

ORIGEN DEL DEPOSITO DE MANGANESO DE LUCIFER EN BAJA CALIFORNIA, MEXICO. (*)

HIRONAO NISHIHARA (**)

S U M A R I O

La Teoría previa de solución hidro-termal de origen magmático sobre la génesis del depósito de manganeso de Lucifer (14) parece adolecer de falta de pruebas convincentes que la apoyen y no va de acuerdo con las observaciones de campo, que sugieren más bien claramente que el manganeso fue derivado de rocas básicas de los altos circunvecinos, transportado en solución como sulfato o carbonato, y redepositado como carbonato, hidróxido u óxido en el fondo de las mares del Plioceno con sedimentos calcáreos, carbonáceos, yesíferos y lodosos, que fueron geoquímicamente responsables de la precipitación, concentración y depósito del manganeso.

I N T R O D U C C I O N

El autor gozó del privilegio especial de tomar parte en una visita a la mina en una de las excursiones, realizadas antes de la XX Sesión del Congreso Geológico Internacional en México, durante el mes de agosto de 1956, y pudo estudiar **en situ** el depósito de manganeso de Lucifer, del cual tenía conocimiento previo derivado de las conferencias especiales dadas por el Ing. R. B. Mulchay sobre las "Condiciones Geológicas y Mineras de México", en la Universidad de Arizona en abril y mayo de 1955, cuando el autor estaba estudiando en esa Universidad como becario Fulbright.

El Dr. Ivan F. Wilson y el Ing. Mario Veytia (15) postularon, para el origen del depósito de manganeso de Lucifer la hipótesis de que el manganeso en solución fue introducido en

(*) Manuscrito recibido en junio de 1957. (Traducción por el Ing. Manuel Alvarez Jr.).

(**) Doctor en Ciencia. Miembro de la Sociedad Geológica Mexicana. Tokio, Japón.

los sedimentos del Plioceno por soluciones hidrotermales de origen magmático.

Las observaciones de campo, sin embargo, revelan ciertas características como la ausencia de rocas ígneas posteriores al Plioceno, la relación estructural del depósito de manto a las rocas ígneas; el modo en que ocurre el extenso depósito, y la asociación de los minerales de manganeso a otros minerales de baja temperatura; lo cual no concuerda con su teoría hipotética.

Estas características más bien sugerirían que el depósito de manganeso de Lucifer fue formado con los sedimentos detríticos en las aguas someras de los mares del Plioceno.

Agradecimientos.—El autor agradece la bondadosa invitación y generosa ayuda del Dr. Jenaro González Reyna, secretario general del XX Congreso Geológico Internacional, que hizo posible este extenso viaje a Baja California y el estudio de uno de los depósitos más interesantes de óxido de manganeso, como uno de los miembros privilegiados del Congreso.

El autor desea expresar su elevado aprecio al Sr. Ing. Manuel Alvarez Jr., presidente de la Sociedad Geológica Mexicana, por el privilegio especial que le fue concedido de ser patrocinado por él para ingresar como miembro a esta Sociedad. El autor se reconoce deudor del director Ing. Salvador Cortés Obregón y del subdirector Ing. J. J. Falomir del Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales, por haberle suministrado valiosos boletines y mapas geológicos, y a los ingenieros Georges Ordóñez y Héctor Bravo, por su eficaz y escrupulosa ayuda en todo; al Ing. Víctor M. Mejía, geólogo de la Cía. Minera de Santa Rosalía, S. A. por las valiosas instrucciones y opiniones sobre la génesis de depósitos de manto.

EL DEPOSITO DE MANGANESO DE LUCIFER

LOCALIZACION

El distrito se encuentra a los 27°30' latitud norte y 112°30' latitud oeste; como a 17 kms. al noroeste de la población de

Santa Rosalía en la costa oriental de la larga península de Baja California, México.

