

REVISIÓN DE LA GEOLOGÍA, MINERÍA E HISTORIA DEL YACIMIENTO DE MERCURIO DE SAN JACINTO, SERRANÍA DE BARAGUA, ESTADO LARA, VENEZUELA

Franco URBANI^{1,2}, Sebastián GRANDE¹, Donald GODDARD³ y David MENDI¹

¹ Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. Escuela de Geología, Minas y Geofísica. Laboratorio de Geología y Geoquímica. Ciudad Universitaria. Caracas.

² Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS). El Llanito. Caracas.

³ Louisiana State University. Baton Rouge. Louisiana. USA

Correo-e.: furbani@funvisis.gob.ve

RESUMEN

La única mineralización importante de mercurio (cinabrio) del país, es la de San Jacinto ubicado al noreste de Carora. Fue descubierta en los primeros años del siglo XX, para luego ser explotada entre 1941-1942, produciéndose unas cuatro toneladas de Hg. Durante 1941-1942 y posteriormente entre 1968-1970, el yacimiento fue estudiado en detalle, encontrándose que el cinabrio se localiza en capas de arenisca fracturadas de la Formación Matatere, pero el alto grado de fallamiento posterior a la mineralización, hace que las capas de interés se interrumpen abruptamente. Este es un depósito hidrotermal (epitermal) parecido al de Almadén, España, pero de muy pequeñas dimensiones. El Hg primario se encuentra en la estructura de los minerales de rocas máficas y ultramáficas, de donde es movilizado por soluciones hidrotermales, para ser luego precipitado en las fracturas de las capas de arenisca y grauvaca de la Formación Matatere. La zona mineralizada no se extiende más allá de unas dos hectáreas, sin embargo la parte más enriquecida en cinabrio ya fue explotada en 1941-1942, de manera que actualmente el yacimiento carece de interés comercial, pero se considera de interés mineralógico y académico, así como un lugar muy adecuado para realizar excursiones geológicas.

Palabras clave: Hidrotermalismo, cinabrio, idrialita, napas de Lara, Formación Matatere.

REVIEW OF THE GEOLOGY, MINING AND HISTORY OF THE SAN JACINTO MERCURY DEPOSIT, BARAGUA RANGE, LARA STATE, VENEZUELA.

ABSTRACT

The only major mercury (cinnabar) mineralization in Venezuela is San Jacinto located to the northeast of the city of Carora, Lara State. It was discovered in the early twentieth century and mined later between 1941 and 1942, producing about four metric tons of Hg. During 1941-1942 and 1968-1970, the site was studied in detail, and it was found that the ore is located in fractured sandstone layers of the Matatere Formation, but the high degree of post-mineralization faulting caused to lack of continuity. This is a hydrothermal (epithermal) deposit similar to Almaden, Spain, but of a much smaller scale. The primary Hg is located in the structure of the minerals of mafic and ultramafic rocks, where it is mobilized by hydrothermal solutions to be precipitated later in the fractured layers of sandstone and graywacke of the Matatere Formation. The mineralized zone is limited to about two hectares, where the layers most enriched in cinnabar were exploited in 1941-1942. Currently the site has no commercial value but it is considered of mineralogical and academic interest, as well as a place suitable for geological field-trips.

Key words: Hydrothermalism, cinnabar, idrialite, Lara nappes, Matatere Formation.

INTRODUCCIÓN

En el frente montañoso del extremo noreste de la gran depresión de Carora, municipio Torres del estado Lara, se encuentra la denominada "Mina de mercurio de San Jacinto". Se ubica a 34 km de Carora, se accede a través del poblado de Aregue, luego se continúa hasta el caserío

La Mesa y desde allí a 4 km al norte se encuentra el yacimiento (Fig. 1).

En las obras sobre recursos minerales de Venezuela (e.g.: BELLIZZIA *et al.* 1981, RODRÍGUEZ 1986), se menciona una sola localidad con cinabrio (HgS) en todo el país, correspondiente a San Jacinto, usualmente descrita en forma tal que el lector podría percibir que es un gran yacimiento.

El cinabrio probablemente fue descubierto en la década de 1910's, para ser luego explotado comercialmente pero con escaso rendimiento en los años 1941 y 1942, durante la Segunda Guerra Mundial. Dos décadas después la región fue estudiada por cuadrillas de geología y geoquímica del Ministerio de Minas e Hidrocarburos, concluyendo que el yacimiento carece de interés comercial en la actualidad.



Figura 1. Mapa de ubicación relativa. La zona mineralizada se ubica en la zona de La Mesa. El recuadro localiza la figura 2.

En miras a la futura utilización de este yacimiento, como una localidad de gran interés para la realización de excursiones con estudiantes y profesionales de la geología y geoquímica, el principal objetivo planteado en este trabajo es el de presentar una revisión de lo conocido sobre él, tanto desde el punto de vista de la geología regional y local, sus características mineralógicas, y la historia de las labores de exploración y explotación, para finalmente discutir y plantear algunas nuevas interpretaciones sobre el origen de la mineralización.

GEOLOGÍA REGIONAL

El sitio de San Jacinto se encuentra dentro de la provincia geológica conocida como las "Napas de Lara", término acuñado por STEPHAN (1982), para caracterizar una región que abarca casi toda la mitad centro-norte del estado Lara y la parte suroeste del estado Falcón. Allí la tectónica compresiva consecuencia de la interacción Caribe-Suramérica, ha producido grandes fallas de corrimiento imbricando fundamentalmente a las formaciones Matatere, Barquisimeto, Carorita y La Luna. Posteriormente a dicha fase compresiva, la erosión disminuyó el relieve resultante, para entrar en la fase de sedimentación de las formaciones oligo-miocenas de la cuenca de Falcón, las cuales cubren en discordancia angular a todas las unidades anteriores. Para la zona en

consideración, las unidades aflorantes son las formaciones Matatere y Castillo, tanto en contacto de falla como en discordancia entre ellas (Fig. 2).

Estudios recientes en el flanco norte de la depresión de Carora muestran la presencia de un frente de corrimiento activo en el Cuaternario (Fig. 3), que origina tanto la elevación de las montañas del norte de la depresión como la flexura de la cuenca con el consecuente engrosamiento de los sedimentos cuaternarios (AUDEMARD *et al.* 1998, OROPEZA *et al.* 2009).

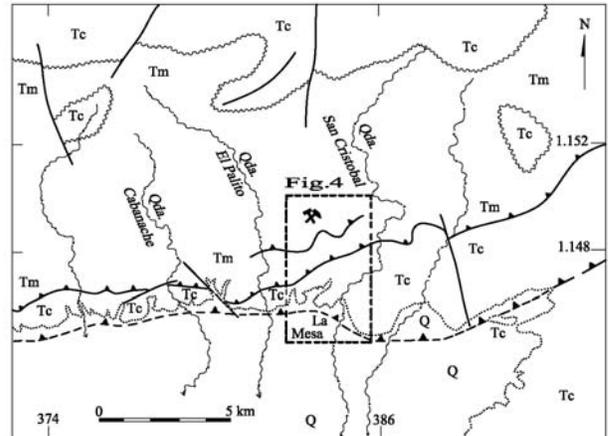


Figura 2. Mapa geológico de la región noreste de Carora. Modificado y simplificado a partir de WHEELER (1958). El recuadro ubica a la Fig. 4.

