

REVISIÓN SOBRE EL CONOCIMIENTO GEOLÓGICO Y GEOQUÍMICO DEL YACIMIENTO DE
HIERRO LA PERLA, ESTADO DE CHIHUAHUA, MÉXICO

Rodolfo Corona-Esquivel^{1,4}, Sergio Rodríguez-Elizarrarás¹, Azucena Morales-Isunza¹, Oscar Irazaba-Avila², Jordi Tritlla³,
Antoni Camprubí³, Daniel Jacinto Estanes¹

¹ Instituto de Geología UNAM, México D.F.

² Museo del Instituto de Geología, UNAM, México D.F.

³ Centro de Geociencias UNAM, Campus Juriquilla, Querétaro

⁴ División de Estudios de Posgrado e Investigación ESIA-IPN, México D.F.

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, justo a 90 km al NE de la ciudad de Camargo, Chih.

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: Toron y Esteve, 1946; Cárdenas y Del Castillo, 1964; Campbell, 1977; Van Allen, 1978; Pérez-Segura, 1982; Labarthe- Hernández, 1987; Ruvalcaba-Ruiz, 1988; Mosco-Córdoba et al., 1990; Labarthe- Hernández et al., 1991; y Sánchez-Quiroz et al., 1997; Corona-Esquivel et al., 2003.

Por su parte, los estudios geofísicos realizados en el área que destacan por su importancia son los siguientes: 1958 Levantamiento magnético terrestre del yacimiento La Perla, efectuado por el Consejo de Recursos Naturales No Renovables; 1972 Levantamiento Aeromagnético a 300 m de altura hecho por el CRNNR para Altos Hornos de México; 1989 Levantamiento Aeromagnético de Alta Resolución a 90 m de altura a cargo del Consejo de Recursos Naturales y Exploración Computer Services en Australia; 1997 Modelo Geológico-Geofísico del yacimiento de Hierro La Perla, Chih., Utilizando los métodos Aeromagnético y Audiomagnético Telúrico de fuente controlada efectuado por Sánchez-Quiróz, y colaboradores.

En cuanto a la geología y haciendo una descripción sucinta de los trabajos previos, se puede decir que el relieve de lomeríos y algunas elevaciones mayores con laderas escarpadas que se observa en las inmediaciones del yacimiento de la Perla, son el resultado de la erosión de una secuencia de lavas y derrames piroclásticos de más de 800 m de espesor que constituyen en si a la Sierra de Mesteñas, la cual ha sido separada en las unidades siguientes (Campbell, 1977).

Formación La Perla: Corresponde a los derrames riódacíticos que constituyen el tercio inferior de la secuencia volcánica el cual presenta variaciones considerables en mineralogía, textura y tamaño de los fenocristales siendo posible distinguir 5 tipos de derrames que del más antiguo al más joven son los siguientes: pórfidos de cuarzo, pórfidos de anortoclasa, vitrófido verde, derrames con textura oquerosa en las superficies intemperizadas y derrames de grano fino con sanidino. La Formación la Perla, tiene un espesor mayor a los 250 m y comprende a la mayoría de las rocas volcánicas expuestas al sur del poblado de la Perla.

Arenisca arcósica: Esta unidad queda bien expuesta en la pared norte del actual tajo de la mina, cubre discordantemente a la Formación La Perla y a su vez, a poca distancia hacia el norte de la mina la arenisca esta cubierta por la toba las Brujas; su espesor es aproximadamente de 30 m. En la mina, la arenisca consiste de granos sub-angulosos bien clasificados de 0.5 a 1.0 mm de longitud principalmente de sanidina, plagioclasa y cuarzo; también se observan fragmentos de biotita, vidrio y roca devitrificada en menor abundancia.

Toba Las Brujas: Conforman el Puerto de las Brujas que se localiza a 200 m al norte de la mina la Perla sobre la carretera a la población de Ojinaga. Consiste de una toba calcárea de 100 m de espesor que forma una franja resistente a la erosión, orientada NNW con inclinación de 5° al N. La toba contiene abundantes fenocristales de plagioclasa de más de 1 cm de longitud y se observan además notables fenocristales de biotita dorada. Los granos redondeados de cuarzo y prismas de piroxeno alterado son abundantes. Fragmentos líticos de color gris oscuro son menos abundantes y lentes de color rosa distribuidos dentro de la toba corresponden a fragmentos pumíticos devitrificados.

