

NUEVA CLASIFICACIÓN DE YACIMIENTOS MINERALES

GERMÁN ARRIAGA GARCÍA, CARLOS EDUARDO GARZA GONZÁLEZ VÉLEZ y FERNANDO ROSIQUE NARANJO

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México

RESUMEN

Durante el XXVII Congreso Internacional de Minería, efectuado en la ciudad de Veracruz en el año de 2007, se planteó un esbozo de una clasificación de los yacimientos minerales con base en el ciclo geológico. En esta ocasión se detalla esta clasificación y al mismo tiempo se precisa la eliminación o la modificación de algunos conceptos acerca de la génesis de los yacimientos como: la eliminación de yacimientos hipotermales y la eliminación de yacimientos epitermales. No con respecto a su temperatura de formación sino en el marco geológico en donde están establecidos. Así mismo, la consideración de los megayacimientos sedimentarios y la indudable influencia de los fondos marinos para su generación. Por otra parte, se hace hincapié en la importancia de las diferentes rocas, ígneas, sedimentarias y metamórficas como contenedoras de las mineralizaciones.

ABSTRACT

During the XXVII International Mining Congress, celebrated in the city of Veracruz in October 2007, a new intend of ore deposits classification was proposed on the basis of the geological cycle. This new classification was improved as well, especially in some concepts about the ore deposits genesis, particularly on the aspects related to hypothermal and epithermal environments. The geological framework represents one of the most important features to be considered on the aspect of ore deposits location. The giant sedimentary ore deposits and their relationship with the deep ocean floor are considered due to their economic importance. On the other hand, the relevant role of the metamorphic, sedimentary or igneous rocks as ore host lithologies is remarked.

INTRODUCCIÓN

Una de las preocupaciones que se mantuvo, prácticamente durante todo el siglo XX, entre los especialistas, en el estudio de los yacimientos minerales, fue la clasificación de los propios yacimientos minerales. Casi todos los autores publicaron sendas clasificaciones; algunos de ellos hicieron una recopilación de las publicadas anteriormente como los libros de Bateman, P. Routhier, Park, etc. Sin embargo la mayor parte de las clasificaciones se basaron en la génesis de las mineralizaciones. Es decir, tomaron un solo aspecto de los yacimientos minerales cuyas múltiples características obligan a considerarlos como sujetos que deben ser clasificados de acuerdo con los diversos fenómenos que les han dado lugar.

En este sentido se retoma el concepto de modelo de mineralización, ya anunciado por P. Routhier (1963), donde se deben tomar en cuenta las diferentes características inherentes a la mineralización como son: paragénesis y alteración supergénica; roca encajonante, estratigrafía, edad, estructuras, alteraciones, importancia económica, génesis e historia geológica.

Como el mismo P. Routhier lo indica, se trata de que en la clasificación se considere la mayor cantidad de metalotectones, de tal manera que se debería parangonar con la clasificación de los seres vivos en donde son considerados todas las características que los conforman: mono o pluricelulares, con osamenta o sin ella, número de miembros, medio de locomoción, modo de reproducción, etc. De tal manera que una especie animal queda bien definida y ocupa un solo lugar dentro de esta clasificación. Lo mismo puede decirse de la clasificación química de los elementos. En lo que se refiere a la química Dmitri Mendeléiev, estableció la tabla periódica cuando todavía no se conocían varios elementos; sin embargo, ya tenía perfectamente localizada su ubicación dentro de la propia tabla. De acuerdo al gran número de parámetros que entran en el caso de los yacimientos minerales, una clasificación resulta muy difícil de elaborar. El presente trabajo puede considerarse como un ensayo para colmar la laguna que se tiene en el estudio de los yacimientos minerales.

Metalotectón: cualquier fenómeno que haya contribuido a la construcción de la mineralización (P. Routhier, et. al., 1963). Para tratar de abarcar el mayor número de características con el fin de conformar los diferentes modelos de yacimientos minerales se tendrá en cuenta, en primer lugar, los fenómenos que ocurren en el seno de la corteza terrestre y que son los causantes de todos los yacimientos minerales; el orden que se dispone corresponde a la percepción que se puede tener de ellos: intemperismo, erosión, sedimentación, plutonismo, metamorfismo, y vulcanismo. De esta manera pueden enmarcarse los yacimientos minerales dentro de cuadros geológicos bien definidos así como las rocas, las estructuras y por supuesto la génesis que les dio origen. Previamente, se señalan algunas consideraciones con respecto a las génesis mencionadas.

YACIMIENTOS HIPOTERMALES (?)

