

CARACTERIZACIÓN MINERALÓGICA DE LAS MENAS AURÍFERAS DEL YACIMIENTO HOJA DE LATA, ESTADO BOLIVAR, VENEZUELA

Niya Y., Murillo S¹

RESUMEN

La mineralización aurífera en la zona Hoja de Lata, estado Bolívar, se encuentra dentro de un sistema de vetas paralelas denominadas Veta Principal, alojadas a lo largo de grandes zonas de cizalla por donde ascendieron soluciones mineralizantes, con dirección predominante SE-NW a S-N emplazadas en los Cinturones de Rocas Verdes de la Provincia de Pastora, dentro de la formaciones Yuruari, El Callao y Caballape. La zona carece de un estudio que establezca la composición mineralógica, la secuencia paragenética y los estadios de mineralización, por lo que se hace necesario caracterizar la mineralización aurífera y establecer las asociaciones minerales. Los trabajos geológicos realizados por el proyecto Hoja de Lata, han aportado la información geológica de campo necesaria, la cual fue integrada e interpretada; en total se recolectaron 20 muestras provenientes de la zona mineral, se les realizaron análisis petrográficos, petrominerográficos, minerográficos y microscopía electrónica de transmisión y barrido. Los resultados obtenidos permitieron concluir que la mineralización aurífera está constituida por oro nativo en veta de cuarzo, con bajo sulfuro. La principal paragénesis de la mineralización aurífera corresponde a una secuencia primaria perteneciente al relleno de la veta: cuarzo, carbonato, sericita, clorita, pirita, esfalerita, calcopirita, calcosina, oro nativo, sulforarseniuro, minerales asociados al grupo del titanio, apatito y xenotima y una secuencia secundaria correspondiente a una alteración posterior de la veta: óxidos e hidróxidos de hierro (magnetita, hematita, manganeso y limonita). Fueron detectados dos principales estadios de mineralización acompañando a las manifestaciones auríferas: un primer estadio se asocia al relleno hidrotermal de la veta mineralizada y un segundo estadio es el de la meteorización.

Palabras Claves: Estadios -Oro - Paragénesis – Vetas de cuarzo.

MINERALOGICAL CHARACTERIZATION OF THE GOLD ORE DEPOSIT, HOJA DE LATA, BOLIVAR STATE, VENEZUELA

ABSTRACT

The gold mineralization in Hoja de Lata zone, is within a system of parallel veins hosted lode called along major shear zones, where mineralizing solutions reached with predominant direction SE-NW to S-N, placed in Green Belt Rocks in Pastora Province within Yuruari, El Callao y Caballape formations. The zone lacks a study to establish the mineralogical composition, and paragenetic sequence of mineralization stages, so it is necessary to characterize the gold mineralization and to establish the mineral assemblages. The geological work done by the Hoja de Lata project have provided all necessary geological information which was integrated and interpreted, in total 20 samples were collected from the mineral zone, were analyzed for petrographic, petrominerographic, minerographic and electron microscopy transmission and scanning. The results allowed the conclusion that the gold mineralization consists of native gold in quartz vein with low sulfur. The main gold

¹ Instituto Nacional de Geología y Minería – Ciudad Bolívar, estado Bolívar.

mineralization assemblages correspond to a primary sequence belonging to the filling of the vein: quartz, carbonate, sericite, chlorite, pyrite, sphalerite, chalcopyrite, chalcocite, native gold, sulphorarsenic, minerals associated with the group of titanium, xenotime and apatite and secondary sequence corresponding to a subsequent alteration of the vein iron oxides and hydroxides (magnetite, hematite, manganese and limonite). In two main stages of mineralization were detected gold mineralization, a first stage takes place the filling hydrothermal mineralized vein and a second stage which is of the weathering.

Key Words: Stages – Gold – Paragenesis - Quartz veins

INTRODUCCIÓN

Las mineralizaciones auríferas en el área de Hoja de Lata han sido objeto de explotación desde el siglo XX, no obstante, los estudios que se han realizado para conocer esta mineralización y esclarecer su potencial aurífero son escasos y los que existen exponen algunos aspectos del mismo, pero no definen detalles, tales como el esclarecimiento de la secuencia paragenética y los estadios de la mineralización. Si se quiere conocer la dinámica de los fluidos durante la formación aurífera y las fases minerales que contienen el oro y su relación respecto a su distribución de forma tal, que esta información constituya un criterio mineralógico, que interpretado en conjunto con los criterios geológicos, geoquímicos y geofísicos permitan llevar a cabo una evaluación mejor fundamentada del potencial de los recursos auríferos en el depósito estudiado.

OBJETIVO GENERAL

En la caracterización de las menas auríferas del sector Hoja de Lata, se utilizaron los siguientes métodos: minerográfico, petrominerográfico y por microscopía electrónica de barrido, con la

finalidad de establecer la secuencia paragenética, los estadios de mineralización y el orden cronológico de depositación mineral.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1. Identificar la composición mineralógica y las principales secuencias paragenéticas de los cuerpos minerales, a través del análisis minerográfico, petrominerográfico y microscopía electrónica de transmisión y barrido (SEM-EDS)
2. Establecer el orden cronológico de formación de los principales estadios de mineralización constituyentes de las menas, mediante el análisis minerográfico petrominerográfico y microscopía electrónica de transmisión y barrido (SEM-EDS).

UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

La zona de estudio está ubicada a unos 200 Km. al sur de la ciudad de Puerto Ordaz y el acceso a la zona es a través de la carretera Ciudad Bolívar-Tumeremo (Fig. 1).