El recuadro ubica a la Fig. 4.

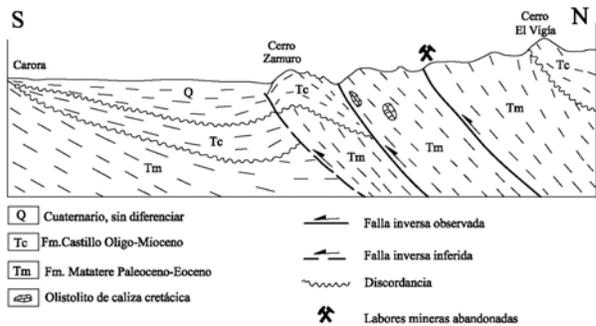


Figura 3. Sección geológica esquemática y generalizada (sin escala) desde el cerro El Vigía hasta Carora. Modificado de GODDARD & CASTILLO (1970).

En la zona de La Mesa (Fig. 4), las estructuras mayores corresponden a tres fallas de corrimiento con buzamiento NNO. De sur a norte, la primera corresponde al frente de corrimiento cuaternario que limita el borde norte de la depresión de Carora. Este frente de fallas está parcialmente cubierto por sedimentos aluviales recientes

y es parcialmente "ciego", es decir, que a lo largo de su extensión no siempre tiene una expresión superficial. La segunda falla y más notoria, corresponde al cabalgamiento de la Formación Matatere sobre la Formación Castillo, con un buzamiento que llega a los 50° al norte, mientras que los estratos de ambas unidades tienen un rumbo generalizado hacia el noreste y buzamientos entre 30 y 60° al norte. La tercera falla se encuentra cerca de la mineralización de San Jacinto y es la causante del levantamiento de los prominentes cerros Cacique, El Vigía y La Pereza.

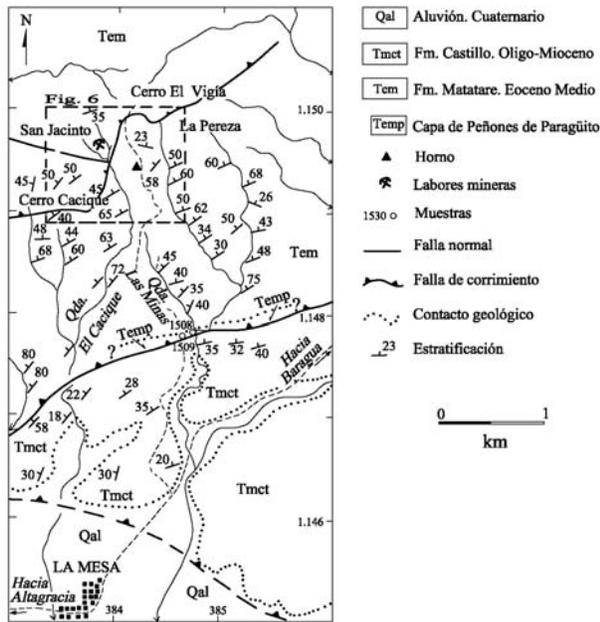


Figura 4. Mapa geológico de la zona de La Mesa - San Jacinto. Simplificado a partir de la hoja topográfica 6147-II-SE y la geología según WHEELER (1958), LÓPEZ & BRINEMAN (1943) y principalmente GODDARD & CASTILLO (1970). El recuadro ubica a la Fig. 6.

En general la Formación Matatere presenta una monótona alternancia de capas de lutita y arenisca de espesores centimétricos a decimétricos, de típica sedimentación turbidítica (Fig. 5). Cerca de su contacto de falla con la Formación Castillo (Fig. 4), se encuentra un nivel con peñones de rocas de las formaciones La Luna y Apón, así como de granito, incluidos en una matriz de lutita, que ha sido interpretado como perteneciente a la Capa de Peñones de Paragüito (URBANI 2010a), originalmente descrita por RENZ *et al.* (1955) con localidad tipo cerca del caserío homónimo ubicado a unos 10 km al noreste. Pero también cabe la interpretación que corresponda a un nivel tectónico tipo "suela" de corrimiento, estando el problema todavía sin dilucidar. Los lugares donde se ha encontrado cinabrio se encuentran localizados únicamente en el bloque norte de la falla de corrimiento del cerro Cacique (Fig. 6), donde

los estratos tienen un buzamiento entre 35 y 50° al norte. En la zona del "Trabajo Central" las distintas trazas de arenisca fueron cartografiadas por GODDARD & CASTILLO (1970) observando sólo una capa mineralizada con cinabrio (Fig. 7). Mientras que LÓPEZ & BRINEMAN (1943) que tuvieron acceso a las labores mineras subterráneas describen otras capas mineralizadas más pequeñas no visibles en superficie. Estas capas están desplazadas por varias fallas, como la de Saladillo y otras menores.



Figura 5. Afloramiento de la Formación Matatere, mostrando la típica disposición de sedimentación turbidítica. Quebrada Cabanache al noroeste del caserío La Mesa (ver su ubicación en la Fig. 2).

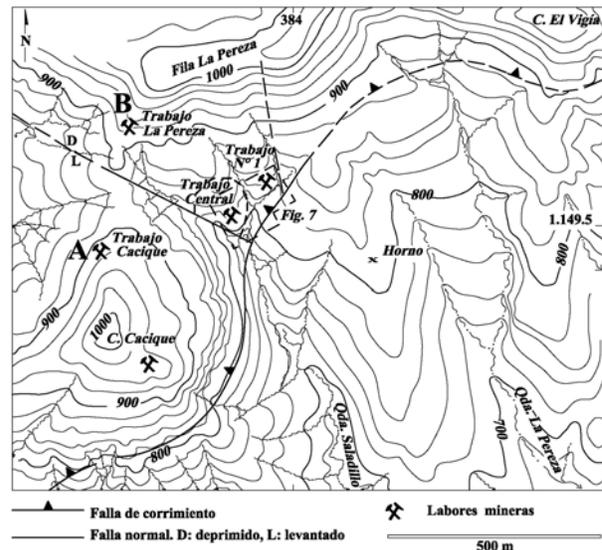


Figura 6. Mapa geológico-topográfico de la zona minera de San Jacinto. Simplificado a partir de LÓPEZ & BRINEMAN (1943). El recuadro ubica a la Fig. 7 y las letras A y B localizan secciones geológicas presentadas en la Fig. 14.

EXPLOTACIÓN EN 1941-1942

Durante la Segunda Guerra Mundial el precio del mercurio se incrementó debido a la importancia estratégica del metal en la industria militar; utilizado entre otras aplicaciones, en la fabricación de fulminantes de municiones tanto de pequeño, como de gran calibre. En este período la empresa *Compañía Anónima Minerales de San Jacinto* inicia trabajos exploratorios y de explotación del mineral. La dirección técnica estuvo a cargo del ingeniero de minas Enrique Rubio Sandoval. El laboreo subterráneo fue del tipo conocido como "huecos y pilares", siguiendo la capa mineralizada y dejando pilares para sostener los trabajos. En total se excavaron 241 m de túneles siguiendo las zonas mineralizadas, que significó la extracción de 2.667 tm de roca, adicionalmente fueron removidas 3.257 tm de roca para las obras del exterior (Fig. 8). El Ing. Rubio pudo "...cubicar como mineral a la vista unas 1.200 toneladas y algo más de otro tanto como mineral muy probable, con un contenido total de unos 8.000 kg de mercurio..." (RUBIO 1942). Los mejores resultados fueron en los túneles "Rebaje A", "Rebaje Sur" y "Realce Sur (ver ubicación en la Fig. 7).