Normalmente los autores estadounidenses llaman yacimiento hipotermal a una mezcla de yacimientos de alta temperatura que la generalidad de los autores europeos conocen como pneumatolíticos. Estos yacimientos, se enmarcan en el cuadro asociado a un cuerpo granítico de naturaleza alcalina o calicialcalina (rara vez cuarzomonzonitas) Si se observa la lista de minerales considerados "hipotermes" se constata que es igual a los minerales considerados pneumatolíticos. Por o tanto, este es un cuadro geológico bien definido que no se piensa que deba mezclarse con los hidrotermales. Conclusión: se desechan el concepto de hipotermes.

YACIMIENTOS EPITERMALES (?)

Aun cuando la palabra epitermal ha sido discutida por diversos autores por su mala construcción, no se pretende desconocer, en absoluto, la existencia del yacimiento mineral de baja temperatura; sin embargo en el marco geológico general, estos yacimientos son atribuidos a un cuerpo plutónico más o menos conocido (Lindgren, 1932).

Esta supuesta relación se ve oscurecida. Por una parte, no existe evidencia clara para esta conexión; por otra, con un ejemplo muy claro de una de las principales mineralizaciones mexicanas, se pone a juicio del lector, la relación supuesta con un cuerpo plutónico del que emanan las mineralizaciones: los siguientes yacimientos (se citan los más notables o los estudiados por el CRM). Pachuca, Hgo., Guanajuato, Gto., Tayoltita, Dgo., Tahuehueto Dgo. y Mineral de dolores Chih.

Todos los yacimientos mencionados cuentan con las siguientes características:

- La misma roca encajonante andesita, más raramente dacitas y sus correspondientes tobas.
- Una estratigrafía volcánica idéntica sobre un basamento calcáreo o metamórfico pre-Cretácico se tiene de la roca más joven a la más antigua.
- Basalto, ignimbrita, andesita, dacitas, caliza o roca metamórfica
- (andesita, dacitas rocas encajonantes de la mineralización).
- Todas estas rocas excepto el basalto e ignimbrita, con abundantes diques de rocas de similar composición.

La estructura de las mineralizaciones, siempre vetas, que tienen un tope común: las ignimbritas dos excepciones conocidas, en el caso de Tayoltita se intercala las andesita un cuerpo de ignimbritas; no obstante, la andesita es la principal roca encajonante (Andesita productora) En el caso de Guanajuato, al parecer, las ignimbritas (formación Chichíndaro) contiene también mineralización (comunicación personal del ingeniero Enrique Gómez de la Rosa).

La edad del vulcanismo del terciario por supuesto, las características mencionadas son iguales en todos ellos pero cada uno posee su propia fisonomía.

Con el ejemplo anterior se tiene una de las evidencias en que numerosos yacimientos minerales de México se asocian al vulcanismo por citar algunos minerales: Casiterita (diversas localidades en Hgo, Dgo, Zac.) Fe (Cerro del Mercado, La Perla, etc.) Uranio (El Nopal Chih.), Fluorita (SLP, Coahuila), Wolframio (El Maguey, Gto.) etc. Conclusión: los llamados yacimientos epitermales existen en relación con rocas volcánicas y subvolcánicas. (Ninguna relación con supuestos granitos)

MEGAYACIMIENTO SEDIMENTARIO (?)

Si se toman en consideración los mayores yacimientos conocidos y explotados por el hombre, se deben de mencionar los yacimientos ferríferos:

- La zona de los Grandes Lagos (USA, Canadá).
- Los yacimientos ferríferos del oeste europeo (Francia Bélgica, Luxemburgo).
- Las itabiritas de Brasil.
- Cerro Bolívar, Venezuela.
- Las jaspilitas australianas.

Todos los yacimientos anteriores cuentan con miles de millones de toneladas (mil millones se considera una unidad en estos yacimientos). Aunque con controversia, algunos de principales autores del siglo XX, no tuvieron duda en considerarlos como sedimentarios (P. Routhier, P. Nicolini, Jensen y Bateman). Incluso se desarrollaron teorías para explicar su existencia. Resistaxis de Nicolini. También se deben de considerar los yacimientos sedimentarios de manganeso que representan en sí mismos los mayores depósitos de este metal. La presencia de estos yacimientos ocurre en zonas marinas de condiciones oxidantes, epicontinentales, acordes con el carácter geoquímico de tipo siderófilo tanto del hierro como del manganeso (Goldschmidt, en Routhier, 1963). Sin embargo, numerosos autores han encontrado evidencias de hidrotermales en estos yacimientos; solo por citar uno reciente: el yacimiento de manganeso de Molango Hgo., que muestra evidencia clara de ventilas de los fondos oceánicos (Jiménez Velázquez, L, 2009).

