

# ***Yacimientos de Oro en la “Región Huamachuco”, norte del Perú***

Geólogo Senior / *Senior Geologist* - Sociedad Minera Cambior Perú S.A.

**VICTOR QUIRITA**

Director Gerente / *Manager Director* – Sociedad Minera Cambior Perú S.A.

**ANDRE GAUTHIER**

## **RESUMEN**

La región Huamachuco está localizada en la sierra norte del Perú a 480 kilómetros al NNW de Lima, entre los departamentos de La Libertad y Cajamarca. Las particulares condiciones tectono-estructurales y litológicas de esta región, han contribuido a formar un ambiente geológico favorable para la ocurrencia de mineralización aurífera. El análisis, de yacimientos explotados antiguamente, de yacimientos actualmente en producción y los resultados del reciente “boom de las exploraciones”, confirman esta hipótesis. Durante los últimos cinco años, CAMBIOR ha estado prospeccionando intensamente en esta región, en la búsqueda de yacimientos diseminados de oro/cobre.

Geológicamente la región de Huamachuco, se encuentra limitada por el Batolito Costanero al oeste y la franja metamórfica Paleozoica al este, abarcando la parte occidental de la franja sedimentaria Mesozoica, conformada por rocas pelíticas en la base, seguida por rocas clásticas y lutáceo-calcáreas hacia el techo; y la parte oriental de los volcánicos Terciarios, conformada predominantemente por rocas andesíticas. La serie sedimentaria, intensamente plegada y fallada, entre Huamachuco y Algamarca, es abruptamente interrumpida por la aparición de geoformas dómicas asociadas a intrusiones hipabisales de edad Terciaria.

La actividad tectónica, magmática y post-magmática hidrotermal que afectó la región, siguiendo patrones definidos de deformación con dirección NW (Cordillerano) y NE (Fallas de transferencia), ha generado la formación de depósitos de oro, cobre y polimetálicos con contenidos de plata y oro.

Las geoformas dómica-intrusivas, emplazadas preferentemente en los trends estructurales NE y/o en el cruce de los trends NW con NE, parecen tener relación genética directa con la ocurrencia de la mineralización aurífera y polimetálica de la región Huamachuco.

El muestreo geoquímico efectuado por CAMBIOR en un área de 80 por 60 kilómetros, ha permitido evidenciar la ocurrencia de anomalías significativas de Au, Cu Mo y As; y en segundo lugar de Sb y Hg, cuya distribución está definida por un marcado control estructural regional NE y NW. El As, Sb y Hg son considerados como elementos guías en la exploración de depósitos

epitermales de oro. De otro lado, algunos horizontes de lutitas carbonosas del Jurásico Superior, han reportado contenidos anómalos de oro, probablemente de origen singenético.

Existe una relación genética entre los sistemas de pórfidos Cu-Mo-Au con los epitermales de Au hospedados en sedimentarios y las vetas polimetálicas que ocurren en la periferie de los intrusivos hipabisales. Mientras que, en los epitermales de Au hospedados en volcánicos, esta relación, es algo incierta, primando una relación genética distal respecto a depósitos polimetálicos en vetas.

En la región, ocurren los siguientes tipos de depósitos auríferos: pórfido Cu-Mo-Au, epitermales en volcánico Terciario, epitermales en brechas sedimentarias y vetas polimetálicas de Ag-Pb-Zn-Cu-(Au).

La región, además de los depósitos recientemente descubiertos, ofrece un gran potencial aurífero, ha sido parcialmente reconocida en los lugares más evidentes, faltando aún mucho por descubrir.

## **INTRODUCCION**

Las particulares condiciones tectono-estructurales y litológicas que existen en esta parte de la sierra norte del Perú, comprendida entre los ríos Chicama por el norte y Tablachaca-Santa por el sur, especialmente, la parte central de esta franja, denominada "Región Huamachuco", constituye un ambiente geológico favorable para la ocurrencia de mineralización aurífera, mostrando patrones metalogenéticos comunes con características propias de una provincia aurífera.