MAPEO GEOLOGICO Y DEPOSITO MINERAL

Los sedimentos del Plioceno Inferior descansan sobre la superficie erosionada de las rocas volcánicas de la formación Comondú. Los depósitos de manto de manganeso están localizados en dos horizontes en las areniscas tobaceas que yacen sobre el conglomerado de la formación Boleo, el cual está cortado en muchos lugares por fallas posteriores. La extensión horizontal de depósito es de aproximadamente 600 mts. en la dirección este-oeste y de 100 mts. de ancho, con un espesor variable de 50 a 200 cms. La mesa es de óxido de manganeso, probablemente pirolusitas y se presenta con calcita; jaspe ferruginoso o calcedonia y frecuentemente con crisocola.

GENESIS Y PROCESO DEL DEPOSITO DE LA MINA

De acuerdo con Wilson (16) soluciones hidrotermales conteniendo manganeso, ascendieron por las fallas post-Pliocénicas a través de las rocas volcánicas de la formación Comondú, y se "esparcieron" en los planos de estratificación de los miembros tobaceos de la formación Boleo. En aparente apoyo de su teoría hipotética presentaron tres evidencias como pruebas convincentes del origen ígneo.

Estas son: 1) la presencia de vetillas de óxido de manganeso, minerales de cobre, óxidos de hierro y jaspe en las rocas volcánicas de la formación Comondú, 2) relaciones cruzadas del óxido de manganeso, que transgrede de la toba al conglomerado superyacente o subyacente, y 3) localización de los depósitos y su relación a los rasgos estructurales, incluyendo la terraza estructural y la falla de suave echado que se encuentra sobre el mineral.

Las observaciones de campo, sin embargo, revelan el hecho de que los rasgos arriba enumerados no parecen venir en apoyo de su teoría de soluciones hidrotermales, pues no hay ninguna roca intrusiva cerca o posterior a los sedimentos del Plioceno, que se pudiera considerar como la propia fuente

de las soluciones hidrotermales ascendentes. Las vetillas de óxido de manganeso, minerales de cobre, óxidos de hierro y jaspe en la Comondú se habían formado en las rocas volcánicas antes del depósito de los sedimentos del Plioceno, y no deben poseer ninguna relación genética con el depósito de manganeso.

La estructura cruzada del óxido de manganeso, que corta y atraviesa a los sedimentos es un rasgo típico del siempre inestable depósito detrítico de óxido o hidróxido de manganeso, que podría haber sido retrabajada cerca de la costa o en aguas someras y la localización de los depósitos de manganeso en manchas separadas sugieren una superficie irregular y alabeada durante el tiempo del depósito. La terminación abrupta del manto de las rocas volcánicas de la formación Comondú y el angostamiento del depósito al alejarse de la costa, son indicaciones generales de sedimentación más bien que de soluciones hidrotermales que no podrían haber esparcido el hidróxido de manganeso fluido o el sulfato en solución y distribuirlo en una área tan extensa.

Si la solución hidrotermal que debió haber sido ácida (8) ascendió alguna vez a través de las rocas volcánicas, debió haber ocasionado una intensa y extensa caolinización de los feldespatos sódicos o cálcicos de la Comondú andesítica, que se encontraría situada más cerca de la fuente de emanación ígnea; pero no hay pruebas de que tal haya acontecido. La terminación definida y abrupta del depósito del manto de manganeso con los sedimentos encajonantes en la superficie erosionada de las rocas volcánicas del Mioceno de la formación Comondú, es razón suficiente para poner en duda el posible origen ígneo.

Es inconcebible que la solución magmática que transportó al manganeso (hidróxido) en solución y se esparció selectiva y extensivamente en el horizonte basal de los sedimentos de periodos diferentes no formó ninguna veta de relleno sustancial de fisura con los carbonatos o silicatos manganíferos de la Comondú, ni ningún depósito de reemplazamiento a lo largo del contacto Boleo-Comondú.

La presencia de unas cuantas vetillas de óxido de manganeso en las rocas volcánicas subyacentes de la formación Comondú, no necesariamente sugiere una posible fuente directa del manganeso en el depósito de manto, porque todas son independientes y no están conectadas con el depósito de manto en los sedimentos del Plioceno.