Además la acumulación de cantidades exorbitantes de mineral, ponen ciertas dudas acerca de su origen, por más que se hable de tiempos geológicos. Con los nuevos conocimientos que se tienen de los fondos marinos (Autoridad Internacional de los Fondos Marinos Kingston, Jamaica, 2004). La actividad submarina (se entiende por submarina lo que procede de los fondos marinos; normalmente se habla de submarinos, como los navíos de guerra, cuyo nombre debía de ser intramarinos) es sumamente abundante para la generación de yacimientos minerales; así, se reconocen actualmente: costras ricas en cobalto, nódulos polimetálicos y sulfuros polimetálicos. Estos yacimientos, se han reconocido en los fondos marinos profundos; en los dos primeros abunda el manganeso y el hierro. Por lo tanto, las grandes concentraciones de hierro y manganeso en los yacimientos conocidos deben de ocasionarse por la propia actividad submarina. Conclusión: En gran parte los yacimientos de hierro y manganeso seguirán considerándose en parte sedimentarios pero con aporte volcánico, por supuesto que también existen yacimientos marinos totalmente sedimentarios como los de fósforo por ejemplo.

PARA CONSIDERAR LA CLASIFICACIÓN DE YACIMIENTOS MINERALES SE TIENE:

Yacimientos ligados con:

Intemperismo

Yacimientos residuales:

- Yacimientos de aluminio. Bauxitas autóctonas sobre rocas ricas en aluminio son estructuras generalmente en forma de bandas. Bauxitas alóctonas de relleno karst o en estratos de caliza.
- Yacimientos de níquel. Asociados a rocas ultrabásicas (peridotitas) con formas irregulares generalmente asentadas en la vecindad inmediata, sobre las rocas que les dieron origen.
- Yacimientos de hierro y manganeso. A menudo en bandas asociados a rocas ricas en esos metales.

Oxidación y enriquecimiento supergénico

- Se forma una zona de oxidación en la formación de metales nativos, oxidación con la formación de metales nativos, óxidos, carbonatos, sulfatos, etc..
- Una zona de enriquecimiento producto de depósitos de las soluciones supergénicas.
- Una zona de minerales primarios, sin alteración.

YACIMIENTOS SEDIMENTARIOS

Yacimientos asociados a actividades químicas y/o bioquímicas generalmente en mantos y zonas epicontinentales

Elementos como el fósforo asociados a una actividad bioquímica elementos como estroncio, bario. Por una precipitación química.

Yacimientos por evaporación

- Marino
- Acumulados en litorales con sales de Na, K, S, etc. generalmente en mantos o forman domos. El azufre pertenece al casquete rocoso
- Continentales
- Acumulados en zonas lacustres diversas sales

Yacimientos por concentración mecánica

Llamados placeres que pueden ser eólicos, glaciares, fluviales o marinos. Concentración de minerales debido a los agentes de intemperismo, depósitos en meandros, lagunas y zonas costeras. Entre ellos: oro, platino, y su grupo, estaño, piedras preciosas.

PLUTONISMO

Granitos alcalinos y calcialcalinos

Yacimientos neumatolíticos

- En concentraciones periplutónicas, en rocas de contacto: skarn, hornfels, con estructuras más o menos irregulares y en vetas: con numerosas rocas asociadas, gneises, microgranitos, lamprófidos, etc. Concentraciones de wolframio, estaño, bismuto, molibdeno, frecuentes oro y cobre.
- Asociados a pegmatitas compuestas normalmente vetiformes con un marcado zoneamiento y elementos variados: berilio, litio, wolframio, estaño, bismuto, tierras raras, etc.

•

Yacimientos Hidrotermales de Mediana Temperatura o

- Mesotermiales.
- Estos yacimientos también se asocian al siguiente grupo donde serán tratados más ampliamente.

Yacimientos Asociados a Granodioritas y Cuarzomonzonitas

- Yacimientos pirometasomáticos asociados a serie calcáreas con la presencia de skarn y hornfels.
- Generalmente irregulares diseminados y más rara vez en vetas. Los elementos comunes son Fe, Au, Cu.
- Yacimientos hidrotermales de mediana temperatura mesotermiales.

Numerosos yacimientos mexicanos pertenecen a este grupo (Zimapán, Fresnillo, Concepción del oro, Charcas, Santa Eulalia, Santa María de la Paz, etc.). Asociado generalmente a rocas calcáreas en chimeneas, mantos, diseminados y vetas a este grupo pertenecen los pórfidos cupríferos.

