



EL DISTRITO ANILLO, UN SISTEMA HIDROTHERMAL ALTO TIPO PORFIDO
DE ORO DEL EOCENO, EN LA DEPRESION CENTRAL DE
LA II REGION CHILE.

J.C. Marquardt, O. Rojas, A. Puig y R. Valdés (*)

RESUMEN

Trabajos de exploración de Codelco-Chile han establecido que en el Distrito Anillo ubicado a 40 kilómetros al oeste de la mina La Escondida, la secuencia de rocas volcanoclásticas de la Formación Augusta Victoria (Terciario Inferior) está intruída por una serie de filones y pequeños "stocks" de pórfidos dioríticos del Eoceno, asociados a los complejos intrusivos de Cerro Paisaje y El Peñón, que afloran más al sur y cuyas edades son ca. de 48 y 42 Ma respectivamente. La alteración de las rocas en el distrito es intensa y en la línea de cumbres del flanco este de Anillo incluye una zona central fuertemente silicificada con pirrofilita, jarosita proveniente de piritita y localmente hematita, la que hacia el sur pasa a una zona interna con sericita, sin pirrofilita, y en donde disminuye notoriamente la silicificación. Hacia el este de ambas zonas, se desarrolla una fuerte propilitización en rocas andesíticas, con clorita-epidota y hematita proveniente de la oxidación de minerales máficos. Asociadas a los pórfidos dioríticos, se encuentran brechas silíceas algunas de las cuales corresponden a brechas de sílice oquerosa con alunita rosada hipógena. Una datación en alunita dio 43 Ma. Existe también un sistema de vetas de cuarzo-limonita, que pueden clasificarse de acuerdo a su mineralogía, geoquímica y orientación. Todo esto se interpreta como una fuerte sobreimpresión ("telescoping") de alteraciones de la parte alta -epitermal- y media de un sistema hidrotermal. La similitud de las rocas y la alteración en Anillo con las de la Franja de Pórfidos de Oro del Mioceno, en Maricunga, en la Cordillera de los Andes al interior de Copiapó, se hace evidente (1).

Anillo y otros prospectos que están

siendo explorados en el distrito, sumado a los yacimientos de Au, Ag y Cu, conocidos hacia el norte y sur en la depresión central de la II Región, conforman una faja metalogénica del Paleoceno-Eoceno, con potencial para contener otros depósitos económicos de metales preciosos y también de pórfidos cupríferos.

INTRODUCCION

El Proyecto Calama Sur de exploración básica tipo "grass root", iniciado en 1991 por CODELCO-CHILE en parte de la II y III Regiones, con el objetivo de encontrar yacimientos nuevos de gran tonelaje, permitió identificar una serie de zonas de interés entre las cuales resaltaba el Distrito Anillo-Cerro Paisaje (Fig.1), por su extensa anomalía de color. Además la forma semicircular de las serranías del sector (origen del nombre de Anillo), permitían especular sobre la existencia de una caldera volcánica con mineralización asociada. Los trabajos efectuados por la Minera UTAH en Anillo en los años 1982-83, incluyeron 8 sondajes en un área de 6x7 km² los que indicaron la existencia de algunos valores subeconómicos de Au en rocas lixiviadas. La zona lixiviada tiene más de 160m de espesor y cubre una extensa zona de sulfuros con mineralización de piritita y ocasionales trazas de covelina y calcosina. Esta información era un importante factor negativo para desarrollar nuevas exploraciones en el área, pero dejaba aún algunas posibilidades abiertas, considerando la influencia de los modelos de Au diseminado en "caps" silíceos de moda en esos años, y a la existencia de algunos llanos no sondeados próximos al prospecto. Con estas consideraciones, pero con la idea de que si bien el prospecto presentaba características comúnmente asociadas a depósitos de Au y Ag, también

(*)CODELCO-CHILE Gerencia de Exploraciones. Huerfano: 1270, 7° piso, Santiago.

existían indicios de mineralización tipo pórfido cuprífero, en septiembre de 1993 se inició un levantamiento geológico detallado a escala distrital (1:10.000), en un área de 10x9 km², el cual fue complementado por muestreos geoquímicos y estudios mineralógicos.

Los resultados obtenidos a la fecha indican que el Distrito Anillo presenta una serie de similitudes con los depósitos minerales descritos en la Franja de Maricunga, al interior de Copiapó (1).