Todos los depósitos de manganeso de origen ígneo que el autor ha examinado antes (11), tenían una mineralogía, geología y forma de presentarse común. Son vetas de fisura en monzonita o andesita porfirítica, o cortan, a través de las rocas sedimentarias superyacentes, afloramientos constituídos por óxido negro de manganeso que pasa gradualmente a carbonato y silicato rosado de manganeso y finalmente a pórfido de cuarzo con pirita finamente diseminada. A juzgar por la naturaleza fácilmente oxidable del carbonato que cubre al óxido de manganeso, éste no podría ser primario sino más probablemente carbonato de magnesio oxidado. Otro tipo de depósito de manganeso localizado en Manchuria, era un cuerpo mineral lenticular de carbonato de magnesio en caliza en el contacto con un granito. Un montón de mineral de carbonato de calcio rosado recién almacenado se veía cubierto con una película delgada de óxido tres semanas después; lo que muestra la naturaleza fácilmente oxidable del carbonato de manganeso. Una veta de rodocrosita de fuerte echado en Hokkaido, Japón, tenía en el nivel superior de la mina, galena bandeada, esfalerita, calcopirita y pirita con algo de oro y plata, paralelas a las paredes. Las vetas cortaban la andesita que estaba altamente propilitizada mostrando alteración por la solución hidrotermal ascendente.

Parece entonces, que todos los depósitos de manganeso que el autor ha examinado en Manchuria, Korea y Japón, que incuestionablemente eran de origen ígneo, están caracterizados por estar constituídos por vetas de carbonato primario que pasa gradualmente, hacia abajo, a silicato, o ceden su puesto a cuarzo que puede llevar sulfuros primarios tales como pirita, esfalerita y galena. La caolinización o propilitización de las rocas ígneas encajonantes, a lo largo de las paredes de las vetas

de carbonato de manganeso, puede considerarse como otra característica que prevalece en los depósitos de origen ígneo.

POSIBLES FUENTES DEL MANGANESO

Abundancia de manganeso.—Muchas rocas ricas en óxidos de sodio y potasio, tales como sienitas feldespatoideas, fonolitas y basaltos feldespatoideas, muestran relaciones muy altas de manganeso a magnesio y de manganeso a hierro, o sea que el contenido de manganeso es más alto en las rocas ácidas que las básicas, como se muestra a continuación (13).

Roca	MnO	FeO	MnO:FeO
	Por ciento		
Gabro	0.15	8.6	0.017
Diorita	0.09	6.0	0.015
Granito	0.05	2.9	0.018
Granito Pegmatítico			1.000

De acuerdo con Goldschmidt (7) las soluciones hidrotermales de origen magmático sólo dan lugar a minerales de manganeso tales como los carbonatos mangánicos rodocrosita, $MnCO_3$, manganosiderita $(Fe,Mn)CO_3$, y ankerita mangánica $Ca(Fe,Mg,Mn)(CO_3)_2$.

El manganeso está muy relacionado mineralógicamente al hierro con la excepción del grado de oxidación y ocurre como óxidos, hidróxidos, silicato y carbonato, y menos frecuentemente como sulfuros, fosfatos, tungstenatos, columbatos, etc. Aunque sólo está presente en unos cuantos minerales, ocupa el doceavo lugar en abundancia como elemento (9) en la corteza terrestre, ó 1000 grms. por tonelada, contra 50,000 grms. por tonelada de hierro que ocupa el cuarto lugar. La concentración de manganeso en gramos por tonelada es de 0.001 a 0.01 contra 0.002 a 0.02 de hierro (10).

Las formas más estables de manganeso son los óxidos e hidróxidos, representados por pirolusita, MnO_2 , y psilomelan,

H_2MnO_3 , respectivamente. Los óxidos de manganeso se encuentran precipitados en el fondo del mar en forma de nódulos, cuya composición química varía ampliamente, pero que son de interés por su asociación con varios elementos (2) incluyendo Cu, Zn, Pb, Ni, Co, V, Mo, y muchos otros.