La mineralogía de la toba Las Brujas, salvo el 2% de cuarzo, es idéntica al vitrófido verde de la Formación La Perla y es posible que esta toba sea el equivalente piroclástico del vitrófido de la Perla.

Riolita El Hundido: Queda expuesta justo al norte del Puerto de las Brujas como una franja de color azul-verde adyacente a la Toba Las Brujas. La riolita presenta variaciones de textura y de color a lo largo de su exposición, pero al norte del Puerto de las Brujas es de color azul y presenta un bandeamiento de flujo, y en varias partes se observan esferulitas en una gran variedad de tamaños y formas. Es común observar una textura vesicular en las riolitas y también en algunas superficies se pueden advertir cubos de fluorita de color púrpura. Dentro de las vesículas es frecuente encontrar pequeños cristales prismáticos de anfibolita.

Toba vítrica Tacubaya: Esta toba queda expuesta en la porción occidental de la mina la Perla. Presenta una superficie uniforme de color gris la cual raramente esta brechada o afectada por fallas. En general esta compuesta por tobas que contienen lentes de pumicita devitrificada con muy escasos fenocristales de sanidino y cuarzo. El espesor de la toba es de unos 100 m y sus contactos con otras unidades son por fallas, por lo que sus relaciones de contacto no quedan bien establecidas (Campbell, 1977).

Riolita Mesteñas: Corresponde a las montañas aisladas de aproximadamente 150 m de altura sobre la planicie desértica que afloran al sur de la desviación al rancho Mesteñas y que están constituidas por estratos horizontales de tobas soldadas. Esta unidad sobreyace al vitrófido verde de la Formación La Perla, las capas basales tienen 13% de sanidina, 4% de plagioclasa, 3% de hornblenda y 80% de matriz. Los fenocristales de feldespato tienen de 1 a 3 mm de longitud y son subhedrales a euhedrales, muchos de los cuales están quebrados o fracturados.

Andesita potásica San Lucas: Se refiere a la hilera de montañas pequeñas de orientación NW que la carretera a Ojinaga atraviesa aproximadamente a 500 m al sur de la desviación al rancho Mesteñas. El espesor de la unidad es de 50 m. La roca es de color gris-negro y contiene abundantes fenocristales de plagioclasa de más de 1 mm de longitud. Los minerales máficos, generalmente oxidados, de color rojizo son poco comunes. Se observan abundantes vesículas de formas circulares y elongadas que generalmente contienen cristales de calcita. La matriz esta formada por feldespato alcalino con cantidades subordinadas de plagioclasa, piroxeno y magnetita. Esta unidad cubre a la Formación La Perla (Campbell, 1977).

Los análisis químicos de la secuencia completa de rocas volcánicas hechos por Campbell, 1977, indican que su alcalinidad varía de peralcalinas a peraluminosas, y de acuerdo al diagrama de Irvine y Baragar (1971), todo el conjunto fue clasificado como calcialcalinas.

La edad de la secuencia volcánica, de acuerdo a los fechamientos por el método de K / Ar realizadas por Campbell, 1977, van de 31.65 Ma en la Formación la Perla a 27.2 en la Toba las brujas. Sin embargo no se puede decir que el registro del volcanismo en el área de la Perla haya sido totalmente fechado.

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, magnetita y cantidades menores de magnetita con trazas de piritita 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 (Corona et al., 2003). El mineral masivo está conformado principalmente por dos cuerpos de forma lenticular orientados de norte a sur; el primero se localiza en la parte central del tajo y en planta tiene aproximadamente 70 m por 50 m. El segundo cuerpo queda ubicado en la porción noroccidental del tajo, en planta tiene 180 m de largo con un ancho promedio de 20 m. La composición de ambos cuerpos es de hematita / magnetita de textura generalmente afanítica, y de color gris acero.

El mineral pulverulento queda expuesto a lo largo de un cinturón casi continuo en el perímetro interior de la mina, formando un manto cuyo espesor varía de 3 a 6 m. El mineral pulverulento tiene una textura de fina a media y está constituido principalmente por laminillas de hematita especular. En la parte norte y noreste del yacimiento se observa una clara estratificación en capas delgadas del mineral, a diferencia de la porción sur y occidental del tajo en donde no se distingue estratificación alguna.

Mineral silicificado, se refiere a ciertos lentes que se encuentran casi siempre hacia la parte inferior del mineral pulverulento, que por su contenido de sílice son de mayor resistencia. Estos quedan expuestos principalmente a lo largo de una franja de unos 600 m en la pared suroriental del tajo.