MARCO GEOLOGICO REGIONAL

Los antecedentes de la geología regional corresponden a la Hoja Aguas Blancas del SERNAGEOMIN (2) y al mapeo regional, escala 1:50000, realizado por uno de los autores(3).

ROCAS ESTRATIFICADAS

Jurásico Inferior-Neocomiano: corresponde a una secuencia sedimentaria de rumbo N-S y manto suave al oeste (Fig.2), de rocas calcáreas de grano fino asignadas a la Formación El Profeta(2). Infrayacen en aparente concordancia a areniscas violáceas, correlacionables con la Formación Santa Ana(2).

Cretácico Inferior: las rocas de esta edad corresponden a una secuencia con estratificación gruesa y sin base expuesta, constituida principalmente por andesitas de piroxeno-biotita, las cuales presentan una alteración regional a clorita y son asignadas a la Formación Aeropuerto(2). Estas lavas se encuentran en el cuadrante noroeste de la región (Fig.2), infrayaciendo por discordancia de erosión a volcanitas paleógenas.

Cretácico Superior-Eoceno: la mayoría de las rocas que afloran en el distrito Anillo son correlacionables con la Formación Augusta Victoria.

Estas rocas forman una secuencia volcánica de 350 a 400 metros de potencia, subhorizontal o con manto suave al oeste y sin un techo expuesto. Sobreyacen en el sector oriental, en aparente concordancia, a rocas sedimentarias del Jurásico-Neocomiano, mientras que en el extremo noroeste del área y en el sector al norte de la Oficina Dominador, sobreyacen en discordancia de erosión a rocas de la Formación Aeropuerto (Fig.2).

La Formación Augusta Victoria presenta en el área una marcada tendencia bimodal, con intercalaciones de lavas andesíticas en rocas piroclásticas riolíticas y domos riódacíticos. Las andesitas corresponden a flujos macizos de andesitas basálticas de piroxeno-olivino o piroxeno-biotita,

andesitas de anfíbola-biotita y en porcentaje menor, dacitas de piroxeno. Su distribución es amplia en el sector central del área, disminuyendo hacia la periferia (Fig.2). Las rocas piroclásticas se componen de tobas de ceniza y tobas de lapilli vitreo-cristalinas o líticas, las cuales muestran un soldamiento variable, con pómez, fiames y esferulitas.

Asociada a esa secuencia se reconoce una unidad de domos riódacíticos los que están constituidos por una serie de cuerpos subvolcánicos que atraviesan a las rocas volcánicas preexistentes.

Terciario-Reciente: aproximadamente un 60% del distrito está cubierto por depósitos aluviales y coluviales antiguos del Mioceno-Plioceno parcialmente tapados por depósitos aluviales modernos del Holoceno.

ROCAS INTRUSIVAS

Las rocas intrusivas son agrupadas de acuerdo a su petrografía y edades radiométricas en dos eventos magmáticos cercanos y discretos en el tiempo:

-Complejo Intrusivo C° Paisaje: corresponde a un "stock" de monzodioritas faneríticas que afloran, inmediatamente al oeste del C° Paisaje (Fig.2) y que ha sido datado en biotita en 48 Ma (Tabla 1). Incluye un cuerpo granítico de textura aplítica que aflora en forma elongada norte-sur en el flanco oeste de Anillo, el cual entregó una edad de 47 Ma en biotita.

-Complejo Intrusivo El Peñón: se compone de un "stock" diorítico ubicado en el sector sur de la zona de estudio (Fig. 2) y cuya datación en biotita dio 42 Ma.

ESTRUCTURA

Tres elementos estructurales mayores destacan en el área de estudio:

-Falla Sierra de Varas, cuya traza se observa en la parte más oriental del área y que pertenece al Sistema de Fallas de Domeyko. Sus características son compatibles con un movimiento transcurrente sinistral(3).

-Pliegues relacionados con la Zona de Falla Dominador: dos pliegues con ejes buzantes, son descritos al oeste de Anillo y se han relacionado a un lineamiento mayor denominado Zona de Falla Dominador (Fig.2).

