



Exploración Geológica

DESCRIPCIÓN DEL DEPÓSITO DISEMINADO DE ORO Y COBRE BRISAS DEL CUYUNÍ, KM 88, ESTADO BOLÍVAR

DESCRIPTION OF GOLD AND COPPER DISEMINATED DEPOSIT. BRISAS DEL CUYUNÍ, KM 88, BOLIVAR STATE

Brad Yonaka¹ Andrés García²

Recibido: 2-11-07; Aprobado: 13-11-07.

RESUMEN

El depósito de Brisas es un cuerpo mineralizado de oro y cobre con bajo nivel de sulfuros en una formación del Bajo Proterozoico de tobos. Las tobos tienen un rumbo norte-sur con buzamiento al oeste y tienen composiciones andesitas-dacitas, con foliación y texturas primarias todavía visibles. Las formaciones volcánicas del área han sido asignadas a la Formación Caballape. La mayoría de la alteración es propilítica y tienen una asociación general con el cuerpo mineralizado. La mineralización de oro y cobre está concentrada en dos geometrías. La más significativa son lentes hasta 200 metros de ancho, alineados por planos estratigráficos y de foliación en las capas de tobos. La mineralización está diseminada por toda la matriz, y ocurre en vetillas de calcita. La segunda geometría es un cuerpo de alta alteración, de forma alargada de cuarzo, turmalina, y sulfuros que cortan la estratigrafía en ángulo bajo. Este cuerpo tiene intensas alteraciones y deformaciones que han destruido las texturas primarias de las tobos. Aquí los tenores de oro y cobre son mucho más altos que en la parte diseminada y los sulfuros más abundantes. Las tobos han sido cortadas por diques basálticos y un intrusivo tonalítico.

Palabras clave: Calcopirita, cuarzo-turmalina, pirita, tobos, volcánica.

INTRODUCCIÓN

El depósito de oro y cobre de Brisas del Cuyuní está localizado en la secuencia de rocas verdes del Súper-grupo Paslora, el cual es parte del Escudo Guayanés en Venezuela. Originalmente fue trabajado por mineros itinerantes quienes explotaron las acumulaciones de oro de alto tenor en el suelo residual (saprolita) que rodeaba a rocas volcánicas fuertemente silicificadas y mineralizadas. La exploración desarrollada por Gold Reserve incluyó geología de superficie, muestras de canal en afloramientos de saprolita, geoquímica de suelos de toda la concesión de 500 hectáreas, métodos geofísicos, tales como VLF, IP, y magnetometría y un programa de perforaciones auger y diamante que abarcó más de 200 km con recuperación de núcleos. Las perforaciones forman una base sólida para crear el modelo litológico, alteración y mineralización del depósito. El programa de perforaciones para explorar y definir el recurso y luego las reservas de oro y cobre, comenzó en 1993 y duro hasta 2004. Más recientemente se perforaron huecos adicionales con fines geoquímicos e hidrológicos. Las reservas medidas e indicadas de oro y cobre hasta los momentos alcanzan

The Brisas disseminated gold/copper deposit is a low-sulfide, disseminated ore body in Lower Proterozoic north-south striking, westward dipping tuffaceous volcanic rocks. The rocks are of andesite-dacite composition, retaining in texture from ash flow tuffs to lithic tuffs, which exhibit foliation but retain primary textures. This rock assemblage has been assigned to the Caballape Formation. Much of the mineral alteration is propylitic and only broadly defines the ore body. Gold/copper mineralization is concentrated in two basic geometries. The more significant is as lenses up to 200 meters thick, aligned along bedding/foliation planes in the tuffaceous sediments. Mineralization is highly disseminated throughout the matrix, and occurs in small veins of calcite. The second geometry occurring is a distinct, quartz-tourmaline enriched pod-like form that lies at a low angle to foliation and bedding. This geometry exhibits intense alteration and deformation that has completely erased the identity of the host rocks. Sulfides are more abundant and gold/copper grades are markedly greater than the surrounding disseminated mineralization. The tuffaceous rocks have been intruded by basaltic dikes and dioritic bodies.

Key words: Chalcopyrite, pyrite, quartz-tourmaline, tuffaceous, volcanic.