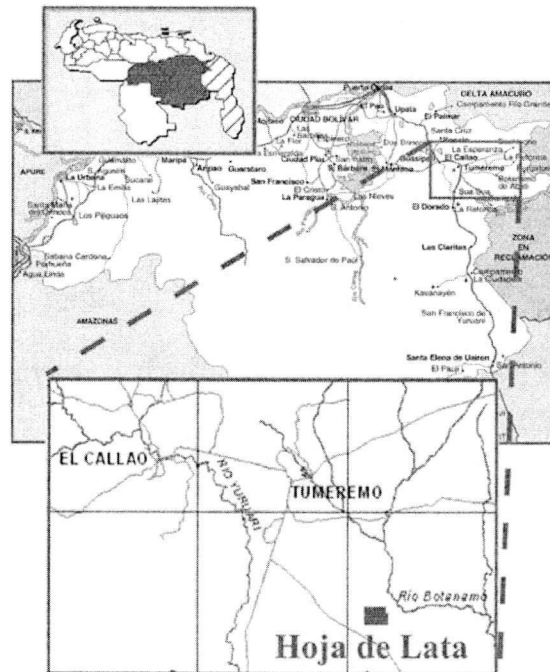


Fig. 1 Ubicación geográfica del área de estudio, tomado del proyecto Hoja de Lata (2006-2008).

METODOLOGÍA

La metodología utilizada consta de cuatro (4) etapas para su planificación y desarrollo, la cual se llevó a cabo de la manera siguiente: 1) etapa de oficina, que incluyó la recopilación, búsqueda, selección y revisión del material bibliográfico y cartográfico de la zona de estudio y sus alrededores a nivel local y regional, tomando como base la información suministrada por el proyecto de Prospección y Exploración de oro en el sector Hoja de Lata, estado Bolívar que llevó a cabo el Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN), con la cooperación de especialistas cubanos (GEOMINERA). 2) etapa de campo, que consistió en el muestreo de la veta mineralizada, bajo dos (2) procedimientos: laboreos mineros (verticales), de explotación, realizados por los mineros distribuidos a lo largo de todo el yacimiento con profundidades que varían de 20 a 100 m, de los cuales se seleccionaron tres (03) verticales: VC-2, VC-5 y P20/A, y los pozos de perforación realizados por el Proyecto Hoja de Lata,

hasta una profundidad de 150 m, de los cuales se seleccionaron tres (03) (Pozos 801, 1001 y 1401) y 3) etapa de laboratorio en donde se realizaron los diferentes análisis microscópicos: minerográficos, petrominerográfico y análisis a través de microscopía electrónica de transmisión y barrido (SEM-EDS), todas con fotomicrografías, en total se seleccionaron 20 muestras. El trabajo se concluyó con la interpretación de los resultados obtenidos, expuestos en las conclusiones.

GEOLOGÍA REGIONAL

El Escudo Guayanés se localiza al sur del río Orinoco y ocupa aproximadamente el 50% de la superficie de Venezuela, con rocas tan antiguas como 3.41 Ga (Granulitas y charnockitas del Complejo de Imataca) y tan jóvenes como 0.711 Ga (Kimberlitas eclogíticas de Guaniamo). (MENDOZA, V. 2005).

La Provincia Geológica de Pastora está representada por los Cinturones de Rocas Verdes (CRV) constituidos por una secuencia volcánico-sedimentaria, que

forman grandes cuerpos sinformes rodeados por cuerpos dómicos de rocas graníticas sódicas. (MENÉNDEZ, A., 1968)

La secuencia estratigráfica se inicia con una fase volcánica perteneciente al Supergrupo Pastora y sus equivalentes, de composición máfica a ultramáfica subalcalina y con tendencia komatítica a toleítica (Grupo Carichapo) constituida específicamente por rocas basálticas toleítica a komatítica de la Formación Florinda, seguidos e interestratificados en parte por los basaltos komatíticos de la Formación Cicapra y esta última está interestratificada con rocas basáltico-andesítica toleítica de la Formación el Callao, que presenta estructura de almohadilla y por un conjunto de rocas andesíticas y dacíticas (pórfidos andesíticos, dacitas, riodacitas, volcanoclásticas y piroclásticas) y rocas sedimentarias asociadas en menor cantidad pertenecientes a la Formación Yuruari. Estas rocas constituyen los Cinturones de Rocas Verdes más antiguos, de edad (2300 m.a.), con tendencias estructurales próximas a N-S (N 10° E a N 20° W) de espesores delgados, tectonizados y alto metamorfismo, (MENÉNDEZ, A. 1968).

La fase sedimentaria se inicia con rocas pertenecientes al Grupo Botanamo, constituido por depósitos tipo flysch y de rocas volcánicas calcoalcalinas y turbidíticas de la Formación Caballape y finaliza con un conjunto molásico de capas rojas, areniscas cuarcíticas, filitas y conglomerados polimicticos, transicionales entre piríticos color verdoso a no piríticos de color rojizo de la Formación Los Caribes. Estas rocas constituyen los Cinturones de Rocas Verdes más jóvenes (2100 m.a.), son de grandes espesores, poco tectonizados, bajo metamorfismo y con tendencias estructurales en ángulo recto con las anteriores, orientados con rumbo E-W a N 70°- 80° E. Esta secuencia se formó en la cuenca detrás del arco de islas y afloran principalmente en la

región de Tumeremo-El Dorado, siendo intrusionados por sills de gabros conjuntamente plegados, replegados y levemente metamorfizados (MENÉNDEZ, A. 1968).

BENAIM, N. (1972), cartografió para la zona de Botanamo, la Formación Los Caribes, suprayacente a la Formación Caballape y a la Formación Venamo, equivalente a la Formación Caballape, en la zona del Río Venamo. Estas últimas tres formaciones integran el Grupo Botanamo. Posteriormente, MENÉNDEZ, A. (1994), efectuó la revisión estratigráfica de la Provincia, introduciendo una nueva unidad, a la cual denominó Formación Florinda, en la base de toda la secuencia.

