

## Composición mineralógica y paragénesis de las rocas encajantes del yacimiento aurífero Hoja de Lata, Municipio Sifontes, estado Bolívar - Venezuela.

Niya Yamileth Murillo Solano\*, Instituto Nacional de Geología y Minería (INGEOMIN), Av. Libertador Edif. INGEOMIN, 04265922388 e-mail: [niyamurillo2011@gmail.com](mailto:niyamurillo2011@gmail.com)

### Resumen

El yacimiento Hoja de Lata, se encuentra en la Provincia Geológica Pastora, dentro de las Formaciones Yuruari y Caballape y conforman el Cinturón de Rocas Verdes de alta prospectividad. Este estudio permitió describir la composición mineralógica, secuencia paragenética y orden cronológico de formación de la roca encajante. El muestreo se realizó en la zona de roca encajante suprayacente e infrayacente al plano de la veta mineralizada, obteniendo un total de 24 muestras, a las que se les realizó análisis petrográficos, minerográficos, petrominerográficos y microscopía electrónica de transmisión y barrido (SEM-EDS). Se comprobó que las rocas que contienen la mineralización son andesitas que transicionan a esquistos principalmente en el contacto con las vetas mineralizadas, mayormente afectados por milonitización que se intensifica con la profundidad. El estadio de formación previo al relleno de la veta, en el que tuvo lugar la alteración del encajante está representada por: Carbonatización, epidotización, sericitización, piritización, cloritización y silicificación; acompañadas por sulfuros tales como: pirita, esfalerita, calcopirita, galena y pirrotina; algunos minerales secundarios como calcosina y bornita y otras mineralizaciones poco desarrolladas como arseniuro, xenotima y monacita.

### Introducción

El yacimiento Hoja de Lata se encuentra formado por un sistema de vetas auríferas paralelas, el estudio en este sistema de vetas en su conjunto se basó en dos vetas, en la Veta Principal y en la Veta Cuba, en las cuales se ha logrado un grado de estudio que permitió esclarecer la asociación mineralógica de las rocas que contienen la mineralización aurífera, esto es importante si se quiere conocer la evolución de los fluidos durante la formación del yacimiento, cuáles son las fases minerales, con quién estos se relacionan y cómo se distribuye, de forma tal que esta información constituya un criterio mineralógico que permita llevar a cabo una mejor evaluación de los recursos. Los resultados de esta investigación se encuentran dentro del marco del Proyecto de Prospección y Exploración Hoja de Lata, Convenio de Colaboración Cuba-Venezuela y aportará información útil para que en un futuro se logre llevar a cabo un desarrollo minero sostenible en la región.

### Métodos

La metodología utilizada consistió en cuatro etapas: Una etapa de oficina I, que incluyó la recopilación, búsqueda,

selección y revisión del material bibliográfico y cartográfico de la zona de estudio; una etapa de campo, que consistió en el muestreo en pozos de perforación hasta una profundidad de 150 m, de los cuales se seleccionaron cuatro (04) (Pozos 501, 801, 1001 y 1401), tomando en cuenta las rocas encajantes que se encontraron por encima del plano de la veta de mineralización aurífera (suprayacente) y las que se encuentran por debajo del plano de la veta mineralizada (infrayacente), en total se recolectaron 23 muestras provenientes del encajante de la zona mineral; una 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 y una etapa de oficina II donde se interpretaron los resultados obtenidos y se realizaron las conclusiones pertinentes.

### Resultados

En base a los resultados obtenidos a través del análisis microscópico se comprobó que las rocas que encajan la mineralización son andesitas mayormente milonitizadas, con textura porfídica seriada y matriz felsítica microlítica, todas han sufrido deformación, trituración y orientación que se hace más intensa al incrementar la profundidad, los minerales mayormente afectados son plagioclasa en donde se observa deformación rotacional y no rotacional y sombras de presión asimétrica y simétrica, (según clasificación de los nueve tipos de blastesis-deformación de Zwart (1962), relatado en Dorado Castro petrografía básica, 1989), como se puede apreciar en la Fig. 1 y además con forma similar a las micas fish del grupo 5 de la clasificación de Ten Grotenhuis *et al.* 2003. Estas rocas se encuentran desde parcial y algunas totalmente alteradas por carbonatización, anfibolitización, cloritización, epidotización, sericitización, escasa saussuritización y piritización; en el infrayacente a los 115.15 m de profundidad las andesitas se encuentran totalmente epidotizada y cloritizada, además se identificó acumulaciones esféricas de minerales totalmente epidotizados y silicificados (Moorhouse, W. 1959). En la tabla 1 se da un resumen detallado de los tipos de rocas encontradas en este yacimiento aurífero.