-Existen tres lineamientos o fallas que se asocian al origen de la morfología semianular y alteración de Anillo: la primera de rumbo NW, con evidencias de movimientos verticales, es cortada por dos sistemas posteriores de rumbos NNE y otro NNW, desarrollados en el flanco este

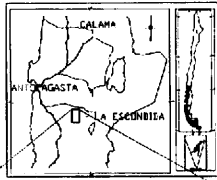


Fig. 1

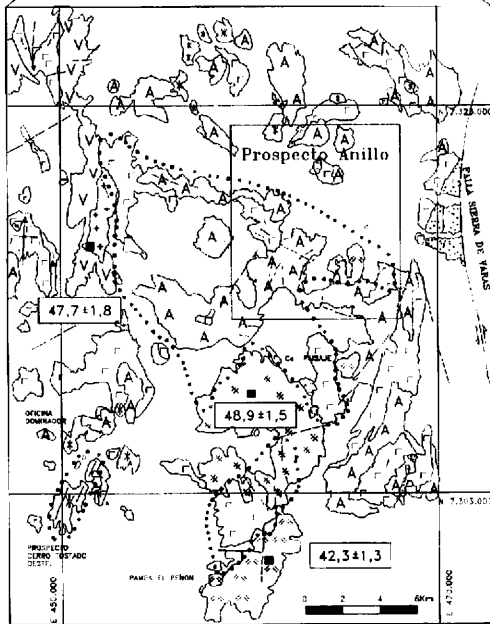
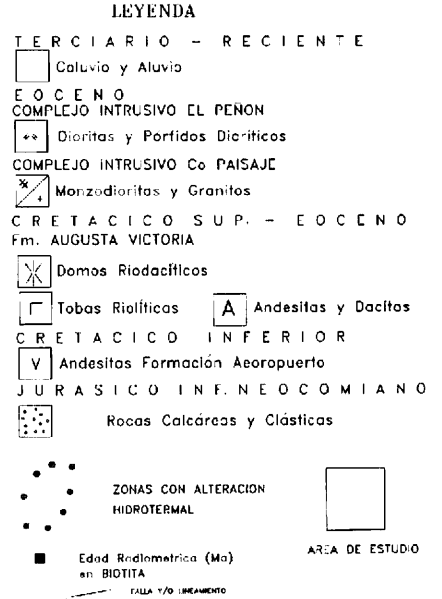


Fig. 2



FIGURAS 1 y 2 : UBICACION Y GEOLOGIA REGIONAL SIMPLIFICADO DE : O ROJAS O. (en prep.)

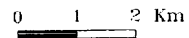
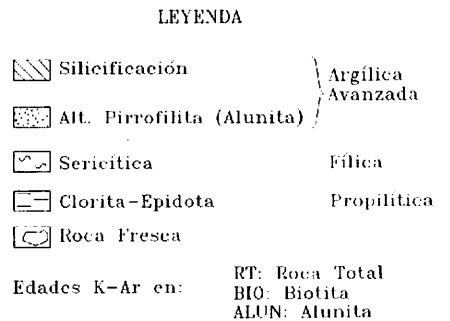
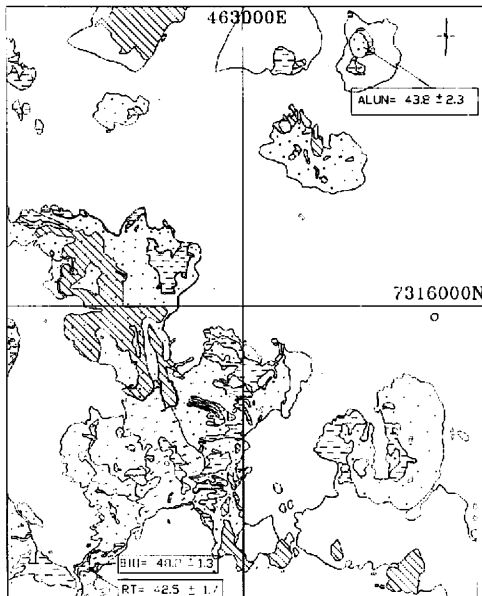


FIGURA 3: ALTERACION PROSPECTO ANILLO

de Anillo.

GEOLOGIA DEL PROSPECTO ANILLO

Las rocas anteriormente descritas de la Formación Augusta Victoria constituyen la caja de los eventos intrusivos y flujos hidrotermales asociados que causaron la alteración y mineralización en el prospecto.