GEOLOGÍA LOCAL

El sector Hoja de Lata está localizado dentro de las Formaciones Yuruari del Super Grupo Pastora y Caballape del Grupo Botanamo, estas formaciones representan los Cinturones de Rocas Verdes, y son consideradas de alta prospectividad por la presencia de mineralización aurífera. La Formación Yuruari está constituida por rocas producto del vulcanismo intermedio, muy bien desarrolladas y con intercalaciones de esquistos (MEM, 1997, tomo II, pág. 691).

De acuerdo a los resultados obtenidos en el Proyecto Hoja de Lata, el rumbo de esta zona es predominantemente N-S, como es característico para estos tipos de yacimiento en la región y el buzamiento varía con ángulos de 45° a 80° SW y ángulo medio de 60° a 65° SW. La Veta Principal del mencionado yacimiento indicaría la presencia de un conjunto mineral de vetas auríferas paralelas, como se aprecia en la Figura 2. Este sistema de vetas en su conjunto, parecen estar asociadas a una zona de cizalla de rumbo NW. La Veta Principal se manifiesta como un cuerpo de rumbo NW 350° y buzamiento hacia el SW con ángulos que

varían entre 60° y 80° , como se aprecia en la Figura 2. Estas condiciones geológicas favorecieron la migración de soluciones mineralizantes, además existen fallas posteriores y las mismas poseen dirección SW-NE y son las causantes de la fracturación de las vetas en explotación.

La mineralización en la veta está argumentada por la presencia de labores de explotación artesanal en toda su extensión por el rumbo, dentro de los cuales algunos superan los 100 m, por el buzamiento, cabe señalar que la explotación artesanal persigue solo las zonas de altos contenidos,

por lo cual se supone que el contenido promedio de la veta puede superar los 30 g/t, siendo esta una valoración bastante conservadora. La parte aflorante actualmente conocida de la veta principal, se extiende aproximadamente 500 m, quedando abierta en ambos extremos. Como ocurre con el resto de los parámetros, no existen datos precisos para valorar la potencia de la veta, pero ésta se puede estimar que oscila entre 0.50 y 2.50 metros según la información suministrada por los mineros (INGEOMIN, 2006-2008).

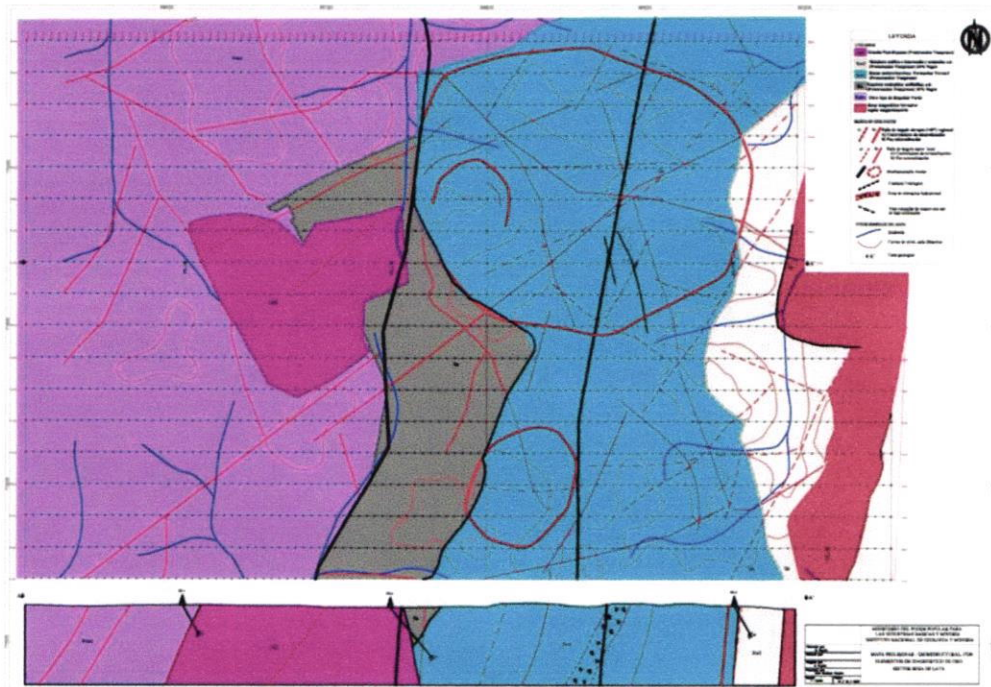


Fig. 2. Mapa geológico de exploración (Tomado del Proyecto de Prospección y Exploración de oro en el sector Hoja de Lata, 2006-2008)

RESULTADOS ANALÍTICOS

El oro se presenta en vetas de cuarzo, en la zona fuertemente fracturada, agrietada y brechada. (Figs. 3 y 4), condiciones que favorecen el medio de transporte de las soluciones mineralizadas y en ellas se dan las condiciones fisicoquímicas para la precipitación del oro (SIBSON, R (2001). La veta de cuarzo es de color blanco

ahumado, anhedral, de bordes corroídos, recristalizado, elongado, intensamente fracturado y agrietado, algunos rellenos de óxidos e hidróxidos de hierro y otros por minerales producto de alteración como: carbonato con maclas bien definidas, (Fig. 4), y en algunos casos por clorita y sericita estos últimos en agregados laminares que forman paquetes que en ocasiones envuelven a los granos de oro. Se

comprobó que las rocas que encajan o contienen la mineralización aurífera, son andesitas y esquistos, ambas con presencia

de numerosas alteraciones en las proximidades de la zona mineral.