Estas rocas andesíticas transicionan a esquistos muscovíticos - cuarzo - carbonáticos, ver Fig. 2 y se encuentran afectados por un proceso de milonitización, donde los minerales se aprecian fuertemente alineados, deformados, fracturados y formando micropliegues,

## Paragénesis de las rocas encajantes

Pozo	Mtra (HL)	Prof. (m)	Litología
501	3831	60.30	Andesita porfidoblástica milonitizada
	3842	72.60	Andesita milonitizada y carbonitizada
	3847	78.30	Esquisto
	3854	84.20	Esquisto milonítico.
	3864	94.60	Esquisto milonítico
95,40 m Veta de cuarzo lechoso ahumado con presencia de grietas rellenas de material clorítico y granos de oro irregulares.			
501	3869	96.00	Roca muscovítica cuarzo carbonática
96,20 m Fina grieta (1mm) rellena de material clorítico y presencia de oro irregular.			
501	3876	102	Andesita milonitizada y cloritizada
	4050	88.2	Andesita milonitizada y epidotizada
801	4059	94.2	Andesita en contacto con roca carbonática cuarzo clorítico muscovítica
	4063	97.5	Roca carbonática cuarzo muscovítica
97,60 m Veta de cuarzo con mineralización aurífera			
801	4062	98.2	Roca carbonática muscovítica cuarzo milonitizada (esquisto).
	4055	98.4	Roca carbonática muscovítica cuarzosa en contacto con veta de cuarzo.
1001	4135	73.2	Andesita ligeramente carbonitizada
	4173	77.4	Esquisto muscovítico
	4174	85.2	Andesita carbonitizada y anfibolitizada en contacto con vetilla de cuarzo
	4175	86.5	Esquisto carbonático milonitizado
	4158	99.2	Andesita fuertemente carbonitizada
	4177	104	Roca carbonática cuarzo muscovítica
104,70 a 105,20 m Veta de cuarzo con mineralización aurífera			
1001	4178	105	Andesita fuertemente carbonitizada.
	4179	115	Andesita epidotizada y cloritizada
	4180	115	Andesita epidotizada y cloritizada.
1401	4221	42.0	Esquisto muscovítico
	4234	62.9	Esquisto muscovítico milonitizado.
	4238	63.8	Esquisto muscovítico carbonático.
63,80 m Veta de Cuarzo con presencia de oro visible			

Tabla 1. Resumen de los tipos de rocas encontradas en el yacimiento aurífero Hoja de Lata

con esquistosidad de crenulación y anastomosada como se aprecia en la Fig. 3. Algunas se encuentran interceptadas por vetillas, rellenas de carbonato, cuarzo y escasas por sulfuros. Las alteraciones más frecuentes son: silicificación, carbonatización, sericitización y cloritización.

En el contacto con la veta mineralizada se describió roca carbonática-cuarzo-muscovítica (posible esquisto), se enriquece de carbonato y de numerosas vetillas cuando se acerca al contacto, estas rocas se caracterizan por presentar un textura combinada, granolepidoblástica y lepidogranoblástica, definida por alternancias de bandas bien orientadas ricas en carbonato, micas y cuarzo, las micas se observan deformadas, formando micropliegues con ligera esquistosidad de crenulación e interceptada por vetillas rellenas de cuarzo suturado y recrystalizado y entre los intersticios rellenos de carbonato, estos cristales presentan deformación rotacional y no rotacional con sombras de presión simétrica y asimétrica y en ocasiones

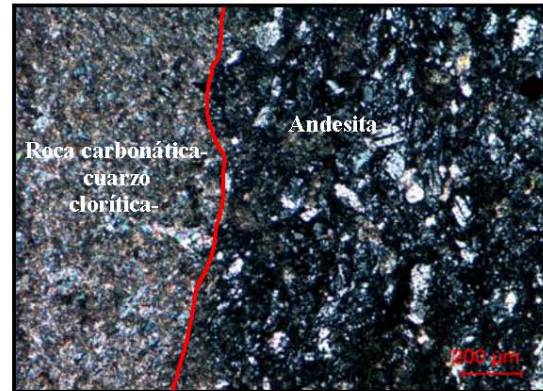


Fig. 1. Fotomicrografía de una andesita ligeramente epidotizada y carbonitizada en contacto con roca carbonática cuarzo clorítico muscovítica (esquisto). Muestra HL-4059 (Aumento 10x/10x) Nx.

