadoras de importantes mineralizaciones de hierro, estaban ubicadas en una faja subtropical con respecto al polo que señala Valencio, 1969. También entrarían en esta banda las mineralizaciones en hierro y manganeso de El Mutun, Bolivia y Urucum, Brasil, asignadas al Precámbrico por carencia de fósiles y por presentar diversos grados de metamorfismo (Ahlfed et al., 1964; Barbosa, 1956; Dorr et al., 1956; Kegel, 1956) y parte de la cuenca del manganeso en Chile (Ruiz Fuller, 1965; Biese, 1956).

Por otra parte si tenemos en cuenta que durante ese tiempo América del Sur y Africa estaban unidas constituyendo el continente de Gondwana; también estarían dentro de esta zona las manifestaciones manganesíferas de Sudáfrica descritas por de Villiers, 1956, y Kupferburger et al., 1956, aunque los autores le asignen también edad precámbrica por las mismas razones mencionadas para Bolivia y Brasil.

Otra manifestación de una mineralización, de hierro en este caso, relacionada con sedimentitas silúricas es la de El Sombrerito, cerca de Barker, Sierras Septentrionales de la Provincia de Buenos Aires, (Angelelli et al., 1970). Si bien no parece ser de interés económico, su asociación con sílice opalizada, y arcillas, así como su intercalación entre las areniscas cuarcíticas de la Serie de La Tinta, inducen a considerarlo como una facies marginal, de borde, de la cuenca donde se depositó la Formación Ferrífera de Sierra Grande. Su forma actual de presentarse puede ser debida a diferente competencia de la mineralización, los horizontes arcillosos y las cuarcitas frente a los esfuerzos de deformación que actuaron posteriormente en el área.

La posición espacial de esta manifestación correspondería al borde de la cuenca donde se depositó el hierro, y por lo tanto el manganeso, si consideramos que la fractura señalada por la serie de bajos sin salida alineados descrita por Nuñez, et al., (1975) y Bachmann, E. (comunicación personal, junio, 1976) y que limitaría por el noroeste el Macizo de Somun-



Fig. 4.- Ubicación de América del Sur y
Africa con respecto al polo mag-
nético durante el Silúrico, según:
Valencio, 1969.



119.-

curá, actuó con posterioridad a la deposición de la mena de hierro y manganeso. Por otra parte, aceptando la actividad de la fractura mencionada, la ubicación coincide con la posición de la costa sugerida por Zollner, 1951 y Valvano, 1957.



LISTA DE TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

AHLFELD, F. y SCHNEIDER - SCHERBINA, A.
1964.

Los yacimientos minerales y de hidrocarburos de Bolivia. Ministerio de Minas y Petróleo Departamento Nacional de Geología (Bolivia) - Boletín N°5 especial.

ANGELELLI, V.; FERNANDEZ LIMA, J.C.
HERRERA, A.; ARISTARAIN, L.; 1970

Descripción del mapa metalogénico de la República Argentina. Minerales metalíferos - Dirección Nacional de Geología y Minería. Anales XV - 1972 Páginas.

ARNOULD, A.; ROUTHIER, P.; 1956

Les gites de manganèse de Nouvelle Calédonie. Un "type" de gisement de manganèse méconnue: le type volcanique sédimentaire. XX Congreso Geológico Internacional Simposio del Manganèse T IV, p. 313-329.

BARBOSA, O.; 1956.

Manganèse at Urucum, State of Matto Grosso, Brasil. XX Congreso Geológico Internacional Simposio del Manganèse T III, p. 261-277.

BAUD, L.; 1956.

Les gisements et indices de manganèse de l'Afrique Equatoriale. Française XX Congreso Geológico Internacional - Simposio del Manganèse, T. II p. 9 - 38.

BIESE, W.A.; 1956

Los yacimientos de manganèse de Chile XX Congreso Geológico Internacional - Simposio del Manganèse. T III, p. 377-411.

1/2.-

CORRENS, C.W.; 1949

Einführung in die Mineralogie.
Springer-Verlag- Berlin
pág. 414 (in Mason, 1960).