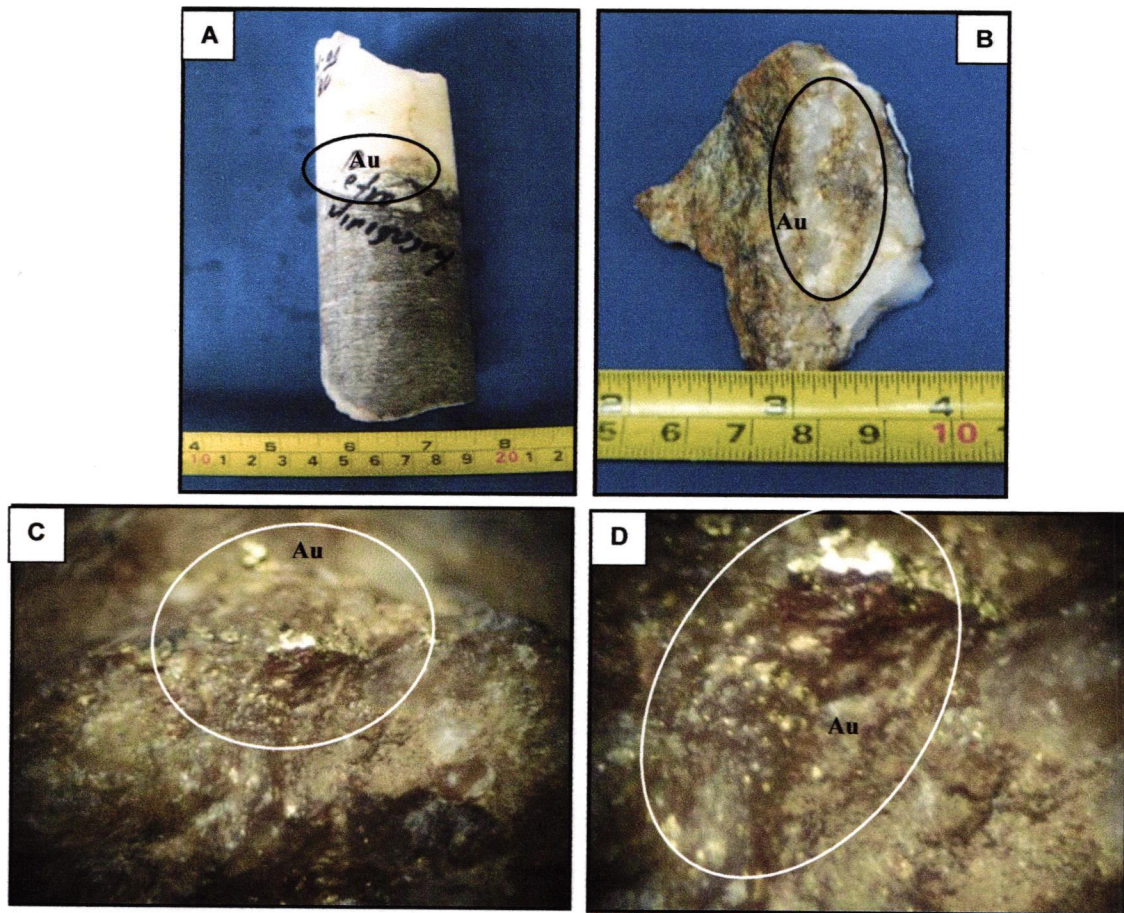


Fig. 3. Fotografía de veta de cuarzo con mineralización aurífera. A Testigo de perforación del pozo 1401 Muestra HL-4238 Prof. 63.80 m y B. Vertical VC-5 Muestra HL-3911 (A) Prof. 26.10 m. Se observa veta de color blanco ahumado, fracturada y brechada principalmente en el contacto con la roca, en esta zona se observa oro nativo y material de óxido e hidróxido de hierro C y D. Bajo lupa binocular C.(Aumento 10x/0.70x) y D.(Aumento 10x/0.80x). Granos de oro en forma de pepita asociado al hidróxido de hierro (limonita).

El oro se presenta en granos de tamaño grueso a fino, los gruesos varían desde un rango de 182.00 μm a 91.20 μm y en los más finos de 0.425 μm a 0.213 μm , el largo en ambos casos varía entre 35,9 y 50,4 μm , en general el tamaño máximo varía 655 de ancho x 1403 μm de largo y el tamaño mínimo varía de 0.720 de ancho

μm x 4.70 μm , con morfologías variables desde irregulares hasta alargadas, en los de menor tamaño se encuentra en laminillas y en hilos alargados y delgados relleno de las zonas de debilidad, en las fracturas e intersticios de la veta de cuarzo, (Figs. 4 y 5).