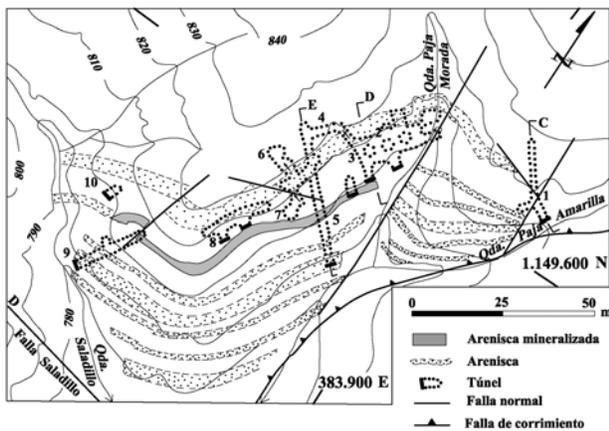


Figura 7. Mapa de los trabajos mineros de San Jacinto. La toponimia de las obras subterráneas según LÓPEZ & BRINEMAN (1943) es como sigue: 1: Trabajo No. 1, 2: Rabaje A, 3: "Winze", 4: Rebaje Norte, 5: Traviesa, 6: Rebaje Sur, 7: Realce Sur, 8: Trabajo No. 5, 9: Saladillo, 10: Trabajo No. 4. La geología y topografía ha sido simplificada a partir de GODDARD & CASTILLO (1970) y LÓPEZ & BRINEMAN (1943). Las letras C, D y E ubican secciones de la Fig. 14.

En esa época se construyó un horno con 10 retortas horizontales de 30 cm de diámetro por 2 m de longitud. La condensación se efectuaba en tubos de hierro inclinados de 7,5 cm de diámetro y 2,5 m de longitud, envueltos de tubos de condensación de 1,9 m de largo y 30 cm de diámetro rellenos con agua para el enfriamiento (Figs. 9 y 10A). Las retortas estaban envueltas de arena que permitía mantener una temperatura entre 500 y 600°C

de modo uniforme, para evitar el enfriamiento durante las operaciones de carga y descarga. Las paredes estaban hechas de ladrillos refractarios (Fig. 10B). El horno sólo tenía capacidad para procesar fragmentos entre 2,5 y 6 cm, pero el material más fino era mezclado con arcilla para convertirlo en briquetas del tamaño requerido. El material era clasificado a mano entre "material de primera" (abundante cinabrio a simple vista), "material de segunda" (cinabrio en poros y manchas casi imperceptibles) y "estéril" (cinabrio no visible). Un diagrama de flujo detallado de todos los procedimientos aparece en LÓPEZ & BRINEMAN (1943: 52).



Figura 8. Trabajos mineros de San Jacinto en 1942. En la parte centro-inferior aparece la bocamina del túnel "Traviesa", con un soporte de madera y un hombre al frente. Nótese una serie de escalones excavados en la ladera para acceder a las bocaninas superiores. Tomado de LÓPEZ & BRINEMAN (1943).



Figura 9. Horno de retortas tipo "Gould" para la extracción de mercurio. Tomado de LÓPEZ & BRINEMAN (1943: 52).

En varios pasajes del informe de RUBIO (1942) se insiste que se trata de un "horno de prospección" que a lo sumo permite extraer el 75% del mercurio presente, por eso recomienda la conveniencia de instalar un horno más moderno. En cada retorta se podía introducir 87,5 kg de

mena mezclada con 25 kg de cal, permaneciendo por 8 horas, para luego ser vaciadas y vueltas a cargar. El horno operaba las 24 horas del día, inclusive domingos, con capacidad para procesar 1,3 toneladas de mineral diariamente.



Figura 10. Ruinas del horno en 2007. Arriba: Bocas de alimentación de los hornos. Abajo: Retortas y chaquetas de enfriamiento para condensar el vapor de mercurio.

Por los equipos poco adecuados para la perforación de las galerías, los métodos rudimentarios de tratamiento, los equipos defectuosos de concentración y el horno poco eficiente, la operación no pudo cubrir los gastos. Pero concluye que con un aumento del capital de la empresa a

fin de adquirir mejores equipos para la extracción y preconcentración de la mena, así como un mejor horno, debería dar buenos dividendos. Termina diciendo “*Quizás esta sugerencia se salga un tanto de mi papel como Director Técnico, pero es que veo que si la mina no se equipa con arreglo a sus necesidades no saldrá de la situación precaria actual*” (RUBIO 1942).

A mediados de 1942 la Compañía solicita la cooperación financiera del gobierno, para instalar un horno más eficiente y para ello, el Instituto de Geología y Minería del Ministerio de Fomento, destaca a una comisión integrada por los geólogos V. M. López y J. Brineman, para realizar una evaluación del yacimiento. Para fines de 1942 estos geólogos presentan un detallado informe, cuya parte técnica se publica en la *Revista de Fomento* (LÓPEZ & BRINEMAN 1943). En esta publicación no hay referencia alguna a las condiciones económicas del yacimiento. Es probable que internamente en el Ministerio de Fomento la opinión haya sido negativa, ya que para fines de 1942 las labores mineras habían cesado definitivamente.

EXPLORACIONES EN 1968-1970

En 1968 el Ministerio de Minas e Hidrocarburos inicia un estudio del yacimiento. A tal efecto, cerca del caserío La Mesa y frente al cerro Zamuro, se erige un campamento (Fig. 11) y se reconstruyen los caminos de acceso al yacimiento (Fig. 12). La exploración geológica estuvo a cargo de uno de los autores (DG).

El grupo llevó a cabo un reconocimiento geológico que abarcó un área de 32 km² cubriendo una superficie casi doble de la Fig. 4. También se levantó un mapa topográfico a escala 1:500 de la zona que estuvo en explotación (Fig. 6), con la ubicación de los túneles de la explotación de 1941-1942. Se llevaron a cabo varias decenas de perforaciones exploratorias con profundidades máximas de 50 m. El grupo también realizó una campaña de toma de muestras de suelos y sedimentos, los cuales fueron analizados por el personal de química del MMH.

Como resultados de estos trabajos, no se encontraron anomalías de interés más allá de lo conocido previamente y plasmado en el informe de LÓPEZ & BRINEMAN (1943). Solamente se encontró una capa de arenisca mineralizada de aproximadamente 150 m de extensión y de no más de 1,5 m de espesor, que corresponde a la capa principal explotada en las labores de 1941-1942.

Las estimaciones de reservas calculadas en 1970 indican que si la capa de arenisca mineralizada se pudiera explotar a 50 m de profundidad, se podrían explotar 6.750 tm y con una concentración promedio estimada de 22 kg Hg por tonelada, daría un provecho de 148.500 kg de Hg,

para entonces, con un valor de cerca de 0,5 millones de USD, contra unos 2 millones de USD en que se estimó el costo de la extracción de la mena y su procesamiento (GODDARD 2008). Estos cálculos nos parece sobrevaluados, ya que durante la explotación de 1942 el promedio de rendimiento fue de tan solo 7 kg por tonelada de mena..