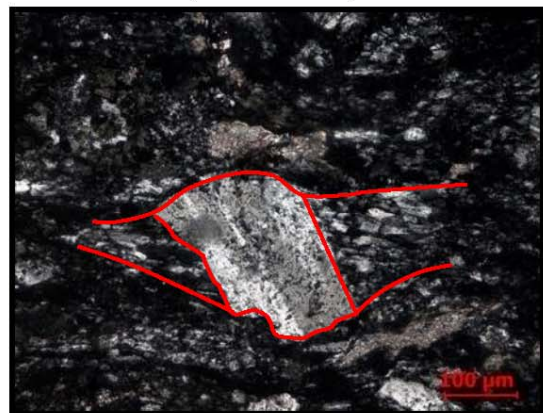


Fig. 2. Fotomicrografía de andesita milonitizada y cloritizada. Muestra HL-3876 (Aumento 10x/10x) NX. Se observa fenocristal de plagioclasa (Pl) que ha sufrido deformación con sombras de presión.

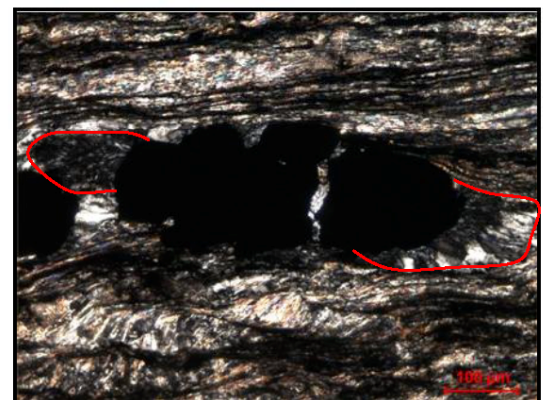


Fig. 3. Fotomicrografía de esquisto milonítico Muestra HL-3864 (Aumento 10x/10x) NX. Se observa esquistosidad de crenulación y anastomosada y un cristal de sulfuro, pirita (Py) bordeada por cuarzo plumoso como vestigio de presión.

con forma similar a las micas fish, ligeramente orientada. Las principales alteraciones son: Carbonitización, silicificación, cloritización y piritización.

Las menas encontradas en las rocas encajantes están representadas mayormente por 1% y algunas llegan a 10% compuesta principalmente por pirita, estas son euhedrales en las andesitas y mayormente anhedralas en los esquistos, algunas se encuentran fracturadas, porosas, ligeramente orientadas, alargadas, deformadas y a veces bordeadas por cuarzo plumoso, como evidencia de vestigio de presión según Heinrich W. (1972) ver Fig. 3., algunas con inclusiones de calcopirita y magnetita, se presenta mayormente en el carbonato y algunas en los paquetes de cuarzo y a veces bordeada por mica moscovita y pennina. En menor proporción se observó pirrotina siendo sustituida por pirita; algunas calcopiritas y galenas se encuentran sustituyendo a la pirita a través de las fracturas, evidencia de un evento posterior y se encuentran principalmente en los paquetes micáceos de los esquistos ver Fig. 4; también hay esfalerita con textura de exsolución y a veces siendo sustituida por la calcopirita. Como minerales secundarios se observó calcosina y bornita sustituyendo a la calcopirita, también hay minerales de óxidos de titanio asociados (titanomagnetita, titanohematita e ilmenorutilo).

Según los resultados obtenidos de los análisis por Microscopía Electrónica de Transmisión y Barrido, se identificó un grano de calcopirita cortada posiblemente por arseniuro o sulfoarseniuro, dentro de cristales de clorita y carbonato posible ankerita como se puede apreciar en la Fig. 5; además identificó rutilo, monacita, apatito y xenotima.