12 millones de onzas de oro y 1.600 millones de libras (726.400 toneladas métricas). Los tenores promedio son 0,66 gpt de oro y 0,125% de cobre.

Fuentes de la información

La creación del modelo de depósito para Brisas se basa en la información obtenida de perforaciones con broca de diamante y recuperación de núcleos y apoyo de medidas en algunos afloramientos. La parte mineralizada de la concesión Brisas ha sido perforada en una malla de 25 y 50 metros. Las profundidades de los pozos fueron determinadas por el tenor esperado de enriquecimiento de oro y de cobre, y algunos pozos fueron perforados unos cientos de metros por debajo del depósito. Los registros geológicos de los núcleos de perforación conllevó a definir y describir las unidades litológicas, la evaluación cualitativa de los minerales que caracterizan la alteración y los sulfuros metálicos, y

¹ Geo*, Gold Reserve Incorporated e-mail: byonaka@goldreserveinc.com.

² Geo*, Compañía Aurífera Brisas del Cuyuní, C. A. e-mail: agarcia@brisasdelcuyuni.com.

la descripción de rasgos significativos estructurales.

Modelo litológico

Tres tipos básicos de roca aparecen en los alrededores del depósito de Brisas:

- 1) estratos de tobos volcánicas andesíticas a riolíticas
- 2) estratos volcánico-sedimentarios
- 3) cuerpo tonalítico intrusivo.

Las dos primeras unidades ocurren como una gran secuencia estratificada, con un rumbo de N10°E y un buzamiento en promedio de 35° al oeste (Figura 1).

Toda la mineralización económicamente factible de oro y de cobre ocurre dentro del material volcánico y volcánico-sedimentario. Todas las unidades han sido afectadas por metamorfismo del grado de esquistos verdes.

Según interpretaciones de la geología regional por Salazar y Briceño (1987), las rocas volcánicas en el área están relacionadas con las unidades de la Formación Caballape (la sección tipo en el área Botanamo del Estado de Guayana), que forma una parte del Súper-grupo Paslora. De ahí, las tobos volcánicas de concesión Brisas provisionalmente han sido agrupadas dentro de la Formación Caballape que tiene mayor semejanza litológica y se ajusta a las edades de formaciones circundantes. La formación escogida es 203202, descrita como Tobos y brechas piroclásticas, meta-tobos líticas a cristalino (cuarzo andesítica), cuarcitas ferruginosas (Salazar y Briceño, 1987). Benaim (1987) confirma la presencia de rocas verdes volcánicas en el área y las descripciones genéricas de las unidades concuerdan con las evidencias de perforaciones y cartografía.

La mayoría de las texturas primarias son visibles en el material volcánico tobáceo encontrados en los núcleos de perforación. De ahí, es posible separar los estratos individuales de roca que comúnmente representan un evento de deposición simple o períodos más largos de deposición consistente. En el campo las unidades tobáceas son descritas como: de ceniza, de cristales, y fragmentos abundantes (lapilli), usando las categorías siguientes: Cristales y lapillis < 10% = toba de ceniza; Cristales > 10% y < 40% = toba de cristales; Cristales > 40% = toba rica en cristales; Lapillis > 10% = toba lapilli.

Algunas de estas unidades son detectadas a lo largo de la dirección del rumbo a una escala de 100 metros o más, y varios paquetes de unidad más grandes pueden ser vistos a lo largo de la concesión Brisas. La secuencia entera disminuye en edad hacia el oeste, por lo tanto no está volcada, según algunos marcadores estratigráficos en los sedimentos volcánicos. Algunas partes de la secuencia tienen mayor grado de deformación y han desarrollado una fuerte esquistosidad.

Esta esquistosidad ha borrado la textura original tobácea parcialmente o completamente, y principalmente existente al oeste del depósito (el lecho del depósito).

La secuencia tobácea es interrumpida por tres tipos de rasgos intrusivos; silts afanílicos delgados, diques máficos sub-verticales, y un cuerpo tonalítico al este. Los silts afanílicos delgados son sumamente continuos y normalmente menores a un 1 metro de espesor. Los diques máficos varían de < 1 metro a 5 metros de espesor, espaciados entre 200-600 metros, y están orientados N 30° W. Ellos son los únicos rasgos de material estéril dentro del cuerpo mineral, y claramente post-mineralización. Al este de la concesión, y

Descripción del depósito diseminado de oro y cobre...