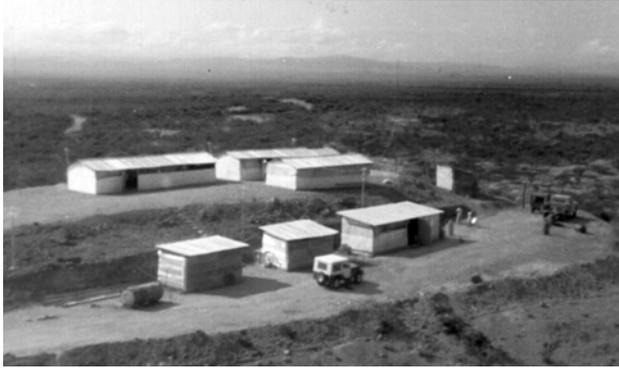


Figura 11. Campamento del MMH al norte del caserío La Mesa en 1968. En sentido de las agujas del reloj, están la oficina, dormitorios, baño y duchas, cocina-comedor, depósito y planta eléctrica.



Figura 12. Valle de la quebrada Las Minas visto de sur a norte. Al fondo se encuentra el prominente Cerro Cacique y el yacimiento se localiza en un estribo de la fila La Pereza.

En resumen, para 1970 los estudios concluyeron que la presencia de cinabrio es muy local, abarcando un área no mayor de dos hectáreas, en consecuencia no reviste interés comercial.

CARACTERÍSTICAS DEL YACIMIENTO

Lamentablemente los túneles de las labores subterráneas de 1941-1942, que fueron utilizados en el estudio de LÓPEZ & BRINEMAN (1943), ya no estaban accesibles durante la campaña exploratoria de 1968-1970 por estar internamente derrumbados y con las obras externas de

acceso ya erosionadas. Hoy día se observan las bocas de los túneles “Travesía” y “Trabajo No. 8”, ubicadas en un talud con casi 70% de pendiente, compuesto de una superficie de pequeños fragmentos sueltos de lutita astillosa y arenisca, que imposibilita su escalada.



Figura 13. Vista de la ladera donde estuvieron los trabajos de 1941-1942. En la parte superior aparece la boca del “Trabajo No. 8” y abajo el túnel “Travesía”. La foto fue tomada en 2007 desde la margen izquierda de la Qda. Paja Amarilla (ver las ubicaciones en la Fig. 7). Compárese esta fotografía con la Fig. 8 donde se observa que para 1942 desde la bocamina “Travesía” partía un acceso con escalinatas hacia las labores superiores.

A continuación se resumen las características geológicas, estructurales y mineralógicas más resaltantes del yacimiento, resumidas de LÓPEZ & BRINEMAN (1943): Desde el punto de vista de la mineralización, la estructura más importante es la falla de corrimiento que pasa en la base del cerro Cacique y en la quebrada Paja Amarilla, siguiendo hacia el cerro El Vigía (Figs. 4 y 7), dado que todas las mineralizaciones conocidas se encuentran en el bloque superior de tal falla. Así mismo, es frecuente ver fallas de corrimiento menores en las zonas con intercalaciones de lutita y arenisca, pero se dejan de observar cuando se entra en los paquetes de lutita. También hay fallas transversales con rumbo noreste y noroeste, como la falla de Saladillo que separa los

trabajos principales de San Jacinto, del bloque cerro Cacique (Fig. 6 y 7).

En el cerro Cacique se encontró cinabrio tanto en el flanco norte como en el sur (Fig. 6). En la falda norte se explotaron algunas toneladas de mena de alto tenor, concentrada en un bolsón, a lo largo de una falla local de rumbo E-W (Fig. 14, Sección A), cortado por una falla posterior a la mineralización, de manera que al llegar a ésta la mineralización se agotó. En el sitio denominado "Trabajo La Pereza" (Fig. 6) se encontró una mineralización de menor importancia con una capa de arenisca impregnada de cinabrio, pero cortada por fallas y sin mayor continuidad (Fig. 14, sección B).

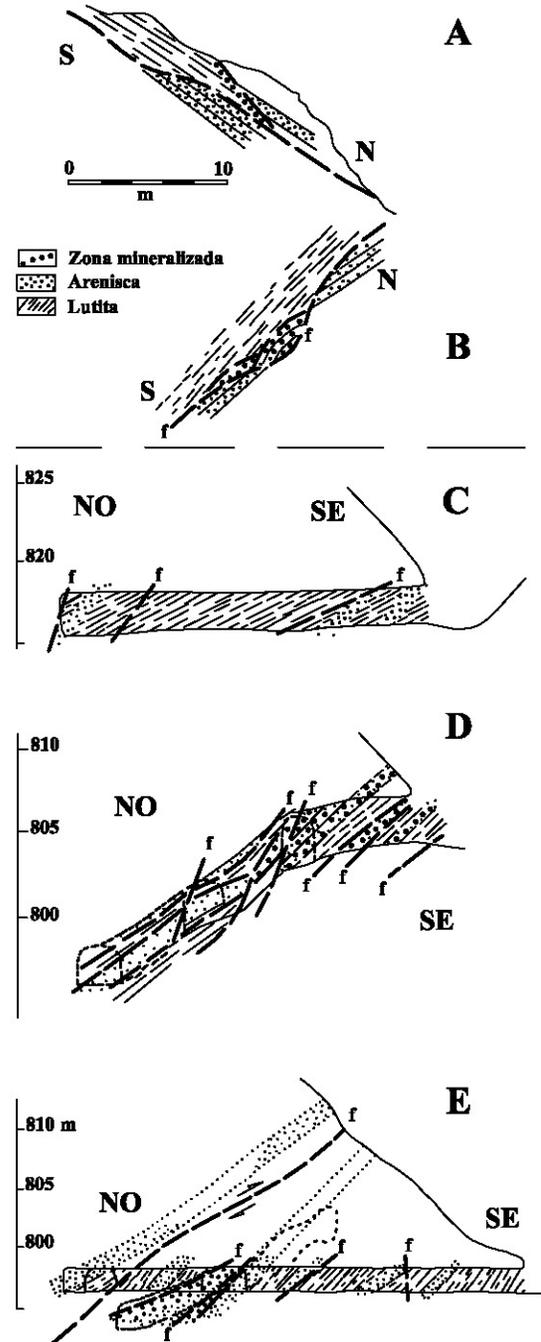
Las mayores mineralizaciones se hallan entre las laderas adyacentes a las quebradas Saladillo y Paja Amarilla ("Trabajo Central", Fig. 6 y 7). Las capas de arenisca tienen un rumbo generalizado de N40°E y un buzamiento entre 30 y 40° al NO. En este sector, en los primeros metros del túnel "Trabajo 1" (Fig. 6, no. 1; Fig. 14, sección C) aparecen dos capas de arenisca mineralizada de 0,6 y 0,8 m de espesor, que están cortadas y desplazadas por fallas de corrimiento y transversales posteriores a la mineralización. La mayor parte del material explotado en 1941 y 1942 fue de los trabajos "Rebaje A", "Winze", "Rebaje Norte" y "Rebaje Sur" (Fig. 7, nos. 2, 3, 4, 6 y 7), que siguen la principal capa mineralizada, como se muestra en las secciones D y E (Fig. 14).