Yacimientos asociados a rocas básicas y ultrabásicas

- Generalmente conocidos como ortomagmáticos. La roca encajonante de este tipo es la peridotita, y en ocasiones el gabro (norita) con numerosas y diversas estructuras: diseminada, en vetas, cuerpos irregulares, chimeneas, schlieren.

- Los elementos presentes son cobalto, níquel, platino, (Os, Ir, Rh, Ru, Pa) titanio, cromo, diamante. También alteraciones de peridotita a talco y asbesto.
- Yacimientos asociados a rocas hiperalcalinas. Sienitas de nefelina con asociación de carbonatitas a menudo con tierras raras, titanio.

YACIMIENTOS ASOCIADOS A VULCANISMO Y SUBVULCANISMO.

Vulcano sedimentario

- Yacimiento tipo Kuroko.
- Cuerpos polimetálicos generalmente en mantos en ocasiones con metamorfismo de bajo grado. (yacimientos mexicanos: Tizapa, Rey de Plata y Campo Morado).
- Yacimientos sedimentarios asociados a ventilas submarinas; normalmente en mantos y diseminados en ocasiones con grandes volúmenes de hierro, manganeso, cobalto, polimetálicos, en este último grupo puede citarse el depósito de Real de Ángeles (Zacatecas).

Vulcanismo continental

- Los grandes depósitos de oro diseminados (El Sauzal, Chih.)

YACIMIENTOS ASOCIADOS A FENÓMENOS SUBVOLCÁNICOS

La gran mayoría de los yacimientos considerados de baja temperatura epitermales se clasifican en este grupo:

- Yacimientos auroargentíferos
- Normalmente con Pb, Zn Cu, en vetas cuya roca encajonante son andesitas y dacita. Ejemplo Pachuca Hgo. Tayoltita Dgo. Guanajuato Gto.
- Yacimientos auríferos con plata asociada generalmente diseminados, también en vetas con cuarzo asociadas a diversas rocas: ignimbrita, caliza, granito, skarn Ejemplo Sierra Madre Occidental San Pedro S.L.P.
- Yacimientos de fluorita. Asociados a microgranitos e ignimbritas y con series calcáreas como roca encajonante.
- Yacimientos ferríferos. En asociación con microdioritas, andesitas, con azufre comúnmente asociado a caliza con skarns. Costa del Pacífico, Ejemplo Peña Colorada, Las Truchas con estructura de manto y cuerpos irregulares. En asociación a rocas de composición riolítica (Cerro del Mercado Hércules) y traquítica (La Perla Chih.). Estos yacimientos contienen altas cantidades de fósforo. Se presentan como cuerpos irregulares; vetas.

Yacimientos propiamente volcánicos

- Yacimientos de estaño: casiterita diseminada y en pequeños agregados (estaño de madera o concreciones) en ignimbritas del terciario.
- Yacimientos de caolín: alteración de rocas de composición riolítica (ignimbritas).

YACIMIENTOS ASOCIADOS A METAMORFISMO

En este fenómeno se distingue en dos tipos: los yacimientos previamente formados al metamorfismo y yacimientos originados por el mismo fenómeno.

- Los yacimientos pre-metamórficos.
- Yacimiento de oro de placer (El Rand). Yacimientos Vulcano sedimentarios polimetálicos en filitas (esquistos de sericita) en lentes discontinuos originados por el propio fenómeno. Yacimientos formados por el metamorfismo:
- En este caso se tienen minerales no-metálicos de importancia industria como: andalucita, sillimanita, granate, cordierita y estaurolita asociados a esquistos y gneises.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bateman (A.M.), Economic Mineral Deposits, John Wiley N.Y., 1950.
- Jetsen, Mead L., Bateman, Alan M., Economic Mineral Deposits, John Wiley and Sons, 1979.
- Jiménez Velázquez, L., Control Geológico en Obras de Exploración de la Mina Coyotes, Distrito Magnesífero de Molango, Hgo.. 2009.
- Lindgren, Waldemar, Mineral Deposits, Mc. Graw Hill Book Company, Inc., 1932.
- Minerals other than polymetallic nodules of the international seabed area (2 tomos), abril 2004.
- Nicolini, Pierce, Géologie et exploration minérale, Technique et documentation Lavoisier, 1990.
- Routhier, Pierre; Les Gisements Metallifères Géologie et principes de Recherche, Masson et Cie, Editeurs, 1963.