Durante más de cinco años, entre 1,994 y 1,999, CAMBIOR ha estado prospectando intensamente esta región, en la búsqueda de yacimientos de oro/cobre. El análisis de los yacimientos explotados antiguamente (Sayapullo, Algamarca, Chivilca y La Florida), de los yacimientos actualmente en producción (Quiruvilca y Comarsa), y de los resultados de la intensa exploración realizada durante el reciente "boom" de las exploraciones sugiere, que durante el Mioceno, la región de Huamachuco, fué sometida a una gran actividad tectónica-magmática hidrotermal, la que ha originado yacimientos con importantes contenidos de plata y oro.

## **UBICACION**

La región Huamachuco, se encuentra localizada en la sierra norte del Perú a 480 kilómetros al nor-noroeste de Lima, entre los departamentos de La Libertad y Cajamarca, abarcando parte de las provincias de Santiago de Chuco, Sánchez Carrión y Cajabamba. La región tiene una morfología moderada, con altitudes que varían entre los 3,000 y 4,000 metros, sin embargo éstas, pueden alcanzar cotas de 4,800 m.s.n.m. como en el cerro Huaylillas.

Tomando como referencia central la ciudad de Huamachuco, se tiene las siguientes datos geográficos:

07° 49'	Latitud Sur
78° 02'	Longitud Oeste
Altitud	3,100 m.s.n.m.
Distante	100 Km. al E de Trujillo

## **MARCO TECTONO-ESTRUCTURAL**

La morfología de la región de La Libertad, comprendida entre los ríos Chicama y Tablachaca-Santa, está delineada por el macizo ígneo Terciario, del aparentemente estable campo volcánico Calipuy, cuya evolución magmática post-tectónica de carácter efusivo y posterior al emplazamiento del Batolito Costanero, ha generado esfuerzos compresionales de dirección SW-NE, produciendo el arqueamiento de la secuencia sedimentaria Mesozoica de orientación andina, cambiando la dirección del plegamiento a E-W, conocido como el "Trend Chimú Andes". Mas al norte en el área de Cajamarca, la bifurcación de la secuencia sedimentaria Mesozoica por efectos del vulcanismo Terciario, complementó esta deformación.

Las imágenes satelitales indican la presencia de patrones definidos de deformación NW y NE, coincidentes con la dirección de lineamientos y fallas de rumbo cordillerano y fallas de transferencia, respectivamente. También existen, fallas de magnitud local de rumbo N-S y E-W.

Entre las localidades de Huamachuco y Cajabamba, la secuencia sedimentaria Mesozoica, es abruptamente interrumpida por la ocurrencia de geoformas dómicas asociadas a intrusiones hipabisales Terciarias, emplazadas en los trends estructurales NE y NW o cruce de ambas. Los domos se evidencian claramente, por su mayor elevación topográfica y drenaje radial centrífugo. Siendo posible reconocer "roof pendants" de rocas sedimentarias dentro la influencia de los domos. La ocurrencia de estas geoformas dómica-intrusivas parecen tener una relación directa con la mineralización en la región.

En base a imágenes satelitales, se han identificado dos geoformas dómicas principales: 1) Domo de Huamachuco, con dimensiones de 20 x 11 kilómetros; y 2) Domo de Algamarca, con dimensiones de 15 por 11 kilómetros. También, se tienen geoformas dómicas menores como el Domo de Cochapampa de apenas 2 x 2 kilómetros.

Por otro lado, dentro los volcánicos Terciarios es posible reconocer la ocurrencia de domos subvolcánicos, relacionados a actividad hidrotermal remanente. Entre estos, se tienen las zonas de Quesquenda y Quiruvilca, esta última, constituye todo un complejo dómico.

## **CONTEXTO GEOLOGICO**

Esta región, comprendida entre el Batolito Costanero al oeste y la franja metamórfica Paleozoica al este, abarca parte del sector oriental de los volcánicos Terciarios y parte del sector occidental de la franja sedimentaria Mesozoica.

Las rocas sedimentaria, están representadas por secuencias pelíticas de edad Jurásico Superior en la base (Fm. Chicama), seguida por secuencias Cretáceas con predominio de rocas clásticas en la base y lutáceo-calcáreas hacia el tope (Chimú, Santa, Carhuáz, Farrat, etc). Las unidades sedimentarias, se encuentran cubiertas por rocas volcánicas Terciarias predominantemente de naturaleza andesítica (Grupo Calipuy). Algunas dataciones radiométricas K-Arg efectuadas por encargo de CAMBIOR, en los niveles superiores de estos volcánicos en la zona de Quesquenda, han reportado edades de 18 a 16 millones de años.