DE VILLIERS, J.; 1956

The manganese deposits of the
Union of South Africa
XX Congreso Geológico Internac
ional - Simposio del Mangane
so, T. II, p. 39-79

DORR, J.V.N.; SOARES COELHO, I.;
HOREN, A.; 1956

The manganese deposits of Mi
nas Gerais, Brasil, XX Congre
so Geológico Internacional
Simposio del Manganeso, T. III
p. 279 - 346.

ERHART, H.; 1966

Bio -rhexistatie, biostaties
evolutives, heterostatie. Im
portance de ces notions en
gitologie miniere exogene.
Comptes Rendues Academie des
Sciences - Paris T. 263,
p. 1048 - 1051 Serie D.

ERHART, H.; 1967

La genese des sols en tant
que phenomene geologique.
Masson et Cie Ed., Paris, 177
pág.

KEGEL, W.; 1956

Manganese deposits of the
state of Bahia, Brazil. XX
Congreso Geológico Internacio
nal - Simposio del Manganeso
T. III, p. 257-260.

KUPFERBURGER, W.; BOARDMAN, L.G.;
BOSCH, P.R.; 1956

New Considerations concerning
the manganese ore deposits in
the Postmasburg and Kuruman
areas, Northern Cape Province,
Union of South Africa.
XX Congreso Geológico Internac
ional - Simposio del Mangane
so, T. II, p.73-86.

MASON, B.; 1960

Principios de geoquímica.
Ediciones Omega Barcelona
333 página.



1/3.-

MARCHANDISE, H.; 1956

Contribution a l'etude des gisements de manganese sedimentaires. XX Congreso Geológico Internacional Simposio del Manganeso T. I p. 107-118

MARIYAMA, S.; NOHARA, M.; ARITA, M.
SANADA, K.; 1975

Manganese deposits - Geological Survey of Japan. Cruise Report N° 4 p.75-86

MIZUNO, A.; ARITA, M.; HONZA, E.;
KINOSHITA, Y.; MARIYAMA, S.; NOHARA, M.;
SANADA, K.; y TAMAKI, K.; 1975

Preliminary conclusions on sedimentology and manganese deposits. Geological Survey of Japan, Cruise Report N° 4 p. 89-94

NUÑEZ, E.; BACHMANN, E.W. de
RAVAZZOLI, A.; FRANCHI, M.; LIZUAIN, A.;
SEPULVEDA, E.; 1975

Rasgos Geológicos del Sector oriental del Macizo Somuncurá Provincia de Río Negro, República Argentina. II Congreso Iberoamericano de Geología Económica. T. IV p. 247-266

RUIZ FULLER, C.; 1965

Geología y yacimientos metalíferos de Chile. Instituto de Investigaciones Geológicas, Chile 305 pág.

ROSSI, N.; 1964

Los yacimientos de Manganeso de Patagonia. Dirección Nacional de Geología y Minería. Informe Inédito N° 931.

ROUTHIER, P.; 1963

Les gisements metalliferes. Geologie et principes de recherche. Masson et Cie, Paris, 2 Tomos, 411 figuras, 40 tables.

SANADA, K.; 1975

Metal contents of sediments, Geological Survey of Japan Cruise Report N°4, p. 71-74

//A.-

VAASJOKI, O.; 1956.

On the natural occurrence of
Manganese in Finland.
XX Congreso Geológico Interna
cional Simposio del Manganese
T. V , p. 51.

VALENGIO, D.; 1969

El paleomagnetismo de algunas
magmatitas del Triásico
Superior, Grupo Cacheuta,
provincia de Mendoza, Repúbli
ca Argentina.
Revista de la Asociación
Geológica Argentina. T. XXIV
N° 3, p. 191-198.

VALVANO, J.A.; 1957

Los yacimientos de hierro de
Sierra Grande, provincia de
Río Negro. Dirección Nacional
de Geología y Minería. Informe
inédito, Carpeta N° 372.

ZOLLNER, N.; 1951

Informe geológico económico
del Yacimiento ferrífero de
Sierra Grande. Dirección Nacio
nal de Geología y Minería.
Informe inédito Carpeta N° 395.

030