UNIDAD	DESCRIPCIÓN	ESTRUCTURA
1	Tobos de cenizas	Formación de rocas
2	Tobos de cristales	Cuerpo de flujo de cenizas
3	Tobos de lapillis	Cuerpo de flujo de lava
4	Diques máficos	Cuerpo de flujo de lava
5	Cuerpo tonalítico	Cuerpo de flujo de lava

Figura 1. Mapa geológico simplificado de la concesión Brisas. La categorización numérica de las formaciones proviene del sistema de la clasificación de mapas de la CVG del Edo. Bolívar (Salazar y Briceño, 1987). La mayoría de la información geológica ha sido extrapolada desde las perforaciones, con información adicional proveniente por afloramientos limitados como se ilustra.

muy profundo en el piso del depósito, se encuentra el intrusivo tonalítico. Es de grano grueso y está cortado por los diques máficos antes mencionados. Este intrusivo exhibe la alteración mineral propilítica idéntica a la de las rocas tobáceas.

Una sección transversal generalizada a través del paquete volcánico fue creada enlazando información de las perforaciones (Figura 2). Algunas unidades fueron relativamente fáciles de identificar en todas partes del depósito, teniendo en cuenta la dominación de unidades circundantes. La secuencia progresa así, desde la base al top:

- Intrusivo tonalítico
- Toba gruesa rica en cristales
- Toba gruesa de flujo de ceniza y unidad



Figura 2. Secuencia estratigráfica generalizada de rocas volcánicas de la concesión Brisas. Ver el texto para las explicaciones de las unidades.

Las zonas son llamadas "mineralizadas" en un sentido económico basado en un tenor de oro mayor que 0,4 g/Au y/o un tenor de cobre mayor que el 0,2% Cu. Estos valores son escogidos como un cálculo aproximado de las concentraciones mínimas económicas de cada elemento.

Au ± Cu diseminados:

La mayor parte de la mineralización ocurre en forma diseminada, en cuerpos en forma de lente que tienden a unirse, y están enriquecidos en Au solamente, Au y Cu, o sólo en Cu. Estos cuerpos están casi exclusivamente en la secuencia con rápida alternación de unidades tobáceas mostradas en la figura 2, y claramente están alineados a lo largo de la foliación. Juntos, estos lentos forman generalmente una banda mineralizada bien definida que imita el buzamiento de la foliación/estratificación y permanece abierta en la profundidad. Esta banda mantiene un grosor similar desde el límite norte de la concesión por una distancia hacia el sur de 1,4 km, después de lo cual ésta se adelgaza rápidamente. Los minerales característicos de estos lentos son epidoto, clorita, biotita secundaria, sericita. La concentración de oro permanece anómala a lo largo de toda la longitud del depósito de norte a sur. El cobre es sólo anómalo en el norte, disminuyendo con respecto al oro hasta llegar a niveles de fondo (0,0X%) en la parte sur del depósito.

El oro en los lentos estratiformes es altamente diseminado y asociado con altas ocurrencias de pirita. Un submuestreo a intervalos de 3 metros indica una buena correlación entre oro y vetillas de calcita menores a 1 cm. También hay correlación con zonas altas en epidoto y en fragmentos tamaño lapillo que han sido completa o parcialmente remplazados por epidoto y sulfuros. El submuestreo también arrojó evidencia que sugiere que el oro está distribuido más homogéneamente a través de la roca cerca del centro de grandes lentos mineralizados que en los márgenes de los lentos. En sección vertical, las isocóncas de concentración de oro de 0,75 y 1,0 g/t muestran una geometría que esencialmente sigue los contornos de 0,40 g/t.

Cuerpo de cuarzo y turmalina

Este cuerpo conspicuo está fuertemente alterado y se conoce localmente como la Ballena Azul. El mismo es una zona económicamente mineralizada en forma de pipa aplastada, orientado más o menos paralelo al rumbo local de los lentos de roca. El cuerpo de la Ballena Azul tiene una inclinación a lo largo de su eje longitudinal de 35° SO paralelo a la foliación y aflora en el sector noreste de la concesión.