La serie sedimentaria, intensamente plegada y fallada, es cortada por intrusiones hipabisales de edad Terciaria, aparentemente relacionadas a la ocurrencia de las formas dómicas, emplazados preferentemente dentro de corredores estructurales NW y NE. Estos intrusivos, generalmente afloran como pequeños stocks aislados dentro o en la periferie de la geoformas dómicas. En profundidad, estos stocks parecen unirse y constituir un cuerpo intrusivo mayor, tal como ocurre en el “Domo de Huamachuco” y el “Domo de Algamarca”. Algunas intrusiones periféricas a los domos, presentan características propias de un ambiente subvólcanico, adoptando formas lacolíticas como ocurre en La Arena. La composición de los intrusivos, varia, desde pórfido diorítico-andesíticos hasta pórfido dacítico-cuacíferos. La dataciones radiométricas efectuadas por encargo de CAMBIOR, indican intrusivos de varias generaciones, con edades que varían entre 25 y 18 millones de años.

## **GEOQUIMICA**

El análisis de más de diéz mil muestras tomadas por CAMBIOR en la región, en un área de 80 por 60 kilómetros, ha permitido evidenciar la ocurrencia de anomalías geoquímicas significativas de Au, Cu, Mo y As; y anomalías locales de Sb y Hg. La distribución de estas anomalías está definida en primer lugar por un marcado control estructural, a lo largo de los trends de magnitud regional NE y NW y trends de magnitud local N-S; y en segundo lugar por un importante control litológico.

Regionalmente, en general para todos los ambientes litológicos, el Au muestra una buena correlación con el Sb y Bi; buena-moderada correlación con Cu, Ag y As; baja correlación con Pb, Zn y Hg; y muy baja casi nula corelación con el

Mo. Asimismo, se ha estimado un background regional para el Au de 30 ppb, con threshold de 90 ppb.

Localmente, la correlación de Au con los otros elementos varía según el ambiente litológico en que ocurra, intrusivo, sedimentario ó volcánico. Así se tiene que, en intrusivo, la correlación de Au con Cu y Mo es significativamente buena; mientras que en el sedimentario, la correlación de Au con As y Sb mejora considerablemente a buena; finalmente en volcánico, la correlación de Au con Ag y Hg aumenta sustantivamente a muy buena.

De otro lado, en algunos sectores, el contenido anómalo de Au, reportado en horizontes de lutitas carbonosas de la formación Chicama, considerada como la base estratigráfica de la región, asociada a diseminaciones casi microscópicas de pirita, sugiere un origen sinéctico, que podría considerarse en forma preliminar, como una probable fuente geoquímica del oro en esta región, reconcentrada por actividad magmática.

## **MINERALIZACION**

En general, la mineralización aurífera en la región de Huamachuco, ocurre mayormente a lo largo de los trends estructurales de transferencia (NE). En ambiente volcánico, los factores estructurales relacionados a centros volcánicos y/o complejos dómicos emplazados en los lineamientos de transferencia, priman sobre otras condiciones, tal como se tiene en Tres Cruces. En tanto, en ambiente sedimentario, las características permeables de las rocas clásticas, sumadas a los factores de fallamiento, intrusión y el grado de fracturamiento y/o brechamiento, condicionan la formación de depósitos de oro, tal como ocurre en Virgen, La Arena, Shahuindo y Santa Rosa. Finalmente, la composición litológica del intrusivo preferentemente de mediana acidéz y el grado de fracturamiento en stockwork, es determinante en la formación de depósitos tipo pórfido Cu-Mo-Au, tal como ocurre en La Arena.

Se ha comprobado que, existe una relación genética directa, entre los sistemas de pórfidos Cu-Mo-Au con los epitermales de Au hospedados en sedimentarios, y las vetas polimetálicas que ocurren en la periferie de los intrusivos hipabisales, tal como se puede ver en La Arena y Shahuindo en Algamarca. En tanto, en los depósitos epitermales de Au hospedados en volcánicos, esta relación espacial con los sistemas de pórfidos es algo incierta, primando una asociación genética distal respecto a centros y/o complejos dómicos asociados a mineralización polimetálica en vetas, tal como se tiene entre Quiruvilca y Tres Cruces.

