

REVISIÓN SOBRE EL CONOCIMIENTO DE LOS YACIMIENTOS DE HIERRO DEL NORTE DE MEXICO

*Rodolfo Corona Esquivel^{1,3}, Jordi Tritlla²,
Antoni Camprubí², Eduardo González-Partida²
Gilles Levresse², Alejandro Carrillo-Chavez², Alberto Gómez²*

¹ Instituto de Geología UNAM, México D.F.

² Centro de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro

³ División de Estudios de Posgrado e Investigación ESIA-IPN, México D.F.

RESUMEN

El hierro es uno de los elementos más abundantes en la corteza terrestre, a nivel mundial existen grandes yacimientos, tales como los de la región del Lago Superior en los límites entre Estados Unidos y Canadá, los de Itabira en el oriente de Brasil y el de Kiruna, Suecia entre otros. Sin embargo, en México los yacimientos de hierro son escasos y en términos generales han sido divididos en dos grandes grupos: los del norte y los de la costa suroccidental del país. Dentro del grupo norte los tres grandes yacimientos son Cerro de Mercado, Dgo, La Perla, Chih. y Hércules, Coah. Todos ellos tienen características texturales y mineralógicas similares y están emplazados en secuencias magmáticas félsicas de edad terciaria.

Introducción: De acuerdo a su edad y situación geográfica, los yacimientos de hierro en México pueden clasificarse en dos grupos principales: (1) los de edad terciaria asociados a rocas volcánicas félsicas localizadas en el norte del país, siendo los principales Cerro del Mercado, la Perla y Hércules; (2) los de la porción suroccidental de México ubicados en una franja paralela a la costa pacífica que comprenden parte de los estados de Baja California, Jalisco, Colima, Michoacán y Guerrero, formando parte de la secuencia volcanosedimentaria del Jurásico-Cretácico (Corona-Esquivel, 2000).

En el norte del país, además de los tres grandes, existen otros yacimientos menores o aún no estudiados, que resulta interesante estudiar a fin de incrementar las reservas de mineral de hierro en México, tal es el caso de: Atil, San José del Alamo, San Antonio, Suaqui, El Volcán, San Pascual y el Fuerte en el Estado de Sonora; el Millar (La Cruz), S. de Arados (La Cobriza), Las Coloradas (Tosisihua), El Nido (Las Margaritas), La Prieta, San Eduardo, Carrizalillo, Chorreras, el 4, el Anteojo, el Hundido, el Diamante, el Aguaje, Magistral, Piedras Negras, San Expedito, y el Mezquite en el Estado de

Chihuahua; Las Cruces, Saturno, Minerva, el Progreso, Cerro de Mercado, Carrizal y el Milagro en Coahuila; Mozambique, la Escalera, Lechuguilla, Rey Leopoldo y Gilda en Culiacán; y Santa María y Saltzer en Durango.

Algunos de estos yacimientos no son aprovechables hoy día a causa de problemas metalúrgicos para su beneficio, o por tratarse en otro caso de un yacimiento de baja ley, sepultado bajo una cubierta de mas de 100 m de espesor, o bien, porque una parte de estos yacimientos corresponde a pequeños depósitos de menos de 1 millón de toneladas, dispersos en áreas carentes de infraestructura para su explotación (Benavides-García, 1987).

A continuación se hace un resumen de las características geológicas mas relevantes de los tres grandes yacimientos del norte de México:

Cerro de Mercado: El depósito de Cerro de Mercado se localiza en el norte de la ciudad de Durango, está emplazado dentro de una secuencia de rocas volcánicas del Terciario (30 Ma), y ha sido estudiado por varios autores (Salazar-Salinas *et al.*, 1923;

Foshag, 1928; Young *et al.*, 1969; Naeser and Fleischer, 1975; Lyons, 1988; y Labarthe *et al.*, 1990). De acuerdo con estos estudios, Lyons, 1988 propone que los depósitos de hierro fueron formados como resultado de una variedad de procesos volcánicos subaéreos. El principal depósito de Cerro del Mercado aparentemente fue el producto de una erupción de un magma de hierro rico en flúor, cloro, dióxido de carbono y agua. Derrames de lava y derrames de brechas formaron un domo volcánico sobre un sistema intrusivo alimentador. Los óxidos de hierro cristalizaron como magnetita, con abundantes cristales limpios de apatita de color amarillo-verdoso. Grandes volúmenes de gases ricos en halógenos salieron hacia la superficie a través de los flujos de óxido de hierro y oxidaron la magnetita a hematita (martita) y redepusieron el hierro como magnetita arenosa laminada en un área extensa.