La forma de la Ballena Azul fue definida en base a 45 perforaciones que lo interperforaron. Las dimensiones son de 20 metros en la parte más ancha y se adelgaza en profundidad. Volumétricamente es una fracción menor del depósito Brisas pero posee los tenores más altos de oro y cobre. Mineralógicamente la Ballena Azul es un esquistoso sericitico-cuarzo-turmalinico-piritico-calcopiritico con un volumen menor de brecha cuarzo-turmalinica con sulfuros.

El esquistoso es de grano fino y presenta una alteración casi completa de la roca original. Lo que parece ser cristales de feldespato y fragmentos de lapillo están ahora remplazados por turmalina, y algunos casos aparecen bandas de turmalina en estructuras plegadas. No está claro si la turmalina fue sometida a la deformación o si esta ha remplazado a otros minerales en una estructura preexistente. Las vetillas de cuarzo que atraviesan el esquistoso también muestran varios grados de deformación desde frágil hasta dúctil. En el esquistoso los tenores de oro y cobre son altamente variables y normalmente se incrementan hacia los contactos entre el esquistoso y la brecha. La pirita y calcopirita forman hasta el 25% de la roca, con abundante calcopirita y molibdenita.

- de toba cristalina (sólo en la parte Norte de la concesión)
- Toba lapilli que han sido usada como capa guía
- Estratos volcánicos inferiores mixtos (capas delgadas de ceniza, cristales, y tobas lapilli)
- Toba lapilli (capa guía), y unidad de sill afanítico
- Estrato grueso de rocas volcánicas mixtas, incluyendo varias tobas lapilli continuas (este grupo contiene la mayor mineralización)
- Toba lapilli presente variablemente como capa guía
- Unidad gruesa de ceniza, a menudo conteniendo uno o varios sills afaníticos
- Unidad volcánica mixta muy gruesa, se extiende hacia el oeste más allá de las perforaciones, no ha sido estudiado suficientemente para dividirla en unidades.

Mineralización

Hay tres tipos distintos de mineralización de Au y Cu presentes en Brisas, y están definidas por la geometría y minerales asociados. Estas zonas son: el cuerpo altamente alterado turmalina de cuarzo, Au ± Cu diseminados, y Au en zonas de cizalla. Sólo los dos primeros se encuentran dentro de la geometría de la fosa propuesta para la mina.

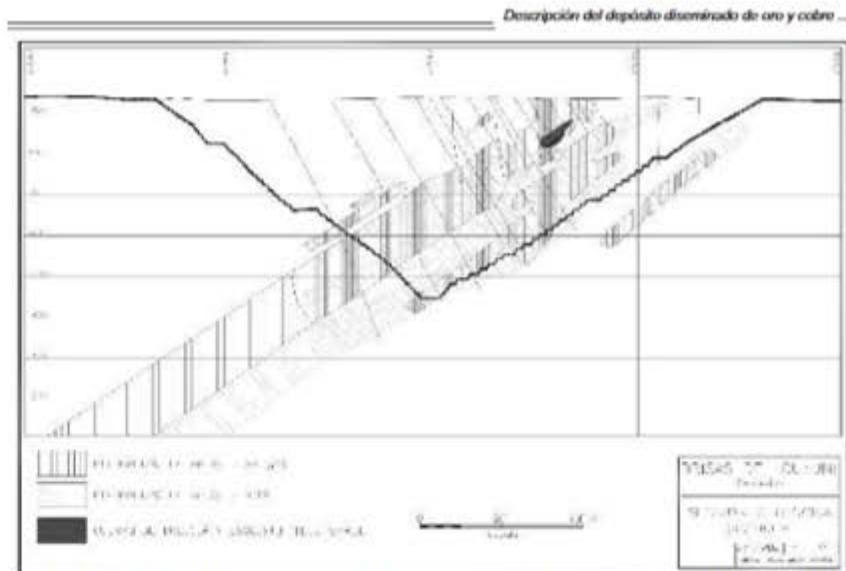


Figure 3. Sección típica este-oeste a través del depósito Brisas. Esta sección también corta el cuerpo de brecha. Las líneas más amplias indican áreas donde zonas mineralizadas están proyectadas más allá que la parte perforada. El rumbo y buzamiento de los lentos reflejan la orientación de foliación de las capas volcánicas.