## **TIPOS DE YACIMIENTOS**

En la región, ocurren los siguientes tipos de depósitos auríferos: pórfidos de Cu-Mo-Au, epitermal en brechas sedimentarias, epitermal en volcánico

Terciario y vetas polimetálicas de Ag-Pb-Zn-Cu-(Au). Cada uno de ellos presenta las características generales siguientes:

### **Pórfidos Cu-Mo-Au**

- La roca hospedante es intrusivo hipabisal-subvolcánico Terciario, de mediana acidéz, emplazado en rocas sedimentarias Mesozoicas, relacionado a sistemas de fallamiento profundo.
- La alteración hidrotermal es concéntrica, con alteración filica en la parte central asociada a la mineralización, rodeada por la alteración argílica de contenido anómalo solamente y más al exterior la alteración propílica que es prácticamente estéril.
- La mineralización se presenta en cuarzo-sulfuros (pirita-calcopirita) depositado en fracturamiento stockwork dentro el pórfido. Asociado a ocurrencia de Au epitermal en la zona de contacto depositado en brecha sedimentaria.
- Las leyes de Au varían de 0.3 a 1.0 g/t, Cu de 0.3 a 1.0%, Mo de 50 a 100 ppm.
- Mediana magnitud de 100 a 300 millones de toneladas.
- Generalmente tiene poca proporción de mineral oxidado <20% , con una zona de enriquecimiento incipiente.

Un buen ejemplo de este tipo de depósitos se tiene en La Arena, otros prospectos pueden ser Sayapullo, Tinguish y probablemente San José en Algamarca.

### **Epitermales de Au en brechas sedimentarias**

- Se presenta en la zona de contacto entre intrusivo Terciario-sedimentario Mesozoico.
- Intrusivo preferentemente de mediana acidéz, diorítico a dacítico.
- Las rocas sedimentarias hospedantes pueden ser, areniscas, cuarcitas y menos frecuente limolitas.
- El oro ocurre diseminado en finas vetillas en rocas sedimentarias clásticas fracturadas y brechadas.
- Alteración hidrotermal principal es silicificación , sericitización e incipiente alunitización.
- La mineralización primaria se presenta en cuarzo-sulfuros y tiene por lo general leyes bajas en oro. En tanto, el mineral oxidado, contenido mayormente en goetita, hematita y jarosita, tiene un 80 a 90% de oro libre y con leyes mas altas que la anterior zona primaria. Siendo evidente, la existencia de un proceso de enriquecimiento secundario.
- La zona de oxidación puede alcanzar una profundidad de 100 hasta un poco mas de 250 metros de la superficie.
- Genéticamente, relacionado a sistemas de pórfidos.
- Las leyes de Au varían de 0.5 a 2.0g/t.

- De pequeña a mediana magnitud, dependiendo del nivel de erosión, entre 0.2 a >1.0 millón de onzas de Au.
- El mineral aurífero en óxidos es lixiviable en pilas.

Depósitos de este tipo, se tiene en la mina Santa Rosa de Comarsa y en los recientemente descubiertos Virgen, La Florida, La Arena, El Toro y Shahuindo. También pueden considerarse en este tipo, la mina Igor y los prospectos Pallar de Oro, Vizcachas, Calorco, Minaspampa, Agua Blanca y Cochapampa.

### **Epitermales de Au en volcánicos Terciarios**

- Generalmente ocurre asociado a centros y complejos dómicos volcánicos, con una relación genética distal en la periferie de los depósitos polimetálicos de Ag-Pb-Zn-Cu-(Au).
- La relación con los sistemas de pórfidos Cu-Mo-Au en profundidad, es un aspecto por investigarse.
- Las rocas volcánicas hospedantes pueden ser lavas andesíticas y riolíticas, e intrusivos hipabisales-subvolcánicos preferentemente dacíticos.
- En los sistemas de baja sulfidación como ocurre en Tres Cruces, las evidencias superficiales de sinter y silica caps, acompañadas de cantidades anómalas de Hg ayudan a localizar este tipo de depósitos.
- En tanto en las manifestaciones de alta sulfidación, las evidencias de afloramientos de silica vuggy rodeadas por alteración argílica avanzada con presencia de alunita, pueden ayudar a prospectar este tipo de depósitos.
- La mineralización aurífera de baja sulfidación, se presenta en fracturas stockwork de cuarzo-pirita y diseminada. En tanto, la de alta sulfidación, aparentemente se restringe a la forma diseminada en roca silicificada porosa.
- Las leyes promedio pueden variar entre 0.5 a 2.0 g/t.
- La magnitud de estos depósitos, en la región puede alcanzar desde 0.2 a >1.0 millón de onzas de oro.