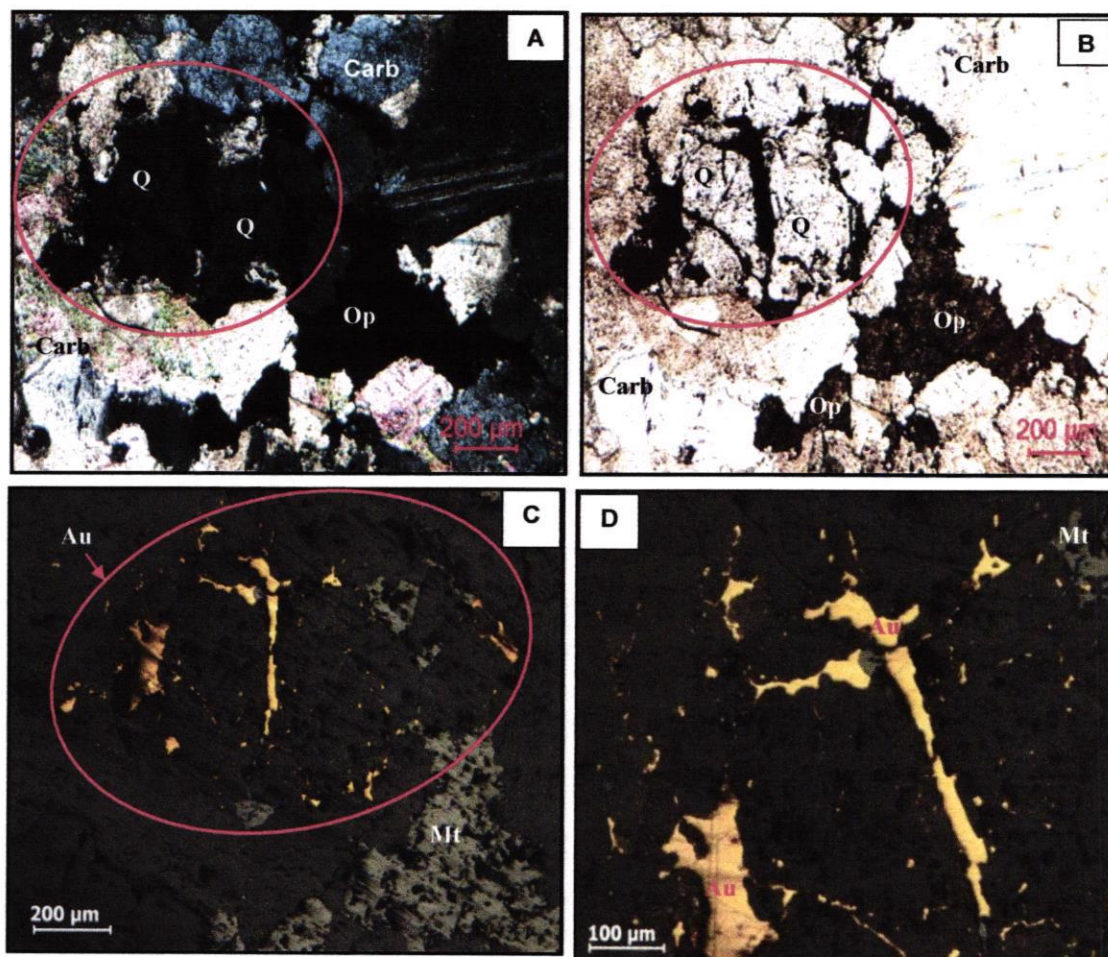


Fig. 4. Fotomicrografías de la veta de cuarzo perteneciente al pozo 1401. Muestra HL-4238 Prof. 63.80 m. A y B. (Aumento 10x/4x) NX y N// Luz Transmitida. Cristal de cuarzo envuelto por carbonato (Carb) con microfracturas rellenas de oro nativo C. (Aumento 10x/4x) y D (Aumento 10x/10x). Luz Reflejada. Oro nativo de tamaño que varía en los más gruesos desde 34,00 μm a 0,212 μm y en los más finos de 0,213 μm a 0,106 μm , se encuentran rellenas las microfracturas del grano de cuarzo y entre las grietas e intersticios hay magnetita (Mt).

La mineralización metálica observada oscila entre el 1% al 5% de pirita principalmente, es de bordes corroídos, porosa, se observa deformada, algunas alargadas, en ocasiones sólo quedan en restos esqueléticos, se encuentra asociada principalmente con el carbonato y la sericita, algunas presentan fracturas rellenas de calcopirita, siendo esta

evidencia remplazada por un evento posterior, también se observa escasa esfalerita, con textura de exsolución, siendo sustituida por calcopirita. Además se observaron minerales asociados al titanio rellenas los intersticios de la veta de cuarzo, (Fig. 6).

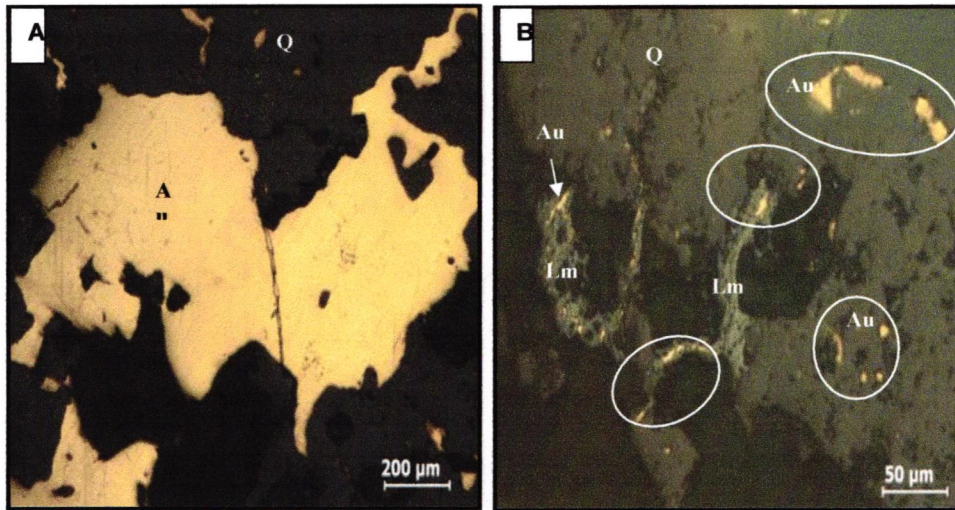


Fig. 5. Fotomicrografías de la veta de cuarzo perteneciente al vertical VC-5 Muestra HL-3911 (A) Prof. 26.10 m A. (Aumento 10x/5x). Se observa oro (Au) irregular, de tamaño 655 µm de ancho y 1403 µm de largo, se encuentra relleno las fracturas en la veta de cuarzo. B. (Aumento 10x/20x) Granos de oro de tamaño que varía de 0,720 µm a 4,70 µm envueltos por limonita y algunos dispersos en la veta de cuarzo.

Como mineral secundario se observó calcosina, sustituyendo a la calcopirita y la presencia de limonita que rellenan las microfrazuras y algunos envuelven a los granos de oro, (Figs. 3 y 4), piritita limonitizada, se observaron restos del

mineral primario ya que han sido reemplazados totalmente (pseudomorfismo de limonita en piritita) y escasa goethita anhedral, en las oquedades de la veta, estos últimos asociados a la mineralización aurífera. (Fig. 6).