La porción de la Ballena Azul formada por cuarzo y turmalina presenta los tenores más altos de oro y cobre en la concesión Brisas. La turmalina ha remplazado completamente bloques de la brecha mientras que el cuarzo ha invadido la matriz. Esta roca no presenta la fuerte deformación dúctil que exhibe el esquistoso de sericita, pirita y cuarzo. El sulfuro dominante es la calcopirita con cantidades menores de pirita, bornita, covelita y molibdenita. Entre los otros minerales de alteración están sericita, rutilo, calcita, albina, siderita y en menor cantidad anhidrita que forma vetillas no deformadas.

Zonas de cizalla con oro

En la parte Sur de la concesión hay oro en zonas de cizalla, las cuales son paralelas a la foliación tal cual como la mineralización hacia el norte. Estas zonas de cizalla ocurren estratigráficamente por encima de los grandes lentos con oro diseminado, descritos anteriormente.

Los tenores de oro son erráticos y localizados, los mismos pueden alcanzar hasta 100 g/t de oro en un intervalo de 3 metros de núcleo. Existe un alto grado de correlación entre la calcopirita y los tenores de oro, aunque el cobre en estas estructuras es sub-económico.

Alteración

La alteración de los minerales formadores de rocas tales como anfíbol y feldespato y la adición de elementos como boro y azufre es el resultado de procesos hidrotormales, metamórficos y procesos de

meteorización. La sobre posición de estos tres procesos ha creado un número de ensamblajes de alteración gradacionales que incluyen cantidades variables de cuarzo, biotita secundaria, clorita, sericita, calcita, epidoto, sulfuros metálicos, turmalina, magnetita, con cantidades menores de fucsita y anhidrita.

La alteración hidrotermal es más intensa dentro de la Ballena Azul y en otros bolsones aislados de apariencia similar espaciados a través de la zona principal mineralizada del depósito Brisas. La alteración en la brecha se puede aproximar al tipo "greisen" y contiene componentes de alteración filítica en el esquistoso. En muchos casos dentro de la pipa de brecha, los fragmentos han sido completamente remplazados por turmalina, y zonas asociadas de cuarzo pueden ser el resultado de la turmalinización de los feldespatos. Los análisis petrográficos muestran dos fases distintas de crecimiento en algunos cristales de turmalina. Las ocurrencias masivas de sulfuros metálicos típicamente muestran una fase temprana de formación de pirita con fracturas posteriores rellenadas por calcopirita.

Las unidades tobáceas a través del depósito presentan alteración propilitica débil, con fuerte desarrollo de la asociación calcita+epidoto+pirita y calcita+clorita+pirita+epidoto+calcopirita. La asociación mineralógica de alteración en los lentos con mineralización de Cu alto/bajo Au, es más potasita (alta biotita secundaria+clorita+sericita).

Muchas vetas con esta asociación de alteración son fuertemente deformadas, lo cual indica su emplazamiento antes del metamorfismo. La alteración metamórfica ocurre a través de la concesión y se piensa que sea el resultado de metamorfismo regional. Los análisis petrográficos identifican tanto la facie metamórfica de la biotita como la clorita, las cuales identifican la mesozona y epizona respectivamente. Esto corresponde a un rango de temperatura entre 300° a 500° C, y presiones hidrostáticas. Los lentos con Au ± Cu parecen estar asociados con fluidos presentes durante este evento metamórfico. La orientación primaria de la foliación se piensa que es paralela a la estratificación, con una foliación secundaria más débil orientada aproximadamente 10° a la estratificación. Parte de la formación de clorita y epidoto puede ser atribuida a metamorfismo retrogrado posterior. La formación de vetas estériles de calcita y cuarzo podría estar relacionada con fracturas de tensión durante un evento hidrotermal superpuesto al metamorfismo regional.