Todas las mineralizaciones se encuentran en arenisca y están controladas por las capas de lutita superiores, que sirvieron de niveles impermeables a las soluciones hidrotermales que fluyeron a través de las capas de arenisca fracturada. La terminación abrupta de los estratos con cinabrio es muy frecuente, por la gran cantidad de fallas de corrimiento y transversales posteriores a la mineralización, lo cual hace muy difícil predecir la continuidad de los niveles de interés.

Las capas de arenisca están fuertemente recristalizadas, de manera que LÓPEZ & BRINEMAN (1943: 46) las denominan cuarcitas, formadas casi exclusivamente de cuarzo, con cantidades trazas de zircón y turmalina. Los minerales secundarios como cinabrio, piritita y epidoto se encuentran a lo largo de fracturas y en superficies de contacto entre los granos de cuarzo y en algunos casos reemplazando a éste. Las capas de lutita localizadas entre aquellas de arenisca mineralizada, son de color negro con gran cantidad de material carbonáceo y en algunos sitios se presenta alunógeno $[Al_2(SO_4)_3 \cdot 17(H_2O)]$.

El cinabrio en las fracturas y cavidades se encuentra en cristales euhedrales romboédricos y en agrupaciones de

los mismos, pero también aparece como costras que cubren las superficies de fracturas y fallas.



Fif
Figura 14. Secciones geológicas de la mineralización de mercurio. Las ubicaciones aparecen en las figuras 6 y 7. Simplificado de LÓPEZ & BRINEMAN (1943).

La mineralogía de la mena consiste en cinabrio (Fig. 15), pero a veces hay cantidades menores de pirita, cuarzo, sericita y “un mineral bituminoso que se supone sea idrialita” (LÓPEZ & BRINEMAN, 1943: 47).



Figura 15. Cristales de cinabrio del yacimiento de San Jacinto. La muestra fue colectada por el Prof. José Royo y Gómez y sus alumnos en la década de los años 1950's. Ejemplar del Museo José Royo y Gómez de la Escuela de Geología de la UCV. La escala en milímetros.

El cuarzo se presenta tanto en cristales euhedrales transparentes en fracturas abiertas (drusas) y en cavidades en la arenisca, como en forma de cuarzo lechoso de grano muy fino usualmente como vetillas y en la superficie de las diaclasas.

La pirita es abundante tanto en la arenisca como en la lutita. Un análisis realizado en los laboratorios de Servicio Técnico de Geología y Minería mostró que contiene trazas de cobre y de arsénico.

La sericita rellena cavidades y forma delgadas vetas, o aparece en los intersticios entre los cristales de cuarzo o de cinabrio.

El “mineral bituminoso” se encuentra solo o asociado con cinabrio y cuarzo, es de color negro, y se “quema con facilidad” dejando un residuo color gris claro. Por sus propiedades y asociación, LÓPEZ & BRINEMAN (1943) lo identifican como idrialita ($C_{22}H_{14}$). Éste es un mineral muy raro, descrito por primera vez por DUMAS (1832) de una muestra de la mina de mercurio de Idrija en Eslovenia. Es necesario confirmar la identificación de este mineral por técnicas modernas, ya que sería la primera ocurrencia de Venezuela, y según ANTHONY *et al.* (1900) aparece junto a cinabrio y arcilla, y probablemente se origina por la pirólisis de la materia orgánica cerca de fuentes termales o por fluidos hidrotermales.

Por los estudios realizados dentro de los túneles de San Jacinto, LÓPEZ & BRINEMAN (1943) interpretan el siguiente orden de cristalización: 1- cuarzo transparente en cristales eu- o subhedrales, 2- pirita, 3- cuarzo lechoso, 4- cinabrio, 5- sericita, 6- idrialita. En la sección de discusiones se ampliará sobre este aspecto.

Para fijar la edad del evento hidrotermal que generó el yacimiento, el límite inferior pudo fijarse en el Eoceno Medio (Bartoniano), correspondiente a la edad de 39 ± 2 Ma del grano de zircón detrítico más joven encontrado en la Formación Matatere en la región norte de Carora (NOGUERA 2008, muestra VMN-6a) y el límite superior probablemente sea del Mioceno tardío, en que el tectonismo de esta parte del país se hace menos activo. En este intervalo de tiempo se avanza y culmina el emplazamiento de las napas de Lara que fractura las rocas, y en algún momento ocurre el evento hidrotermal, de manera que los fluidos mineralizantes migran a través de la permeabilidad secundaria desarrollada por el fracturamiento de las rocas, de modo que las capas de lutita actúan como sellos impermeables.

La mineralización de San Jacinto es anterior a la falla de corrimiento que limita los cerros Cacique, El Vigía y La Perezza (Fig. 6), que confina la zona mineralizada al bloque superior de la misma. Continúa la etapa compresiva regional y se siguen formando fallas de corrimiento menores y demás fallas normales relacionadas, que cortan las capas previamente mineralizadas, causantes de las abruptas interrupciones de las capas de interés.

El tectonismo generador de fallas inversas continúa hasta nuestros días, dado que una de estas fallas coloca a la Formación Matatere (Eoceno Medio) sobre la Formación Castillo (Oligo-Mioceno), e inclusive generan un frente inverso Cuaternario en las montañas del norte de Carora (AUDEMARD *et al.* 1999, OROPEZA *et al.* 2009).

CRONOLOGÍA DEL YACIMIENTO

Esta localidad mineral no aparece en ninguna de las listas de minerales publicadas en el siglo XIX (e.g.: LANDAETA ROSALES 1889). A continuación se presenta una cronología de eventos y personajes relacionados con ese yacimiento, mayormente compilada a partir de los trabajos de LÓPEZ & BRINEMANN (1943) y RUBIO (1942):

1910's. Según la tradición oral circulante en 1942, el cinabrio probablemente fue descubierto en la primera década del siglo XX por la señora Columba Indabe, quién recogió muestras.

1939. Las sras. Columba Indabe y Salomé Rodríguez entregan algunas muestras al Sr. Cenobio Salas Caro a quien habían traído para conocer la zona. El Sr. Salas le entrega las muestras al Prof. Emilio Menotti Spósito, mineralogista de Mérida, quien visita la localidad, recoge nuevas muestras y procede a efectuar los denuncios mineros.

1941. En este año los ingenieros de minas E. Rubio S. (1889-c1955), Manuel Tello B. y Carlos Fernández de Caleyá (1889-1966) reubican el yacimiento.

1941. La primera publicación donde aparece mencionado el yacimiento es la de Silva-Uzcátegui (1941).

1941. En la Memoria del Ministerio de Fomento aparece reseñado el denuncio de mercurio de "San Jaimito", lo cual puede ser un error tipográfico y seguramente se refiere a San Jacinto (MF 1941: 143)

1941. Se crea la empresa "Compañía Anónima Minerales de San Jacinto" que obtiene las concesiones para la explotación de cinabrio.