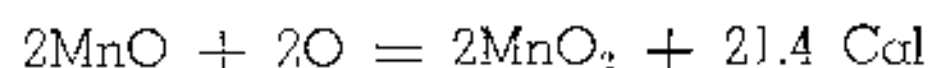
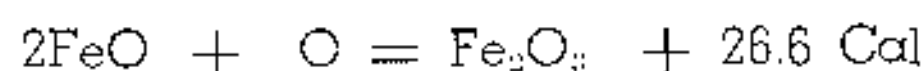
ANALISIS DE UN NODULO DE MANGANESO (5)

OXIDOS	PORCION SOLUBLE EN HCl	PORCION INSOLUBLE
SiO ₂		74.58
TiO ₂		0.72
Al ₂ O ₃	6.34	12.93
Fe ₂ O ₃	26.97	4.79
MgO	4.60	
CaO	4.02	1.45
SrO		0.11
BaO		0.67
MnO	42.94	
NiO	1.96	
CoO	2.56	
ZnO	0.20	
CuO	0.74	
PbO	0.10	
Tl ₂ O	0.06	
Na ₂ O		3.62
K ₂ O		0.95
P ₂ O ₅	0.22	0.11
V ₂ O ₅	0.14	
MoO ₃	0.20	
SO ₃	0.94	
CO ₂	0.58	
Oxígeno en peróxido	9.42	
	99.99	99.93

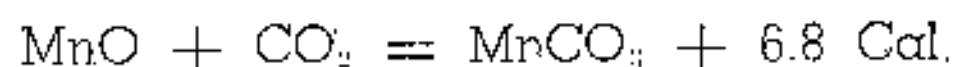
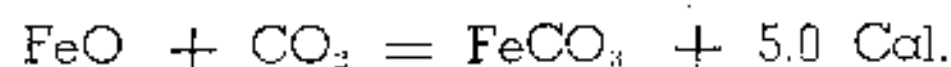
El análisis anterior de un nódulo de manganeso efectuado por J. Gibson (5) no sólo sugiere la posibilidad de sedimentación del óxido de manganeso en el agua del mar, sino tam-

bién la asociación cuantitativa del óxido de hierro, aluminio y sílice.

CICLO DEL MANGANESO.—El manganeso como el hierro, con el cual se encuentra íntimamente relacionado en la naturaleza, es disuelto de las rocas ígneas por el sulfato ferroso o el férrico generado por la oxidación de los sulfuros. De acuerdo con Fresenius (4) en la solución mixta de hierro y manganeso el hierro se precipita primero como $\text{Fe}(\text{OH})_3$, mientras que el manganeso permanece en la solución como bicarbonato, porque, de acuerdo con Dieulafait (3) es de menor calor de formación que el hierro, así:



y en los carbonatos, por la misma razón, el manganeso es estable, mientras que el hierro entra en solución, así:



El sulfato ferroso, generado por oxidación de la piritita cerca de la superficie, reacciona con los carbonatos de manganeso en forma de MnSO_4 , $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ y CO_2 . Entonces los sulfatos férrico y ferroso reaccionan con la caliza CaCO_3 , y el sulfato férrico genera CO_2 , $\text{Fe}(\text{OH})_3$ y CaSO_4 , mientras que el MnSO_4 , inactivo con el CaCO_3 , es convertido en MnO en presencia del oxígeno del aire.

La descomposición por intemperismo de las rocas ricas en manganeso da lugar a la formación presencional del bicarbonato de manganeso, $\text{Mn}(\text{HCO}_3)_2$, el cual es convertido directamente en óxido de manganeso, MnO_2 , e hidróxido, $\text{Mn}(\text{OH})_2$. Este proceso puede ser estimulado por un clima húmedo y cálido.