Depósitos y prospectos de este tipo de mineralización se tiene en: Tres Cruces, Las Princesas, Tierra Amarilla, Ruecas, etc.

### **Vetas polimetálicas de Ag-Pb-Zn-Cu-(Au)**

- La mineralización de las vetas se presenta en sulfuros y sulfosales complejas de Ag, Pb, Zn y Cu.
- El contenido oro en estas vetas va de 1.0 hasta 3.0 g/t, la plata de 4 a más de 20 oz/t, el plomo de 0.5 a 3.0%, el zinc de 0.5 a 6.0% y el cobre de trazas a casi 3%.
- Las vetas polimetálicas hospedadas en volcánicos Terciarios, generalmente se asocia a centros volcánicos y complejos dómico-intrusivos, como sucede en Quiruvilca y Machacala, esta última al suroeste y fuera del área de estudio.

- Las vetas polimetálicas hospedadas en rocas sedimentarias Mesozoicas, se encuentran asociadas a intrusivos hipabisales, muchas veces estas estructuras adoptan formas manteadas siguiendo la estratificación, tal como sucede en Algamarca y Mumalca.

En la región, depósitos de este tipo, se ha trabajado desde tiempos coloniales hasta la actualidad, principalmente por plata y tungsteno. Entre ellos se tiene: Sayapullo, Trinidad, Algamarca, La Florida, Quiruvilca, Compaccha, Mundo Nuevo, La Victoria, Sol de Oro, Chavini, Mumalca, Chuvilca, Pasto Bueno. Estos dos últimos en el extremo sur de la franja.

## **POTENCIAL**

Finalmente, debemos mencionar que, la región Huamachuco tiene un importante potencial aurífero, con depósitos diseminados recientemente descubiertos como Tres Cruces, Virgen, La Florida, La Arena, El Toro y Sahuindo; y muchas zonas anómalas por explorar ó completar su exploración, como Calorco, Las Princesas, Ruecas, La Capilla, Agua Blanca, Pallar de Oro, Tinguish y Cochapampa, entre otros. Todas estas localidades antes mencionadas, ocurren apenas dentro un radio de influencia menor de 35 kilómetros alrededor de la ciudad de Huamachuco, que pueden ser explorados usando una misma logística e infraestructura, en una eventual operación minera de gran envergadura.

## **CONCLUSIONES**

- ◆ Las geoformas dómica-intrusivas, emplazadas a lo largo de las fallas de transferencia y/o en los cruces con las fallas de orientación cordillerana, controlan la ocurrencia de mineralización de Au, Cu y polimetálica de la región.
- ◆ En los pórfidos de Cu-Mo-Au, la composición litológica de los intrusivos preferentemente dacíticos, y el nivel de fracturamiento en stockwork que puedan alcanzar, condicionan el grado de mineralización que pueden llegar a formar.
- ◆ En las brechas sedimentarias de Au, además de la composición del intrusivo fuente de mineralización, las características permeables de la roca hospedante, y el grado de fracturamiento-brechamiento por efectos de fallamiento e intrusión, determinan el grado de mineralización y alcances de su dimensión.
- ◆ La región, apenas ha sido parcialmente reconocida en los lugares más evidentes, mayormente explorada usando medios directos como la geoquímica y mapeo de alteraciones. Falta aún mucho por descubrir con la



asistencia de tecnología de punta, reto para las importantes compañías mineras, que consideran a esta región en sus propósitos de exploración.

## **REFERENCIAS**

Corbett G. And Leach T. May 1997. Southwest Pacific Rim Gold/Copper Systems: Structure, Alteration and Mineralization. Short Course Manual.

Montoya D. Dic 1999. Algunos Aspectos Relevantes de la Metalogenia del Oro en el Norte del Perú. Minas & Pozos Año II N° 16, Revista Internacional de Minería y Petroleo.

Reyes L. 1980. Geología de los Cuadrángulos de Cajamarca, San Marcos y Cajabamba. Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. INGEMMET, Boletín N° 31.