1941 junio - 1942 julio. El ingeniero de minas Enrique Rubio Sandoval durante un año actúa como director técnico de los trabajos de explotación. Su informe explica ampliamente las labores realizadas y las cantidades de Hg procesado y exportado. En este período además laboraban en la mina el Dr. J. Alegría y el Sr. J. Zarranz, ensayador. Durante la excavación de los túneles el ingeniero de minas Carlos Fernández de Caleyá tuvo un grave accidente con explosivos, que resultó en la amputación de su brazo izquierdo. Algunas notas biográficas de los ingenieros que trabajaron en este período puede consultarse en URBANI (2012).

1942, febrero 2. Por la etiqueta de una muestra de cinabrio depositada en el Museo de Ciencias Naturales de Caracas, se conoce que el prof. Emilio Menotti Spósito visitó la mina en esa fecha.

1942 junio-agosto. El gobierno nacional encarga realizar un estudio minero-geológico de las concesiones. "Este estudio tiene por objeto informar sobre las posibilidades de la mina con miras a la compra de un nuevo horno con ayuda del Gobierno" (Rubio 1942: 11). La comisión trabajó entre junio y agosto del año y estuvo integrada por el ingeniero de minas Dr. Víctor M. López (1905-1989), el agrimensor Alejandro Figarelli, ambos del Servicio Técnico de Minería y Geología del Ministerio de Fomento, junto al geólogo John H. Brineman, Jr. y B. Murakozy, profesores respectivamente de geología y topografía del Instituto de Geología de Caracas. El Sr. Figarelli realiza el levantamiento de los

túneles y el Prof. Murakozy la topografía externa de 12 km².

1943. En la lista las "minas metalíferas" publicada en la Memoria del Ministerio de Fomento, aparecen enumeradas las concesiones "San Jacinto No. 2, 3, 4 y 5" (MF, 1943: 38), y menciona los estudios realizados por los profesionales López, Brineman y Murakozy.

1943. Los geólogos Víctor M. López y John H. Brineman Jr. publican el mejor trabajo existente sobre este yacimiento. Incluyen un plano topográfico de la región entre la Mesa y Las Minas, así como una topografía detallada del sector en explotación, el levantamiento de las obras subterráneas y perfiles geológicos que muestran la ocurrencia de la mineralización.

1956-1957. Los geólogos de la cuadrilla dirigida por el Dr. C. B. Wheeler realizan la cartografía geológica de la zona (WHEELER, 1958). En su mapa aparece localizado el yacimiento de San Jacinto, e indica que las cuadrillas no encontraron evidencias de otras mineralizaciones.

1950's. El prof. José Royo y Gómez y sus alumnos de geología de la UCV, realizan una excursión al yacimiento y recogen muestras que hoy día se encuentra en el museo homónimo en la Escuela de Geología, Minas y Geofísica de la UCV.

1967 feb. 27. El MMH contrata al geólogo W. R. Newman para realizar una evaluación del yacimiento. En esa fecha junto al geólogo C. D'Suze visitan el lugar. Si bien considera que el yacimiento no tiene importancia económica, recomienda realizar un programa de exploración utilizando los nuevos equipos de detección de Hg, conocidos como "sniffer" (NEWMAN, 1967).

1968-1970. La Dirección de Geología del Ministerio de Minas e Hidrocarburos programó un estudio geológico-geoquímico del yacimiento. Donald Goddard fue el geólogo encargado del proyecto (MHH 1968-1970), con base en el campamento del cerro El Zamuro, junto a Mario Paparella - geómetra y topógrafo, Juan Luís Bolívar y Justo Hurtado - técnicos geólogos, también algunos trabajadores especialistas como Raúl Gómez - tractorista, Pedro Rodríguez - camionero, Antonio Chirinos - sastre, Pedro Gómez - baquiano y diversos obreros ocasionales.

Se realizó una exploración general de toda la franja de la Formación Matatere al norte del valle de Carora, pero con la geología en detalle de 32 km² alrededor de la mineralización conocida. En las labores de prospección geoquímica estuvieron involucrados Carlos López Eyzaguirre, Jean Pasquali y Orestes Bujosa; para este trabajo se utilizó un equipo portátil de absorción atómica

en frío ("sniffer") con buenos resultados analíticos. De esta época se preservan 14 ilustraciones de gran formato, como mapas geológicos y topográficos, secciones y mapas con los resultados de la prospección geoquímica (MMH, 1968-1970; MMH, 1983). El grupo de trabajo concluyó que el depósito carece de interés económico.

1970, 1986. En 1970, D. Goddard y M. Castillo elaboran una guía de excursión a la zona, la cual se llevó a cabo exitosamente (GODDARD & CASTILLO, 1970). En 1989 guían una segunda edición de la excursión, ahora bajo los auspicios del Departamento de Geología de MARAVEN.

1989. FUDECO contrata al geólogo Simón Rodríguez para realizar una integración de la información del yacimiento. Esencialmente resume lo realizado por el MMH y recomienda realizar trabajos exploratorios adicionales (RODRÍGUEZ 1989).

2007. Dos de los autores de estas notas (FU, DM), realizan un reconocimiento de la zona para planificar visitas futuras con estudiantes de la UCV. Otro de los autores (DG) presenta una síntesis de las labores exploratorias del período 1968-1970 (GODDARD 2008).

DISCUSIONES Y CONCLUSIONES

De los distintos tipos de depósitos de mercurio (principalmente cinabrio, HgS) resumidos en RYTUBA (1996), el que más se asemeja a las características de San Jacinto es el "modelo Almadén", denominado así por el depósito homónimo en Andalucía, España. Estos yacimientos se caracterizan por una mineralogía de cinabrio \pm mercurio nativo + pirita + calcita + cuarzo, donde las zonas mineralizadas usualmente se establecen en las zonas permeables de las rocas, ya sea por tectonismo o porosidad primaria. Existen varios depósitos de mercurio de este tipo, que están asociados a rocas de complejos de subducción o arco externo en el flysch, como el complejo Mesozoico del Franciscano de California (Nueva Almadén), en el Ordovícico de Terranova, o en la propia localidad tipo en Almadén, en la zona de sutura ibérica. A veces los yacimientos se hallan asociados a serpentinita, a rocas metabásicas y otras veces a lutita marina, pero bastante a menudo a rocas flysch (MASLENNIKOV 1989, BOORDER & WESTERHOF 1994, HIGUERAS 1997).

La fuente del metal Hg, a veces acompañado por Sb, puede corresponder a un cuerpo ofiolítico, tanto de serpentinita como las rocas metabásicas. La alteración hidrotermal que se produce puede alterar profundamente a la serpentinita generando vetas y rocas de carbonato (ofalcitas), con la mineralización asociada. La

circulación hidrotermal lleva los fluidos a través de litologías permeables alejadas de la roca máfica fuente, como pueden ser grauvaca o arenisca lítica de las unidades asociadas. En el gran depósito de Almadén (HIGUERAS *et al.* 1997, 2000), la mineralización primaria se halla en la "Cuarcita del Criadero" del Silúrico y en una roca piroclástica básica muy cizallada, de color marronuzco localmente llamada "piedra frailesca". Los cuerpos de serpentinita no afloran en el distrito minero, pero sí en una serranía más al Este. También hay mineralizaciones secundarias que rellenan fracturas o zonas con reemplazo más o menos irregulares, pero que siguen fracturas o rocas con alguna permeabilidad primaria.