Durante las etapas posteriores, en el proceso de enfriamiento, un dique cuarzolítico se emplazó en el yacimiento, y en las áreas adyacentes al Cerro de Mercado grandes volúmenes de hierro ricos en vapores fueron esparcidos en la atmósfera y cristalizaron como hematita pulverulenta de grano fino formando un manto de ceniza que cubrió un área de más de 300 km². La naturaleza rica en volátiles del sistema en el Cerro de Mercado propició un reemplazo premineralización extensivo de las riolitas subyacentes. Tobas post-mineralización sobreyacen la mena de hierro conteniendo fragmentos de óxido de hierro en sus bases sin alteración.

Por su parte Labarthe y colaboradores, (1990), proponen la hipótesis de que la mineralización fue por reemplazamiento asociada al intrusivo Mercado.

Henríquez y Corona, 2000, describen la gran similitud que existe entre el yacimiento de Cerro de Mercado, los de Kiirunavaara en Suecia y el de El Laco en Chile, así mismo, mencionan que en Cerro de Mercado es posible observar diferentes cuerpos de mena, de los cuales los de mayor volumen corresponden a brechas, lavas y tobas de hematita-magnetita.

Actualmente Cerro de Mercado tiene una producción de aproximadamente 1.1 millones de toneladas al año con ley del 45 al 47% de Fe y una recuperación del 48 al 54%. El concentrado de mineral se envía por ferrocarril con un recorrido aproximado de 700 km, hasta la planta de Altos Hornos de México en Monclova, Coah. La mina presenta un estado avanzado en su extracción siendo sus principales frentes de explotación Mesa de Torres y cuerpos Pirul, Oriente, y Central.

Cabe mencionar que en la actualidad, la mina se encuentran operando a toda su capacidad y que se tiene en proceso la exploración y el desarrollo de cuerpos de mineral de buena calidad ubicados en las inmediaciones del yacimiento, lo cual prolongará su vida productiva por varios años más.

La Perla: El yacimiento La Perla se localiza en la parte oriental del Estado de Chihuahua, dentro del Municipio de Camargo en terrenos del Rancho Tacubaya. Sus coordenadas geográficas son 28° 18' 51" N y 104° 33' 46" W y 1572 m de altitud.

Fisiográficamente queda en la porción suroriental de la provincia "Cuencas y Sierras" (Raisz 1964); así mismo queda comprendida dentro de la provincia geológica "Chihuahuense", en la que afloran rocas principalmente del Cenozoico y Mesozoico dentro de un ambiente geotectónico compuesto (Ortega *et al.*, 1992).

Durante la vida productiva de la mina se han realizado diversos estudios geológicos y geofísicos, tanto locales como regionales, con el propósito de conocer el origen del yacimiento y localizar nuevas áreas con mineral en la mina y en lugares aledaños a la misma. Entre los estudios geológicos destacan en orden de realización los efectuados por: Campbell, 1977; Van Allen, 1978; Pérez-Segura, 1982; Labarthe- Hernández, 1987; Ruvalcaba-Ruiz, 1988; Mosco-Cordoba *et al.*, 1990; Labarthe- Hernández *et al.*, 1991; y Sanchez-Quiroz *et al.*, 1997.

En cuanto a la geología y haciendo una descripción sucinta de los trabajos previos se puede decir que la columna estratigráfica del área consiste de unos 560

m de espesor, constituidos por una secuencia volcánica de composición principalmente félsica, representada por las unidades Formación La Perla, Andesita San Lucas, Ignimbrita Tacubaya, Riolita Mesteñas, Arcosa lítica, Ignimbrita Las Brujas y Riolita Hundido (Cambell 1977; Van Allen 1978).

La edad de estas rocas por fechamientos radiométricos es de 31.5 - 31.8 Ma en la formación La Perla que infrayace a las andesitas y de 27.2 + 0.6 Ma. en la ignimbrita Las Brujas que se localiza en la porción superior de la columna bajo la Riolita El Hundido (Cambell, 1977).

Las rocas que encajonan al mineral corresponden a lavas del miembro « Mina » de la Formación La Perla, precisando aún más se puede señalar que la mineralización está alojada entre dos coladas de lava de composición traquítica, llamadas localmente unidad «A» y unidad «C» (Van Allen, 1978).

La forma original del yacimiento fue la de un potente manto de mineral con su eje mayor orientado al N 20° E y el menor al N 70° W y longitudes de 1200 y 700 m respectivamente. La mena está constituida por hematita, martita y cantidades menores de magnetita con trazas de pirita en las partes más profundas. Mezclas complejas de estos minerales pueden encontrarse en todo el yacimiento. Los minerales de ganga son principalmente cuarzo y calcita y como trazas se encuentran apatita y sulfuros de hierro.

Actualmente pueden distinguirse dentro de la mina cuerpos de mineral masivo, mineral pulverulento, mineral silicificado y cuerpos de brecha.