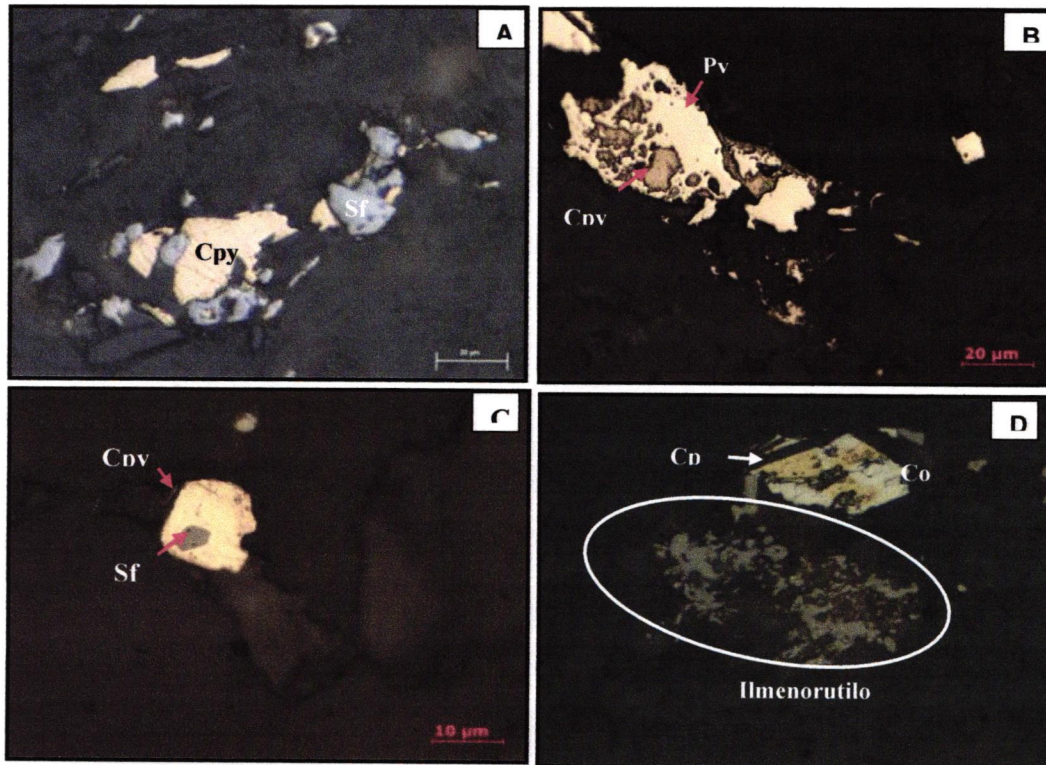


Fig. 6. Fotomicrografías de minerales metálicos encontrados en las vetas de cuarzo pertenecientes al Pozo 801. A. Muestra HL-4055 Prof. 98.40 m ((Aumento 10x/50x): Cristales de esfalerita (Sf) siendo sustituida por calcopirita (Cpy). Pozo 1001. B y C Muestra HL-4176 Prof. 100.30 m. B. (Aumento 10x/50x) Se observa reemplazamiento de un cristal de piritita (Py) por calcopirita (Cpy) a través de las fracturas, evidencia de un evento posterior. C. (Aumento 10x/100x). Cristal de calcopirita (Cpy) anhedral con inclusión de esfalerita (Sf). D. Muestra HL-4177 Prof. 104.70 m (Aumento 10x/100x) Calcopirita (Cpy) siendo sustituida por calcosina (Co) y minerales del grupo del titanio posible ilmenorutilo, en agregados granulares y aciculares.

Además de estos minerales observados por microscopio óptico con luz reflejada, se identificó a través de microscopía electrónica de transmisión y barrido (SEM-EDS), la presencia de oro, asociado a carbonato tipo ankerita y algo de siderita-

magnesita, granos de arseniuros o sulfoarseniuro de Ni y Co en carbonato, y como accesorios: apatito, rutilo, xenotima y manganeso como se puede apreciar en la Figura 7.