Los fluidos hidrotermales que producen estos yacimientos son de tipo epitermal, de baja temperatura (<200°C) y las aguas tienen un origen meteórico-freático o connato, lo cual es posible en los arcos externos no-magmáticos, que son complejos de subducción emergidos por encima del nivel del mar (MITCHEL & GARSON 1994). En estos complejos, el Hg es liberado durante el proceso de serpentinitización de los cuerpos ofiolíticos desmembrados, donde las soluciones hidrotermales de origen connato o meteórico redepositan el metal en rocas psamíticas permeables tipo flysch. Originalmente el Hg se encuentra alojado en pequeñas concentraciones principalmente en el piroxeno, ocupando los intersticios de coordinación cúbica en el clinopiroxeno cálcico, dado que es un catión de gran radio iónico ($R_{Hg^{2+}} = 1,10 \text{ \AA}$) que se sustituye diadóquicamente con el Ca^{2+} . El metal es lixiviado por soluciones acuosas calientes de las rocas, luego por la naturaleza volátil de este metal probablemente sea transportado tanto en estado de vapor, como metal nativo, o en soluciones acuosas que contengan hidrocarburos como compuestos órgano-metálicos, de ahí su asociación con el mineral orgánico idrialita (ROBB 2005: 151).

Aunque con dimensiones mucho menores, el depósito de San Jacinto tiene características semejantes a Almadén. En el marco regional podemos estar cerca de una sutura de rocas de corteza oceánica, sobre un prisma de rocas sedimentarias formado por el apilamiento de las napas de Lara, aquí constituidas fundamentalmente por la secuencia flysch de la Formación Matatere, que tiene gruesos espesores de rocas psamíticas fracturadas.

En resumen, San Jacinto es un yacimiento de mercurio de origen hidrotermal, formado por soluciones de temperaturas relativamente bajas (epitermal) probablemente con aguas de origen diagenético o connato que a profundidad pudieron haber circulado a través de rocas ígneas ofiolíticas. Hoy en día las rocas máficas-ultramáficas de litósfera oceánica afloran en a unos 40 km al norte, en la región de Siquisique (CORONEL & KIEWIET

DE JONGE 1965; KERR *et al.* 2007; RODRÍGUEZ & MUÑOZ 2010, URBANI *et al.* 2012). Es probable que otros cuerpos de rocas ofiolíticas existan en el subsuelo repetidos dentro de la compleja secuencia de napas apiladas. Posteriormente el Hg pudo ser movilizado por estas soluciones hidrotermales, de neutras a ligeramente alcalinas y en condiciones moderadamente reductoras en forma de tiocomplejos solubles del tipo $\text{Hg}(\text{HS})_2$, $\text{HgS}(\text{HS})^-$, y HgS_2^{2-} , o como se dijo anteriormente, como vapor o compuestos órgano-metálicos (ROBB 2005: 151), para ser posteriormente precipitado en las fracturas de las capas psamíticas de la Formación Matatere formando vetas de cuarzo y cinabrio, probablemente durante el Oligo-Mioceno.

Con lo conocido hoy en día sobre este tipo de yacimientos, a diferencia del orden de cristalización propuesto por LÓPEZ & BRINEMAN (1943), interpretamos que primero debió precipitar el cuarzo lechozo junto con pirita y sericita, ya que esta es la alteración sericítico-pirítica de baja temperatura que precede a la mineralización, para luego precipitar el cinabrio y el cuarzo cristalino, ambos en forma de cristales euhedrales, junto a la idrialita. Lamentablemente ya no es posible examinar las obras subterráneas donde se podría verificar esta hipótesis.

Según los estudios efectuados en el yacimiento hace varias décadas, considerando además el comportamiento del actual del mercado mundial del mercurio, se deduce que el yacimiento no tiene interés comercial. Por ser una localidad única en el país, recomendamos estudios mineralógicos adicionales, en especial para tratar de confirmar y dilucidar la presencia del raro mineral idrialita.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece a Graziana Valleta y Gladys Johanna Martínez por compartir el trabajo de campo. A los profesores Jean Pasquiali y Ramón Serafín Sifontes por sus valiosas observaciones. A Marina Peña de FUNVISIS por el cuidadoso dibujo de las figuras de líneas. Este trabajo es una contribución del proyecto GEODINOS (FUNVISIS-UCV) y LOCTI (Investigaciones geológicas en el norte de Venezuela).

REFERENCIAS

ANTHONY, J. W., R. A. BIDEAUX, K. W. BLADH & M. C. NICHOLS (1990). *The Handbook of Mineralogy*. Mineral Data Publishing. 5 vols.

- AUDEMARD, F. A., A. SINGER & J. A. RODRÍGUEZ. (1998). *Estudio de neotectónica y geología de fallas activas del triángulo de fallas de Boconó, Oca-Ancón y Valera*. FUNVISIS, informe inédito para INTEVEP, 138 p. + mapa 1:250.000.
- BELLIZZIA, A., N. PIMENTEL & S. RODRÍGUEZ. (1981). Recursos minerales de Venezuela y su relación a la metalogénesis. *Bol. Geología*, M.E.M., Caracas, *Public. Esp.* 8: 6-77.
- BOORDER, H. DE & A. B. WESTERHOF. (1994). Tectonic control of early to middle Paleozoic volcanism and related mercury and antimony mineralization in southern central Iberia. *Economic Geology*, 89(3): 656-661;
- DUMAS, J. (1832). Recherches sur les combinaisons de l'hydrogène et du carbone, *Annales de Chimie et de Physique*, 50 : 182-197.
- CORONEL, G. & E. J. C. KIEWIET DE JONGE. (1965). Igneous rocks of the Siquisique region, State Lara. *Boletín Informativo, Asociación Venezolana de Geología, Minería y Petróleo*, 8 (10): 286-306.
- GODDARD, D. (2008). Historia de la mina de mercurio de San Jacinto, Serranía de Baragua, estado Lara. *Geos*, UCV, Caracas, 39: 101 + 15 p. y 35 láminas en DVD.
- GODDARD, D. & M. CASTILLO. (1970). *Geología de la Serranía de Baragua, norte de Carora, estado Lara: Excursión geológica Carora - La mina San Jacinto - Cerro Pacheco, estado Lara*. Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dir. Geología, Caracas, inédito, 5 p. (Segunda edición: *Geología de la Serranía de Baragua, norte de Carora, estado Lara*. MARAVEN, Caracas, inédito, 6 p., 1986).
- HIGUERAS, P. (1997). El Distrito minero de Almadén. En: HIGUERAS, P. & SÁNCHEZ, C., (eds.). *XVII Reunión Científica de la Sociedad Española de Mineralogía. Itinerarios Geológicos*. Universidad de Castilla-La Mancha. 1-25.
- HIGUERAS, P., R.OYARZUN, D. MORATA & J. MUNHÁ. (1999). The largest mercury anomaly on Earth (Almaden, Spain): A mantle derived feature?. *Revista de la Sociedad Geológica de España*, 13-1: 105-119.
- HIGUERAS, P., R.OYARZUN, D. MORATA & J. MUNHÁ. (2000). The Almaden metallogenic cluster (Ciudad Real, Spain): alkaline magmatism leading to mineralization process at an intraplate tectonic setting. *Geogaceta*, 25: 103-105.
- KEER, A., F. URBANI, R. SPIKINGS, T. BARRY, A. R. HASTIE & J. TARNEY. 2010. The Siquisique basalt and gabbro units, Los Algodones, Lara State, Venezuela: Late Cretaceous oceanic plateau formed within the