La principal alteración que se observa en la roca encajonante es la propilitización intensa que sufren las unidades traquíticas, convirtiendo los feldespatos y la matriz al conjunto actinolita - clorita - calcita. También existe arcillización, silicificación y carbonatación de la roca. Dentro del cuerpo mineral, aparecen productos de oxidación como: hematita, goethita, lepidocrocita y limonita. En cuanto al origen de la mineralización, en la Perla han sido propuestas diferentes hipótesis relacionadas todas ellas con el magmatismo del área.

Hércules: El yacimiento de Hércules se ubica en el extremo occidental del Estado de Coahuila, cerca de los límites con el Estado de Chihuahua. Sus coordenadas geográficas son 28° 01' 40" N y 103° 44' 25" W, y dista aproximadamente 110 km al SE del yacimiento de la Perla. Fue estudiado por: Velasco-Hernández, 1964; Ruvalcaba-Ruíz, 1979; Peña-Rodríguez, 1990; Carreón-Sandoval, 1990; y Martínez-Bermudez et al., 1990 entre otros.

El distrito consiste de tres grandes cuerpos (Prometeo, Teseo y Tíber-Electra) y, por lo menos, cuatro más pequeños (Sama 1, 2, 3 y 4), todos ellos alojados a lo largo de grandes fallas; es decir que, existe una relación entre las fallas y el magmatismo al cual está asociada la mineralización. El magmatismo, según fechamientos, ha tenido ciertas épocas de recurrencia de tal manera que existen edades de 32 Ma hasta 4 Ma las más recientes (Com. personal. Jorge Aranda, 1999).

El cuerpo Prometeo, que es el más grande, es de forma tabular, subvertical siguiendo la falla, tiene unos 80 m de potencia por 700 m de longitud y aproximadamente 400 m de profundidad. La mena es principalmente hematita y magnetita, casi no hay pirita y en la parte más profunda existen cristales tabulares de magnetita intercrecidos con piroxeno, similares a los de Cerro de Mercado; también, se puede observar magnetita con oquedades en cuyas paredes se formaron cristales octaédricos de magnetita y hacia las partes exteriores la magnetita ha sido martitizada. Se observan, además, brechas de fragmentos de pórfido andesítico muy alterados y bloques de hematita cementados por magnetita. Según los ingenieros de la mina (Jorge Arriaga, 1999), los valores de fósforo son más altos hacia los bordes del cuerpo tabular que hacia la parte superior del cuerpo.

Los demás cuerpos son bastante similares, solo que más pequeños. Particularmente, en la parte superior del Tajo Teseo se presentan capas subhorizontales bien definidas de jaspe y también una alternancia de capas delgadas de travertino y magnetita pulverulenta. Estas últimas se encuentran intercaladas como un horizonte dentro de un conglomerado que

cubre discordantemente al cuerpo principal. El conglomerado parece ser consecuencia del relleno de una fosa tectónica (*graben*) relacionado con un movimiento posterior del sistema de fallas.

En conclusión, se deduce que el origen de los yacimientos en Hercules se relaciona con el emplazamiento de magmas de mena de hierro, los cuales tuvieron un control estructural relacionado con fallamiento normal, a lo cual siguió una intensa alteración hidrotermal.

Conclusiones: Los estudios realizados en los yacimientos del norte de México han avanzado en cuanto al conocimiento de la edad de formación, procesos de emplazamiento del mineral e hipótesis de su origen, quedando aún pendiente la realización de estudios detallados de las texturas que quedaron impresas durante su formación y de la composición química de los minerales por separado que constituyen la mena, rocas encajonantes y alteraciones relacionadas, siendo estos puntos una clave muy importante para establecer su comparación con otros yacimientos de su tipo y su clasificación de acuerdo a los modelos actuales.

Una vez conocidos los parámetros geológicos, tectónicos y geoquímicos comunes para la formación de estos yacimientos, podrán sugerirse blancos de exploración para la localización de nuevos yacimientos. Por otra parte será muy conveniente hacer una revisión de los depósitos que se sabe que existen, pero que aún no se han estudiado.

Reconocimientos: La presente investigación ha sido financiada por el proyecto UNAM-PAPIIT IN123202-2. Agradecemos asimismo, el apoyo recibido del Grupo Acerero del Norte.

Bibliografía:

Benavides-García, 1987, Tecnología de exploración de mineral de hierro en México: Simposio de Exploración de Mineral de Hierro en México, Monterrey, Nuevo León.
Campbell, A. 1977, Volcanic Rocks of the La Perla Area, Chihuahua, Mexico: M. of A. Thesis. University of Texas at Austin. 110 p.