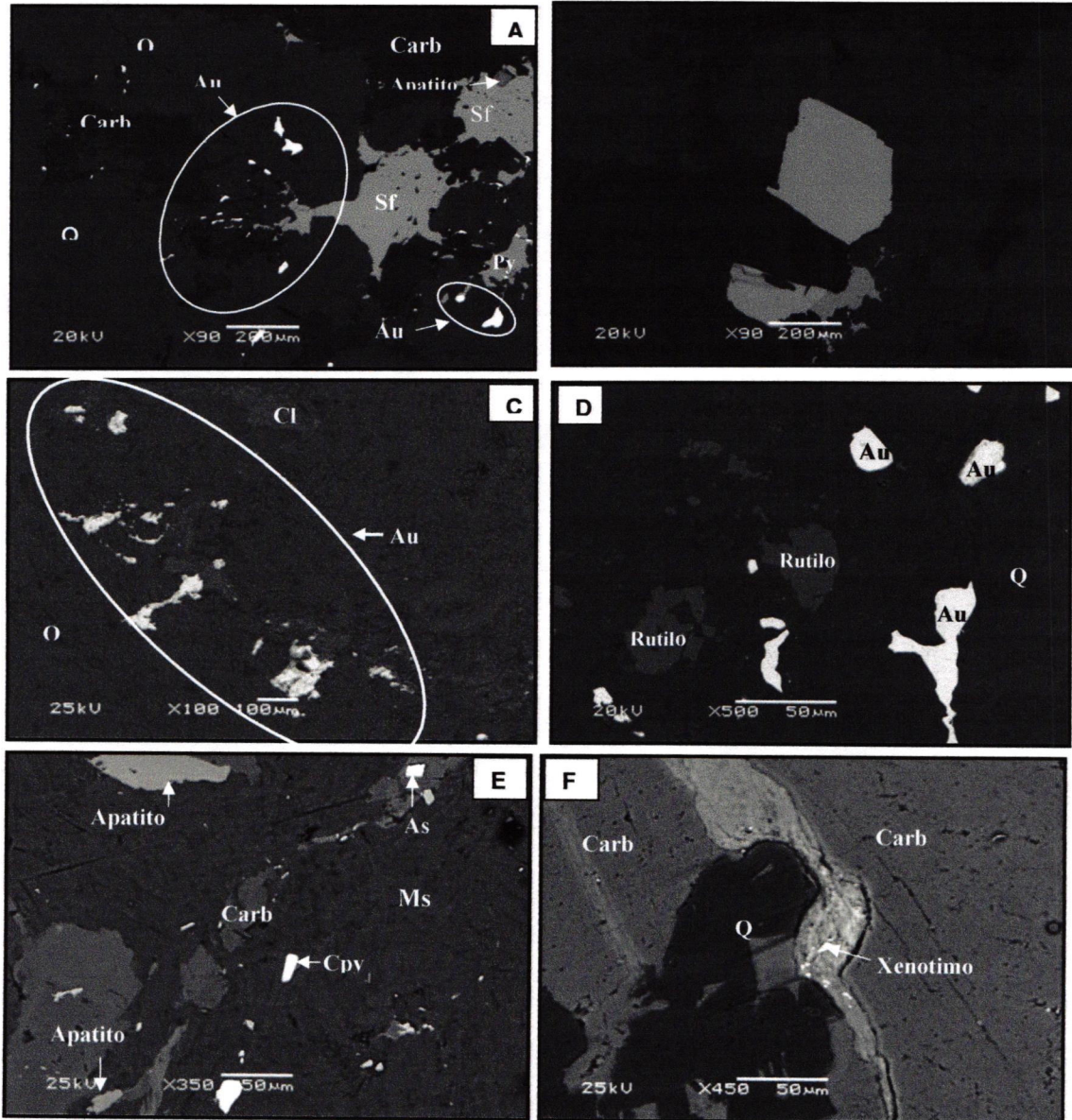


Fig. 7 Fotomicrografías y espectro del análisis de SEM-EDS de vetas de cuarzo. Pozo 1401. Muestra HL-4238 Prof. 63.80 m. A. Granos de oro nativo (Au) asociado al carbonato tipo ankerita (Carb) y a la esfalerita (Sf) y con inclusión de un grano de apatito. B. Granos de arseniuros o sulfoarseniuro de Ni y Co (As) y esfalerita (Sf) asociados al carbonato tipo siderita -magnesita (Carb) y todos incluidos en el cuarzo (Q). C. Vertical P20/A Muestra HL-3914. Prof. 84.35 m de prof. Granos de oro nativo (Au), irregular incluido en la clorita (Cl). D Vertical VC-5 Muestra HL-3911 (A) Prof. 26.10 m Granos de oro nativo (Au) y granos de rutilo. E. Pozo 801. Muestra HL-4055 Prof. 98.40 m. Muscovita, Apatito, carbonato (Carb), calcopirita (Cpy) y arseniuro o sulfoarseniuro de Ni y Co (As). F. Carbonato (Carb), cuarzo (Q) y xenotima.

INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS

En base a los resultados de las muestras estudiadas se ha definido la secuencia de cristalización de la veta de cuarzo aurífera, para realizar este análisis se ha basado en la información disponible de depósitos similares en otras partes del mundo, vetas de cuarzo con oro relacionado en zona de cizalla dentro de Cinturones de Rocas Verdes (ASH & ALLDRICK 1996).

Se plantea que la veta aurífera se formó al menos en dos estadios: en el primero tiene lugar el relleno hidrotermal de la veta mineralizada, el cual comienza con el siguiente proceso: relleno de cavidades con cuarzo primario de grano fino, silicificación, donde el espacio entre el contacto con la roca es más estrecho y rellena numerosas fracturas y grietas y a

medida que desciende la temperatura hay suficiente espacio para que se deposite un cuarzo tardío. (Fig. 8).

El carbonato también ocurre en dos etapas, en la primera se precipita a temperatura creciente y en la segunda, rellenando las porosidades existentes en el cuarzo, este hecho sugiere que este carbonato pudo continuar depositándose hasta un poco más tarde. Los minerales de muscovita, clorita y pirita, se depositaron en un primer evento a elevadas temperaturas y a medida que decrece la temperatura se depositan los sulfuros: esfalerita, oro nativo, calcopirita, sulfoarseniuro, apatito y xenotima (PARK & MACDIARMID 1970). El oro se deposita en este ambiente reductor asociado principalmente al carbonato y posiblemente a la ankerita (MOORHOUSE, W. 1959).

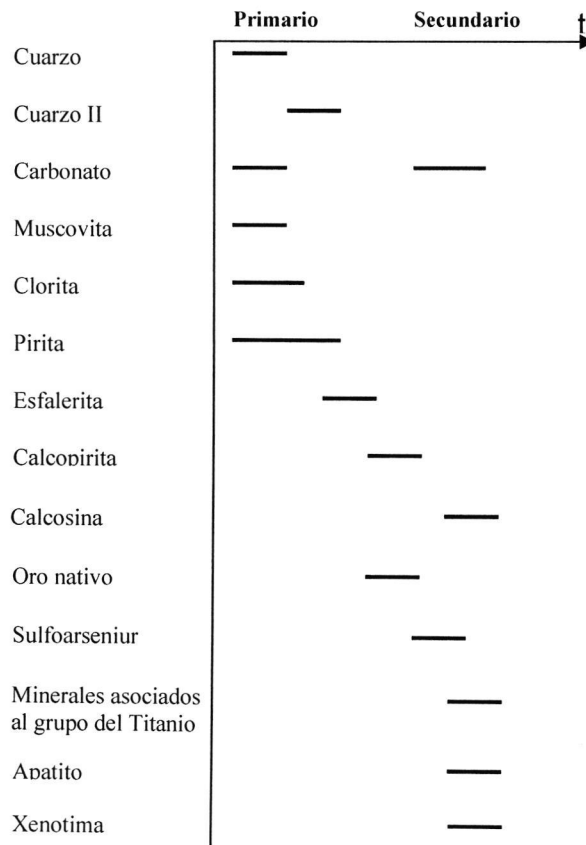


Fig. 8. Secuencia paragenética y orden cronológico de formación de la veta mineralizada en un ambiente reductor. Interpretado en base a los resultados obtenidos de las muestras analizadas.