La separación de los hidróxidos de hierro y manganeso es más o menos completa debido a la mayor afinidad del hierro por el oxígeno que la del manganeso, que permanece en solución mientras que el hierro es precipitado como hidróxido

férrico $\text{Fe}(\text{OH})_3$. Una separación completa del manganeso y el hierro y la precipitación de una mena rica en manganeso y pobre en hierro puede explicarse (12) por el hecho de que el hidrosol $\text{Fe}(\text{OH})_3$ es débilmente básico, y por lo tanto cargado positivamente, mientras que el hidrosol $\text{Mn}(\text{OH})_2$ es débilmente ácido, y por lo tanto está cargado negativamente. Por ello, como ha mostrado Behrend (1), una adición de electrolitos a soluciones que contienen un exceso de hierro sobre manganeso da lugar a la separación del hidróxido rico en manganeso seguido por una posterior precipitación de hidróxido rico en hierro.

RESUMEN Y SUGESTIONES

La teoría previa del origen ígneo para el depósito de manganeso de Lucifer parece estar basada en argumentos totalmente hipotéticos, y no concuerda del todo con las observaciones de campo.

Es más probable que el manganeso del depósito de Lucifer haya sido derivado de rocas ígneas sedimentarias o metamórficas de elevaciones circunvecinas, incluyendo las rocas volcánicas de Comondú, en las cuales ocurrieron lo más probablemente como óxidos, silicatos, o carbonatos. Por la disolución por intemperismo, el transporte en solución o como detritos, concentración y precipitación final como óxido, el depósito en el horizonte basal de los sedimentos del Plioceno debe de haber estado sujeto al curso natural del ciclo del manganeso.

Un estudio analítico cuidadoso de las evidencias de campo, implicando relaciones estratigráficas, relaciones a la actividad ígnea, ambiente geológico del depósito del mineral, posible fuente del manganeso y finalmente el modo como se presenta, apuntan a una interpretación de la génesis del depósito de manganeso de Lucifer favorable a la presente teoría del origen sedimentario.

El autor está firmemente convencido que muchos otros depósitos sedimentarios de minerales de manganeso, de origen y proceso de depósito análogos al de Lucifer, serán descubiertos en México.

Relacionado con ésto el autor desea aprovechar esta oportunidad para asentar que le fue proporcionada una muestra de óxido de manganeso de cierta localidad cerca de Puebla, que abarca un crinoide fósil, probablemente un *Uintacrinus*, sp., lo que sugiere la posible existencia de depósitos de manganeso de origen sedimentario no solamente en el Terciario sino también en el Cretácico o en sedimentos más antiguos.

BIBLIOGRAFIA

1. Benhrend, Fritz. Uber die Bildung von Eisen-und Mangenerzen durch deren Hydroxidsole auf Verwitterungslagerstaetten. Z. prakt. Geol. 32, 1924.
2. Clarke, F. W. Data of Geochemistry, U.S.G.S. Bulletin 770, 1924, p. 136.
3. Dieulafait, L. Compt. Rend., v. 101, 1885.
4. Fresenius, C. R., Cited by Gastav Bischof, Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie, 2d. ed., v. I, p. 540.
5. Gibson, J. Challenger Report Deep-sea Deposits, 1891, pp. 417-423.
6. Goldschmidt, V. M. Geochemistry, 1954, p. 629.
7. Goldschmidt, Idem., p. 632.
8. Gratton, Luis C. Nature of the Ore-forming Fluid, Eco. Geol. v. 35, Suppl. No. 2, 1940.
9. Mason, Brian. Principles of Geochemistry, 1951. p. 41.
10. Mason, Brian, Idem., p. 167.
11. Nishihara, H. From field notes: unpublished.
12. Rankama, K. and Sahama, Th. G. Geochemistry, 1952. pp. 647-669.
13. Rankama, K., Idem., p. 643.
14. Wilson, Ivan F. and Veytia, Mario. U.S.G.S. Bulletin 960-F, 1949.
15. Wilson, Ivan F., Idem.
16. Wilson, Ivan F., Idem.