La alteración consiste en una zona central, correspondiente a la línea de cumbres del flanco este de Anillo, con alteración tipo argílico avanzado que presenta una asociación de pirrofilita, diásporo y fuerte silicificación, que hacia el sur pasa a una zona sericitica sin pirrofilita y con disminución de la silicificación. Esta zona desarrolla hacia el este un halo externo propilitico con clorita y epidota, en el cual se destacan vetas limoníticas con predominio de jarosita, de rumbo NW.

Pórfidos dioríticos de piroxeno y hornblenda intruyen a la secuencia volcanoclástica formando franjas bien

definidas de rumbos NW-SE y NE-SW de filones y pequeños "stocks", coincidentes con lineamientos regionales. Estos pórfidos presentan localmente alteraciones a silice-pirrofilita y/o caolinita, acompañadas por sistemas subverticales de vetillas de cuarzo, asociándose también a estos cuerpos algunas brechas hidrotermales con abundante silice oquerosa ("vuggy silica") y alunita hipógena rosada. La mineralización en estos cuerpos consiste en una moderada limonitización de hematita y goetita, en parte como pseudo-morfa de pirita o rellenando cavidades de otros tipos (litofisas). Se han encontrado granos microscópicos de oro asociados a vetillas o limonitas en estos pórfidos.

Dos dataciones K-Ar de estos intrusivos dieron 48 Ma en biotita y 42 Ma en roca total, esta última como edad mínima. Considerando la edad de 43 Ma (Tabla 1) de alunita hipógena de una brecha hidrotermal asociada a uno de estos pórfidos,

TABLA 1a

DATACIONES RADIOMETRICAS K-Ar
Prospecto Anillo

A. Puig G. Mayo '94

MUEST. COCH	COORD. Norte Este	TIPO DE ROCA UNIDAD GEOLOGICA *	MATERIAL DATADO	%K Total	Ar (rad) n/g	%Ar At	EDAD Ma	Error (2-Sigma)	INTERPRETACION
6433	7312576 460381	Diorita con Biotita y sulfuros Complejo Intrusivo El Peñon	Roca Total	1.351	2.261	52	42.5 ± 1.7		Edad alteración-mineralización
6434	7312600 460450	Diorita con biotita en nidos Complejo Intrusivo C Paisaje	Biotita	6.790	12.892	25	48.2 ± 1.3		Edad intrusión
8249	7321345 465190	Brecha hidrotermal silice-alunita, primaria	Alunita	2.712	4.675	36	43.8 ± 2.3		Edad alteración-mineralización

Notas: Las edades fueron realizadas en el Laboratorio K-Ar de SERNAGEOMIN en Sgo. Chile, Enero-Febrero 1994.
Las constantes utilizadas para el decaimiento del A: 0.581x10E-10 y 4.96x10E-10. Proporción: 40K/40Ar=0.01167%

TABLA 1b

Edades según Mapa Geológico Hoja Aguas Blancas, SERNAGEOMIN, sin texto. (2)

TIPO ROCA	UNIDAD GEOLOGICA *	MATERIAL DATADO	EDAD Ma	Error (2-Sigma)	INTERPRETACION
Apita	Complejo Intrusivo C Paisaje	Biotita	47.7 ± 1.8		Edad intrusión
Monzodiorita	Complejo Intrusivo C Paisaje	Biotita	48.9 ± 1.5		Edad intrusión
Diorita	Complejo Intrusivo El Peñon	Biotita	42.3 ± 1.3		Edad intrusión

* Unidad geológica según Hojas (en prep.) (3)

TABLA 2
CLASIFICACION DE VETAS
Prospecto Anillo

NETAS	Mineralización Original	Elementos Principales	Zonación
Hematita	Hematita, Fe Original (masivo sulfido vein)	Cu, Au, Ag (sin Pb, Zn, Sb, As bajo)	Pertenece a altas en el sistema ?
Cuarzo-Hematita *	Cuarzo-Sulfuros (Co. Py)	Cu, Mo, Ag, Pb	Similar a Hematita
Jarosita	Pirita (low sulfidation, sulfide rich)	Mo, Au, As, Pb Zn, Sb	Centrales o bajas del sistema ?

es posible correlacionar las rocas intrusivas de Anillo con el complejo intrusivo El Peñón.