Cuerpos de Brecha, se refiere a las brechas de fragmentos de traquita cementados por mineral de hierro. Estos cuerpos son de forma semicircular y se les encuentra principalmente en la parte norte de la mina, aunque también han sido mapeados dos pequeños cuerpos de brecha en la parte central sur del yacimiento. El mayor de ellos ubicado en el extremo noroccidental tiene en planta 200 x 100 m.

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 argilización, silicificación y carbonatación de la roca. Dentro del cuerpo mineral, existen productos de oxidación como: hematita, goethita, lepidocrocita y limonita.

En cuanto al origen de la mineralización, Van Allen (1978) propone un modelo hipotético en el que emanaciones acuosas ricas en flúor, escaparon de los magmas que originaron las rocas ígneas en el área la Perla a través de fallas y fracturas, reaccionando con el vitrófido del miembro Mina y depositando por reemplazamiento óxido de hierro.

Pérez-Segura (1982), propone un flujo de hierro tipo inyección, a temperaturas menores a 400 C, considera que la parte estratiforme del yacimiento se depositó en un medio acuoso, y que la zona de

brecha lo hizo en un sistema seco. Esto sería similar a un proceso combinado de los depósitos de Kiruna y El Laco, en un tirante de agua muy bajo.

Ruvalcaba-Ruiz (1988), define al yacimiento como un depósito magmático-tardío hidrotermal, en la que los fluidos generadores de la mineralización principal evolucionaron probablemente a partir de una fase traqui-dacítica relativamente rica en flúor, fósforo, hidrógeno, oxígeno y bióxido de carbono a profundidades hipabisales formándose la mena, debido a un fracturamiento y brechamiento intenso que permitió el ascenso del fluido rico en hierro y el escape de volátiles.

Corona-Esquivel (2000), interpreta que el yacimiento se relaciona a un evento volcánico en el cual las brechas cementadas con magnetita-hematita corresponderían a los conductos o centros de efusión y, dentro de una primera etapa, el sistema arrojó cenizas de hematita de hábito especular conformando las capas o mantos conocidos en la mina como mineral pulverulento. Posteriormente, en una siguiente etapa el sistema arrojó coladas de magnetita, rápidamente oxidada a hematita, la que corresponde al mineral denominado masivo.

Dentro del contexto geológico resalta la estrecha relación que existe entre este yacimiento y el centro volcánico en que se encuentra. Por otra parte los estudios realizados y modelos propuestos para explicar el origen del yacimiento de la Perla, concluyen que se formaron por fluidos de óxidos de hierro ricos en volátiles los cuales muy probablemente tuvieron una conexión magmática aunque la relación genética con rocas plutónicas contemporáneas no ha sido probada.

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

Bibliografía:

- Campbell, A. 1977, Volcanic Rocks of the La Perla Area, Chihuahua, Mexico: M. of A. Thesis. University of Texas at Austin. 110 p.
- Cardenas-Vargas José y Del Castillo-García, Luis, 1964. Yacimientos de hierro La Perla y La Negra, Municipio de Camargo, Chihuahua. Consejo de Recursos Naturales No Renovables, Boletín 69. 78p.
- 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.
- Corona-Esquivel Rodolfo, Escudero-Chávez Marcos, Ramírez-Lara M.A, y Quintana-Fierro Tomás, 2003. Características geológicas del yacimiento de hierro La Perla, Estado de Chihuahua. Asociación de Ingenieros de Minas, Metalurgistas y Geólogos de México A.C., Convención Nacional XXV, Trabajos Técnicos. (en prensa).
- 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.
- Mosco-Córdoba Eulalio, Martínez-Martínez, J. A. y Rodríguez-Guerrero Rubén. 1990, La Perla: en Minas Mexicanas, Tomo 5; Jorge Ordoñez Cortéz Editor. P.33-53
- 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.

- Pérez-Segura. Efrén., 1982, Zoneografía, paragénesis y origen de los yacimientos de fierro 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. Delfino., 1988, Geología y Origen del Yacimiento Ferrífero de La Perla, Chihuahua. Informe Inédito para La Perla Minas de Fierro, S.A.
- Sánchez-Quiroz Saúl, Gutiérrez López David y Peña Rodríguez César., 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.
- Toron Villegas, Luis y Esteve Torres, Adrián, 1946. Estudio de los yacimientos ferríferos de México: Yacimientos del Grupo Norte, Estados de Chihuahua, Coahuila, Durango, Nuevo León y Zacatecas. Investigaciones Industriales del Banco de México. 147p.
- 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.