- proto-Caribbean plate?. *Geos*, UCV, Caracas, 40: 19 + 1 cartel en DVD.
- LANDAETA ROSALES, M. (1889). *Gran recopilación geográfica, estadística e histórica de Venezuela*. Caracas: Imprenta Bolívar. 2 vols.
- LÓPEZ, V. M. & BRINEMAN Jr. J. H. (1943). Estudio geológico y minero del yacimiento de mercurio de San Jacinto, estado Lara. *Revista de Fomento*, Caracas, 5(50): 29-61.
- MASLENNIKOV, V. (1989). Geodynamic conditions for formation of mercury, antimony, and tin deposits. *International Geology Review*, 31(9): 934-941.
- MF- MINISTERIO DE FOMENTO. (1941). *Memoria del Ministerio de Fomento presentado al Congreso de los Estados Unidos de Venezuela*. Caracas: Coop. Artes Gráficas.
- MF- MINISTERIO DE FOMENTO. (1943). *Memoria del Ministerio de Fomento presentado al Congreso de los Estados Unidos de Venezuela*. Caracas: Tip. Garrido.
- MITCHELL, A. H. G. & M. S. GARSON. (1984) *Mineral Deposits and Global Tectonic Setting*. 3ª ed., Londres: Academic Press, 405 p.
- MMH - MINISTERIO DE MINAS E HIDROCARBUROS. (1968-1970). a) *Mapa isógrado, área La Perezza - El Cacique*. Escala 1.1000, lámina no. 0146. b) *Mapa de muestreo geoquímico, yacimientos de mercurio*. Escala 1:10.000, no. 0267. c) *Mapa de muestreo geoquímico, localización de muestras*. Escala 1:10.000, no. 0272. d) *Mapa geológico mina San Jacinto*. Escala 1:500, no. 0273. e) *Mapa de muestreo geoquímico, valores A, mercurio*. Escala 1:10.000, no. 0275. f) *Mapa de muestreo geoquímico, valores B, mercurio*. Escala 1.10.000, no. 0276. g) *Levantamiento topográfico minas San Jacinto*. Escala 1:500, no. 0277. h) *Mapa de situación San Jacinto, estado Lara*. Escala 1:1000, no. 0278. i) *Interpretación estructural de la región de San Jacinto*. Escala 1:25.000, no. 03533. j) *Plano de perforación mina de cinabrio, San Jacinto, corte horizontal*. Escala 1:500, no. 3532. k) *Planta y perfiles de los canales, minas de mercurio de San Jacinto*. Escala 1:100, no. 3531. l) *Mapa guía para exploración de cinabrio, San Jacinto*. Escala 1:50.000, no. 3530. m) *Mapa geoquímico minas San Jacinto, valores A*. Escala 1:1000, no. 3534-3535. n) *Muestreo geoquímico mina San Jacinto, promedio valores A y B*. No. 3536. Min. Energía y Minas, informes y mapas inéditos en Centro de Análisis de Información Geológica-Minera, Caracas.
- MMH - MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS. (1983). Lista de mapas, cortes, diagramas, etc. de los estados Lara, Mérida y Miranda. *Boletín Informativo, Centro de Análisis de Información Geológica-Minera* (CAIGEOMIN), Min. Energía y Minas, Caracas, 11: 40-61.
- NEWMAN, W. R. (1967). *Memorandum on Jacinto mercury deposit*. Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Dir. Geología. 16 febrero. Informe inédito DRM-0313, 5 p.
- NOGUERA, M., C. STEDMAN, E. FIRST, A. PARRINELLO, J. E. WRIGHT, F. URBANI & J. COLGAN. (2010). Detrital zircon geochronology of Paleocene/Eocene turbidites from Venezuela and offshore islands: implications for late cretaceous subduction initiation along the leeward islands and Aves ridge. *Geos*, UCV, Caracas, 40: 29 + 1 cartel en DVD.
- OROPEZA, J., L. M. RODRÍGUEZ & S. COLÓN. (2009). *Informe preliminar de la actividad de campo realizada en el límite norte de la cuenca de Carora, edo. Lara*. FUNVISIS, informe inédito, 29 p.
- RENZ, O., R. LAKEMAN & E. VAN DER MEULEN. (1955). Submarine sliding in Western Venezuela. *Bull. AAPG*, 39(10): 2053-2067.
- ROBB, L. (2005). *Introduction to ore-forming processes*. Oxford: Blackwell Pub., 373 p
- RODRÍGUEZ, H. & P. MUÑOZ. (2010). Geología de las unidades ígneas y sedimentarias de Siquisique-Puente Limón, estado Lara. *Geos*, UCV, Caracas, 40: 70-71 + 206 p. en DVD.
- RODRÍGUEZ, S. (1986). Recursos Minerales de Venezuela. *Bol. Geología*, MMH, Caracas, 15(27). 215 p. Capítulo de mercurio reimpresso en: <http://www.pdvsa.com/lexico/museo/minerales/mercurio.htm>
- RODRÍGUEZ, S. (1989). *Ubicación y caracteres de niveles enriquecidos con cinabrio, áreas factibles de ser explotados a cielo abierto La Peraza, Lara Central*. FUDECO, Barquisimeto. Informe inédito, 52 p.
- RUBIO, E. (1942). *Informe resumen sobre los trabajos verificados durante doce meses en la mina "San Jacinto". Deducciones y conclusiones*. Compañía Anónima Minerales de San Jacinto. San Jacinto, Lara, 9 julio. Inédito, 12 p. [Ministerio de Minas e Hidrocarburos, Biblioteca].
- RYTUBA, J. J. (1996). Descriptive model of Almaden Hg. En: D. P. COX & D. A. SINGER (eds.). *Mineral deposit models. U.S. Geological Survey Bulletin* 1693: 180.
- STEPHAN, J. F. (1982). *Evolution géodinamique du domain Caräibe, Andes et Chaîne Caräibe sur la transversale de Barquisimeto (Vénézuéla)*. Univ. Pierre et Marie Curie (Paris VI). Tesis doctoral, inédita. 512 p. (Reproducido en *Geos*, UCV, Caracas, 41: en prensa + 512 p. en DVD, 2011).

- URBANI, F. (2010a). Las capas de peñones de la Formación Matatere, estado Lara, Venezuela. *Bol. Acad. Cienc. Fís., Matem. y Nat.*, Caracas, en prensa.
- URBANI, F. (2010b). Vida y obra de los ingenieros de minas Enrique Rubio Sandoval (1889-1955C) y Carlos Fernández de Cakleya (1889-1966). *Geos*, UCV, Caracas, 41: en prensa.
- WHEELER, C. B. (1958). *Geology of south central Falcon and northern Lara and the regional stratigraphy and oil possibilities of Oligocene and lower Miocene sediments in the Falcon basin*. Creole Petroleum Corp., informe 4400.11-10, 111 p., 35 lam. (Publicado en *Geos*, UCV, Caracas, 40: 110 + 149 p. y 21 lám. en DVD, 2010).