Carreón-Sandoval, J.L., 1990. Diversos reportes técnicos de resultados sobre evaluación de reservas en el Distrito Ferrífero de Hercules, Coahuila, Minera del Norte, S.A. (Informe técnico inédito).
Corona-Esquivel, R. 2000. Geología regional y modelo genético de los yacimientos de hierro de la porción suroccidental de México. Universidad Nacional Autónoma de México. Tesis Doctoral, 171 p.
Foshag, W.F., 1928, Mineralogy and geology of Cerro de Mercado, Durango, Mexico: U.S. National Museum Proceedings, v. 74, art. 23, p. 1–27.
Henríquez, F. y Corona Esquivel, R., 2000. Yacimientos de hierro tipo Kiruna en México y comparación con yacimientos chilenos. Congreso Geológico Chileno, IX, Puerto Varas. Actas vol. 2, p. 118-122.
Labarthe, H. G., 1987, Revisión de la Información Geológica de La Perla Minas de Fierro, S.A. Informe inédito elaborado para La Perla Minas de Fierro S.A.
Labarthe-Hernández G., Tristán-González M., y Torres H. R. 1991., Estudio geológico de la Zona Cerro El Macho, Municipio de Camargo, Chihuahua. Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Instituto de Geología. Informe inédito, 48 p.
Labarthe-Hernández, Guillermo; Carreón-Sandoval, J.L.; Tristán-González, Margarito; y Aguillón-Robles, Alfredo, 1990, Cerro de Mercado *in* Ordoñez-Cortés, Jorge, ed., Minas Mexicanas: Tomo 5, p. 71–91.
Lyons, J.L., Jr., 1988, Volcanogenic iron oxide deposits, Cerro de Mercado and vicinity, Durango, Mexico: Economic Geology, v. 83, p. 1886–1906.
Mosco-Cordoba Eulalio, Martínez-Martínez, J. A. y Rodríguez-Guerrero Rubén. 1990, La Perla: en Minas Mexicanas, Tomo 5; Jorge Ordoñez Cortés Editor. P.33-53
Naeser, C.W., y Fleischer, R.L., 1975, Age of the Cerro de Mercado, Mexico—a problem for fission-track annealing corrections: Geophysical Research Letters, v. 2, p. 67–70.
Ortega-Gutiérrez, Fernando; Mitre-Salzar, L.M.; Roldán-Quintana, Jaime; Aranda-Gómez, J.J.; Morán-Zenteno, Dante; Alaniz-Álvarez, S.A.; y Nieto-Samaniego, Á.F., 1992, Texto explicativo de la quinta edición de la carta geológica de la República Mexicana, escala 1:2'000,000: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología; y Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal, Consejo de Recursos Minerales, 74 p.
Peña-Rodríguez, C., 1990. Informe geológico del Distrito Minero de Hercules Coahuila. Minera del Norte S.A. (Informe técnico inédito).
Pérez-Segura. Efrén., 1982, Zoneografía, paragénesis y origen de los yacimientos de hierro del lote “El Hundido”. Informe Inédito preparado para Altos Hornos de México, S.A. 25 p. 3 anexos.
Raisz, Erwin, 1964, Landforms of Mexico: Cambridge, Mass., U.S. Navy Geographical Branch, mapa, escala aprox. 1: 3'000,000.

- Ruvalcaba-Ruiz, D., 1979. Geología y origen del yacimiento ferrífero de Hercules Coahuila. Minera del Norte S.A. (Informe técnico, inédito).
- Ruvalcaba-Ruiz. Delfino., 1988, Geología y Origen del Yacimiento Ferrífero de La Perla, Chihuahua. Informe Inédito para La Perla Minas de Fierro, S.A.
- Salazar-Salinas, Leopoldo; González, Pedro; Santillán, Manuel; Acevedo, Antonio; y Martínez-Quintero, A.R., 1923, El Cerro de Mercado, Durango: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Boletín 44, 94 p.
- Sanchez-Quiroz Saul, Gutierrez Lopez David y Peña Rodriguez Cesar., 1997, Modelo Geológico-Geofísico del yacimiento de Fierro La Perla, Chih., Utilizando los métodos Aeromagnético y Audiomagnético Telúrico de fuente controlada. Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México A.C., Convención Nacional XXII, Trabajos Técnicos. P. 309-325.
- Van Allen, B. R. , 1978, Hidrotermal Iron Ore and Related Alterations in Volcanic Rocks of La Perla, Chihuahua, Mexico: M. of A. Thesis University of Texas Austin.
- Velasco-Hernández, Juan., 1964. Estudio geológico y geofísico de los yacimientos ferríferos de Hercules Coahuila. Cosnejo de Recursos Naturales No Renovables. Bol. 68.
- Young, E.J.; Myers, A.T.; Munson, E.L.; y Conklin, N.M., 1969, Mineralogy and geochemistry of fluorapatite from Cerro de Mercado, Durango, Mexico: U.S. Geological Survey Professional Paper 650-D, p. D84–D93.