Tres sistemas de vetas y estructuras menores se presentan en el prospecto y tienen rumbos preferenciales NW a EW, NNW y NNE. El primer sistema NW-EW, se compone de una serie de vetas de fracción a pocos metros de potencia y manteos subverticales, concentradas en el sector centro-sur del prospecto, con corridas entre 100 y 500m y cuyas trazas están separadas por no más de unos centenares de metros. Este agrupa a vetas con predominio de jarosita (Tabla 2) las que frecuentemente desarrollan una zonación en el halo, observándose la parte más próxima a la veta argilización con diásporo y pirrofilita, gradando abruptamente a una zona propilitica externa. Este sistema es interrumpido, en la parte central del prospecto por una franja de pórfidos con rumbo N 25°E. Los otros dos sistemas de vetas, de rumbos NNW y NNE, tienen menor abundancia, pero se distribuyen abarcando un área mayor. Sus corridas son de hasta 600m, con fracción a pocos metros de potencia y manteos subverticales. Corresponden a vetas con predominio de hematita y en ocasiones con cuarzo (Tabla 2) que se emplazan en los sectores con alteración argílica avanzada.

CONCLUSIONES

Estudios realizados en el distrito Anillo han permitido establecer que rocas volcánicas y subvolcánicas del Paleoceno-Eoceno, presentan alteraciones típicas de un sistema epitermal ácido-sulfato y de la parte alta de un sistema hidrotermal más profundo. Un núcleo con silicificación y pirrofilita que cambia a sericita hacia el sur, está rodeado por rocas propilitizadas. Al menos parte de esa alteración está asociada a un sistema de vetas con limonitas y cuarzo. Escasa mineralización de oro microscópico se encuentra en limonitas y vetillas delgadas de cuarzo que se presentan como "stockwork" en filones y "stocks" de pórfidos dioríticos a los que también se asocian brechas de sílice oquerosa y alunita rosada hipógena. Los pórfidos y el sistema de alteración-mineralización están relacionados, posiblemente, a cúpulas de masas ígneas importantes en profundidad, que corresponderían al Complejo Intrusivo El Peñón. En este intrusivo se han obtenido edades de 42 Ma, lo que indica una estrecha relación con la edad de la alteración

(alunita hipógena) de 43 Ma.

La similitud del nivel de erosión del arco volcánico Cretácico Superior-Eoceno ubicado en la actual depresión central de la II región, y del tipo de la alteración y mineralización en Anillo, con las encontradas en el arco volcánico Mioceno al interior de Copiapó, al cual se asocia la mineralización de Cu y metales preciosos de la Franja de Maricunga, refleja la repetición de condiciones genéticas en distintos períodos, señalando una continuidad de las condiciones metalogénicas durante el proceso de migración hacia el este del arco magmático, asociado al proceso de subducción de la placa oceánica bajo el continente.

Por último, la presencia de otros yacimientos de Au y Ag ubicados en la depresión intermedia de la II región (San Cristóbal, Guanaco, Cachinal de la Sierra, etc.), así como otros prospectos de características similares actualmente en exploración en las cercanías del distrito Anillo, confirman una faja metalogénica con un potencial económico posiblemente tan importante como el de la alta Cordillera entre El Hueso y El Indio.

AGRADECIMIENTOS

A CODELCO-CHILE por autorizar la publicación de los resultados de este estudio; a F. Camus, Gerente de Exploraciones, por gestionar esa autorización y lectura crítica del borrador. A los colegas del Programa Limón Verde, J.C. Toro, P. Pérez y R. Guzmán por la colaboración y entusiasta apoyo en los trabajos de terreno. Agradecemos también a BHP Minerals, por darnos acceso a los resultados de las exploraciones desarrolladas por Minera UTAH en Anillo y a L. Cuitiño del SERNAGEOMIN por la facilitación de antecedentes inéditos y el apoyo en los estudios de laboratorio.

REFERENCIAS

- (1) Vila, T. y Sillitoe, R.H., 1991. Gold-Rich Porphyry Systems in the Maricunga Belt Northern Chile. *Ec. Geol.* Vol 86, p.1238-1260.
- (2) Marinovic et al., 1992. Hojas Aguas Blancas, Región de Antofagasta. SERNAGEOMIN, Carta Geológica de Chile, No 70.
- (3) Rojas, O., en prep. Geología, Alteración y Mineralización del Prospecto Anillo, II REGION CHILE. Memoria de Título, Universidad de Chile, Depto. de Geología.