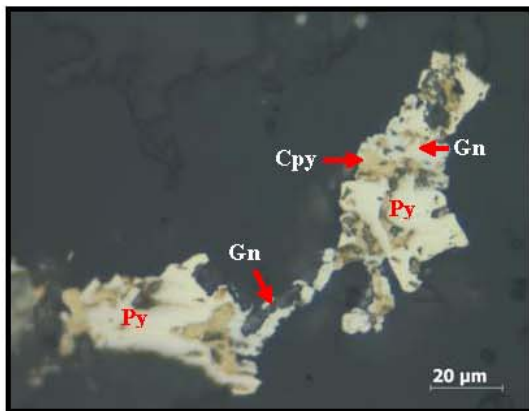


Fig. 4. Fotomicrografía de Esquisto carbonático milonitizado Muestra HL-4175 (Aumento 10x/50x). Se observa cristal de pirita (Py) con fracturas rellenas de calcopirita (Cpy) y galena (Gn) evidencia y dos eventos posteriores.

**Interpretación de los resultados**

Se comprobó que las rocas que encajan o contienen la

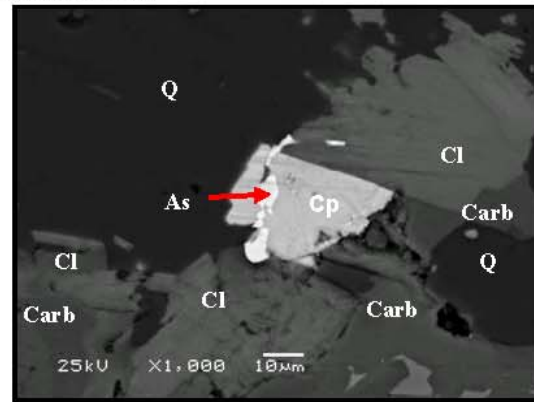


Fig. 5. Fotomicrografía de Roca carbonática cuarzo moscovítica (esquisto). Muestra HL-4063. Se observa grano de calcopirita (Cpy) cortado por arseniuro o sulfoarseniuro (As) dentro de cristales de clorita (Cl), carbonato (Carb) posiblemente ankerita y cuarzo (Q).

mineralización cuarzo aurífera son andesitas y esquistos, ambas con presencia de numerosas alteraciones en las proximidades de la zona mineral; estos esquistos pueden haberse desarrollado a partir de las propias andesitas, en los mismos, se observó cómo las rocas volcánicas de composición andesítica transicionan a rocas metamórficas con intensa carbonitización y silicificación mayormente en el contacto con vetas de cuarzo aurífera, sin embargo a cierta profundidad aparecen nuevamente las andesitas alteradas por cloritización y epidotización.

Estas rocas presentan texturas miloníticas, formadas principalmente por agregados microcristalinos de cuarzo, como resultado final de los procesos de deformación plástica intracristalina. La mayor parte de los procesos miloníticos están asociados a zonas de cizalla, además se encontraron varios criterios microestructurales que reflejan las condiciones ambientales de deformación: La presencia de deformación rotacional con sombras de presión asimétrica y simétrica no rotacional y rotacional, como es el caso observado en las plagioclasas y carbonatos; las mica fusiformes asimétricas y las plagioclasas fish cuyo mecanismos de formación son la recuperación y la recrystalización a lo largo de los bordes de los mismos (Passchier y Simpson 1986). La disposición de granos elongados de cuarzo y recrystalizados entre planos de cizalla, además la extinción ondulante y el cuarzo plumoso sugiere la existencia de dislocaciones intracristalinas producidas por deformación plástica, proceso de milonitización (Passchier y Trouw, 1996).

Se plantea que el depósito se formó en un primer estadio que tuvo lugar la alteración del encajante, previo al relleno de la veta, el mismo está representado por la Fig. 6: A temperatura creciente la carbonitización es la alteración dominante, las vetas de cuarzo portadoras de la mineralización de oro se encuentran incluidas dentro de un

halo de este tipo de alteración, como cabe esperar para este tipo de depósitos, veta de cuarzo con oro relacionado en zona de cizalla dentro de cinturones de rocas verdes (Ash, C., & Alldrick, D., 1996).