En el segundo estadio, que es la parte meteorizada se depositan los óxidos e hidróxidos y el manganeso, se logran identificar los siguientes minerales (Fig. 9). En este ambiente oxidante se produce el reemplazo de los sulfuros (piritas), por

minerales de óxidos e hidróxidos de hierro: magnetita, hematita y limonita. El oro se encuentra asociado a estos minerales rellenando las fracturas y fisuras de la veta de cuarzo.

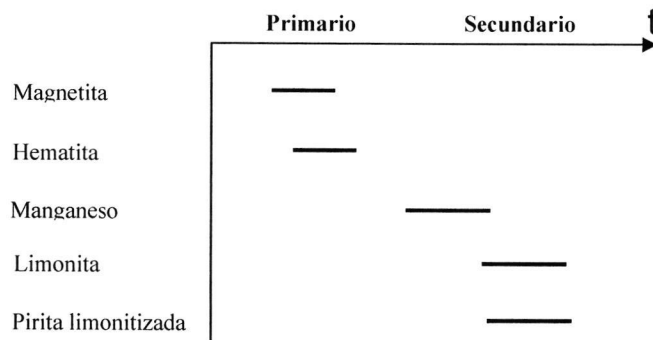


Fig. 9. Secuencia paragenética y orden cronológico de formación de la veta mineralizada, en un ambiente oxidante. Interpretado en base a los resultados obtenidos de las muestras analizadas.

Se analizaron muestras de cuarzo que no contenían mineralización aurífera, estas son de color blanco lechoso, masivas, recristalizadas y poco fracturadas, las cuales sirvieron como indicadores. Esto demuestra que en el yacimiento ocurrieron varios eventos mineralizantes en diferentes épocas, que dieron lugar a varias generaciones de la mineralización aurífera, presentándose como vetas de cuarzo esquistosas y fracturadas, acompañadas algunas de mineralización aurífera y otras estériles.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados mineralógicos: Minerográficos, Petrominerográficos y de Microscopía Electrónica de Transmisión y Barrido (SEM-EDS), obtenidos en el sector Hoja de Lata se establecen las siguientes conclusiones:

1.- Las principales paragénesis identificadas en el yacimiento Hoja de Lata corresponden a una secuencia primaria: a) relleno de la veta, constituida por cuarzo, carbonato, muscovita, clorita, pirita, oro, calcopirita y

esfalerita. b) Una secuencia secundaria, correspondiente a una alteración posterior de la veta, constituida por: óxidos e hidróxidos de hierro (magnetita, hematita, limonita y pirita limonitizada).

2.- Se establecen dos principales estadios de formación en la veta con mineralización aurífera:

en el Primer estadio tiene lugar el relleno hidrotermal de la veta mineralizada, el cual comienza con: cuarzo, carbonato, muscovita, clorita, pirita, esfalerita, oro nativo, calcopirita, arseniuro y apatito, y en el Segundo estadio, con efectos de meteorización se depositan los óxidos e hidróxidos y el manganeso, lográndose identificar: magnetita, hematita y limonita.

BIBLIOGRAFÍA

ASH, C. & ALLDRICK, D. (1996). Vetas de cuarzo con oro, selección de yacimientos minerales de la Columbia Británica. Editores Lefebure y T. Höy, Ministerio de Energía y Minas y Recursos Petroleros. Vols 2.

- BENAIM CH, N.(1972). Geología de la región de Botanamo, estado Bolívar. IV Congreso Geológico Venez. Boletín de Geología Public. Esp. 5. MMH. Caracas, 3:1271-1314.
- INSTITUTO NACIONAL DE GEOLOGÍA Y MINERÍA. (2006-2008). Proyecto de prospección y exploración de oro en el sector Hoja de Lata, Estado Bolívar. INGEOMIN y GEOMINERA - Cuba.
- MACGOLDRICK, P. & WYCHE, S. 1992. Terrenos, procesos y metalogenia, Cratón Yilgarn, Australia Occidental. Universidad de Australia Occidental, Publicación 22.
- MENDOZA, V. 2005. Geología de Venezuela. Escudo de Guayana Andes Venezolanos y Sistema Montañoso del Caribe. Publicado por HECLA Minera Venezolana, Puerto Ordaz – Estado Bolívar. Tomo I
- MENENDEZ V, DE V. A (1968). Revisión de la estratigrafía de la provincia de Pastora según el estudio de la región de Guasipati, Guayana venezolana. Boletín de Geología. MMH. Caracas. 10(19):309-338.
- (1994) Revisión de rocas verdes del Escudo de Guayana en Venezuela. Revisión estratigráfica. 3^{er} Simp. Inter del oro en Venezuela. Asoc. Vzlna del oro, pp. 123-139.
- MINISTERIO DE ENERGÍA Y MINAS (1997) .Léxico estratigráfico de Venezuela. Boletín de Geología Public Esp. N° 12. MEM. Caracas. Tomo II, pp 421-828.
- MOORHOUSE, W. 1959. The study of rocks in thin section. Editorial Harper Row, New York, pp. 116-118.
- PARK C. & MACDIARMID, R. 1970. Ore deposits. San Francisco, USA. Second Edition pp. 166-170, 317-343.
- SIBSON, R. (2001). Seismogenic framework for hydrothermal transport and ore deposition. Society of Economic Geologists. Reviews 14, pp. 25-50.