La meteorización ha resultado en la descomposición de las asociaciones mineralógicas arriba mencionadas de acuerdo a su composición, y finalmente produciendo esmectita, illita y caolinita. La pirita es retenida en los materiales no oxidados, aunque por su textura de grano fino y forma sub-hedral a euhedral sugiere su formación posterior. La calcocita esta pre-

senle en áreas de cobre alto. Por encima del nivel freático los sulfuros se han transformado en óxidos de hierro liberando oro en el proceso. La asociación más resistente a la foliación es el esquistos sericitico-cuarzo-turmalinico y la brecha de la Ballena Azul debido al alto contenido de silice y turmalina.

CONCLUSIONES

El depósito de oro y cobre de Brisas está clasificado como de bajo tenor/alto volumen encontrado en rocas volcánicas tobáceas de composición máfica a intermedia con una edad Proterozoico Inferior (Formación Caballape inferior) Salazar y Bricioño (1987). Los núcleos de perforación revelan una gruesa secuencia de capas volcánicas tobáceas que varían desde tobas de ceniza hasta unidades ricas en cristales y fragmentos. El rumbo de las capas es cercano a 10° con buzamiento de 30° a 50° hacia el oeste. Las estructuras primarias son generalmente visibles hasta el metamorfismo de la facie del esquistos verde.

La mayor parte de la mineralización de oro y cobre está altamente diseminada en amplios lentos paralelos a la orientación y dirección de las capas volcánicas. La mineralización está asociada a pirita y calcopirita y vetillas de calcita. No se observó ninguna estructura mayor que controle la geometría de la mineralización aunque es aparente que la mena está concentrada dentro de un paquete definido de capas volcánicas que a su vez

están restringidas por capas más homogéneas y más gruesas aún. El paquete mineralizado completo aflora por casi 2 km a lo largo del rumbo, profundizándose con una inclinación de 10° hacia el sur y eventualmente deja de ser económico. En la parte norte del depósito diseminado se describió una estructura muy localizada que presenta una fuerte alteración de cuarzo-turmalina-sericitica con sulfuros. Esta estructura se conoce como la Ballena Azul y la misma penetra el paquete volcánico con ángulo bajo. La Ballena Azul contiene tenores más altos de oro y cobre, además de un contenido más alto de sulfuros que en los otros sectores del depósito.

La alteración en el depósito de Brisas es propilitica (clorita, epidoto y sericitita), pero algunas áreas presentan alteración potásica (biotita). Sin embargo, el halo propilitico se extiende mucho más allá de la mineralización económica. El cuerpo altamente mineralizado de la Ballena Azul es el resultado del reemplazo mineralógico completo de la roca original.

REFERENCIAS

- Benaim, N. (1987). **Mapa Geológico de la Región Alto Cuyuni-Río Venamo**. Ministerio de Energía y Minas, Mapa.
- Salazar, E., Bricioño, C. (1987). **Mapa de Geología**. Corporación Venezolana de Guayana, Técnica Minera C.A., Mapas.



Proyecto Brisas Gold Reserve

Motor para el desarrollo del sur

El proyecto Brisas es el desarrollo minero más importante actualmente en ejecución en Venezuela, encontrándose localizado en el estado Bolívar, corazón minero e industrial del país. Su ejecución está a cargo de la empresa canadiense Gold Reserve Inc., a través de su filial la Compañía aurífera Brisas del Cuyuni, C.A.

El proyecto Brisas contempla la producción de oro y cobre, representando la reinserción de Venezuela en el mapa de naciones productoras de cobre desde la explotación cuprífera en las minas de Aroa, propiedad del Libertador Simón Bolívar.

El proyecto Brisas contempla la explotación de oro y cobre a cielo abierto utilizando palas hidráulicas de 30 m³, camiones roqueros de 236 toneladas, cargadores frontales de ruedas de 18 m³ y perforadoras de 251 mm de diámetro de broca como principales equipos mineros. La producción está programada a 25,2 millones de toneladas de mineral y aproximadamente 51,8 millones de toneladas de estéril por año a lo largo de sus 18,5 años de vida de la mina; lo que se traduce en una producción diaria de 79,000 toneladas de mineral y 140,000 toneladas de estéril.

El proyecto Brisas está comprometido en procurar los mayores beneficios para sus comunidades más inmediatas, el empleo y compras locales en el corto plazo y la inversión y promoción social en el mediano y largo plazo, permitirán elevar y mantener la calidad de vida de sus pobladores.