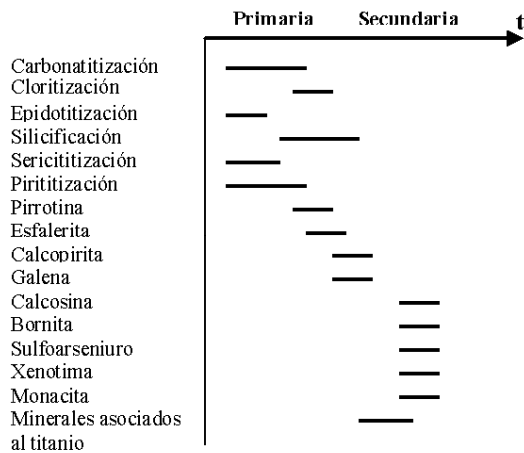


Fig. 6. Secuencia paragenética y orden cronológico de formación de la roca encajante.

La piritización se distribuye irregularmente y es más intensa dentro de los esquistos cerca del contacto con la veta mineralizada, lo que podría indicar que los esquistos pudieron contener algo de pirita antes del evento de la mineralización. Las alteraciones de epidotización y sericitización ocurren principalmente en las andesitas y la cloritización y silicificación se observa tanto en los esquistos como en las andesitas.

A medida que baja la temperatura se precipitan algunos sulfuros como pirrotina, esfalerita, calcopirita, galena y minerales secundarios como calcosina, bornita y minerales asociados al titanio y otras mineralizaciones poco desarrolladas como arseniuro o sulfoarseniuro, xenotima y monacita, estos dos últimos minerales constituyen una evidencia de que esta paragénesis está dominada por la composición del encajante.

**Conclusiones**

De acuerdo a los resultados mineralógicos obtenidos en el sector Hoja de Lata se establecen las siguientes conclusiones:

1.- Las rocas que encajan o contienen la mineralización cuarzo-aurífera, son andesitas milonitizadas que transicionan a esquistos en el contacto con las vetas de cuarzo: Las alteraciones de la encajante se intensifican en la proximidad con la zona mineral y a cierta profundidad

aparecen nuevamente las andesitas cloritizadas y epidotizadas.

2.- Se establece el estadio de formación previo al relleno de la veta, como la alteración del encajante representada por: Carbonatización, epidotización, sericitización, piritización, cloritización y silicificación; acompañadas por algunos sulfuros tales como: esfalerita, calcopirita, galena; minerales secundarios: calcosina y bornita y otras mineralizaciones poco desarrolladas como arseniuro o sulfoarseniuro, xenotima y monacita.

3. Las alteraciones hidrotermales asociadas a las rocas encajantes están representadas por: carbonitización, piritización, sericitización, cloritización y epidotización. La carbonitización es la alteración dominante, formada por la interacción del fluido hidrotermal con el encajante rico en minerales cálcicos durante el estadio de alteración de encajante y también en un evento posterior relacionado al estadio de relleno hidrotermal de la veta aurífera, donde rellena cavidades y porosidades.

**Bibliografía**

Ash, C., & Alldrick, D., 1996, Vetas de cuarzo con oro, selección de Yacimientos Minerales de la Columbia Británica, volumen 2, editores Lefebure y T. Höy, Ministerio de Energía y Minas y Recursos Petroleros.

Castro, D., 1989, Petrografía Básica Textura, Clasificación y Nomenclatura de Rocas. Editorial Paraninfo, S.A. Madrid (España) 34-76, 94-135 p.

Heinrich, W., 1972, Petrografía Microscópica. Segunda edición, Editorial Omega, Barcelona España, 40-100 p.

MacGoldrick PJ., y Wyche, S., (1992), Dioritas – granitos del Terreno Arcaico Tardío, Terrenos, procesos y Metalogenia, Cratón Yilgarn, Australia Occidental. Universidad de Australia Occidental, Publicación 22.

Moorhouse, W. 1959, The Study of Rocks in Thin Section. Editorial Harper Row, New York, 200-389 p.

Passchier E.W. y Trouw R.A.J., 1996, Micro-Tectonics, Springer, Berlín, 48-129 p.

Ramdohr, P., 1980, The Ore Minerals and Their Intergrowths, second edition, volume 35, Department of geology, University of Texas, Austin, Texas, USA, 791-1045, 526-716 p.

Ten G., 2003, Mica Fish in mylonites, deformation mechanisms and implications for Rheology, Mainz, Alemania 26, 29-32 p.